


Двигатель

Научно-технический журнал

№ 4 (22) 2002



**Двигатели, созданные на ФГУП "ММП "Салют",
позволят российским ВВС и впредь уверенно решать
задачи по защите нашей Родины**



Редакционный совет

Абрамов Г.А.,

научный консультант Российского Речного Регистра

Анисин Д.Д.,

зам. руководителя Департамента мореплавания Минтранспорта РФ

Бондин Ю.Н.,

ген. директор ГП "НПК газотурбостроения "Заря"- "Машпроект", Николаев

Гриценко Е.А.,

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

Губертон 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"

Иноземцев А.А.,

ген. директор - ген. конструктор ОАО "Авиадвигатель", Пермь

Каблов Е.Н.,

ген. директор ГНЦ ВИАМ, член-корр. РАН

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 ФГУП "ММПП "Салют" по науке

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. Чернышева

Русак А.Д.,

начальник Департамента локомотивного хозяйства МПС РФ

Скибин В.А.,

ген. директор ГНЦ ЦИАМ им. П.И. Баранова

Троицкий Н.И.,

директор НИИ двигателей

Фаворский О.Н.,

академик, член президиума РАН

Чепкин В.М.,

председатель НТС НПО "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

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор

Александр Бажанов

Заместитель главного редактора

Дмитрий Боев

Ответственный секретарь

Александр Медведь

Финансовый директор

Дмитрий Чекин

Редакторы:

Андрей Касьян, Людмила Клименко, Игорь Никитин, Валентин Шерстянников

Литературный редактор

Лидия Рождественская

Художественный редактор,

дизайн и верстка

Галина Бобылева

Техническая поддержка

Александр Бобылев

В номере использованы фотографии, эскизы и рисунки:

Александра Бажанова, Дмитрия Боева, Льва Берне, Александра Медведя, Игоря Никитина, Виктора Соколова

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111116, Россия, Москва,
ул. Авиамоторная, 2
Тел.: (095) 362-3925
Факс: (095) 362-3925
engine@ztel.ru,
engine@avias.com
www.engines.da.ru,
www.engine.avias.com

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ООО "Редакция журнала "Двигатели"
генеральный редактор Д.А. Боев
зам. ген. редактора А.И. Бажанов

.....
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

Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.

Отпечатано

ЗАО "Фабрика Офсетной Печати"
Москва

Тираж 5000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная

СОДЕРЖАНИЕ

2. ВВС поздравляют ФГУП ММП "Салют"

3. В авангарде авиационного двигателестроения

4. Тенденции развития новых технологических процессов на предприятии

В. Харитонов

6. Автоматизированная система управления процессом испытаний ГТД на стендах ОКБ, серийных и ремонтных заводах

Г. Добрянский, В. Буковский, Д. Барышников и др.

9. Высокоскоростные обрабатывающие центры нового поколения. Технология будущего

10. Внедрение интегрированной системы управления в ОАО "УМПО"

В. Лесунов

12. Бе-200. Пожарный, спасатель, перевозчик, дозорный...

В. Кобзев

13. Математическое моделирование процессов в современных ЖРД

Б. Каторгин, В. Чванов, Е. Беляев, В. Черваков

16. Динамические характеристики турбин ЖРД

В. Шерстянников

20. Александр Микулин, человек-легенда

Л. Берне, В. Перов

24. Авиационные дизели, или тернистый путь А.Д. Чаромского

В. Котельников, А. Медведь

28. Новый газотурбинный двигатель "Абрамса"

В. Подгаецкий

30. Двигатели УМЗ: оптимальное решение

31. Таланта яркая звезда

В. Скибин, Э. Потемкин, Н. Троицкий, В. Соломай

32. Способ обеспечения работы дизеля на различных топливах

Н. Свиридов, А. Писарчук

34. Передовые технологии стерлитамакских станкостроителей

А. Кичигин

36. Двигатель для тарелок или еще об одном отечественном методе материализации духов

В. Аршинов

37. Тепловой двигатель с круговым поступательным движением кольцевого поршня

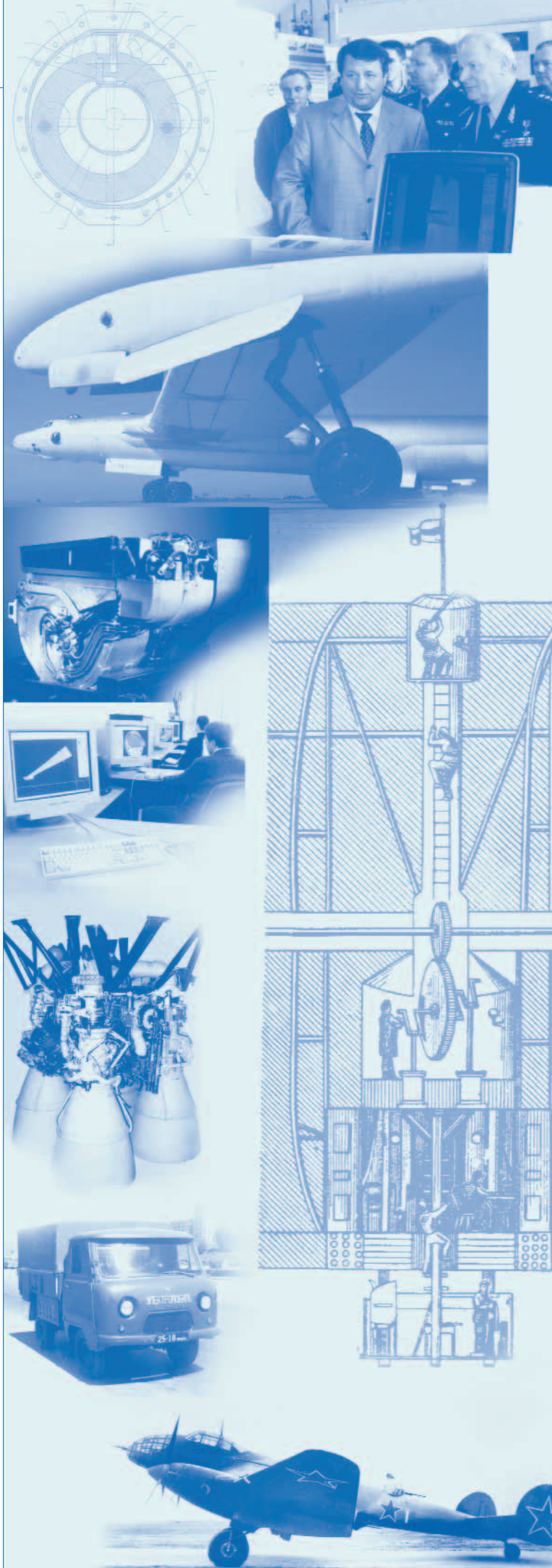
В. Соколов

40. Третье пришествие электропривода

В. Смольский

42. Еще один утраченный приоритет

О. Курихин





ВВС поздравляют ФГУП "ММПП "Салют"

История боевой авиации России и Советского Союза неразрывно связана с историей завода "Салют" - одного из первых отечественных предприятий, построенных специально для изготовления авиационных моторов. Московский завод "Гном" (первое название "Салюта") в годы Первой мировой и Гражданской войны выпускал несколько вариантов моторов "Гном" и "Рон", нашедших широкое применение на военных самолетах того периода. В начале тридцатых годов предприятие было расширено, получило совершенное оборудование и стало производить в больших количествах первый отечественный крупносерийный авиадвигатель большой мощности АМ-34 и его модификации. Велика роль завода в годы Великой Отечественной войны. Его главные силы осенью 1941 г. были эвакуированы в Куйбышев, но на московской площадке уже весной 1942 г. возродилось производство мотора АМ-38, предназначенного для штурмовика Ил-2.

Вклад завода в создание газотурбинного двигателестроения в нашей стране трудно переоценить: именно он освоил серийное изготовление первого отечественного авиационного турбореактивного двигателя ТР-1, именно здесь была разработана технология производства РД-45 - отечественного двигателя, применявшегося на многих военных самолетах в конце сороковых - начале пятидесятых годов.

В дальнейшем предприятие производило крупными сериями еще более совершенные военные авиадвигатели: АЛ-7Ф, Р15Б-300, АЛ-21Ф-3, а затем и АЛ-31Ф. Производство газотурбинных двигателей третьего-четвертого поколений потребовало громадных усилий, связанных с внедрением нового оборудования и новых технологий, подготовкой высококвалифицированных специалистов. Благодаря самоотверженному труду коллектива завода "Салют" сегодня ВВС России обладают весьма совершенным тяжелым истребителем Су-27 и многоцелевыми машинами, созданными на его базе. Не останавливаясь на достигнутом, конструкторы завода продолжают модернизировать двигатель АЛ-31Ф с целью увеличения его тяги и ресурса, а также разрабатывают новые двигатели для ВВС, в том числе и для учебно-тренировочных самолетов.

Надеюсь, что двигатели, созданные на ФГУП "ММПП "Салют", позволят российским ВВС и впредь уверенно решать задачи по защите нашей Родины.

Главнокомандующий ВВС
В.С. Михайлов

В АВАНГАРДЕ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

В октябре 2002 г. Федеральному государственному унитарному предприятию "Московское машиностроительное производственное предприятие "Салют" исполняется 90 лет. Во всем мире существует считанное число фирм и компаний по производству авиационных двигателей, имеющих столь же долгую и славную историю. За годы существования завод, считающийся одним из лучших в нашей стране, освоил производство более тридцати типов мощных моторов, не считая их модификаций, и в настоящее время выпускает наиболее совершенный отечественный военный авиационный двигатель АЛ-31Ф.

Преобразования, проведенные на предприятии в последние годы, позволяют коллективу "Салюта" с оптимизмом смотреть в будущее. Этот оптимизм подкреплен четкой и глубоко обоснованной программой дальнейшего развития завода, продуманной кооперацией с предприятиями различных форм собственности. В "одной упряжке" с головным предприятием ныне работают Воскресенский машиностроительный завод "Салют", Наро-Фоминское госпредприятие "Статор" и ОАО "Гаврилов-Ямский машиностроительный завод "Агат". В конце девяностых годов на производственные площади "Салюта" был перебазирован московский завод шлифовальных станков, что позволило сосредоточить производство специальных станков непосредственно на предприятии и решить проблему ремонта станочного парка. В 2001 г. по заданию "Салюта" к созданию новой электронной системы управления двигателем АЛ-31Ф приступило научно-производственное предприятие "ЭГА", также работающее с ФГУП ММПП "Салют". Финансовую деятельность "Салюта" обслуживают Национальный промышленный банк и страховая фирма "Согласие".

Важнейшим видом продукции, выпускаемой сегодня заводом, является газотурбинный двигатель четвертого поколения АЛ-31Ф, который применяется на самолетах семейства Су-27. Но руководство "Салюта" отчетливо понимает, что сегодня нельзя "сидеть" на одном двигателе и стремится сделать завод "многономенклатурным", чтобы двигатели "Салюта" предназначались не только для военной авиации, но и для гражданских самолетов и вертолетов. Кроме того, предприятие выходит на рынок стационарных газотурбинных приводов компрессоров газоперекачивающих станций и приводов электрогенераторов на электростанциях. Большое внимание на предприятии уделяется совершенствованию станочного парка, на закупку оборудования "Салют" ежегодно затрачивает весьма солидные средства.

Заметим, что КБ-разработчик двигателей, которые преимущественно производились на "Салюте", ныне в качестве подразделения вошло в состав нового двигателестроительного объединения "Сатурн", что, в известной мере, усложнило контакты между производителями и конструкторами. Поэтому руководством "Салюта" было принято решение о создании собственных КБ. Для нормальной работы КБ 19 апреля 2002 г. "Салют" получил лицензию № 1120 на право разработки авиационной техники. Другое КБ работает в области стационарной техники. И хотя прошло сравнительно немного времени с момента их создания, но уже изготовлены две стационарные установки, которые работают в Ямбурге. Поступила заявка на изготовление еще нескольких установок. Спроектирован паро-газотурбинный стационарный агрегат, работающий по сложному циклу STIG, который отличает исключительно высокий к.п.д.

Одним из перспективных направлений в области совершенствования "газотурбинных" технологий считается создание лумиллоидных лопаток. Сейчас их пока никто не производит серийно, хотя предложены они уже давно. В настоящее время специалисты "Салюта" на практике осваивают производство такой лопатки. Ее

применение позволит увеличить температуру газов перед турбиной до 2000 °С. Внедрение в серийное производство лумиллоидных лопаток будет важнейшим шагом на пути создания двигателя следующего поколения. Достигнуты большие успехи в освоении высокоградиентного литья, позволяющего на 20...30 % улучшить механические свойства детали при том же химическом составе материала.

Многие отраслевые технологические институты в сложной обстановке конца прошлого века практически свернули свою работу. В связи с этим на "Салюте" была проведена еще одна структурная перестройка. Наряду с созданием конструкторских бюро, пришлось развернуть собственные исследовательские лаборатории, научно-производственные и научно-технологические центры. Всего их на заводе более двадцати. Среди них лаборатория по созданию новых композиционных материалов, в том числе на базе соединений "углерод - углерод", и уже изготовлены детали не только для оснастки, но и для применения в конструкции двигателя. Есть лаборатория зубчатых передач, основной задачей которой является внедрение новых технологий, таких как глубинное шлифование, ионная химико-термическая обработка и т.д. Поэтому совершенно не случайно распоряжением правительства России № 952-р от 18 июня 1999 г. предприятию "Салют" присвоен статус федерального научно-производственного центра.

В сложный для отечественного оборонного комплекса период девяностых годов прошлого века завод сумел выстоять и постепенно "восстановить форму". К концу 2001 г. численность работников возросла более чем в два с половиной раза по сравнению с 1995 г., портфель заказов предприятия позволил уверенно планировать работу на несколько лет вперед. Руководители "Салюта" считают, что к 2004 г. только на головном предприятии будут трудиться не менее 15 тысяч работников, а вместе с филиалами численность работающих превысит 30 тысяч человек. Отрадно, что наращивание численности работников сопровождается постоянным повышением оплаты труда.

За последние годы завод по своему составу почти полностью обновился, однако все его работники трудятся по одному общему для всех правилу: "Высокое качество продукции - прежде всего". Недаром ММПП "Салют" имеет сертификат качества, выданный фирмой TUV CERT (Германия). "Салют" силён своими высококвалифицированными кадрами: руководителями, инженерами, рабочими. На предприятии создан институт целевой подготовки и переподготовки кадров (ИЦПС). Коллектив завода очень молодой - средний возраст составляет 42 года. Но это - высокообразованный коллектив, среди его персонала более 50 % сотрудников имеют высшее или среднее специальное образование. Созданный институт призван обеспечить дальнейший рост мастерства работников всех уровней. Через ИЦПС ежегодно проходят около четырех тысяч человек. Поставлена задача, чтобы каждый сотрудник раз в три-четыре года повышал свою квалификацию, проходя обучение в стенах института.

Перспективы у "Салюта", предприятия, которое в свои девяносто лет выглядит молодо и динамично, весьма и весьма неплохие. Редакция журнала "Двигатель" сердечно поздравляет весь коллектив "салютовцев" с юбилеем и желает ему дальнейших успехов в сложных и ответственных делах, которые тесно связаны не только с обороноспособностью страны, но и с ее экономической и технологической безопасностью. **П**

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Предприятия авиационного двигателестроения унаследовали от плановой экономики ориентацию на узкую номенклатуру выпускаемых изделий и трудности оперативного освоения новых технологий в соответствии с требованиями рынка. Между тем, эффективное развитие предприятия в современных условиях зависит от сокращения сроков проектирования новых изделий и технологических процессов их изготовления, оптимизации собственно производственного цикла при обеспечении стабильности и качества выпускаемой продукции.

Необходимость технического перевооружения предприятия современным высокопроизводительным, быстроперенастраиваемым оборудованием, а также модернизации существующего станочного парка обусловлена действием следующих факторов:

- расширением номенклатуры вновь осваиваемых и модернизированных изделий;
- сокращением сроков подготовки производства;
- повышением требований к качеству выпускаемых изделий;
- сокращением номенклатуры технологического оснащения.

Процессы механической обработки на предприятии остаются в настоящее время наиболее широко применяемыми и достигают 70 % общего объема. Техническое перевооружение парка металлорежущих станков на нашем предприятии производилось путем замены устаревшего оборудования современными высокопроизводительными станками с ЧПУ. За последние годы предприятием при непосредственном участии служб ОПТ внедрено в производство более 300 станков с ЧПУ ведущих отечественных и зарубежных фирм.

Широкое применение при резке заготовок из жаропрочных титановых и нержавеющей сталей нашли ленточнопильные станки-автоматы с ЧПУ Kasto Tec A3; A4; A5. Станки имеют компоновку портального типа, что обеспечивает жесткость и точность при резании. На станках используются как твердосплавные, так и биметаллические пилы производства фирм "Lepox" (США) и Wikus (Германия). В станке предусмотрено автоматическое натяжение ленты в процессе ее работы, автоматическая и ручная установка режимов резания. Точность обработки заготовок - в пределах 0,1 мм. Это позволяет значительно сократить расход металла в заготовках, так как исключается последующая токарная обработка торцев заготовок.

В последних моделях станков с ЧПУ в большей степени проявилась тенденция к концентрации операций, выполняемых на одном станке, что обеспечивается многокоординатной кинематической схемой станков. Примером оборудования для многокоординатной обработки различных деталей типа тел вращения является внедренный на предприятии станок MILLTURN M120, обеспечивающий комплексную обработку деталей: токарную по 4 осям; фрезерование по 5 осям; измерение в трехмерном пространстве во время процесса обработки; сверление, в том числе и глубокое сверление; фрезерование под любым углом к оси вращения; долбление. Все перечисленные операции выполняются за один установ детали на станке. Переналадка инструмента производится в процессе обработки, внутрицеховая транспортировка заготовки сводится к минимуму, снижаются расходы на дополнительные приспособления и программирование.

Сложные корпусные детали обрабатываются на пятикоординатном обрабатывающем центре TAURUS 4T, позволяющем производить фрезерование, растачивание, сверление, нарезание резьбы и шлифование. Для решения аналогичных задач применяются также станки MAHO 1000, IP 500, IP 800 и модернизированные обрабатывающие центры HORIZON.

Для обработки деталей типа тел вращения диаметром до 2 м внедрен обрабатывающий центр DORRIES, имеющий кинемати-

Виктор Харитонов, главный технолог ФГУП ММП "Салют"

ческую схему токарного карусельного станка с возможностью выполнения операций фрезерования и шлифования.

Протягивание пазов в дисках производится на станках RAS x 25 x 26 x 630 фирмы HOFFMANN. Станки оснащены глобусным столом и системой ЧПУ, что позволяет значительно сократить номенклатуру оснастки при протягивании дисков различных типоразмеров.

Обработка деталей типа дисков и колец производится на токарных станках MDV (фирма MAX MULLER), HF-300 (PITTLER), DF (HEID), DUS 1100 VDF (BOEHRINGER) и др. Проведена модернизация станков MDV путем замены системы ЧПУ более современной.

Для изготовления крыльчаток (IMPELLER) и моноколек (BLISK) применяются пятикоординатные станки фирм LIECHTI (MINIMILL 250) и STARRAG (NF-10). На четырехшпиндельном станке MINIMILL 250 обрабатываются заготовки диаметром до 320 мм, а на двухшпиндельном станке NF-10 - заготовки диаметром до 620 мм. Станок NF-10 оснащен измерительной системой Renishaw, позволяющей контролировать точность установок приспособлений и геометрию обрабатываемых деталей.

В настоящее время на ММП "Салют" в серийном производстве используется зубошлифовальный станок мод. P600/800G фирмы PFAUTER, работающий по схеме профильного шлифования. Станок оснащен механизмами правки и измерительными системами, управление которыми интегрировано в систему ЧПУ. Кроме того, программное обеспечение станков позволяет использовать метод шлифования неправящими кругами, обеспечивает высокую универсализацию процесса зубошлифования, гибкое управление формой зубьев, снижение общего времени на обработку деталей. Так, на станке используется оригинальный метод деления припуска, базирующийся на оптимизации углового положения обрабатываемого колеса относительно шлифовального круга по результатам измерения заготовки перед началом шлифования непосредственно на станке. Результаты измерения формы профиля, линий зубьев и шаговых погрешностей в нескольких сечениях по всему венцу колеса обрабатываются компьютером, который выдает на экран информацию о минимальном, среднем и максимальном значениях припусков с привязкой их к угловому положению детали.

Кроме того, имеются специальные программы обработки, также базирующиеся на использовании измерительной системы, которые обеспечивают изготовление многовенцовых колес с взаимно ориентированным расположением зубьев, в том числе и шевронных зубчатых колес.

Фрезерование пера лопаток из титановых сплавов осуществляется на участке трехкоординатных станков Cincinnati Arrow (Англия). Эти станки имеют точность позиционирования 3 мкм и высокооборотный шпиндель с частотой вращения 12500 об/мин, что позволяет обрабатывать перо лопаток с припуском 0,05 мм и шероховатостью Ra = 0,8.

Для обработки лопаток с бандажными полками будут применяться пятикоординатные фрезерные станки Liechti Turbomill 1200

(Швейцария), на которых за один установ можно обрабатывать все трактовые поверхности пера лопаток. Станки оснащены магазином для смены инструмента и контрольной системой Renishow, что позволяет вести обработку в автоматическом цикле и обеспечивает возможность многостаночного обслуживания. Последующая обработка пера лопаток будет производиться на виброобразивной установке фирмы Rosler (Германия).

Опытные работы по виброобразивной обработке с различными наполнителями показали возможность получения поверхности пера лопаток с шероховатостью до $Ra = 0,05$ мкм.

Особенно острой в настоящее время является проблема механической обработки высоконагруженных деталей из особо прочных и жаропрочных конструкционных материалов и, прежде всего, рабочих, сопловых турбинных и компрессорных лопаток, на долю которых приходится более трети трудоемкости производства двигателей.

Основой технологического прогресса в производстве этих деталей является использование интегральной технологии абразивной обработки на основе метода глубинного шлифования. Центральной идеей интегральной технологии является соединение в едином процессе этапа формообразования сложнопрофильных поверхностей с этапом формирования высококачественного поверхностного слоя детали. Внедрение интегральной технологии позволяет повысить производительность обработки более чем в 10 раз.

Значительные резервы в интенсификации глубинного шлифования заложены в использовании абразивного инструмента повышенной режущей способности. Это могут быть круги специальной структуры или с новыми формой и материалом абразивных зерен. Большие перспективы прогнозируют шлифовальным кругам из золь-геля, получившего название суперабразива.

Определяющим направлением подъема производства является его интеграция с системами автоматизированного проектирования (САПР) и автоматизированной технологической подготовки производства (АСТПП). Наибольшее развитие на предприятии получило конструирование деталей, узлов и изделий в системе Unigraphics 3D. На основе полученных при конструировании трехмерных моделей деталей на предприятии (совместно с МГТУ-Станкин) осваивается АСТПП изготовления деталей из листовых материалов штамповкой в сочетании с лазерной резкой.

Организованы рабочие места в цехах, оснащенные системами технологического проектирования - T-FLEX ЛШ и конструирования штампов - T-FLEX CAD штамп (ОПТ). Совместимость зарубежных (UG) и российских (T-FLEX CAD) систем в режиме осуществляется благодаря использованию единого базового программного-математического обеспечения PARASOLID.

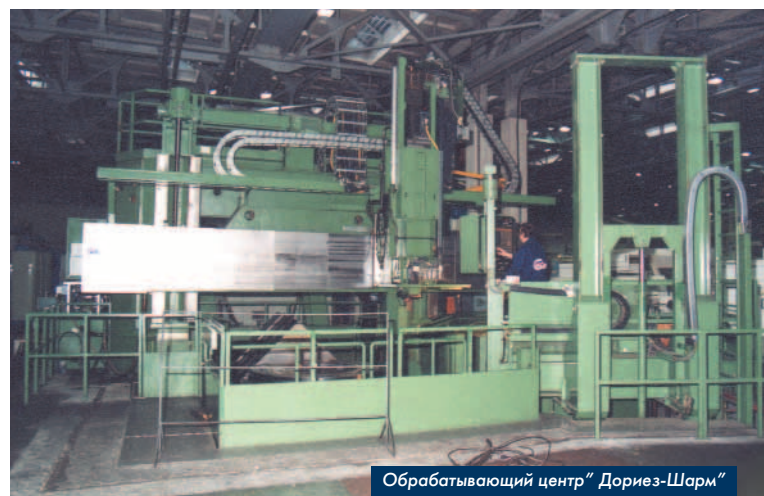
Если внимательно рассмотреть с позиций информационного технологического обеспечения этапы создания новой сложной машиностроительной продукции (этапы НИОКР, опытного и серийного производства), то выяснится, что результаты, полученные на первых двух этапах, не могут в полной мере отвечать требованиям технологии серийного производства. Поэтому время, потребное для освоения новых видов продукции на предприятии, как правило, увеличивается, а "доводка" технологии продолжается в ходе серийного выпуска. Однако стремительный рост производства диктует необходимость создания быстрых и высокоточных систем проектирования технологий механообработки, основанных на современных методах диагностики и математическом моделировании техпроцессов.

Термодинамические и эмиссионные методы диагностики (сил резания, вибраций элементов технологической системы, акустической эмиссии, электромагнитного излучения, электронной эмиссии) позволяют регистрировать в реальном времени физические процессы формообразования заготовок при их обработке. Интенсивное развитие вычислительной техники и программного обеспечения создает предпосылки для разработки и внедрения на производственных предприятиях базовых комплексов многопараметровых диагностических систем.

А



Обрабатывающий центр WFL



Обрабатывающий центр "Дориез-Шарм"

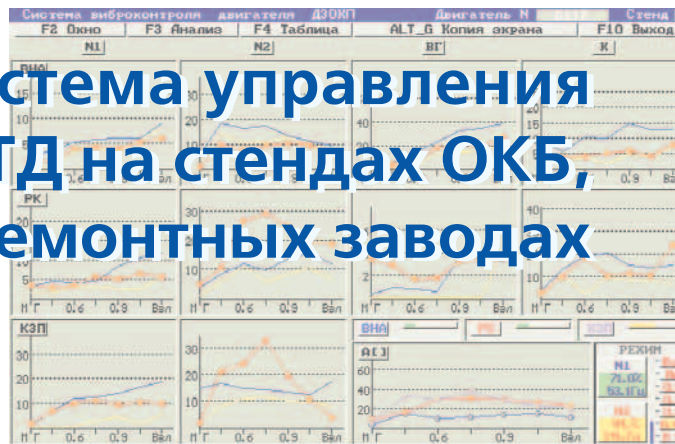


Станок MaxSee



Станок "Цинцинати"

Автоматизированная система управления процессом испытаний ГТД на стендах ОКБ, серийных и ремонтных заводах



Владимир Буковский, председатель Совета директоров ЦВНТ ЦИАМ
Георгий Добрянский, д.т.н., генеральный директор АНТЦ "Тураево"
Дмитрий Барышников, ведущий специалист АНТЦ "Тураево"
Наталья Барышникова, ведущий специалист АНТЦ "Тураево"
Виктор Спиридонов, заместитель начальника отделения НИЦ ЦИАМ
Геннадий Полетов, начальник отдела автоматизации 123 АРЗ

Глобальное для всей отрасли решение проблемы комплексной автоматизации испытаний авиационных ГТД, позволяющей проводить метрологически сопоставимые и в минимальной степени зависящие от ошибок персонала измерения, ищется не первый год. Активное оснащение уникальных испытательных стендов авиационных опытных конструкторских бюро, серийных и ремонтных заводов, специализирующихся на создании, доводке, изготовлении и ремонте авиационных двигателей, перспективными аппаратными средствами измерения и регистрации большого числа различных физических параметров и электронно-вычислительными машинами позволяет считать, что эта задача близка к разрешению. Сегодня специалистами указанных предприятий и организаций уже накоплен огромный опыт создания и внедрения мощных и эффективных расчетных методов обработки и анализа результатов испытаний.

Особое место в обеспечении современного уровня испытаний ГТД занимают автоматизированные системы управления стендов серийных и ремонтных заводов. К таким системам управления предъявляются иные требования, чем, скажем, к системам исследовательских испытательных стендов. Испытания на стендах серийных предприятий имеют достаточно жесткий регламент и объемную технологию испытания. На одном стенде, как правило, испытывается только один тип двигателя, при этом объем испытаний и загруженность стенда весьма велики, что требует автоматизации регламента испытания. Эта большая и сложная задача может быть несколько упрощена вследствие того, что технология испытания почти не меняется.

С учетом этих особенностей автоматизированные системы управления испытанием авиационных двигателей на стендах заводов должны обеспечивать:

- повышение метрологической идентичности, информативности и оперативности испытания двигателя и его узлов, максимальное приближение условий испытания к реальным условиям эксплуатации;
- снижение энергетических, топливных и материальных затрат при проведении испытаний за счет сокращения времени наработки испытуемого объекта на стенде;
- безопасность и всесторонний контроль технологического оборудования и испытуемых объектов;
- снижение трудозатрат операторов, экспериментаторов и обслуживающего персонала при подготовке и проведении испытаний;
- накопление обширной базы данных по характеристикам испытываемых двигателей, проведение на ее основе глубокого и всестороннего сравнительного анализа характеристик двигателей;
- выявление "слабых" мест в технологических процессах изготовления и ремонта двигателя и выработку рекомендаций, направленных на их устранение.

Автоматизированная система испытаний авиационных двигателей, создаваемая в соответствии с результатами проведенных исследований, базируется на разработанных специализированных программных оболочках, входящих в состав аппаратно-программного комплекса автоматизации испытаний двигателя,

которые обеспечивают организацию управления испытанием, оперативный контроль и диагностику технологических систем и испытуемого двигателя. Система основана на диалоговом информационном общении оператора и системы ПЭВМ, организованном в форме "меню" различных иерархических уровней. Она включает в себя все основные этапы подготовки и проведения испытаний, анализ результатов испытаний, оформление выходной документации. Система разрабатывается по открытому типу, позволяющему пополнять и развивать алгоритмическое и программное обеспечение. Ее построение обеспечивает совместимость со средствами автоматизации, сбора и первичной обработки данных, которыми оснащены испытательные стенды ремонтных заводов и

Мобильный комплекс автоматизированной системы контроля и испытаний (АСК и И)

- Объединенная база данных
- Сервер
- Модем
- Принтер
- Стриммер
- CD-RW

К РКШ самолета, системе БУР, датчикам и агрегатам двигателя или блоку имитации

Блок сопряжения

АРМ ОК
Обработка полетной информации с БУР "Тестер"

АРМ "Дракон"
Подсистема визуального контроля и аварийной защиты

АРМ ПКСК
Подсистема управления автоматизированного контроля и документирования

АРМ "Виброконтроль"
Регистрация вибраций спектральный анализ причин вибраций

ОКБ. Специально разработанный для решения этих задач универсальный язык программирования максимально упрощает процесс подготовки и уточнения программ испытаний.

В ходе выполнения исследований по автоматизации испытаний авиадвигателей, анализа опыта эксплуатации автоматизированных испытательных и заводских стендов в отрасли, а также на основе проведения собственных разработок сформирован облик современной АСУ ТП стендовых испытаний авиаремонтных предприятий. Так, в результате проведенных исследований:

- утверждена архитектура и характеристики необходимой электронно-измерительной аппаратуры АСУ ТП;
- определен базовый состав и номенклатура необходимого компьютерного оборудования АСУ ТП;
- разработано специальное программное обеспечение АСУ ТП стендовых испытаний для авиаремонтных предприятий;
- определена номенклатура и состав отдельных функциональных подсистем АСУ ТП, оценены функции и уточнен порядок взаимодействия этих подсистем.

Подсистема измерения и регистрации параметров

Основные функции подсистемы:

- управление устройством связи с объектом (УСО) и контроль его работы;
- получение данных в соответствии с протоколом обмена, перевод их в физические величины, осреднение и отбраковка параметров, формирование массива параметров;
- регистрация параметров на установившихся (статических) и переходных (динамических) режимах;
- вывод на дисплей контрольной информации в удобной для испытателя форме;
- метрологическое обслуживание системы, включая контроль и тарировку датчиков перед испытанием.

Подсистема оперативного контроля и диагностики состояния двигателя и испытательного стенда

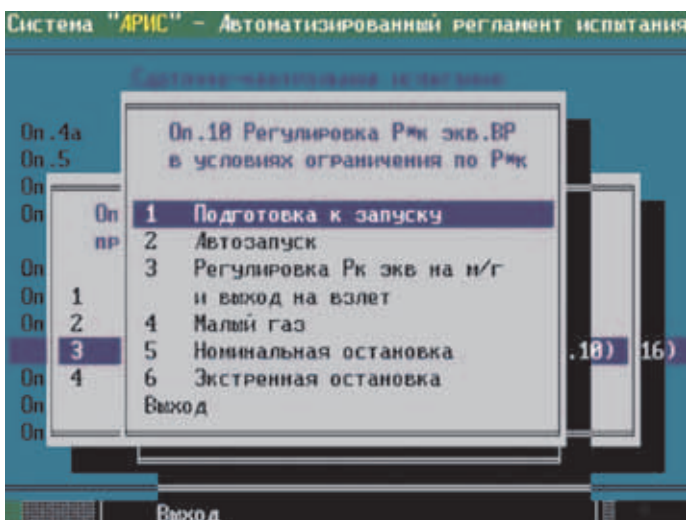
Ее функциональные особенности:

- непрерывно перезаписываемый циклический файл записи и сохранения более 100 различных параметров двигателя и стенда длительностью 2 мин.;
- встроенный редактор, позволяющий оперативно формировать за 3...5 мин. новый экран отображений;
- наличие речевой и текстовой сигнализации нештатных ситуаций или превышения уровня измеряемых параметров выше допустимых.

Подсистема управления испытанием двигателя (автоматизированный протокол)

Содержит полный регламент испытаний для заданного типа двигателей. Он позволяет автоматически:

- формировать в полном объеме всю текущую и выходную информацию;
- вести статистический учет количества различных видов запуска, общей и "горячей" наработки двигателя в процессе испытаний;
- осуществлять все необходимые расчеты в темпе испытаний;



- проводить анализ соответствия техническим условиям (ТУ) и при необходимости изменять ход испытаний;
- выдавать рекомендации при нештатных ситуациях или по запросу испытателя.

Подсистема виброконтроля

Эта подсистема позволяет:

- формировать в реальном масштабе времени банк данных с информацией, поступающей с вибродатчиков;
- проводить расшифровку и спектральный анализ виброисостояния двигателя;
- определять причины возникновения повышенных вибраций и дисбаланса в двигателе.
- локализовать дефектов вплоть до конкретного лопаточного рабочего колеса двигателя, что позволяет существенно упростить повторный ремонт двигателя, не прошедшего сдаточные испытания, исключает необходимость полной разборки и дефектации.

Внедрение подсистемы виброконтроля на авиаремонтном предприятии № 123 позволило выявить слабые места в технологии ремонта и балансировки двигателя Д-30-КП. После такой модернизации, в течение нескольких последних лет работы с данной подсистемой, прекратились досрочные съемы отремонтированных двигателей из-за больших вибраций на сдаточных испытаниях и в эксплуатации.

Банк данных

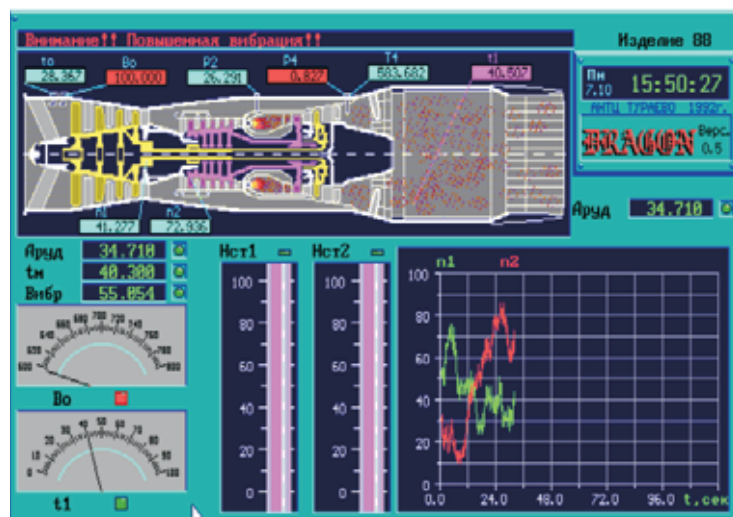
Выполняет следующие функции:

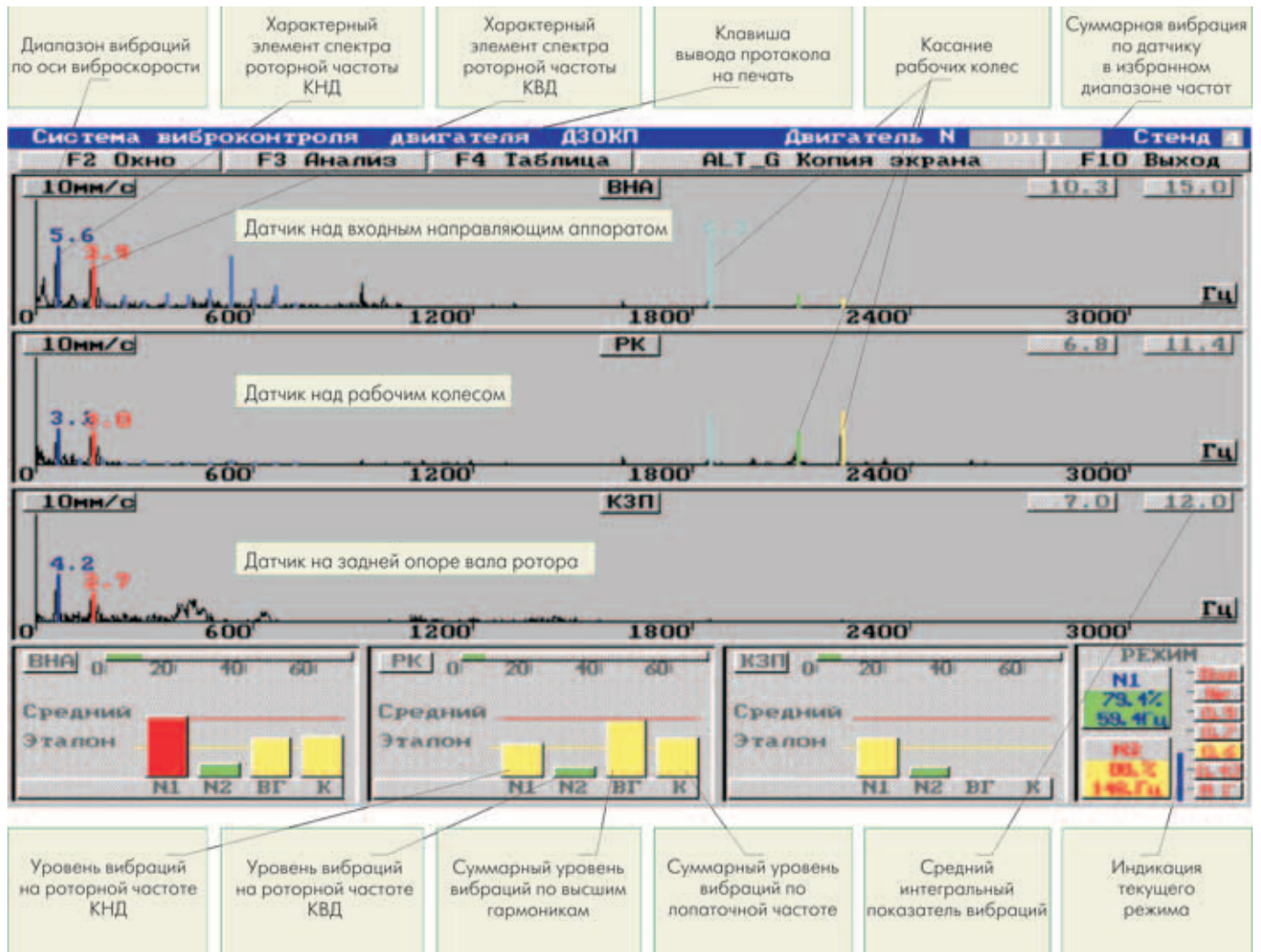
- прием наиболее общих и важных данных испытаний;
- образование архивов и разархивация данных в одном из стандартных форматов баз данных по запросу исследователя;
- статистическую обработку и анализ информации, помещенной в банк данных, вывод ее на дисплей или печатающее устройство в заданной форме (протокол, таблица, график).

Программное обеспечение и алгоритмы обработки

Эта подсистема включает:

- интерактивную оболочку, обеспечивающую организацию эффективного диалога с пользователем с помощью многоуровневого меню, окон списков, окон растровой и векторной графики, "горячих клавиш", "мыши", средств доступа (драйверы, функции и т.п.);
- встроенный интерпретатор со специализированным языком программирования, максимально приспособленный для разработки и модернизации программ испытаний, интерпретатор сценария испытания с режимом редактирования алгоритмов обработки, интерфейс для работы с внешними программами;
- оболочку для работы в режиме реального времени в цикле или в режиме реакции на события, инициируемые различными объектами управления, с развитым графическим режимом вывода и представления информации на дисплее, специализированным языком программирования, средствами отладки и редактирования, регистрации и др.;
- алгоритмы расчета параметров контрольных точек, включая





вычисление важных непосредственно не измеряемых параметров, таких как расход воздуха, тяга, запасы газодинамической устойчивости и др., алгоритмы обработки результатов измерений, градуировки каналов измерений и другие.

Для внедрения автоматизированных систем контроля и испытания авиадвигателей на стендах серийных и ремонтных предприятий необходимо:

- формализовать технологические карты регламентов работ по технической эксплуатации двигателя в части опробования перед полетом и после регламентных работ, проверки работоспособности и настройки бортовых блоков управления и контроля двигателя;
- вместе с предъявлением двигателя на государственные испытания (ГСИ) разработать и поставить Заказчику электронные копии руководства по эксплуатации;
- разработать сценарий для автоматизированного проведения контрольных и сдаточных испытаний двигателя на стендах ремонтных предприятий ВВС;
- утвердить электронную версию формуляра и эталонного дела двигателя;
- предусмотреть возможность подключения к двигателю и агрегатам топливорегулирующей аппаратуры дополнительных датчиков, повышающих информативность контроля состояния двигателя и его систем в процессе испытаний;
- модернизировать пульты испытательных стендов ремонтных предприятий, заменив устаревшие стрелочные и манометрические приборы автоматизированными местами (АРМ) на основе современных персональных компьютеров с выводом информации на дисплей с диагональю экрана не менее 21 дюйма;
- создать на основе мощной компьютерной системы централизованный банк данных (ЦБД) с информацией по каждому находящемуся в эксплуатации двигателю и агрегату, в котором в течение всего жизненного цикла двигателя будет отслеживаться и

обобщаться история эксплуатации и ремонта двигателя;

- по каналам модемной связи из эксплуатирующих организаций обеспечить оперативное наполнение ЦБД информацией по эксплуатации и техническому обслуживанию каждой единицы авиационной техники.

Эффективность от внедрения системы

Система обеспечивает:

- сокращение времени испытаний на 17...19 %;
- снижение времени обработки результатов испытаний в 2...2,5 раза;
- экономию топлива на 7...12 %;
- повышение информативности и объективности контроля на 25...30 %;
- повышение профессионального уровня специалистов испытательных стендов;
- уменьшение численности обслуживающего персонала;
- сокращение сроков и повышение качества ремонта;
- возможность обобщений на основании сравнительного анализа характеристик каждого двигателя в процессе всего жизненного цикла с использованием банка данных, сформированного в процессе каждого испытания при техническом обслуживании, ремонте в эксплуатации и после ремонта на авиаремонтных предприятиях.

Предложенная система соответствует наиболее современному уровню работы с авиатехникой и позволяет оперативно решать многие вопросы, возникающие в процессе ее эксплуатации и требующие проведения специализированных исследований. Внедрение такой системы будет способствовать как резкому снижению общего числа летных происшествий, так и предпосылок к ним.

ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ОБРАБАТЫВАЮЩИЕ ЦЕНТРЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ.

ТЕХНОЛОГИЯ БУДУЩЕГО



На Ивановском заводе тяжёлого станкостроения с 1998 г. взят курс на выпуск наукоёмкой техники нового поколения. Это прецизионные высокоскоростные обрабатывающие центры, повышающие производительность обработки деталей из чугуна и стали в 3...4 раза, а из алюминия - в 7...8 раз по сравнению с обычными станками. Такие центры не уступают лучшим зарубежным аналогам.

В то же время завод не остановился на достигнутом и продолжает развиваться, учитывая мировые тенденции станкостроения, которые имеют ярко выраженную направленность на повышение качества и скорости обработки детали, снижение трудоёмкости и себестоимости готового изделия.

В 2001 г. был спроектирован и запущен в производство не имеющий аналогов в России обрабатывающий центр "Супер-Центр ИС800-Глобус" с возможностью одновременного управления по пяти координатам для обработки сверхсложных деталей типа турбинных лопаток, крыльчаток, а также сложных пресс-форм и других деталей для различных отраслей народного хозяйства. Размер рабочей поверхности стола 800×800 мм, что позволяет обрабатывать детали размерами до 1200 мм. Конструкция шпиндельного узла с конусом инструмента HSK-A100 (или ISO 50) обеспечивает высокоскоростную обработку с частотой вращения шпинделя до 12 000 об/мин. Скорость перемещения узлов станка достигает 40 м/мин. Мотор-шпиндель оснащён устройством подачи смазывающе-охлаждающей жидкости через инструмент с расходом 20 л/мин при давлении 50 атм. Круговые оптические датчики на поворотно-наклонном столе обеспечивают его точное позиционирование.

Сегодня в условиях постоянно развивающегося рынка для производителей небольших и сложных деталей мы предлагаем новинку нашего завода - "Супер-Центр ИС320", рабочая поверхность стола которого составляет 320×320 мм. Конструкция шпиндельного узла с конусом инструмента SK40 или HSK63 позволяет производить обработку деталей со скоростью вращения шпинделя до 8000 об/мин.

Массивная станина коробчатой формы, обладающая высокой жесткостью и демпфирующими свойствами, не требующая специального фундамента, гарантирует точность и стабильность обработки. Постоянство геометрических соотношений станка обеспечивается циркуляционной системой отвода тепла от подшипниковых опор шпинделя. Соосность обрабатываемых отверстий при повороте стола на 180° достигается благодаря использованию прецизионных подшипников и оптоэлектрических датчиков.

По желанию заказчика станок может изготавливаться с возможностью одновременного управления по пяти координатам путем использования наклонно-поворотного стола.

Данные станки предназначены для прецизионной комплексной обработки сложных корпусных деталей из лёгких сплавов, чугуна, конструкционных и высокопрочных сталей. Станки выполняют сверление, зенкерование, развёртывание, растачивание по точным координатам, фрезерование плоскостей и пазов, фрезерование с линейной и круговой интерполяцией, нарезание резьб метчиками.

Производители разнообразных двигателей и их агрегатов высоко оценили наши обрабатывающие центры за их высокоскоростные режимы резания и скорости перемещения подвижных узлов. Среди предприятий, закупивших наши станки, Горьковский автозавод, ОАО "Автодизель" (Ярославль), Ярославский завод топливной аппаратуры, Казанское моторостроительное производственное объединение, Пролетарский завод (Санкт-Петербург) и др.

Своим потребителям мы предлагаем полный комплекс инженеринговой подготовки, проводим обучение обслуживающего персонала заказчика, осуществляем полный комплекс пуска-наладки оборудования, поставляем новейший инструмент и оснастку, разрабатываем и изготавливаем установочные приспособления, разрабатываем технологию обработки, выполняем проекты с учётом индивидуальных требований, предоставляем заказчикам, разрабатываем программно-математическое обеспечение к станкам и гибким производственным системам.

Большой станочный парк, высокие технологии и производственные мощности, а также высококвалифицированные кадры инженеров и конструкторов позволяют осуществлять ремонт и модернизацию станков как отечественного, так и зарубежного производства, а также проектировать и изготавливать специальные станки под заказ.

Таким образом, опыт, полученный за все годы существования завода, позволяет ему постоянно развиваться, идти в ногу со временем, отвечать на всё возрастающие требования рынка и быть в числе лидеров России в области тяжёлого станкостроения. **П**



ОАО "ИЗТС"

Россия, 153032, Иваново,

ул. Станкостроителей, 1.

Тел.: (0932) 32-90-32.

Тел./Факс: (0932) 23-46-01.

Факс: (0932) 23-33-76.

E-mail: stsis@evropa/ivanovo.ru

ВНЕДРЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В ОАО "УМПО"



ОАО "УМПО" - самое крупное в России моторостроительное предприятие, выпускающее широкий ассортимент как авиационной, так и другой сложной технической продукции. Управление таким предприятием представляет собой сложную задачу, которую способны решить системы управления типа ERP (планирование ресурсов предприятия). Системы такого уровня предлагают единую концепцию внедрения и реорганизации существующих технологий обработки информации, кардинальное решение задач управления и единые стандарты организации технологии и управления, базирующиеся на полном наборе решений - приложениях, средствах разработки, базах данных. Внедрение информационной системы - новый шаг в развитии управления предприятием. Это инструмент, который позволит выйти на качественно другие уровни управляемости и прозрачности процессов на предприятии.

Валерий Лесунов, генеральный директор ОАО "УМПО"

К 2001-му году в объединении была создана достаточно мощная АСУ, обеспечивающая подсистемы управления производством, расчетов с поставщиками и покупателями, а также складской учет. Однако она имела два основных недостатка: наличие "островной автоматизации", не позволяющей функциональным подсистемам "видеть" и обмениваться данными, и использование технологии "файл-сервер", не дающей наращивать объемы обрабатываемых данных. Из-за отсутствия интеграции между модулями АСУ существуют две системы документооборота: бумажная и электронная, что приводит к частичному дублированию или неоднозначности информации. Выход был найден благодаря комплексной информационной системе "BAAN-IV". Уже в процессе освоения этой системы появилась следующая версия - "BAAN-V", которая внедряется у нас впервые в России.

Что же получит предприятие после внедрения системы "BAAN"? В части производства - долгосрочное и краткосрочное планирование, в том числе с учетом ограничений и приоритетов, контроль за выпуском продукции, полную картину загрузки производственных мощностей, учет фактической себестоимости производственных заказов. В части маркетинга и сбыта - систему ведения работы с покупателями (договоры, коммерческие предложения), систему многоуровневых цен и скидок, гибкую систему условий поставок и скидок. В части материально-технического снаб-

жения - ведение договоров и заявок на закупку, качественное планирование уровня запасов и закупок в зависимости от плана производства, автоматизацию внутрискладских перемещений и отпуска материалов, снижение уровня неликвидных запасов. В части бухгалтерии и финансовой службы - полный учет и мониторинг движения товарно-материальных ценностей предприятия, мгновенное получение бухгалтерской отчетности, неограниченные возможности взаимозачетов и др.

Пилотным проектом для внедрения ИСУ "BAAN" стал учет основных средств. Причинами подобного выбора послужили отсутствие автоматизации документооборота по этому процессу и относительно локализованный характер процесса: документооборот затрагивает ограниченный ряд подразделений, операции носят повторяющийся характер, легко поддаются структуризации. Сегодня проект уже передан в промышленную эксплуатацию.

На данный момент в промышленной эксплуатации находятся модули "Производство", "Управление закупками" и "Складской учет", включающие задачи управления основным производством и складским движением в цехах. В "BAAN" сейчас проходят следующие учетные операции: регистрация прихода товарно-материальных ценностей (ТМЦ) в объединение, формирование требования на получение материала в цех, оформление расхода ТМЦ с центральных складов, приход ТМЦ в цеховые кладовые, оформление операции запуска материалов и деталей, учет выполнения операций в цехе, учет цехопереходов и формирование приемосдаточных накладных, оформление сдачи готовых деталей на склад цеха, перемещение готовых деталей между цехами и на склад готовых деталей.

Готовятся к запуску подсистемы "Планирование закупок" (расчет и контроль исполнения плана закупок), "Сбыт" (оформление договоров и заказов на продажу, планирование и контроль отгрузки продукции предприятия, фактурирование отгрузок).

В виду существенного изменения функциональности "BAAN-V" по сравнению с предыдущей версией было принято решение перенести внедрение экономической, финансовой, бухгалтерской подсистем из "BAAN-IV" в "BAAN-V".

Сейчас система настроена для работы предприятия, полностью учитывает его потребности, однако жизнь не стоит на месте, и в дальнейшем потребуются изменять существующую функцио-



нальность. Для такого предприятия, как УМПО, важно быть независимым от фирмы-поставщика информационной системы. Новые условия рынка в России требуют оперативной реакции на развитие производства. Поэтому на базе отдела АСУ была создана группа внедрения - бюро системного моделирования, в задачи которого входит глубокое освоение новой системы, анализ и реинжиниринг процессов управления предприятием, внедрение ИСУ и сопровождение изменений.

Основой проведения реинжиниринга является моделирование и анализ существующих процессов предприятия (второй этап внедрения информационной системы). На УМПО он выполняется работниками объединения в сотрудничестве с кафедрой автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета.

Вот пример изменения технологии учета основных средств (то есть реинжиниринга процесса). При внедрении задачи было предложено изменить не только технологию обработки информации (с бумажно-ручной на электронно-автоматизированную), но и информационные потоки, обслуживающие процесс учета. Были предложены и реализованы следующие изменения:

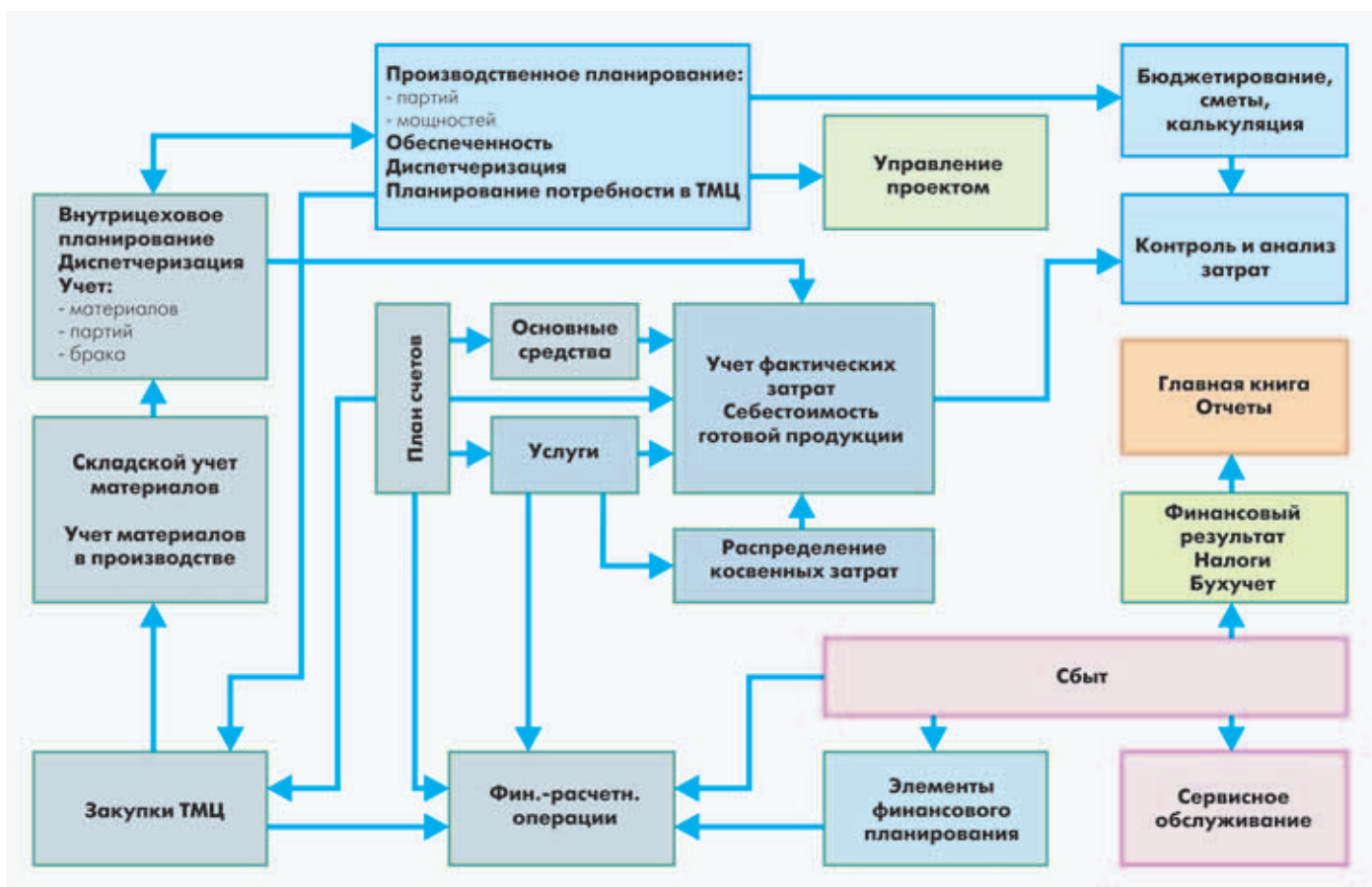
- автоматизирован процесс стоимостного и номенклатурного учета основных средств с применением ИСУ "BAAN", что позволило избавиться от избыточного документооборота и перейти к однократной записи бухгалтерских проводок;
- централизованы функции учета основных средств (переданы в главную бухгалтерию объединения функции цехового учета);
- автоматизирован процесс ввода бухгалтерских проводок и ведения учетных документов по основным средствам, что позволило избежать необходимости формирования и пересчета пачек бухгалтерских документов в бухгалтерии, а с вычислительного центра снять задачу по их дополнительной обработке.

Таким образом, предложенные решения по проведению реинжиниринга при внедрении задачи учета основных средств позволили не только значительно упростить процесс учета основных средств, но и сэкономить финансовые вложения на приобретение дополнительных лицензий (рабочих мест) ИСУ "BAAN".



Сегодня решается подобная задача по изменению технологии планирования и учета поступления материалов в цех и перехода на электронный документооборот в этой части.

В целом внедрение новой системы управления является составной частью решения основной задачи предприятия - непрерывного и гармоничного развития. Ситуация на мировом рынке наукоемкой продукции развивается в сторону полного перехода на безбумажную электронную технологию ее проектирования, изготовления и сбыта. По прогнозам специалистов в ближайшем будущем невозможно будет продать на внешнем рынке машино-техническую продукцию без соответствующей международным стандартам безбумажной электронной спецификации. Таким образом, перед УМПО стоит трудная, но, несомненно, важная задача - формирование принципиально новой системы управления предприятием, которая включает в себя полную электронную поддержку жизненного цикла изделия - CALS. Такая система позволит предприятию соответствовать современным требованиям рынка. **П**



Бе-200

ПОЖАРНЫЙ,
СПАСАТЕЛЬ, ПЕРЕВОЗЧИК,

ДОЗОРНЫЙ...



Пожалуй, лучшей похвалой хорошему работнику может быть адресованная ему пословица "И швец, и жнец, и на дуде игрец". Значит, человек разносторонний и умелый. Когда смотришь на детище таганрогских разработчиков и иркутских самолетостроителей - Бе-200, на ум приходит та же пословица, только в применении к этому замечательному самолету-амфибии. Это закономерно: нет в мире летательного аппарата универсальнее и с более уникальными возможностями.

Виктор Кобзев, генеральный директор ЗАО "БЕТА-ИР"

Создавался Бе-200 как уменьшенный противопожарный вариант единственного в мире реактивного самолета-амфибии А-40 "Альбатрос", установившего 140 мировых рекордов. Все преимущества предшественника в полной мере сохранены в новой машине: большая дальность полета, отличные летные данные и взлетно-посадочные характеристики. Возможности этого самолета просто уникальны - заправка водой может производиться даже при глиссировании. Если есть водоем протяженностью не меньше 1300 м и около 3 м глубины, то Бе-200 способен, пробежав по его поверхности, за 14 с забрать на борт 12 т воды и вновь взлететь. Это - рекордные показатели для современных амфибий. Примечательно, что весь этот цикл может воспроизводиться даже при волнении моря в 3 балла: у самолета отличная мореходность. Процедура "набор воды - доставка ее на пожар" самолет может повторять неоднократно и за одну заправку топливом способен сбросить (залпом или ступенчато, по площади) суммарно около 270 т воды! Для повышения эффективности пожаротушения на борту самолета предусмотрены емкости с огнетушащим реагентом, добавляемым в воду.

Тестовые испытания самолета как в России, так и за границей (Франция, Греция, Малайзия и др.) показали высокую его эффективность, отличную маневренность, что важно при работе в условиях пересеченной местности или в населенных пунктах, высокую точность водометания. Именно поэтому такой интерес к этой машине проявляет как МЧС РФ, так и аналогичные организации по всему миру. Создателями машины составлен план продвижения самолета на зарубежный рынок, который предусматривает следующие этапы: сертификация по российским нормам - 2002 г. (сертификат типа ограниченной категории был получен еще в августе 2001 г.); первая поставка российскому заказчику - 2002 г. (контракт с МЧС РФ на поставку 7 самолетов); сертификация по западным нормам - 2004 г.; первая поставка за рубеж - 2004 г.

Самолет-амфибия Бе-200 - высокоплан со стреловидным крылом, Т-образным оперением, лодкой большого удлинения, герметичной кабиной размерами 17x2,6x1,9 м, оснащенный двумя турбореактивными двигателями Д-436ТП Запорожского моторостроительного предприятия "Мотор Сич", имеющего международный сертификат на производство ГТД Д-36 серий 1 и 2А. Двигатели установлены на пилонах над крылом, что исключает попадание в них воды. Предусмотрена возможность установки по желанию заказчика двигателей BR-715 (BMW-Rolls Royce). С целью сертификации самолета по нормам FAR и JAR, рассматривается возможность привлечения в качестве партнеров таких крупных производителей авионики, как Honeywell, Collins, Thales.

Результаты испытаний, в течение которых самолет выполнил 600 полетов (из них 170 со взлетом и посадкой на воду), показали малую шумность и высокую надежность двигателей Д-436ТП, что соответствует требованиям FAR и JAR. Установка же двигателей BR-715 обеспечит процесс сертификации по нормам FAA и JAA.

Прекрасные гидроавиационные качества самолета, смелые конструкторские решения компоновки машины позволяют с небольшими изменениями превращать Бе-200 в ряд модификаций: пассажирский, грузовой, патрульный, поисково-спасательный и приспособленный для экологического мониторинга. Такой многоцелевой характер самолета позволяет значительно повысить его экономическую эффективность благодаря уменьшению простоев во время пожаробезопасных сезонов. Так, Бе-210 - пассажирская модификация самолета-амфибии - предназначена для перевозки 72 человек. Использование такого самолета дает идеальную возможность решения проблем перегруженных аэропортов, так как позволяет наладить авиaperевозки в местах, где отсутствует инфраструктура аэропортов и особенно в прибрежной зоне или озерных краях. При этом интерьеры, разрабатываемые компанией AIM Aviation (Fliteform), выполняются в разных вариантах: первого, бизнес и эконом классов, а также VIP и VVIP версиях.

При дальности полета 1850 км самолет Бе-200 может оказаться незаменимым транспортным средством для доставки грузов массой до 7500 кг на удаленные острова, буровые вышки, корабли в море и в другие труднодоступные районы.

Поисково-спасательный вариант может обеспечить доставку, с одной стороны, до 50 спасателей с необходимым оборудованием, с другой стороны, эвакуацию до 60 пострадавших. Кроме чисто навигационных задач электронное оборудование самолета позволяет эффективно вести поиск и определение координат терпящих бедствие.

Самолетом Бе-200 заинтересовался европейский авиакосмический концерн EADS, с которым корпорацией "ИРКУТ" (в которую входит БЕТА-ИР) подписано соглашение о сотрудничестве. Разрабатывается план совместных действий по сертификации, маркетингу и созданию сети послепродажного обслуживания для самолета Бе-200. ЗАО "БЕТА ИР" занимается координацией действий участников проекта по разработке, изготовлению и сертификации самолета, организует маркетинг и занимается созданием сети послепродажного обслуживания самолета. Бе-200 экспонировался на многих международных выставках, где потенциальные покупатели смогли по достоинству оценить его качества. Ведутся активные переговоры по продаже и лизингу самолета с Южной Кореей, Грецией, Францией, Алжиром, Китаем, Израилем, Австралией, Малайзией и Таиландом.

Более подробную информацию о самолете Бе-200 можно получить на сайте www.beta-air.com

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В СОВРЕМЕННЫХ ЖРД

Сегодня трудно представить цивилизованный мир без ракетно-космической техники. Создана международная обитаемая космическая станция. Продолжаются полеты к дальним планетам Солнечной системы. Реализуются программы по выводу на различные орбиты сотен спутников с целью всемирной информатизации (телефонизации, мониторинга, обмена информацией, обучения, проведения банковских операций, слежения за транспортом, быстрого обнаружения чрезвычайных ситуаций и решения большого количества других задач).

Все виды полезных нагрузок должны выводиться в космос ракетами-носителями (РН), оснащенными высокоэффективными, надежными, дешевыми и экологически чистыми двигателями. Этим требованиям отвечают ракетные двигатели, работающие на жидком кислороде и углеводородном горючем на первых ступенях РН и жидком кислороде и жидком водороде на верхних ступенях РН.

ОАО "НПО Энергомаш им. акад. В.П. Глушко":

Борис Каторгин, член-корреспондент РАН, д.т.н., **Владимир Чванов**, д.т.н., **Евгений Беляев**, к.т.н.

МАИ:

Валерий Черваков, к.т.н.

К современным ЖРД предъявляют требования высокой надежности, экономичности работы, многократности запуска, многократности использования и т.п. Оптимизация полетных траекторий РН требует от ЖРД обеспечения широкого диапазона регулирования тяги двигателя при различных скоростях ее изменения. На рис. 1 приведен один из полетных профилей изменения тяги двигателя современной РН.

Стоимость разработки и эксплуатации современных ЖРД, их надежность и эффективность определяются многими факторами. Одним из важнейших факторов является знание и умение анализировать и управлять динамическими процессами, происходящими в узлах и агрегатах двигателя при его функционировании на протяжении всего полета.

Это стало возможным благодаря накопленному опыту разработки ЖРД, бурному развитию вычислительной техники и разработке методов математического моделирования.

Математическое моделирование призвано выявить характерные особенности функционирования и выбрать оптимальные статические и динамические характеристики узлов и агрегатов двигателя на основе глубокого теоретического анализа создаваемой конструкции и процессов, происходящих как в агрегатах, так и в двигате-

ле в целом. С помощью математического моделирования задолго до создания реальных узлов, агрегатов и двигателя в целом удается заглянуть в будущее создаваемого ЖРД, "прочувствовать" особенности его работы. Математическое моделирование должно сопровождать весь "жизненный цикл" существования двигателя, начиная с этапа технического предложения и эскизного проектирования, его экспериментальной отработки и заканчивая прекращением серийного производства. На этапе технического предложения и эскизного проектирования с помощью математического моделирования:

- анализируются и выбираются схемные решения ЖРД с целью оптимизации его энергетических характеристик и параметров узлов и агрегатов, в него входящих;
 - рассчитываются основные статические и динамические характеристики регулирующих устройств двигателя, обеспечивающих требуемые диапазоны изменения параметров ЖРД в сочетании с устойчивостью системы регулирования;
 - выбирается циклограмма срабатывания пуско-отсечных клапанов и регулирующих органов ЖРД, обеспечивающих его стабильный запуск и останов (циклограмма - это временная последовательность подачи команд на клапаны и регулирующие органы);
 - определяются амплитудно-фазовые частотные характеристики (АФЧХ) двигателя по каналам внешних воздействий с целью исследования продольной устойчивости ракеты-носителя;
 - исследуются вопросы внутриводвигательной устойчивости процессов;
 - оценивается совместная работа двигателя с ракетными и стендовыми системами и исследуется ряд других вопросов.
- На этапе экспериментальной отработки:
- уточняются требования к циклограмме работы двигателя;
 - оптимизируются характеристики агрегатов и основные параметры двигателя;
 - анализируются аварийные и аномальные ситуации.
- На этапе серийного производства двигателей:
- оценивается влияние технологических отклонений, возникающих при изготовлении двигателя, на его эксплуатационные свойства и надежность;
 - анализируются и моделируются нештатные ситуации;
 - исследуются новые конструктивные решения, направленные на модернизацию двигателей и т.п.

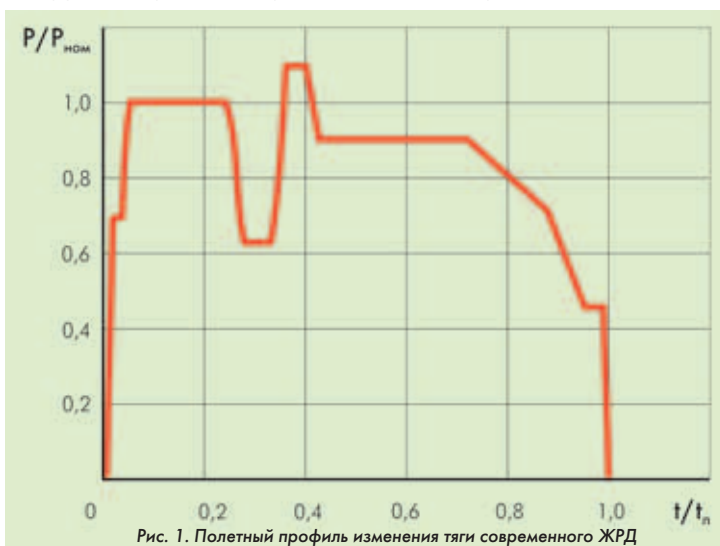


Рис. 1. Полетный профиль изменения тяги современного ЖРД

Почти пятидесятилетний опыт работы специалистов НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко, накопленный в процессе создания нескольких десятков мощных ЖРД с разными схемами и на различных компонентах топлива, в сочетании с работами ведущих специалистов ИЦ им. М.В. Келдыша, ЦИАМ, ЦНИИМАШ, МВТУ и МАИ позволил отработать технологию построения полной нелинейной математической модели, описывающей рабочий процесс ЖРД на всех режимах работы.

Математическая модель представляет собой детерминированное описание нелинейными дифференциальными и алгебраическими уравнениями всех основных процессов, происходящих в узлах, агрегатах и двигателе в целом при его функционировании. При ее разработке используются представления о простейших гидродинамических элементах активного сопротивления, массы и емкости, отражающих одно определенное свойство моделируемой среды (инерционность, сжимаемость, вязкость) и описываемых уравнениями соответствующего фундаментального физического закона - сохранения количества движения, энергии и неразрывности течения.

В зависимости от полноты описания физических процессов и учета динамических явлений для одного и того же двигателя можно разработать множество математических моделей разной степени подробности и сложности, с различными пределами применимости модели по глубине изменения параметров, частотному диапазону и т.п. Математические модели полного цикла работы ЖРД обычно содержат 100...150 нелинейных дифференциальных



РД - 120

уравнений, в том числе и второго порядка, а также ~ 250... 300 алгебраических.

Математические модели принято разделять на статические, описывающие стационарные режимы работы ЖРД (когда движение жидкости и газа происходит с постоянными скоростями, вращение валов турбонасосного агрегата (ТНА) и бустерных насосных агрегатов (БНА) происходит с постоянными угловыми скоростями и т. п.), и динамические, описывающие нестационарные режимы, в которых все проявляющиеся скорости переменны. Только в динамике проявляются и влияют на протекание процессов инерция перемещаемых масс (жидкости в гидромагистралях, золотника регулятора расхода или редуктора, ротора ТНА и БНА в осевом направлении и т.п.) и вращающихся масс (ротора ТНА и БНА); тепловая инерция при передаче и распространении тепловых потоков; деформация стенок магистралей и элементов конструкций; сжимаемости жидкости и газа; изменение временных запаздываний при воспламенении и горении компонентов топлива и т. п.

Наибольшие трудности при разработке математических моделей встречаются при разработке моделей, описывающих запуск ЖРД. Это связано с тем, что данному режиму свойственен ряд специфических процессов. К ним относятся: процессы заполнения трубопроводов и смесительных головок газогенератора и камеры сгорания с одновременным истечением части компонента топлива из них; двухфазные течения; гидроудары в трубопроводах; кавитационные явления в насосах; частичный унос опережающего компонента топлива из газогенератора и, как следствие, увеличение влажности

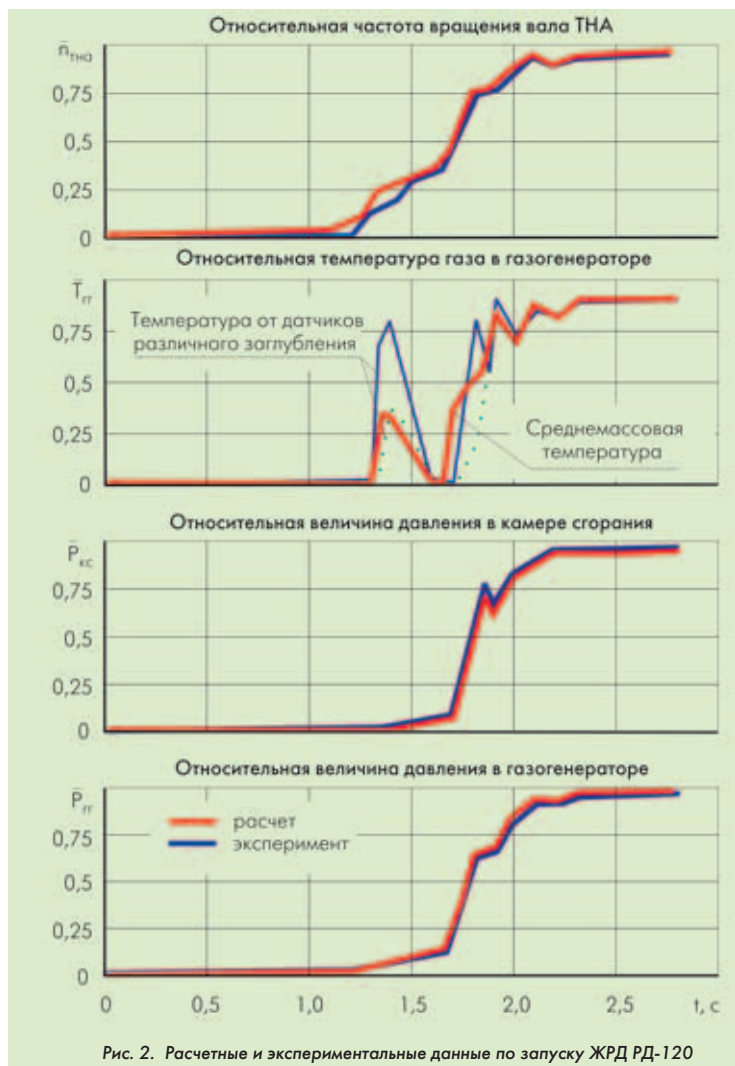


Рис. 2. Расчетные и экспериментальные данные по запуску ЖРД РД-120

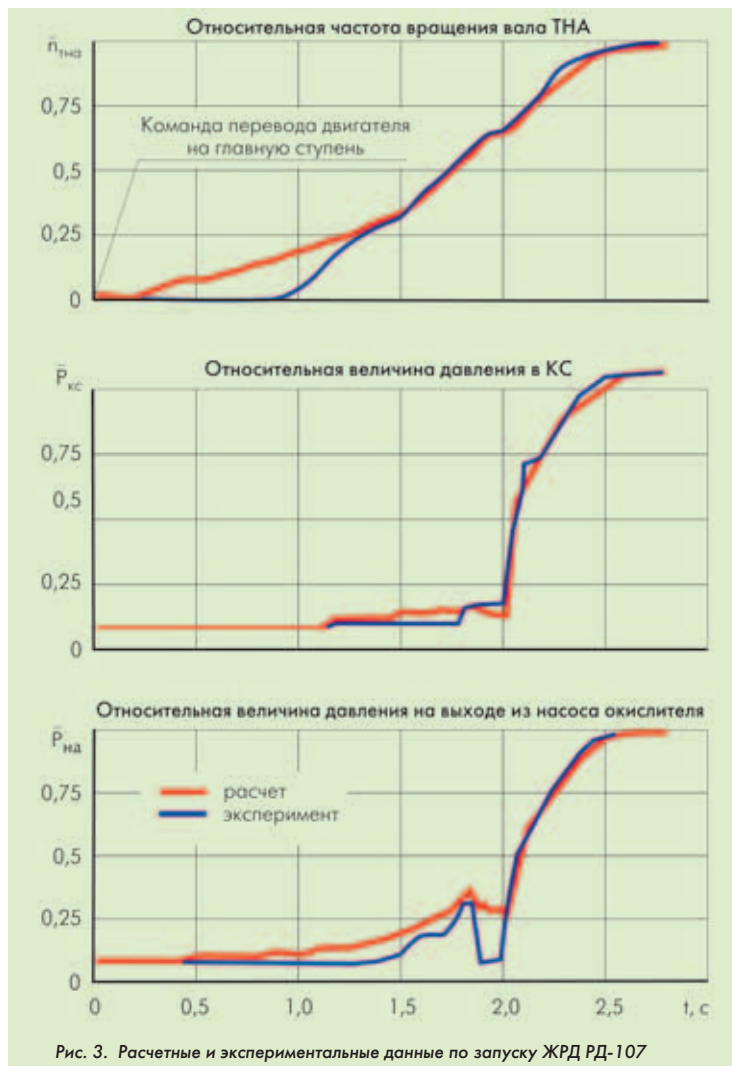


Рис. 3. Расчетные и экспериментальные данные по запуску ЖРД РД-107

парагаза и снижение располагаемой мощности турбины; расщепление к.п.д.-характеристик насосов по частоте вращения; кинетика воспламенения и выгорания компонентов топлива и ряд других.

Определенные трудности возникают при решении больших систем нелинейных дифференциальных уравнений. Это связано с устойчивостью их численного решения из-за накопления ошибок аппроксимации и округления, а также из-за разномасштабности процессов, описываемых такими системами.

Накопленный НПО Энергомаш опыт позволил в настоящее время преодолеть многие из указанных трудностей. Для каждого вновь разрабатываемого ЖРД и для всех своих двигателей, находящихся в эксплуатации, НПО Энергомаш разработало современные математические модели полного цикла работы ЖРД. Так, на рис. 2 для сопоставления приведены результаты математического моделирования запуска двигателя РД-120, устанавливаемого на РН "Зенит", и результаты его огневых испытаний. Достаточно хорошая сходимость расчетных и экспериментальных данных свидетельствует об адекватности математической модели реальным процессам, происходящим при запуске двигателя. С помощью математического моделирования специалисты НПО Энергомаш при экспериментальной отработке двигателя РД-120 обоснованно принимали решения, направленные на повышение его надежности.

На рис. 3 приведены данные сопоставления результатов математического моделирования процесса запуска двигателя РД-107 и его огневого испытания. Созданная пятнадцать лет назад математическая модель запуска двигателя РД-107, "возраст" которого более половины столетия, позволила глубже разобраться в процессах, происходящих в двигателе, и обосновать возможность перехода от пиротехнического к химическому зажиганию компонентов топлива в камере сгорания.

При создании двигателя РД-170, используемого на РН "Энергия" и РН "Зенит", а также двигателя РД-180 для РН "Атлас" широкое применение математического моделирования позволило НПО Энергомаш значительно сократить сроки и стоимость разработки.

В настоящее время НПО Энергомаш ведет отработку кислородно-керосинового ЖРД РД-191 для новой российской РН "Ангара". Двигатель, наряду со многими отработанными конструктивными решениями кислородно-керосиновых двигателей РД-120, РД-170 и РД-180, включает в себя ряд принципиально новых узлов и агрегатов, позволяющих значительно улучшить его энергомассовые характеристики.

Одним из новых решений является отказ от традиционной схемы управления агрегатами управления и регулирования (дроссе-

лем и регулятором расхода горючего), с помощью цифровых электро-пнеumo-гидроприводов и представляющих собой сложные, тяжелые, энергоемкие, высокомоментные, вибронеустойчивые агрегаты. Вместо них применены дроссель и регулятор расхода горючего, дроссельные части которых состоят из нескольких параллельных гидравлических блоков клапанов, а управление ими осуществляется электрогидравлическими клапанами золотникового типа. Путем изменения сочетания открытых и закрытых клапанов обеспечивается изменение площадей дроссельных частей регулятора расхода и дросселя и, соответственно, изменение расхода компонента топлива через регулятор и перепада давления на дросселе.

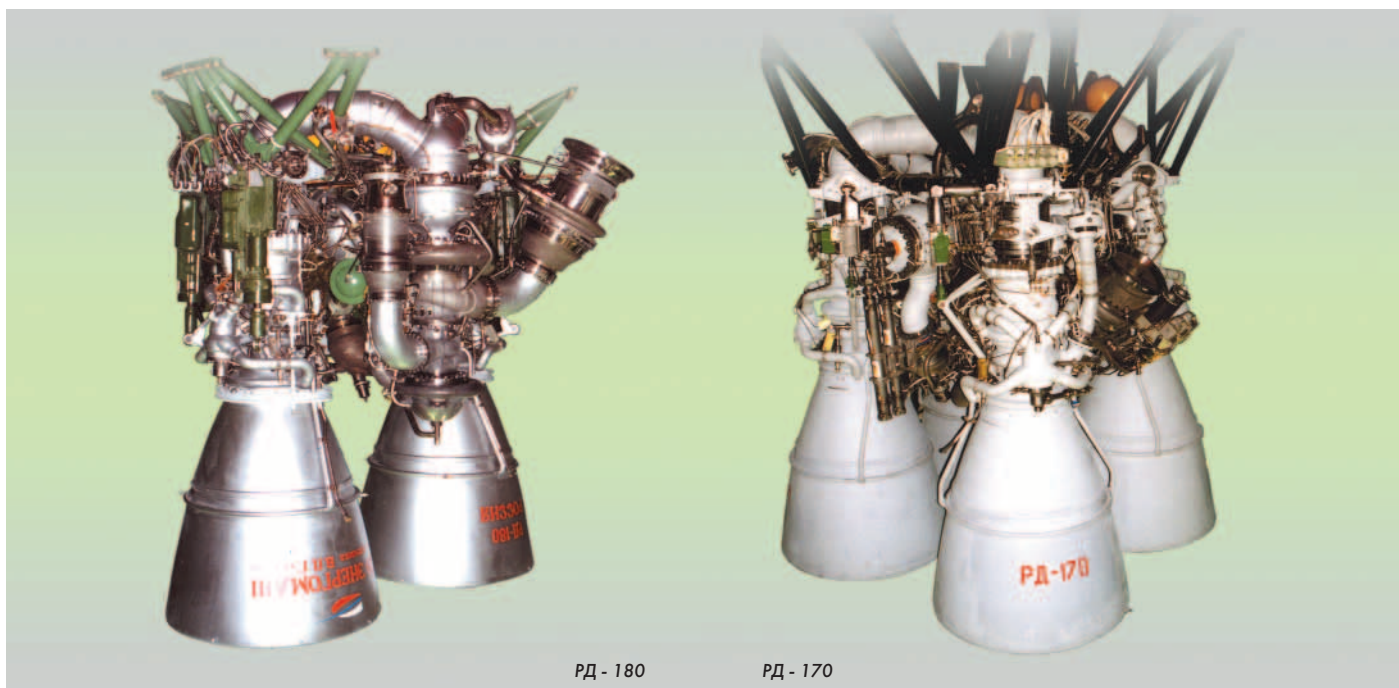
Для этого двигателя была разработана математическая модель полного цикла работы ЖРД, позволявшая выбрать циклограмму подачи команд на клапаны и регулирующие органы при запуске, начальные положения регулятора расхода и дросселя горючего перед запуском двигателя, скважности перенастройки и количество пропускаемых разрядов при перенастройке регулятора расхода и дросселя из начальных положений в положения, определяющие заданный режим работы двигателя по тяге и коэффициенту соотношения компонентов топлива и т.п. С учетом конкретных характеристик узлов и агрегатов первого экземпляра двигателя на основе результатов математического моделирования было выбрано определенное сочетание из 17 пусковых параметров, обеспечивших нормальный бесстартерный запуск двигателя РД-191.

Проведенная серия из четырех испытаний первого экземпляра двигателя РД-191 без съема с испытательного стенда показала, что выбранные пусковые параметры обеспечили нормальный, стабильный бесстартерный запуск при всех испытаниях.

Успешные испытания первого экземпляра двигателя РД-191 подтвердили важность математического моделирования, позволяющего существенно уменьшить риск возникновения аварийных ситуаций при отработке новых ЖРД.

Целенаправленную подготовку специалистов в области математического моделирования рабочего процесса ЖРД ведет Московский авиационный институт. Этому способствует вышедший недавно из печати учебник "Математическое моделирование рабочего процесса жидкостных ракетных двигателей", написанный коллективом авторов из НПО Энергомаш и МАИ.

Сегодня, в условиях новых экономических отношений, широкое применение математического моделирования при разработке новых и эксплуатации ранее разработанных двигателей позволяет существенно уменьшить риск возникновения аварийных ситуаций и в значительной мере снизить уровень материальных затрат, а также сократить сроки разработки новой техники. **□**



ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУРБИН ЖРД

Опыт и практика создания ЖРД закрытой схемы показали, что одной из наиболее трудных проблем было обеспечение необходимой динамики процесса запуска и других переходных режимов двигателей. Решение задачи осложнялось высокой быстротечностью аварийных процессов, протекающих за десятые и даже сотые доли секунды и приводящих к "разносам" ТНА и возгоранию элементов конструкции двигателей. Экспериментальные и теоретические исследования, проведенные в ЦИАМ и НИИТП при тесном сотрудничестве с ОКБ, позволили создать методы математического и гидродинамического моделирования и разработать эффективные способы управления процессом запуска двигателей без больших материальных затрат и проведения огневых пусков. С помощью математического эксперимента в наиболее полной постановке стало возможным решение сложных вопросов, связанных с управлением и отработкой переходных режимов ЖРД и анализом аварийных ситуаций, а гидродинамическое моделирование предогневых процессов на натуральных двигателях позволило оптимизировать и контролировать циклограммы запуска двигателя в лабораторных условиях. Разработанные методы нашли широкое применение в практике двигательных ОКБ, а цикл работ ЦИАМ по теории управления ЖРД и гидродинамическому моделированию процессов запуска отмечен премией имени профессора Н.Е. Жуковского.

Валентин Шерстянников, д.т.н.

Характеристики турбин, работающих на стационарных режимах на сухом парогазе, при относительно небольших отклонениях от расчетного режима достаточно хорошо изучены. Монографии и обширные исследования в этой области опубликованы В.В. Уваровым, В.Х. Абиданцем, Г.Ю. Степановым, Г.С. Жирицким, В.Т. Митрохиным, М.Е. Дейчем, Г.С. Самойловичем и другими авторами.

Вместе с тем, динамические характеристики турбин на режимах запуска и на других переходных режимах, связанных с очень быстрым изменением рабочих параметров турбин в широком диапазоне их значений и с другими специфическими условиями, могут существенно отличаться от стационарных.

Для решения практических задач отработки запуска и других динамических режимов ЖРД особенно важно иметь правильные количественные представления о влиянии на мощность и пропускную способность турбин таких специфических факторов, как большая степень влажности первых порций парогаса, поступающих в начальный период запуска в турбину, а также очень высокие темпы разгона и спада режима по частоте вращения ротора, давлению и температуре газа на входе в турбину и выходе из нее. Требуется также правильно оценивать величины осевых и радиальных сил, действующих на ротор турбины.

Следует отметить, что необходимых фактических сведений и теоретических разработок по этим вопросам опубликовано недостаточно. Настоящая статья посвящена результатам исследования динамических характеристик турбин ЖРД методом гидродинамического моделирования при работе турбин на сухом и влажном рабочем теле с различными темпами разгона и при различных гидравлических сопротивлениях и объемах газового тракта после турбины.

1. Квазистационарность характеристик турбин

Влияние высоких темпов разгона, свойственных переходным режимам ЖРД (до величины ускорения ротора порядка $2 \cdot 10^6$ (об/мин)/с), на к.п.д. (мощность) и степень реактивности турбин ρ исследовалось на осевых и центростремительных турбинах натуральных ЖРД.

Исследования проводились в системе ТНА - при работе турбин на сжатом воздухе, а служивших нагрузкой насосов - на воде. Величины темпов разгона и конечного уровня установившегося режима изменялись путем варьирования давления на входе в турбину в пределах 5...10 МПа. Числа Рейнольдса в турбинах находились в пределах $(1,5...3) \cdot 10^6$, что соответствует автомоделной области по к.п.д. На протяжении времени переходных процессов малоинерционной аппаратурой регистрировались частота вращения, давление на входе, выходе и в зазоре турбин (P_0 , P_2 и $P_{\text{Заз}}$, соответственно), а также входная T_0 и выходная T_2 температуры воздуха. Для определе-

ния мощности нагрузок регистрировались аналогичные параметры по тракту насосов и расходы жидкости на входе в насосы.

К.п.д. турбин определялись двумя способами. По первому способу к.п.д. определялся в зависимости от мгновенного перепада температуры воздуха на турбине:

$$\eta_T = (T_0 - T_2) / T_0 (1 - (P_2/P_0)^{(k-1/k)})$$

с коррекцией динамических погрешностей термодпар в соответствии с уравнением

$$T_d = T_{\text{Зам}} + t_{\text{ТП}} \cdot dT_{\text{Зам}} / dt$$

при значении постоянной времени термодпар $t_{\text{ТП}} = 0,05$ с.

В приведенных выше выражениях T_d и $T_{\text{Зам}}$ - действительная и замеренная температуры; k - показатель адиабаты.

По второму способу к.п.д. турбин рассчитывался из условия баланса мощностей:

$$\eta_T = [(\pi/30) J \cdot n (dn/dt) + \sum (G_H (P_2 - P_1) / \rho_{\text{ж}} \eta_H) + N_{\text{ТР}}] / G_T L_{\text{Ад}}$$

где J - момент инерции ротора ТНА; n - частота вращения ротора ТНА; $N_{\text{ТР}}$ - мощность трения; η_H - к.п.д. насосов; G_T , $L_{\text{Ад}}$ - расход и адиабатическая работа турбины.

Мощность трения определялась по выбегу ротора ТНА, к.п.д. насосов - по мгновенным значениям напоров и перепадов температур. Степень реактивности турбин определялась по статическому давлению в осевом зазоре и перепаду давлений на турбине.

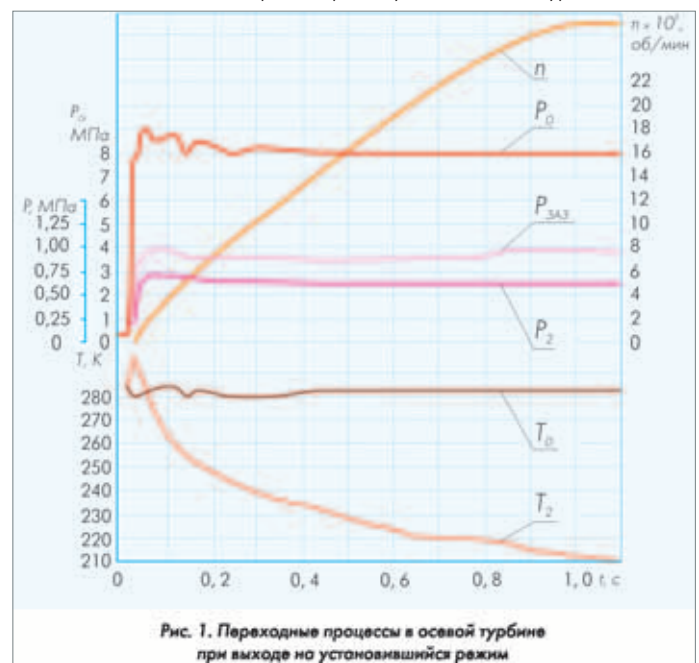


Рис. 1. Переходные процессы в осевой турбине при выходе на установившийся режим

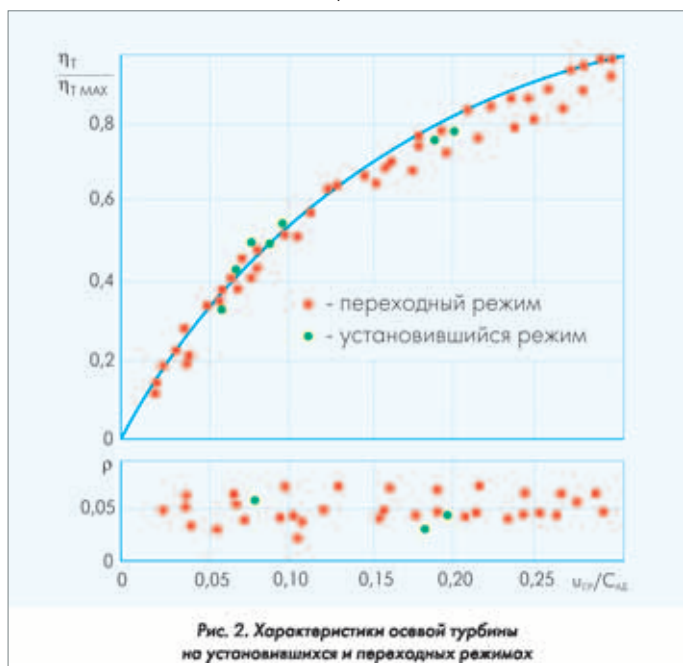
На рис. 1 представлены переходные процессы, характерные для осевых сверхзвуковых турбин при запуске ЖРД. При времени разгона ротора около 1 с, осредненном ускорении ротора порядка $3 \cdot 10^4$ (об/мин)/с и степени расширения газа $\pi_T = 16$ максимальный температурный перепад на турбине в конце процесса запуска достигает 70 К.

Сравнение значений к.п.д. и степени реактивности турбины на переходных и установившихся режимах в широком диапазоне параметра u/C_{Ad} (рис.2) показывает, что указанные параметры близки между собой и их отличия не выходят за пределы разброса экспериментальных точек. Это свидетельствует о слабом влиянии переходных процессов по частоте вращения (при ускорениях вращения ротора $3,6 \cdot 10^4$ (об/мин)/с и в широком диапазоне изменения параметра $u/C_{Ad} = 0,01 \dots 0,33$) на к.п.д. и степень реактивности осевых сверхзвуковых турбин. Аналогичные результаты получены и для дозвуковых реактивных центростремительных турбин со степенью расширения, равной 1,5.

Проведенное исследование показало, что мощностные характеристики осевых и центростремительных турбин при темпах разгона ТНА, характерных для переходных процессов современных ЖРД, можно считать квазистационарными. Приведенная выше методика позволяет с достаточной точностью оценивать мощностные характеристики насосов и турбин в составе ТНА на этапе создания и доводки двигателя при отсутствии автономных гидравлических стендов для исследования этих агрегатов.

2. Пропускная способность турбин на пусковых режимах

Накопление значительных масс опережающего компонента в газогенераторах при запуске двигателей закрытой схемы приводит к тому, что турбины этих двигателей на начальном этапе процесса разгона ТНА работают на газожидкостной смеси с очень большим (90 % и более) начальным содержанием жидкой фазы. В таких условиях пропускная способность турбин при наличии жидкой фазы ("запирающий эффект") сильно влияет на качество и надежность процесса запуска двигателей. Запирающий эффект создает неблагоприятные энергетические условия для разгона и выхода ТНА на режим, поскольку при этом увеличивается время удаления из газогенератора жидкой фазы, снижается работоспособность парогаса, и турбина работает на влажном рабочем теле при низком к.п.д. Для правильной организации процесса запуска требуется изучение механизма запирающего эффекта, а также динамических характеристик по к.п.д. и пропускной способности турбин при работе на парогазе с очень большим влагосодержанием.



Пропускная способность различных типов турбин исследовалась методом гидродинамического моделирования пускового процесса в натурном двигателе закрытой схемы с визуализацией картины истечения двухфазной среды из турбин. Объектами исследования являлись осевая и центростремительная турбины, спроектированные на одинаковые параметры, со степенью расширения газа 1,78.

Запуск моделировался при подаче в насосы воды по штатной циклограмме с варьированием времени опережения поступления избыточного компонента в газогенератор.

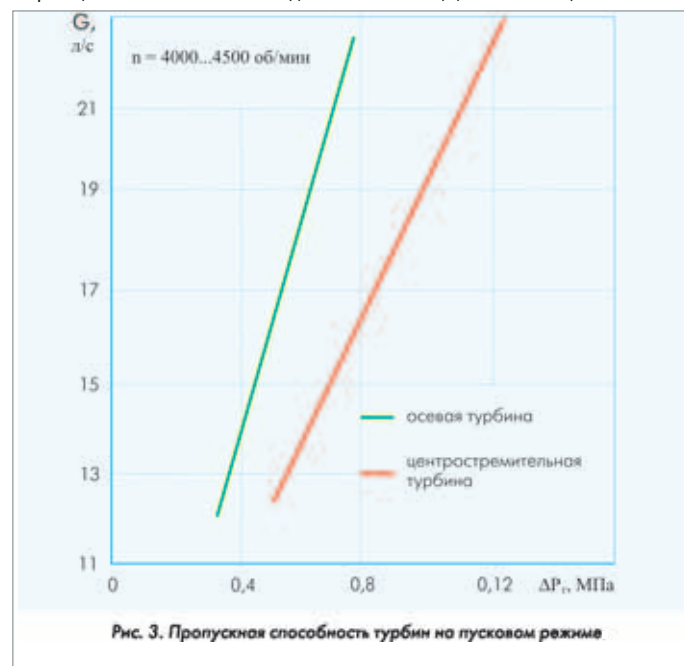
Расход жидкой фазы через турбину оценивался по показаниям турбинного датчика расхода опережающего компонента, а расход газовой фазы - по мгновенным значениям давления воздуха перед пусковыми соплами турбины. Для определения общего перепада давлений на турбине измерялись текущие значения давления двухфазного потока на выходе из газогенератора и на входе в газопровод.

Полученные результаты свидетельствуют, что на предгоном режиме запуска двигателя оба типа турбин оказывают существенное влияние на прохождение через них жидкого компонента. Вследствие запирающего эффекта турбин в газогенераторе происходит накопление жидкости и повышение давления. Значительно большим запирающим эффектом обладает центростремительная турбина. В ней основная часть жидкости в начальный момент запуска не проходит через рабочее колесо, и течение за турбиной в этот период времени характеризуется движением мелкораспыленной эмульсии в направлении вращения ротора турбины. Взаимодействуя с воздухом пневмостартера, жидкость перемещается по периферии канала к выходному сечению. При возрастании давления в газогенераторе наступает момент, когда напор двухфазной среды преодолевает запирающий эффект колеса турбины и жидкость интенсивным потоком начинает двигаться через турбину в газопровод. В осевой турбине наблюдается более равномерное прохождение жидкости через рабочее колесо. В этих опытах степень влажности рабочего тела турбин, определенная по средним массовым расходам жидкой и газовой фаз, превышала 85...90 %.

Характеристики пропускной способности турбин (рис. 3) показывают, что гидравлическое сопротивление, обусловленное запирающим эффектом, у центростремительной турбины в 1,5...2 раза выше, чем у осевой. Полученные в результате исследований характеристики пропускной способности турбин могут быть аппроксимированы уравнениями вида:

$$G_{ж} = \mu F_{CA} (2\rho (\Delta P_T - a n^2))^{0,5},$$

где $G_{ж}$ - расход жидкой фазы через турбину; μ - коэффициент расхода; F_{CA} - площадь критического сечения соплового аппарата турбин; ΔP_T - перепады давлений на турбинах; a - коэффициент аппроксимации.



Из сопоставления зарегистрированных параметров процессов при кубической зависимости мощности от частоты вращения ТНА следует, что на пусковом режиме в рассматриваемых условиях осевая турбина развивает мощность в 1,5...2,0 раза большую, чем центробежная, и при этом превосходит последнюю по пропускной способности.

Сравнительные огневые испытания двигателя с осевой и центробежной турбинами, проведенные в ОКБ, подтвердили высокие пусковые качества осевой турбины, выявленные при моделировании. С этой точки зрения в ЖРД закрытой схемы более целесообразно применение осевых турбин.

3. Влияние затурбинной емкости

Существенное влияние на развиваемую турбиной мощность на нестационарных режимах оказывают динамические свойства газового тракта на выходе из турбин. В связи с этим моделирование проводилось при различных гидравлических сопротивлениях и различных объемах выходной системы за турбиной. Испытания турбин различных типов проводились при задании темпа повышения давления на входе в турбину с ускорениями 100...150 МПа/с. Полученные результаты представлены ниже на примере двухступенчатой активной турбины со степенью расширения, равной 33.

Рис. 4а иллюстрирует характер протекания процессов на выходе из турбины с короткой выходной магистралью, без присоединенного объема, при истечении газов из турбины прямо в атмосферу. В процессе работы турбины на установившемся режиме при исходном положении пускового клапана давление на входе составляло 4,0 МПа, а после "отстрела" клапана достигло 7 МПа за время 0,028 с. Давление на выходе из турбины "следует" за давлением на входе с запаздыванием всего на 0,002 с.

Близкие результаты были получены и при других темпах изменения расхода газа через турбину. Малость времени запаздывания переходного процесса по давлению на выходе из турбины (0,002...0,005 с во всех опытах) свидетельствует об отсутствии достаточно продолжительных забросов параметра π_T , а следовательно и мощности, развиваемой турбиной. Аналогичные результаты получены для всех турбин, исследовавшихся без затурбинной емкости.

Испытания турбины с затурбинной емкостью в виде газового коллектора объемом 60 л (рис. 4б) показали, что в этом случае время запаздывания переходного процесса по давлению на выходе составляет 0,45 с, что вызывает существенное повышение мощности турбины на переходном режиме вследствие длительного заброса параметра π_T . Аналогичная картина наблюдалась и на других турбинах. Полученные результаты свидетельствуют о

сильном влиянии объема затурбинной емкости на энергетические соотношения, характерные для динамических систем двигателей закрытых схем на переходных режимах. Указанный эффект поддается достаточно точным расчетам в предположении квазистационарности расходных характеристик турбин. При расчетах используется уравнение неразрывности для системы "турбина - газовый тракт", состоящей из активного гидравлического сопротивления турбины, сосредоточенной затурбинной емкости и сосредоточенного гидравлического сопротивления на выходе из емкости:

$$T_V (dP_2 / dt) + P_2 = A P_0 (t),$$

где $T_V = V_2 P_2 / G_T R T_2$ - постоянная времени емкости;

$A = (P_2 / P)(RT_0 / RT_2)^{0,5}$; V_2 - объем емкости; T_0 и T_2 - температура газа на входе в турбину и на выходе из нее; t - текущее время.

Результаты расчетов, проведенных по этому уравнению, дают удовлетворительную сходимость с экспериментальными процессами (см. рис. 4б). Полученные результаты свидетельствуют о том, что для низкочастотных динамических процессов ($f = 0...100$ Гц), характерных для процессов запуска и управления переходными режимами, основным динамическим фактором, определяющим располагаемую мощность турбины и переходные процессы за турбиной, являются емкостные свойства системы "турбина-газовый тракт".

4. Динамика околороторных полостей

Приведенные выше результаты позволяют оценивать нестационарные энергетические характеристики турбин ТНА, но не охватывают вопросов динамики нагружения их роторов радиальными и осевыми силами. Данные о нестационарных силах, действующих на ротор ТНА на переходных режимах, необходимы для разработки систем автоматического ограничения и регулирования критических параметров ТНА. В настоящее время практически отсутствует систематизированная информация о влиянии динамических свойств околороторных полостей турбин на динамику осевого нагружения ротора ТНА, хотя, как показывает опыт, такое влияние в ряде случаев может быть значительным. Ниже приводятся результаты экспериментального и расчетного определения указанных характеристик.

Объектом исследования явился ТНА, состоящий из осевой реактивной турбины и центробежного насоса. Рабочее колесо турбины с наружным диаметром 141 мм имело 29 лопаток высотой 21 мм, а сопловой аппарат - 27 лопаток. Зазор между колесом турбины и кромкой обтекателя, образующего переднюю околороторную полость турбины, был равен 1 мм ($\delta = 5\%$). Объем указанной полости составлял 0,5 л, что соответствовало полуторному объему проточной части турбины, охватывающей сопловые

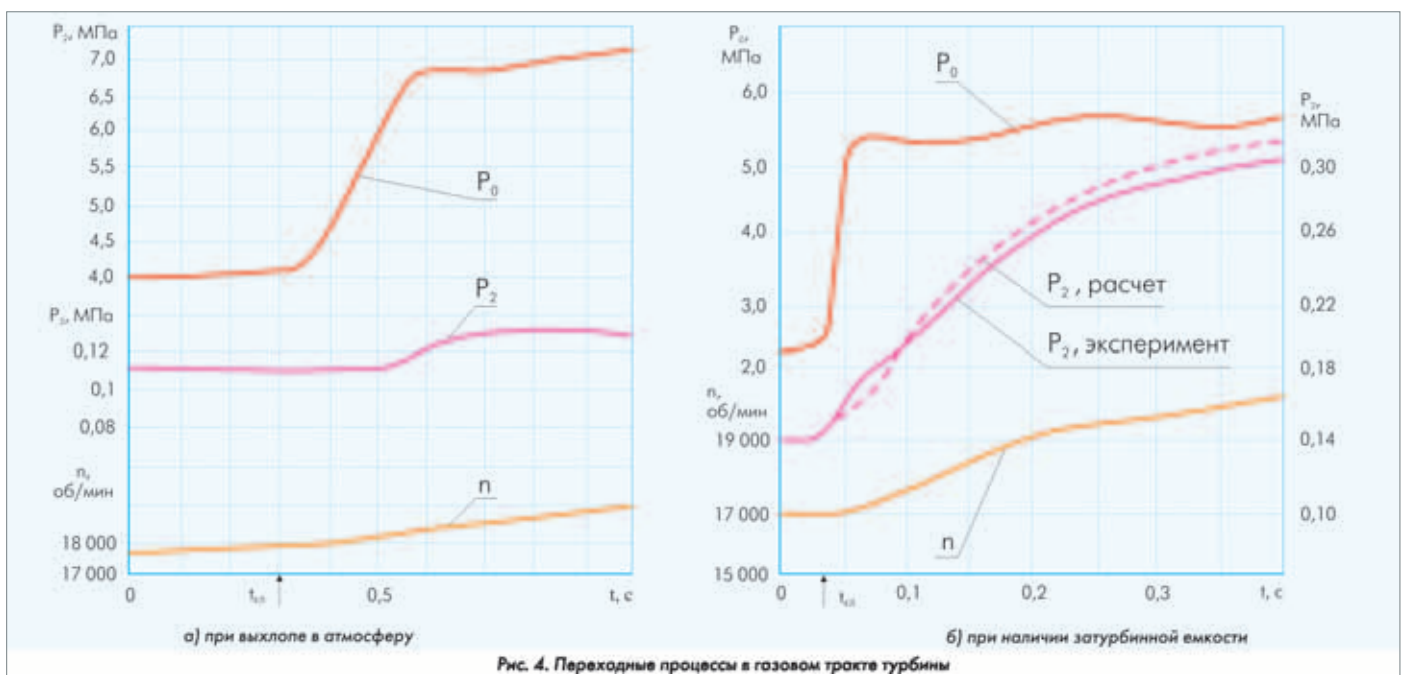


Рис. 4. Переходные процессы в газовом тракте турбины

и рабочие лопатки ($\bar{V}_n = 1,5$). В процессе испытаний с помощью малоинерционных датчиков измерялись давления и температуры в гидравлическом тракте ТНА, а также в передней околосекторной полости турбины. Осевое усилие определялось с помощью тензодатчиков, установленных с двух сторон упорного подшипника. Исследования проводились по описанной выше методике при работе насоса на воде, а турбины - на сжатом воздухе.

Характерное изменение параметров в процессе переходного режима при раскрутке ротора турбины иллюстрируется рис. 5. ТНА выходил на установившийся режим за 0,1...0,15 с при максимальном ускорении частоты вращения ротора $2,2 \cdot 10^5$ (об/мин)/с.

Наиболее интенсивное возрастание давления на входе в турбину происходило в интервале времени 0,01...0,15 с и с ускорением роста давления на входе в турбину 100 МПа/с. Давление в передней околосекторной полости турбины P_n изменялось вслед за давлением на входе в турбину с запаздыванием примерно в 0,03 с, что вызывало резкое и кратковременное уменьшение параметра $\bar{P}_n = P_n/P_0$, приводившее к 50-процентному снижению осевой силы, действующей на ротор, на начальном этапе переходного режима. Запаздывания давления за турбиной практически не наблюдалось, в результате чего отсутствовал заброс параметра π_T , характеризующего степень расширения газа в турбине и изменение мощности, развиваемой турбиной. Осевая сила, действовавшая на ротор, на начальном этапе переходного режима ($t = 0...0,06$ с) была направлена от турбины к насосу, и ее максимальное значение составляло 1,5 кН. В дальнейшем направление силы изменялось на противоположное, а ее максимальное значение на установившемся режиме достигало 2 кН. Аналогичные результаты были получены и для других значений ускорения вращения ротора, свидетельствуя о существенном влиянии емкостных свойств передней околосекторной полости турбины на осевую силу при работе ТНА на переходных режимах.

В расчетно-теоретическом плане анализ этого явления сводится к определению параметров переходного процесса нарастания давления газа в полости с заданным объемом и известной площадью проходного сечения на входе. Эмпирическими коэффициентами в этой задаче являются коэффициент расхода кольцевой щели осевого зазора турбины и показатель политропы процесса сжатия газа, поступающего в полость на переходном режиме. При расчете влияния передней околосекторной полости турбины на переходные процессы по давлению P_n в этой полости и на осевую силу, действующую на ротор, использовалась система уравнений, учитывающая только емкостные свойства газовой полости, и пренебрегалось инерцией столба газа, втекающего в полость:

$P_n = M R_n T_n / V_n$; $G_n = d M_n / dt$; $G = \alpha_n P_0 f(P_n/P_0) / (R_0 T_0)^{0,5}$, где M_n и G_n - весовой заряд и секундный весовой расход газа, заполняющего полость, соответственно; T_n - средняя температура газа в полости; α_n - коэффициент; f - функция, учитывающая режим истечения (докритический, сверхкритический); индексы "0", "n" относятся к входу в турбину и к полости, соответственно.

Течение газа в осевом зазоре и распределение давлений по радиусу вращающегося диска на входе в полость являются чрезвычайно сложными. Существующие методы расчета параметров газа в околосекторной полости позволяют рассчитать расходы газа и распределение давлений только на стационарных режимах. В связи с этим при оценке переходных процессов расход газа через щель в околосекторной полости турбины определялся приближенно по формуле:

$$G = \mu_{\max} q G_{\text{кр сопл}}$$

где $G_{\text{кр сопл}}$ - критический расход газа через сопло, площадь которого эквивалентна площади сечения осевого зазора $F_{3\Delta 3}$; q - относительный расход; μ_{\max} - отношение критического расхода через щель к расходу через сопло.

Расчеты проводились для ряда значений относительного зазора $\bar{\delta}_{3\Delta 3}$ и объема околосекторной полости турбины \bar{V}_n , а также ряда значений отношения $V_n/F_{3\Delta 3}$, характеризующего комплексное влияние объема околосекторной полости и зазора на входе в нее. Сопоставление результатов расчета с экспериментальными данными показало, что принятая схема расчета удовлетворительно описывает основные особенности переходного процесса по давлению P_n . С увеличением отношения $V_n/F_{3\Delta 3}$ влияние емкостных свойств околосекторных полостей на динамические процессы существенно возрастает.

На основании полученных экспериментальных данных была проведена упрощенная оценка осевой силы, действующей на ротор на переходных режимах, в предположении, что осевая сила турбины пропорциональна давлению на входе в турбину, а осевая сила насоса пропорциональна квадрату частоты вращения. Результаты расчета суммарной осевой силы на переходном режиме совместно с экспериментальными точками представлены на рис. 6. Расчетные кривые качественно соответствуют экспериментальным, а количественно имеют отличия, связанные, в основном, с влиянием на осевую силу турбины запаздывания давления в передней околосекторной полости на начальном этапе запуска. Учет динамических характеристик полости обеспечивает существенное улучшение сходимости расчетных и экспериментальных данных.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при оценке осевых сил, действующих на ротор на переходных режимах, необходимо учитывать емкостные свойства околосекторных полостей турбин. **■**

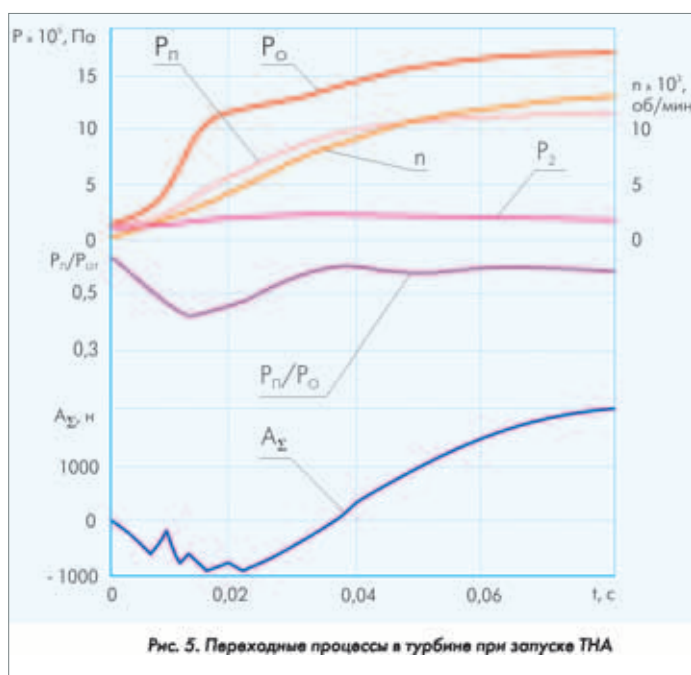


Рис. 5. Переходные процессы в турбине при запуске ТНА

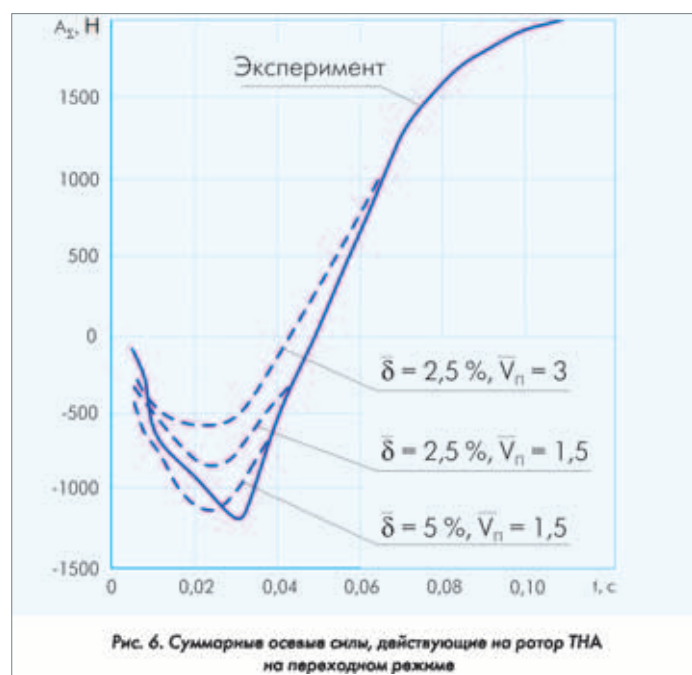


Рис. 6. Суммарные осевые силы, действующие на ротор ТНА на переходном режиме

АЛЕКСАНДР МИКУЛИН, ЧЕЛОВЕК - ЛЕГЕНДА



Лев Берне, Владимир Перов

(Продолжение, начало в № 5-6, 2000 г., № 1-6, 2001 г., № 1-3, 2002 г.)

Работа над новым двигателем, аналогов которому не существовало в мире, требовала решения многих и важных для всей авиадвигательной отрасли проблем. Одной из важнейших была проблема создания жаропрочных сталей.

Приведем фрагмент воспоминаний бывшего заместителя директора завода № 300 Якова Борисовича Энтиса об одном из эпизодов, связанных с получением нового жаропрочного сплава:

"В конце сороковых годов, в ту пору, когда мы только начали заниматься турбореактивной техникой, Микулин вызвал главного металлурга завода и меня и положил на стол небольшой металлический брусочек сечением примерно 10x10 мм и длиной около 60 мм. При этом сказал, что Климов, которому Сталин поручил спроектировать двигатель на базе английского двигателя "Нин", привез из Англии два таких образца. Один из них перед нами. Англичане делали турбинные лопатки из такого жаропрочного сплава (о том, как эти образцы попали к Климову, можно было только догадываться).

Было ясно: не будет в Советском Союзе аналогичного отечественного сплава - не будет и отечественного турбореактивного двигателя. Советуем Александру Александровичу тут же по "кремлевке" созвониться с "графом". На бытовавшем тогда среди руководителей металлургической промышленности и всего ВПК жаргоне так за глаза называли первого заместителя министра черной металлургии А.Г. Шереметьева (отсюда "граф"), непосредственно ведавшего заводами Главспецстали.

Нам назначается встреча в тот же день, вернее в ту же ночь - в час пополудни (в те годы шло это от Сталина, руководителя государства и их подчиненные работали до утра). Приезжаем на площадь Ногина в Минчермет. Александр Александрович сообщает Шереметьеву о задании Сталина и говорит, что без нового жаропрочного сплава создать новые ТРД невозможно. Тогда же ночью Шереметьев по телефону дает соответствующее указание директору прославленного металлургического завода "Электросталь" М.Е. Корешкову, известному в стране металлургу.

Утром нас приглашают на "Электросталь". Несколько часов подремав на заводе, рано утром выезжаем в "Электросталь", что в 20 км от Ногинска. Здесь, в кабинете у Корешкова, с участием технического руководства завода сразу же разрабатывается подробнейший план создания нового сплава. Только специалисты-металлурги могут себе представить, насколько это архисложная задача - по маленькому (весом примерно 200 граммов) брусочку, определив его химический состав, создать новый технологический процесс, в том числе "разгадать", вернее с помощью многочисленных экспериментов определить программу сложной термической обработки.

Очень интенсивное совещание уже шло к концу, когда Микулин поставил вопрос, когда же будет создана первая партия такого сплава. Главный инженер завода, крупный специалист по освоению специальных сплавов М.И. Зуев, называет очень короткий срок - три месяца. И... знавшие прежде о темпераментном харак-

тере Микулина лишь понаслышке руководители "Электростали" тут же в полной мере испытали его на себе. Нет нужды пересказывать, какой разнос учинил он Зуеву. Изложив весь свой "арсенал" аргументов (нет-нет, он не прибежал к сквернословью - кстати говоря, Александр Александрович вообще никогда, даже в страшном гневе, не прибежал к такому, теперь модному "приему"), Микулин потребовал выполнить наш заказ за месяц. Если учесть, что директор "Электростали" Корешков был членом ЦК партии, депутатом Верховного Совета СССР и вообще, как говорится, мужиком не робкого десятка, которому, как он сказал, "тоже дорога в Кремль к товарищу Сталину не заказана" - можно себе представить, во что вылилась эта дискуссия.

Тем не менее, Микулин своего добился. Тут же был составлен почасовой круглосуточный график, ряд процессов перевели на параллельный режим, подключили все экспериментальные и серийные службы завода. Я остался на "Электросталь" на месяц и раз в сутки по телефону докладывал Микулину о состоянии дел. Ровно через 30 суток первая в стране 600-килограммовая партия специального жаропрочного сплава, названного "Нимоник-8014", была доставлена на наш завод.

За это время на моторном заводе в таком же темпе проектировались и изготавливались штампы и другая необходимая оснастка, монтировалось новое оборудование, на обычной стали отрабатывался технологический процесс. Поэтому прибывший на завод "Нимоник-8014" сразу же был запущен в производство. В обычных условиях на создание таких сплавов уходили долгие годы.

Невероятно короткие сроки - через год Ту-16 должен начать летать - требовали создания широкого фронта работ всех участников и, прежде всего, двигателями. Наиболее трудной проблемой оказалось оснащение экспериментальных служб необходимым оборудованием, так как требовалось создать много различных установок, пультов, проложить километры коммуникаций. Наконец, необходимо было срочно ввести в строй летающую лабораторию, так как без проведения определенной программы работ на двигателе, поднятом в небо, невозможно было начать полеты Ту-16.

Для решения множества вопросов следовало получить "добро" на самом высоком уровне, так как Сталин лично следил за всеми работами, касающимися авиации. Решено было, что поедет А.Н. Туполев, который будет представлять интересы всех участников создания Ту-16. После звонка Поскребышеву - секретарю Сталина - определилось время, когда Генсек был готов принять авиаконструктора: завтра в 14 часов.

На следующий день в 11 часов Туполев был у Микулина. Надо сказать, что отношения между этими генеральными конструкторами всегда были сложными, но когда доходило до дела, то все амбиции отбрасывались в сторону, и вопрос, кто к кому поедет, не превращался в камень преткновения.

Одному из авторов настоящей статьи (Л. Берне) довелось присутствовать на этой очень ответственной встрече. Участников было немного - кроме микулинцев и А.Н. Туполева за столом си-

дел еще заместитель председателя ВПК Истягин, а также заместитель министра авиапромышленности П.В. Дементьев и В.П. Баландин. Больше других говорил А.А. Микулин, он же фактически и вел это небольшое совещание. За два часа практически все проблемы были рассмотрены. Наметили, в каком порядке следовало ставить вопросы у Сталина. Не так уже плоха была командно-административная система - сейчас на принятие столь важного решения потребовалось бы несколько месяцев.

Для проведения летных испытаний такого большого двигателя, каким являлся АМ-3, в качестве носителя (летающей лаборатории) требовался довольно большой самолет. По предложению А.Н. Туполева остановились на Ту-4. Андрей Николаевич взял на себя задачу переоборудования самолета. Экспериментальный двигатель укрепили на раме, которая с помощью сложной системы рычагов и гидроцилиндров убиралась в большой бомбоотсек, а после взлета опускалась для проведения запуска и исследования экспериментального двигателя.

К созданию летающей лаборатории были привлечены большие силы. Необходимо было доработать самолет, убрав из бомбоотсека Ту-4 все штатное оборудование, усилить фюзеляж из-за дополнительных нагрузок от экспериментального двигателя. Кроме того, огромный объем работ был обусловлен монтажом приборного и измерительного оборудования, который, в основном, выполнили производственные мастерские Летно-исследовательского института (ЛИИ МАП).

В институте А.А. Микулин вновь встретился с С.М. Алексеевым, который после "удаления" из Дубны с завода № 1 был назначен начальником конструкторского бюро ЛИИ. Поскольку оборудованием летающей лаборатории руководил лично Семен Михайлович, то Микулин счел необходимым тщательно наблюдать за всем, что происходило в Жуковском.

Александр Александрович обладал удивительным чутьем. Дело в том, что вскоре возникла реальная угроза срыва запланированных сроков проведения испытаний новейшего дальнего бомбардировщика. Постройка Ту-16 продвигалась быстро, но ЛИИ не дал бы заключения с разрешением на выполнение полетов, пока не закончены летные испытания АМ-3 на Ту-4. Поэтому работы по летающей лаборатории перевели на круглосуточный график.

Возникла проблема управления сектором газа экспериментального двигателя. Простое тросовое управление не подходило - получалось все очень сложно. Тогда автор этих строк (Л. Берне) предложил применить гидравлическое управление РУДом. Более того, подходящие комплекты гидравлики, привезенные из Германии, имелись на заводе № 300. Но когда об этом предложении узнал Микулин, то автор получил крепкий разнос: откуда Вы знаете, как эта система будет работать на высоте при температурах ниже -50 °С?

В общем, Микулин не разрешил использовать немецкую технику, но у С.М. Алексеева было собственное мнение. Он нашел аналогичную систему в ЦАГИ и распорядился смонтировать ее на летающей лаборатории. В первом же полете худшие опасения Микулина подтвердились: экспериментальный АМ-3 не удавалось остановить из-за того, что где-то в гидросистеме проявился отказ, и РУД не пожелал становиться на "стоп". После этого полета пришлось все же установить более надежное, хотя и громоздкое механическое управление двигателем посредством тяг. Задержка в выдаче заключения ЛИИ составила одну неделю.

В декабре 1951 г. комплекс заводских доводочных стендовых испытаний двигателя АМ-3 был закончен и он был предъявлен на государственные 100-часовые стендовые испытания.

Как ни высока была культура проектирования двигателей в ОКБ Микулина, создание двигателя с самой большой в мире тягой было сопряжено с определенным техническим риском, ведь до Микулина таких ГТД еще никто не строил. Большинство узлов двигателя имело оригинальную конструкцию, и, естественно, без дефектов не обходилось.

В январе 1952 г. на государственные испытания был представлен двигатель АМ-3 зав. № 25-09. "Девятка" хорошо выдержала все этапы, но при общем удовлетворительном состоянии двигателя в

процессе разборки на лопатках четвертой и пятой ступени компрессора были обнаружены трещины на зубьях замков. Устранение этих дефектов хорошо характеризует стиль работы Александра Александровича. Он тщательно изучил работу замка лопатки и пришел к выводу, что в многозубном замке - "елочке", выполненном из материала с невысокой пластичностью и склонного к концентрациям напряжений, невозможно обеспечить удовлетворительное распределение нагрузки. Микулин, как всегда, принимает кардинальное решение: перейти на новый замок типа "ласточкин хвост".

Но и этого мало. Александр Александрович решил сместить пояс окон перепуска воздуха из компрессора с пояса лопаток четвертой ступени для уменьшения вероятности возбуждения колебаний от воздействия потока перепускаемого воздуха. Причем окна не просто сместили, а в месте отбора между статором и лопатками ротора в корпусе компрессора образовали полость.

На предыдущих длительных испытаниях выявился дефект - трещины по наружной поверхности литого заднего корпуса компрессора, изготовленного из алюминия. Микулин сначала обрушился на прочников, но вскоре понял, что в конструктивно сложной отливке, подверженной большим механическим и тепловым нагрузкам, образуются опасные напряжения, выявить которые расчетным путем не удавалось.

Ранее уже говорилось, что Александр Александрович всячески поддерживал инициативных работников. Один из них - Анатолий Михайлович Китаев - успешно решил многие проблемы, связанные со сваркой. Микулин верил Китаеву и пошел на смелое решение: применить вместо литого алюминиевого корпуса совершенно другой, выполненный из листовой стали с применением сварки в нейтральной среде. Перевод на новый корпус обеспечил повышение надежности всего двигателя и снижение его массы на 65...70 кг.

В январе 1952 г. начались пока еще наземные испытания двигателя на летающей лаборатории Ту-4. Учитывая важность первых летных испытаний АМ-3, по представлению заместителя начальника ЛИИ Александра Васильевича Чесалова, давнего друга Микулина, ведущим инженером по первой летающей лаборатории Ту-4 был назначен Михаил Дмитриевич Романов - наиболее опытный испытатель двигателей. Обязанности ведущего инженера по этим испытаниям от завода-разработчика выполнял один из авторов этих строк (Л. Берне). Придавая исключительно большое значение всем работам по АМ-3, Сталин распорядился назначить ответственным по этой теме от МАП заместителя министра В.П. Баландина, который практически ежедневно бывал в ЛИИ.

Полеты летающей лаборатории начались в середине февраля 1952 г. и проходили очень интенсивно. В четвертом полете благодаря дополнительной тяге двигателя АМ-3 самолет Ту-4 сумел взобраться на высоту 12 км. Однако на режиме максимальных оборотов температура газов за турбиной превысила максимальную почти на 80 °С и составила 740 °С. Так как времени для устранения неприятного явления до первого полета Ту-16 уже не оставалось, решили временно ограничить режим работы двигателя по температуре газа на выходе из турбины. В то время испытательный центр ЦИАМа в Тураево, где можно было бы провести исследование работы на высотной установке такого большого двигателя, как АМ-3, еще только строился.



Дальний бомбардировщик Ту-16

Микулин понимал, что, ограничивая работу двигателя по замеренной температуре газа за турбиной, он фактически шел на снижение тяги двигателя. Александр Александрович дал задание: разобраться с этим, как он говорил, "безобразием". Единственный возможный способ решения проблемы мог основываться на экспериментальном определении поля температур газа на выходе из камеры сгорания при различной высоте полета летающей лаборатории.

Для этого - впервые в отечественной практике - готовился грандиозный по тому времени эксперимент: на двигателе в створе каждой камеры сгорания устанавливались гребенки термопар (5 точек замера по сечению). Для проведения эксперимента летающая лаборатория была серьезно переоборудована. На рабочем месте инженера-испытателя смонтировали дополнительную аппаратуру, ведь надо было измерить температуру газа в 70 точках. Впрочем, провести экспериментальные исследования до первого вылета Ту-16 все же не успели...

В середине апреля 1952 г., то есть через два года после первого запуска двигателя АМ-3 на стенде, все необходимые отчеты и заключения для начала летных испытаний нового дальнего бомбардировщика были подписаны. Командиром корабля был назначен летчик-испытатель Николай Степанович Рыбко. 27 апреля 1952 г. опытный самолет "88-1" - будущий Ту-16 - совершил первый полет.

Вскоре начались полеты летающей лаборатории, главной целью которых являлось определение закономерностей изменения полей температур газа за камерами сгорания в зависимости от высоты и скорости. Трудяга Ту-4 летал почти каждый день, и скоро стало ясно: с подъемом на высоту, особенно на малых скоростях, поле температур газа за камерой сгорания заметно трансформируется. В верхней части камер, ближе к корпусу двигателя, т.е. в зоне, где стояли штатные термопары, температура повышалась, а в нижней зоне она падала; при этом среднемаховая температура газа практически оставалась расчетной. Хотя это явление и не рассматривалось в качестве дефекта, Микулин все же вызвал начальника лаборатории камер сгорания В.Е. Кузьмина и попросил в недельный срок "выровнять" эпюру температуры газа. Валентин Евгеньевич неделю не уходил с завода, но задание выполнил: поле температур практически всюду стало равномерным, причем как на земле, так и в полете на больших высотах. Разумеется, конструкцию камеры сгорания пришлось немного изменить, но переделки были небольшими.

Заодно были изменены материалы диска, лопаток, корпусных деталей и др. Объем работы получился огромным: менялись чертежи, требовались новые заготовки, для новых технологических процессов следовало изготовить новый инструмент и оснастку, а затем все это приходилось проверять стендовыми испытаниями.

Хотя слово "модификация" не звучало - иначе пришлось бы менять основополагающие документы - но фактически в каждый узел двигателя было оформлено техническими условиями на сборку "изделия № 25-14", предъявленными на утверждение Государственной комиссии. Непосредственный контроль за сборкой двигателя осуществлялся офицерами военной приемки завода № 300.

Несколько слов об отношениях Микулина с военными. В августе 1944 г. ему - человеку сугубо штатскому - было присвоено звание генерал-майора инженерно-авиационной службы. Надо сказать, что генеральская форма на спортивной фигуре Микулина сидела отлично. Но одевал он ее, как правило, только в тех случаях, когда ему предстояло ехать что-либо "пробовать" у начальников гражданских или чинами ниже его. Честолюбивого Александра Александровича задевало, что какой-то генерал-лейтенант П.В. Дементьев был выше его по статусу. В свою очередь начальство, в том числе и военное, - за исключением маршалов и членов политбюро - недолюбливало строптивного, хотя и талантливого конструктора. Поэтому подобрать старшего военпреда на завод № 300 было нелегко. Но если уж такому военпреду удавалось сработаться с Микулиным, если он глубоко вникал в работу завода и понимал талантливость того, что делалось на "трехсотом", то Микулин мог со свойственной ему яростью защищать "своего" военпреда в тех случаях, когда принимались решения, идущие вразрез с мнением начальства.



Генеральный конструктор А.Н. Туполев

В описываемый период старшим военпредом на заводе был инженер-полковник И.Т. Денисов, человек очень высокой культуры, однокашник по академии Жуковского таких известных авиационных "мэтров", как П.В. Дементьев, А.С. Яковлев, А.Н. Пономарев, С.К. Туманский. До прихода на завод Иван Тимофеевич работал преподавателем в ВВИА им. Жуковского, где он написал несколько книг, в том числе о первых немецких ТРД. Это был типичный русский интеллигент, отличавшийся, на первый взгляд, довольно мягким характером. Возможно, именно этим он покорила Микулина. В то же время, обладая высокими техническими знаниями, Денисов твердо, "железной" рукой, очень последовательно добивался устранения всех недостатков и дефектов двигателей, которые производились на заводе. Хотя в армии он служил очень давно, но форма на нем всегда обвисала, а очки и ученическая тетрадка, в которую он записывал свои замечания, придавали ему вид скорее бухгалтера, чем бравого офицера.

Перед тем как подписать технические условия на двигатель, которому предстояло пройти госиспытания, Микулин позвонил Денисову: *"Иван Тимофеевич, я сейчас приду к тебе, а ты возьми свою тетрадку и посмотри, все ли твои пожелания мы учли..."* Александр Александрович был превосходным психологом и актером: он появился у Денисова в военной форме! Заметим, что до этого в небольшой кабинетик военпреда генералы еще никогда не приходили... Технические условия были без разговоров подписаны.

Государственные стендовые испытания двигателя АМ-3 зав. № 25-14 начались 19 ноября 1952 г., когда летные испытания самолета Ту-16 были уже в разгаре. Тот факт, что уже к 28 ноября (меньше, чем за десять дней) двигатель отработал 100-часовую программу (да еще на нем снимались характеристики до и после выполнения программы) свидетельствует: испытания прошли блестяще. 29 декабря 1952 г. председатель госкомиссии инженер-полковник Алексеев подписал акт об успешном завершении государственных испытаний двигателя АМ-3.

В заключительном разделе акта было указано:

"Турбореактивный двигатель АМ-3 № 25-14 конструкции Микулина А.А.

1. Государственное 100-часовое стендовое испытание выдержал.

2. Эталонном для серийного производства рекомендовать двигатель АМ-3 № 25-14, прошедший государственные 100-часовые стендовые испытания".

Зная, что этот акт будет читаться на самом высоком уровне, Микулин подготовил и попросил включить в акт справку о перспективах развития двигателя АМ-3. Приведем выдержки из подписанной Микулиным справки:

"Накопленный заводом опыт обеспечивает реальную возможность уже в 1953 г. получить двигатель с увеличенным до 200 часов ресурсом, с уменьшенными удельными расходами топлива до 0,87 кг/кгс в час (на крейсерском режиме) при увеличении тяги двигателя до 10 000 кгс и снижении удельного веса до 0,3.

Последующая модификация двигателя может быть подготовлена в 1954 г. и позволит при сохранении основных габаритов произвести дальнейшее увеличение тяги до 13 000 кгс, снижение

расхода топлива до 0,83 кг топлива/кгс тяги в час при снижении удельного веса до 0,27. Увеличение ресурса двигателя может быть получено без каких-либо существенных переделок деталей и узлов. Это подтверждается тем, что основные детали и узлы двигателя в процессе его доводки до 100-часового ресурса и при различных экспериментальных испытаниях получили наработку, доходящую до 200-300 часов.

Увеличение тяги двигателя до 10 000 кгс в 1953 г. может быть получено путем замены 1 ступени компрессора на сверхзвуковую ступень, а также за счет применения в компрессоре более редких решеток, уменьшения радиальных зазоров по стальным ступеням..., а также более совершенным облопачиванием турбины.

Дальнейшее увеличение тяги до 13 000 кгс к 1954 г. обеспечивается проведенными на заводе работами по уменьшению относительного диаметра втулки компрессора. Такое повышение тяги потребует изменения лопаток компрессора и турбины, а также изменения дисков и корпусов, при этом основные габариты двигателя останутся неизменными и сохранится взаимозаменяемость двигателей на существующих самолетах.

Указанные мероприятия не затрагивают основных конструктивных узлов, но их внедрение, помимо увеличения тяги, позволит снизить удельный расход топлива до 0,83 кг топлива/кгс тяги в час. Гидравлически подобный двигатель меньшей размерности будет испытан в начале 1953 г.

Снижение удельного веса двигателя предполагается получить за счет замены материалов ряда узлов и деталей... Предполагается также широкое применение титановых сплавов по мере их освоения металлургической промышленностью.

Весь опыт проектирования и строительства крупных реактивных двигателей для скоростной дальней бомбардировочной авиации, накопленный на заводе, дает уверенность в успешном осуществлении указанных выше перспектив, что явится новым ценным вкладом в дело совершенствования отечественной авиации".

Задолго до окончания госиспытаний, в начале 1952 г. правительство приняло решение о развертывании серийного производства двигателя АМ-3 на казанском моторном заводе № 16. Кстати, там же, в Казани, на самолетостроительном заводе № 22 предлагалось наладить выпуск самолета Ту-16. Понимая, что производство АМ-3 будет крупносерийным, для обеспечения конструкторского сопровождения двигателя в производстве Микулин предложил создать на заводе № 16 на правах филиала завода № 300 опытно-конструкторское бюро, которое возглавил его заместитель Прокопий Филиппович Зубец.

Надо сказать, что двигатель АМ-3 предназначался не только для бомбардировщика Ту-16. В 1951 г. талантливый авиационный конструктор Владимир Михайлович Мясичев разработал эскизный проект стратегического дальнего бомбардировщика с взлетной массой 180...200 т, расчетной дальностью 12000 км, способного нести бомбовую нагрузку 10 т. Проектные данные машины однозначно свидетельствовали, что самолет предназначался для доставки ядерного оружия на территорию заокеанского "вероятного противника". Главной особенностью гигантского бомбардировщика являлась его силовая установка - четыре ТРД, размещенные по-

парно внутри корневой части крыла. Сталин, понимая потребность страны в стратегическом межконтинентальном бомбардировщике, активно содействовал созданию мясичевского ОКБ и дал "добро" на выполнение любых пожеланий Мясичева. Надо сказать, что ранее Сталин предложил создать такую машину Туполеву. Сохранился его рассказ о содержании разговора со Сталиным:

"Сталин был мрачен.

- Почему Вы, товарищ Туполев, отказываетесь выполнить задание Правительства - построить крайне нужный нам межконтинентальный реактивный бомбардировщик?

Я разъяснил, что по нашим расчетам с существующими двигателями сделать это невозможно - слишком велик расход топлива.

Сталин подошел к столу, приоткрыл папку, достал оттуда лист бумаги, посмотрел его и сунул обратно.

- А вот другой конструктор берется создать такую машину. Почему же у него получается, товарищ Туполев, а у Вас нет? Странно...

Немного повременив, видимо, оценивая мою реакцию, хотя я молчал, продолжил:

- Я думаю, что нам под силу создать этому конструктору не худшие, чем у Вас, условия для деятельности. Так мы, вероятно, и поступим... И отпустил меня кивком головы. Я понял, что он остался крайне недовольным".

Несмотря на колоссальные затраты, Сталин подстраховался и немного позднее все же дал задание разработать идентичный по назначению бомбардировщик и ОКБ Туполева. Осторожный А.Н. Туполев сделал ставку на турбовинтовые двигатели, над созданием которых работал тогда молодой конструктор Н.Д. Кузнецов. В результате появился стратегический бомбардировщик-ракетоносец Ту-95.

Дабы проиллюстрировать, насколько велики были полномочия Мясичева при создании его машины, приведем такой факт.

В январе 1952 г. В.М. Мясичев вместе со своим заместителем по силовым установкам Е.С. Фельснером (позже он стал первым заместителем у П.О. Сухого) в очередной раз приехал к Микулину и обратился к нему: "Александр Александрович я готовлю постановление правительства по выпуску самолета М-4 с четырьмя Вашими двигателями АМ-3. Что бы Вы хотели бы туда включить?"

Микулин с ходу сформулировал пожелания, касающиеся создания новой экспериментальной базы. Многое из того, что надо было заводу, ранее было включено в постановление по Ту-16.

"Почему Вы не просите создать летающую лабораторию?" - удивленно спросил Мясичев.

"Менее чем через месяц в ЛИИ начнет работать летающая лаборатория для испытаний двигателя АМ-3", - ответил Микулин.

"Да, но эта лаборатория будет испытывать двигатели для Туполева! - возразил Мясичев. - Нам нужны свои летающие лаборатории!"

Микулин попытался напомнить, что двигатели АМ-3 для самолетов Туполева и Мясичева одинаковы - небольшая разница только в обвязке, но Владимир Михайлович был непреклонен.

"Евгений Сергеевич, - сказал он Фельснеру. - Запиши: создать две летающие лаборатории на базе самолета Ту-4!"

Микулин взмолился: "У меня такого количества двигателей нет и не будет!"

Почему не будет? Евгений Сергеевич, запиши: выделить немедленно Микулину серийный завод!

Ход дальнейших событий показал, что, когда дело дошло до выделения самолетов под летающие лаборатории для Мясичева, активно возразили военные. Дело в том, что самолетов Ту-4 было выпущено еще недостаточно для оснащения строевых частей Дальней авиации, на счету была каждая машина. А вот серийный завод для производства АМ-3 действительно выделили в соответствии с постановлением о создании бомбардировщика М-4 - им стал завод № 16 в Казани.

20 января 1953 г., меньше чем за два года после основания ОКБ, экипаж, возглавляемый летчиком-испытателем Федором Федоровичем Оподчим, впервые поднял М-4 в небо. Силовая установка машины, как и планировалось, состояла из четырех двигателей АМ-3.

(Продолжение следует)



Стратегический бомбардировщик М-4



Владимир Котельников
Александр Медведь

АВИАЦИОННЫЕ ДИЗЕЛИ, ИЛИ ТЕРНИСТЫЙ ПУТЬ А.Д. ЧАРОМСКОГО

(Продолжение. Начало в № 2 и 3 - 2002 г.)

Обстановка вокруг мотора А.Д.Чаромского в начале 1942 г. складывалась непростая. Командир 3-й авиадивизии дальнего действия А.Е. Голованов в докладе о боевом составе своего соединения указывал, что 1 января 1942 г. оно располагало всего четырьмя ТБ-7 (все с моторами АМ-35А), а остальные уцелевшие четырехмоторные бомбардировщики, прежде оснащенные дизелями, находились на казанском заводе и почти все "перемоторивались" микулинскими или швецовскими двигателями. В "верхах" снова стала муссироваться идея о целесообразности полного прекращения производства ТБ-7.

Разочарованное результатами эксплуатации дизельных ТБ-7 руководство наркомата авиапромышленности и страны в целом (не обошлось и без высших лиц государства) в марте 1942 г. приняло решение ликвидировать последнее из занимавшихся авиационными дизелями предприятий - завод № 82. Это решение мотивировалось необходимостью укрепления производственной базы завода № 45, дублировавшего производство моторов АМ-38 для штурмовиков Ил-2.

В сложной ситуации единственным союзником "авиационных дизелистов" выступили ВВС Красной Армии в лице начальника Главного управления заказов и технического снабжения бригаинженера Н.П. Селезнева. Он обратился с письмом к заведующему авиационным отделом ЦК ВКП(б) Вавилову, в котором ходатайствовал об отмене "разгромного" решения ГКО № 1440сс от 14 марта 1942 г. В частности, Селезнев писал: "Авиадизель М-30, проверенный в боевых операциях на самолете ТБ-7, подтвердил положительные качества дизеля. Для устранения основного дефекта мотора - самовыключения при планировании на высотах более 4000 м - завод № 82 спроектировал комбинированный наддув к мотору М-30: от турбокомпрессора и приводного центробежного нагнетателя. Мотор такой изготовлен и в начале марта 1942 г. успешно закончил 50-часовые стендовые испытания. Для решения вопроса о запуске М-30 с комбинированным наддувом в серию нужно провести лишь небольшие летные испытания."

Мотор М-30 имеет перспективу развития и может быть доведен в течение 4-5 месяцев до мощности 1750 л.с.

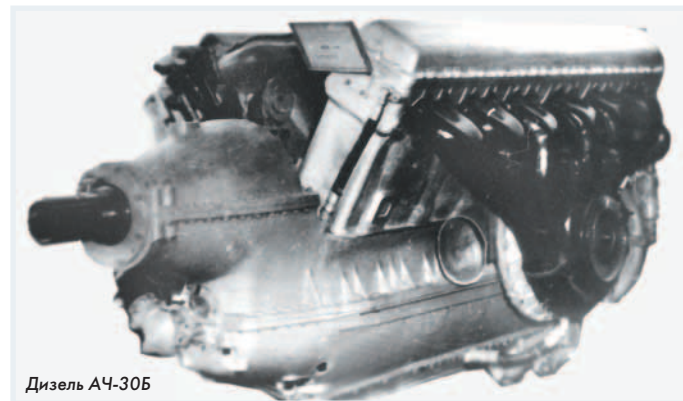
...Единственный в СССР по производству авиадизелей завод № 82 имеет большой опыт по доводке дизелей и изготовлению малых серий, имеет необходимое оборудование и технологию серийного производства, имеет квалифицированные кадры, впитавшие культуру авиадизелестроения и способные в ближайшие 4-5 месяцев наладить серийное производство".

Несмотря на это письмо и даже на то, что более ранним постановлением ГКО № 1207сс от 24 января 1942 г. завод № 82 имел поручение выпустить к 1 мая 1942 г. серийный дизель М-30 с комбинированным наддувом, решение о ликвидации предприятия

вступило в силу. Главный конструктор по М-30 в ЦИАМ Ф.Я. Тулунов (формальный руководитель коллектива создателей М-30, ведь фамилия "арестанта" Чаромского не могла фигурировать в документах) попытался обратиться к высшим должностным лицам государства и написал еще одно письмо, на это раз Л.З. Мехлису. Результат был тот же. Вскоре на предприятие явились "варяги" с завода № 45, и в самом деле находившегося в плачевном состоянии из-за нехватки металлообрабатывающих станков. Они "экспроприировали" все ценное, включая и уникальных рабочих-станочников.

Но вся цепочка поразительных решений "великого и мудрого руководства" еще не закончилась. Не прошло и трех месяцев, как тот же ГКО 4 июня 1942 г. выпустил постановление № 1866сс, в котором наркомату авиапромышленности предлагалось организовать новый завод № 500 (к этому времени в Москве уже функционировало другое авиационное предприятие, получившее номер 82, - на территории бывшего завода № 81) "...по производству мелких серий авиационных дизелей". При этом теперь уже заводу № 45 предписывалось срочно вернуть специальное "дизельное" оборудование новому предприятию, а последнему - переоборудовать к июлю два Ер-2 и к августу - один ТБ-7 под М-30! Впоследствии задание по выпуску ТБ-7 4М-30 было увеличено до пяти машин (к концу 1942 г.). Впрочем, ни наркомат авиапромышленности, ни Госплан СССР, ни завод № 45 не выполнили предписаний высшего руководящего органа страны. А.Д. Чаромскому (летом 1942 г. его выпустили из "шарашки") и его коллега пришлось "отдуваться" самим, по крохам собирая необходимые станки и инструменты. Естественно, что эффективность работ на протяжении 1942 г. оказалась чрезвычайно низкой.

Нарком авиапромышленности А.И. Шахурин вспоминал, что освобождение Чаромского состоялось сразу после вызова в Кремль: "Сталин спросил Чаромского, в каком состоянии находится работа над авиационными дизелями (стал бы он вызывать,



Дизель АЧ-30Б

если бы не знал! - прим. авт.), а затем заявил:

- Мы хотим назначить Вас главным конструктором завода по авиадизелям. Надо организовать коллектив и продолжать совершенствовать авиадизели.

Позже А.Д. Чаромский вспоминал: *"Конечно, у всех там (в Особом техническом бюро) не могло не быть чувства обиды и горечи, но я себе сказал, что самое вредное будет, если эта обида станет играть какую-то роль в работе. Поэтому и своих сотрудников... я настраивал на тот же лад..."*

От Сталина Чаромский вернулся в место, где он находился под стражей (там уже были оформлены документы), а затем появился в наркомате у меня в кабинете".

В июне начал возрождаться "авиадизельный" завод, а уже в сентябре 1942 г. на опытном заводе В.Г. Ермолаева был изготовлен вариант бомбардировщика Ер-2 с моторами М-30Б, получивший № 4. Буква "Б" в названии мотора означала, что наддув осуществлялся комбинированным способом: в дополнение к двум турбокомпрессорам А.Д. Чаромский снабдил дизель приводным центробежным нагнетателем (ПЦН), который позаимствовал от мотора АМ-38. Это мероприятие обеспечило более устойчивую работу мотора при пониженных расходах топлива и на больших высотах полета (но, увы, не в режиме полетного малого газа). Для понижения температуры воздуха, поступающего в двигатель после ПЦН, были установлены водо-воздушные радиаторы (теперь их называют интеркулерами) во всасывающих воздуховодах блоков.

В связи с применением винтов ВИШ-24 диаметром 4,1 м мотогондолы пришлось разнести пошире, при этом размах крыла самолета увеличился. Были введены изменения в систему охлаждения двигателей и топливную систему. В результате масса пустой машины возросла до 10 325 кг (что почти на полторы тонны больше, чем у Ер-2 2АМ-37), а максимальная взлетная (расчетная) масса - до 17 650 кг.

Примененные в дизеле М-30Б нововведения имели и негативный оттенок. Двигатель стал на сотню килограммов тяжелее, а его удельный расход топлива на различных режимах работы увеличился на 5...8 %. Обратим внимание читателя: по литровой мощности в 1942 г. дизель примерно вдвое уступал лучшим бензиновым моторам (24 л.с./л у М-30Б по сравнению с 47,2 л.с. у М-07А), а по удельной массе он был тяжелее процентов на восемьдесят! И это после многолетней мучительной доводки...

В начале сентября 1942 г. на казанском авиазаводе № 22 закончилось переоборудование самолета ТБ-7 зав. № 42038, на котором впервые после почти годичного перерыва смонтировали дизели М-30 с ПЦН. После первых же "гонок" на земле выяснилось, что температура воздуха за нагнетателями выходит за установленные пределы, пришлось устанавливать дополнительные радиаторы. Только в ноябре 1942 г. самолет передали в 45-ю тбад для опытной эксплуатации.

В конце 1942 г. дизелями М-30А (вариант, отличавшийся от М-30Б несколько иной конструкцией приводного нагнетателя и интеркулера) оснастили еще два серийных бомбардировщика Пе-8 (так с сентября этого года стали называть ТБ-7 в память о погибшем конструкторе В.М. Петлякове). В апреле 1943 г. обе машины (зав. № 42029 и 42039) передали в 746-й авиаполк АДД, где бомбардировщики проходили войсковые испытания. Впоследствии двигатели на них были заменены серийными М-30Б. В феврале 1943 г. самолет зав. № 42038 совершил первый боевой вылет, закончившийся вполне успешно. Претензий к работе мотоустановки было немного, в основном они касались работы регуляторов малого газа, из-за ненадежности которых двигатели порой глохли при рулении и заходе на посадку. В процессе испытаний машины, закончившихся в апреле 1943 г., потребовалась замена всего одного М-30Б.

К слову сказать, вся тройка "дизельных" Пе-8 оказалась в числе долгожителей и, в отличие от самолетов более позднего выпуска, оставалась в строю, по меньшей мере, до начала 1945 г. Впрочем, это самое долгожительское, вероятно, как раз и объяснялось уникальностью силовой установки: из-за отсутствия

Бомбардировщик Ер-2 2АЧ-30Б



запасных частей машины большую часть времени проводили на земле. Во всяком случае, пожеланий о продолжении поставок Пе-8 в таком варианте от строевых летчиков 45-й тбад не поступало. В 1943 г. все бомбардировщики Пе-8 выпускались исключительно с моторами М-82Ф, хотя ВВС и не отказывались вовсе от перспектив дальнейшей "дизелизации" машины. Так, на протяжении всего 1944 г. конструкторская бригада Незваля прорабатывала вариант машины с форсированными дизелями М-31. Взлетная мощность таких двигателей должна была составить 1900 л.с., а номинальная - 1500 л.с. на расчетной высоте 6000 м. По предварительным прикидкам, максимальная скорость модернизированного Пе-8 на высоте 6700 м должна была возрасти до 472 км/ч, а бомбовая нагрузка - до 8 т. Впрочем, проект так и остался "на бумаге".

Взаимодействие А.Д. Чаромского и В.Г. Ермолаева оказалось куда более плодотворным. В феврале 1943 г. опытный самолет Ер-2 2М-30Б зав. № 4 предъявили на государственные испытания в НИИ ВВС. Их проводили ведущий инженер инженер-подполковник Н.К. Кокорин, ведущие летчики полковник А.Д. Алексеев и майор В.В. Лисицин. По оценкам летчиков, самолет был прост в пилотировании почти на всех режимах. Его максимальная скорость по сравнению с вариантом Ер-2 2АМ-37 уменьшилась, зато расчетная максимальная дальность полета превысила первоначально заданную и достигла 5500 км. Бомбардировщик стал заметно более живучим, ведь керосин, в отличие от бензина, неохотно загорался в воздухе. В письме начальнику НИИ ВВС генерал-лейтенанту П.А. Лосюкову, датированном 1 июня 1943 г., Ермолаев указывал, что "дизельный" вариант его бомбардировщика по количеству доставляемых к цели бомб вдвое превосходил Ил-4. Кроме того, Ер-2 имел преимущество перед ильюшинской машиной по скорости полета во всем диапазоне высот.

Вместе с тем, отмечались и недостатки Ер-2 2М-30Б: малая скороподъемность, большая взлетная дистанция, неспособность лететь без потери высоты на одном моторе при полетной массе более 14 200 кг. Машина получилась перетяжеленной, мощности двигателей опять не хватало. При работе на земле из-за отсутствия регуляторов минимальных оборотов руление было затруднено. Планирование перед посадкой по этой же причине приходилось осуществлять с выключенными моторами. И все же работа двигателей в ходе испытаний не вызвала особых нареканий со стороны экипажей НИИ ВВС. Они отмечали, что "обслуживание моторов М-30Б наземным персоналом зимой и летом проще, нежели обслуживание бензиновых моторов ввиду отсутствия системы зажигания и карбюраторов при наличии надежно работающей впрыскивающей аппаратуры. Топливная аппаратура (топливный насос ТН-12 и форсунки ТФ-1), установленная на М-30Б, за все время испытаний работала надежно и дефектов не имела".

14 апреля 1943 г. полковник А.Д. Алексеев стартовал на "Ере" для беспосадочного полета по маршруту Москва - Омск - Москва на дальность 4500 км с грузом 1000 кг. Взлетная масса машины составляла 17 700 кг, в баки залили 4900 кг керосина. Правда, Алексееву пришлось вернуться из-за встречи с грозным фронтом в районе Елабуги. Более успешно прошел полет по мар-



Бомбардировщик Ил-6

шруту Раменское - Казань - Свердловск и обратно, его общая протяженность составила 3950 км. Заметим, что дальность полета Ил-4 не превосходила 2800 км.

По оценке командования АДД, опытный Ер-2 с моторами М-30Б в целом соответствовал предъявляемым требованиям к дальнему бомбардировщику. Командующий АДД маршал А.Е. Голованов решительно выступил в пользу машины. В традициях времени, не дожидаясь окончания полной программы доводки машины, ГКО своим постановлением № 4170 от 21 сентября 1943 г. возобновил серийное производство Ер-2, на этот раз на заводе № 39 в Иркутске, прежде производившем Ил-4. Так Ермолаев во второй раз "обошел на вираже" С.В. Ильюшина, в то время разрабатывавшего новый дальний бомбардировщик Ил-6. Внешне новая ильюшинская машина сильно напоминала увеличенный Ил-4. Тактико-технические характеристики Ер-2 2М-30Б и Ил-6 при одинаковых двигателях были весьма близкими, но процесс доводки мотоустановки у ильюшинцев шел труднее, и они отстали от ермолаевцев примерно на полгода.

Опытный Ил-6 было построен на иркутском заводе № 39 в августе 1943 г. В ходе первых же полетов выяснилось, что машина имеет неудовлетворительную поперечную устойчивость и так же, как Ер-2 2М-30Б, не способна лететь "в горизонте" на одном моторе. Дальнейшие испытания пришлось прекратить, самолет разобрали и отправили на московский завод № 240 железнодорожным транспортом. Позднее туда же отослали изготовленные агрегаты второго опытного Ил-6. Решение ГКО о возобновлении серийного производства Ер-2 нанесло почти смертельный удар по программе Ил-6. Дальнейшие надежды ильюшинцев были связаны лишь с форсированным вариантом мотора М-30БФ взлетной мощностью 1900 л.с. Но и ермолаевское ОКБ-134 могло рассчитывать на новый "движок" - это предусматривалось указанным выше постановлением ГКО от 21 сентября 1943 г.

"Исторические корни" форсированного дизеля уходили еще в довоенный июнь 1941 г., когда на заводе № 82 проводились 50-часовые испытания двигателя М-30Ф (явный и недвусмысленный ответ Чаромского на М-40Ф, разработанный В.М. Яковлевым). В процессе испытаний двигатель поработал более часа на взлетной мощности 1750 л.с., 18 часов на "номинале" - 1500 л.с. и 31 час на эксплуатационной мощности 1350 л.с., заметно превзойдя характеристики оппонента. В результате 26 июня 1941 г. вышло постановление СНК, задававшее заводу № 82 разработку форсированного дизеля со сроком его предъявления к 1 сентября 1941 г. Удивительно, но в конце августа два М-30Ф были представлены на госиспытания с заявленными параметрами, однако "реноме" авиадизелей в этот момент было сильно подмочено, и от проведения испытаний отказались...

Но вернемся в 1943 год. В августе при обсуждении результатов госиспытаний и в декабре, утверждая тактико-технические требования к серийному Ер-2, представители АДД предложили ввести в состав экипажа второго пилота, посадив его рядом с командиром. Кроме того, военные настояли на замене верхней пулеметной установки на пушечную и применении колес увеличенных размеров. Полезные, в общем, нововведения привели к росту массы пустого самолета на 330 кг. Второй пилот - еще 90 кг. И все это в сочетании с моторами АЧ-30Б (это наименование двигателя было присвоено в 1944 г. в знак признания заслуг его главного конструктора А.Д. Чаромского)

массового производства, надежность которых оставляла желать лучшего...

Между тем, командование АДД требовало, чтобы летные данные машины, по крайней мере, не ухудшились. Оно хотело от В.Г. Ермолаева чуда и, прежде всего, - нормальных, по тогдашним представлениям, взлетных качеств бомбардировщика. А ведь они были "на пределе" даже у более легкого опытного самолета. Неудивительно, что госиспытания серийного Ер-2 2АЧ-30Б зав. № 7013901, проведенные в НИИ ВВС весной-летом 1944 г., закончились оглушительным провалом. Заместитель начальника НИИ ВВС генерал-лейтенант Лосюков докладывал руководству Военно-воздушных сил: "Из 146 календарных дней периода испытаний самолет простоял на доводках и разного рода ремонтных работах 89 дней... Такие дефекты, как ...зависание плунжера топливного насоса, разрушение труб турбокомпрессора, течь воды и масла... являются опасными для производства полетов". Серьезным недостатком Ер-2 2АЧ-30Б по-прежнему оставалась его неспособность лететь без снижения на одном моторе даже у земли. Отказ одного двигателя в лучшем случае приводил к вынужденной посадке вне аэродрома.

В числе наиболее серьезных дефектов силовой установки фигурировали выход из строя элементов топливной аппаратуры, турбокомпрессоров, регуляторов, поломки рессоры привода генератора и его замасливание. Вопреки бытовавшему мнению все дело "упиралось" не столько в прецизионные узлы АЧ-30Б (форсунки, впрыскивающие насосы), сколько в элементарные нарушения технологии при изготовлении обычных, а не "специфически-дизельных" деталей. Порой отливки корпусов некоторых узлов "уходили" от чертежей на несколько миллиметров. Лишь к концу лета 1944 г. наиболее серьезные дефекты, препятствовавшие началу нормальной эксплуатации самолета, удалось более-менее устранить.

Программа выпуска Ер-2 2АЧ-30Б на иркутском заводе № 9 предусматривала изготовление 65 машин к 1 июня 1944 г. Реально был собран только 31 самолет, облетаны 24 бомбардировщика, а отправлены в части и организации АДД всего три. Важнейшей причиной срыва задания явилась несвоевременная поставка дизелей с завода № 500.

Месяц 1944 г.	План ГКО	Сдано	Отправлено на завод № 39
Январь	20	20	18
Февраль	35	7	8
Март	27	27	24
Апрель	40	20	15
Май	55	29	27
Всего	177	103	92

Неспособность "пятисотого" завода удовлетворить запросы самолетчиков заставила наркомат авиапромышленности подключить к выпуску авиадизелей серийный завод № 45, считавшийся одним из передовых в отрасли. Постановлением ГКО № 5398сс от 14 марта 1944 г. это московское предприятие обязывалось изготавливать некоторые наиболее дефицитные детали и узлы дизеля с последующей поставкой на завод № 500, а затем, начиная с третьего квартала, освоить производство АЧ-30Б целиком. Здесь опять-таки не обошлось без И.В. Сталина. Главный инженер завода № 45 М.Л. Кононенко вспоминал: "Директора и меня вызвал к себе народный комиссар. Он сказал, что накануне был у товарища Сталина, что товарищ Сталин недоволен темпами выпуска машин на Н-ском заводе и предложил оказать немедленную помощь этому заводу.

Перед нами был поставлен вопрос о возможности передачи части рабочих Н-скому заводу, Мы в один голос стали решительно возражать против такой формы помощи... мы предложили:

- Разрешите нам делать авиадизель самим.

Народный комиссар пригласил руководителей Н-ского завода, и после длительного обсуждения было принято решение, что наш завод изготовит для Н-ского завода половину деталей немедленно, а к сентябрю будет сам выпускать этот двигатель" (к слову, вскоре после



Н. М. Шверник вручает А. Д. Чаромскому правительственную награду

войны М.Л. Кононенко сам возглавил этот "Н-ский завод", под которым следует, разумеется, понимать завод № 500 - прим. авт.).

Всего к концу 1944 г. моторостроители двух заводов сумели изготовить и сдать заказчику 543 серийных авиадизеля. Между прочим, производство дизелей оказалось весьма недешевым удовольствием: АЧ-30Б выпуска завода № 45 стоил 265 тыс. руб., а завода № 500 - 280 тыс. руб. - втрое, а то и вчетверо дороже, чем ВК-105ПФ.

По культуре производства 45-й завод оказался впереди, хоть и приступил к выпуску дизелей позднее. Инженеры полков сразу отметили, что его моторы АЧ-30Б отличались более высокой надежностью. Но это не означало, что все трудности остались позади. Двигатели "Ера" по-прежнему нарабатывали не более 40...50 ч, а затем с завидной регулярностью выходили из строя. Командование АДД решительно потребовало улучшения взлетных качеств Ер-2, для чего нужно было значительно повысить мощность авиадизеля.

По заданию командования АДД в 73-й вспомогательной авиадивизии, занимавшейся перегонкой самолетов с сибирских заводов АДД и ленд-лизовой техники с Аляски, были организованы сборы летчиков и техников полков Ер-2. Именно в 73-й вад раньше других подготовили эскадрилью летного и технического состава для перегонки "Еров" (комэска-1 в 104-м вап капитан И.Г. Трифонов), она же понесла и первые потери из-за коварного норва авиадизелей. В ходе переучивания пилотов из 3-го гвардейского авиакорпуса АДД из-за поломки коленвала двигателя погиб майор Руднев, считавшийся лучшим командиром полка в 73-й вад.

Нарком А.И. Шахурин внимательно следил за развертыванием производства дизельного бомбардировщика: "Первые самолеты мы встречали в Москве вместе с конструктором авиадизелей А.Д. Чаромским. Придирчиво расспрашивали летчиков о двигателе, а затем ехали на завод и принимали те или иные решения по его совершенствованию. неполадки в двигателе случались..." Впрочем, оценка двухлетней деятельности А.Д. Чаромского и В.Г. Ермолаева со стороны руководства отрасли и страны оказалась все же весьма положительной. Оба они в сентябре 1944 г. были отмечены Сталинскими премиями и генеральскими званиями, а Ермолаев еще и орденом Суворова в придачу. Молодой авиаконструктор понимал, что все эти отличия были даны ему в сталинской манере, "немного авансом", и стремился в кратчайший срок оправдать доверие вождя. Как



Бомбардировщик Пе-8 с моторами АЧ-30Б

вспоминают сослуживцы, генеральское звание все же слегка вскружило голову Ермолаеву.

А вот как, по словам А.И. Шахурина, отреагировал на награду Алексей Дмитриевич: "Чаромский поблагодарил и сказал, что званием лауреата гордится, а денежную премию решил внести на восстановление родного ему Ленинграда и на помощь сиротам войны. Я знал, что после несчастья, которое с ним случилось, в его доме была лишь солдатская кровать, а на нем - единственный костюм и ботинки. Не очень смело я сказал:

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

И услышал в ответ:

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

В декабре 1944 г. были закончены заводские испытания серийного Ер-2 зав. № 7053911, ставшего своеобразным эталоном для дальнейшего производства. Моторы АЧ-30Б со 100-часовым ресурсом отличались улучшенной сборкой. Впервые за всю историю испытаний "дизельных" Ер-2 ведущие летчики капитаны С.П. Мазур и А.А. Холодов смогли отметить: "Моторы работали хорошо. Не было ни одного случая задержки испытаний по вине моторов". Командование АДД (в этом же месяце преобразованной в 18 воздушную армию) перспективы Ер-2 видело в весьма благоприятном свете и намеревалось в 1945 г. перевооружить еще пять полков, прежде летавших на Ил-4.

В конце 1944 г. на заводе № 134 производились опытные работы на самолете Ер-2 зав. № 7023901, оснащенном опытными двигателями АЧ-30БФ. Форсирование мотора достигалось путем впрыска бензина во всасывающий патрубок нагнетателя дополнительно к основному топливу - керосину. Емкости бачка для форсажного топлива (65 л) хватало примерно на 45 минут полета. Других ограничений по продолжительности работы дизеля на форсированном режиме не было. В процессе испытаний, проведенных в декабре 1944 - январе 1945 гг. летчик полковник А.Д. Алексеев совершил 44 полета, в том числе 8 - ночью.

В акте по результатам испытаний было специально подчеркнуто: "На самолете Ер-2 с установкой опытных моторов АЧ-30БФ впервые достигнуты удовлетворительные взлетные свойства с нормальным и перегрузочным полетным весом". Отмечалось, что моторы на форсированном режиме работали вполне удовлетворительно, обладали хорошей приемистостью. Максимальную взлетную массу самолета в ряде полетов доводили до 18 т. Впечатленные полученными результатами, генерал Лосюков предложил срочно передать Ер-2 с АЧ-30БФ на государственные испытания, но из-за недостаточной надежности силовой установки от этого пришлось отказаться.

Тип мотора	Режим	Мощность, л.с.	Частота вращения вала, об/мин	Расход, кг/ч	
				керосина	бензина
АЧ-30Б	Взлетный	1500	2000	260	-
	Номинальный	1300	1800	205	-
АЧ-30БФ	Форсированный	1900	2000	225	85
	Боевой номинал	1600	1800	165	85
	Номинальный	1300	1800	205	-

Напомним читателю: в декабре 1944 г. конструктор В.Г. Ермолаев в поезде Москва-Иркутск подхватил сыпной тиф и вскоре умер. Коллектив ОКБ-134 на некоторое время остался без руководителя, что не способствовало быстрому решению накопившихся проблем. А развернутая широкая эксплуатация "Еров" в строевых частях (в семи авиаполках АДД) быстро выявляла как положительные, так и отрицательные стороны нового бомбардировщика. Лишь весной 1945 г., с видимой неохотой заниматься этой машиной, по решению наркомата ОКБ-134 был вынужден возглавить новый главный конструктор П.О. Сухой, к которому Сталин в то время относился довольно прохладно.

(Продолжение следует)



Новый газотурбинный двигатель "Абрамса"

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

В настоящее время развитие бронетанковой техники (БТТ) в США идет в двух направлениях: модернизация основных боевых танков и создание принципиально новых образцов БТТ 21 века.

Одна из причин, из-за которых США решили модернизировать свою БТТ, - высокий уровень расходов на содержание, эксплуатацию и ремонт парка боевых машин, что обусловлено, в основном, недостаточным их техническим совершенством. В связи с этим в октябре 1999 г. армия США разработала план модернизации БТТ III поколения. Указанный план стал составной частью перспективной программы развития БТТ США; по срокам реализации он совпадает с общей программой развития средств вооружения армии США, охватывая период 2002-2007 гг.

Проблема модернизации танков М1 "Абрамс" стала сегодня одной из наиболее острых в программе развития американской БТТ. Ежегодно на содержание парка М1 тратится около \$3 млрд, из них почти \$224 млн расходуется на запасные части, при этом 64 % указанной суммы - на запчасти для газотурбинной силовой установки (СУ) "Абрамса". Проанализировав ситуацию, Конгресс США поставил вопрос о замене СУ на основном боевом танке армии. В декабре 1999 г. замена силовой установки танка "Абрамс" была выделена в самостоятельную государственную программу.

Считается, что снижение расходов на эксплуатацию и обслуживание танков М1 в результате замены двигателя AGT-1500 должно составить около \$5 млрд. в течение срока их службы, что соответствует приблизительно 20 % совокупного объема упомянутых затрат за указанный срок (с учетом расходов на модернизацию СУ танка).

Из зарубежных источников известно, что ежегодные расходы на разработку нового двигателя для танка "Абрамс" (стадия НИОКР) составляют \$30 млн/год, а затраты на серийное производство оцениваются в \$150...200 млн.

Более десятка двигателестроительных фирм приняли участие в конкурсе на замену двигателя AGT-1500, проводимом в рамках программы модернизации БТТ армией США (ТАСОМ). В числе этих фирм МТУ (ФРГ), "Перкинс" (Великобритания), "Дженерал

Электрик" (США), известные танковыми дизелями МТ883, CV 12 "Кондор" и газотурбинным двигателем LV 100 (описание и параметры см. "Двигатель" № 2, 3 - 1999 г. и № 5-6 - 2000 г.).

В связи с конкурсом ТАСОМ были опубликованы ТТТ к характеристикам подвижности танка "Абрамс", оснащенного новым двигателем. Основные из них приведены в табл. 1. В табл. 2 перечислены типы и марки топлив, применение которых предусмотрено ТТТ армии США для танка "Абрамс" с новым двигателем.

Требования к подвижности и многотопливности нового танка, согласно пояснениям ТАСОМ, практически повторяют ТТТ к танку "Абрамс" с двигателем AGT-1500 и отличаются от них лишь требованием увеличения на 30 % запаса хода (до 520 км), оставляя на прежнем уровне требования к расходу топлива на режиме холос-

Таблица 1

Требуемые характеристики новой силовой установки танка М1 "Абрамс"	
Параметр	Значение
Запас хода по грунтовой дороге со скоростью 46 км/ч, км	520
Расход топлива на режиме холостого хода, л/ч	30
Длительность работы двигателя на режиме холостого хода в течение одного боевого дня, ч	5,26
Диапазон температур запуска, °С	-31...+52
Время разгона с места до скорости 32 км/ч, с	
• вперед	7,5
• назад	9
Максимальная скорость движения танка, км/ч	
• по шоссе	66,4
• по пересеченной местности	48
Преодолеваемые препятствия:	
• высота вертикальной стенки, м	1,1
• ширина рва, м	3
• глубина водной преграды, м	1,2
Длительность работы без очистки поступающего в двигатель воздуха при концентрации пыли, соответствующей "нулевой" видимости, мин.	30
Рабочий диапазон температур, °С	-52...+52

того хода (28 кг/ч у AGT-1500, 30 л/ч у нового двигателя).

После анализа предложений фирм, участвовавших в конкурсе, был назван победитель. Им стал газотурбинный двигатель

LV100-5, разработанный совместно фирмами "Дженерал Электрик Эйркрафт Энджинз" и "Хонивелл Энджинз", США.

Таблица 2

Разновидности топлив, применимых для нового двигателя танка М1		
Тип топлива	Марка	Стандарт
Дизельное топливо	DF-1; DF-2; DF-A	W-F-800C
Топливо для гражданских дизелей	N1-D; N2-D	ASTM D975-81
Авиационный керосин	JP-4; JP-5	MIL-T-5624M
	JP-8	MIL-T-83133B
Керосин для гражданских ГТД	Jet-A; Jet-A1	ASTM D1655-87
Этилированный бензин для автомобильных двигателей	MoGas	MIL-G-3056D
Дизельное топливо для судовых двигателей	-	MIL-F-16884H

Двигатель LV100-5 представляет собой двухвальный ГТД мощностью 1500 л.с. с $\pi_k=12...12,5$ и температурой газа перед турбиной, равной 1650K. Он является пятой модификацией базовой модели LV100, разработанной середине восьмидесятых годов в рамках программы AGPS-T. Новая модификация обладает степенью унификации свыше 40 % с прототипом AGT-1500, но имеет лучшую на 30 % топливную экономичность, почти в два раза меньший габаритный объем и на 90 кг меньшую массу. Двигатель разрабатывался в расчете на ресурс, равный 6000 ч, и наработку на отказ ~3000 ч (у двигателя AGT-1500 наработка на отказ составляла 525 ч).

С фирмой "Дженерал Электрик" подписан контракт на \$196 млн, дающий ей право приступить к реализации проекта и в течение трех лет провести комплекс работ по согласованию характеристик силовой установки под руководством фирм "Дженерал Дайнемикс" и "Юнайтед Дифенс". Решение о начале серийного производства предстоит принять в апреле 2003 г.

Двигатель LV100-5 предполагается применять также на боевых машинах, созданных на базе танка М1 "Абрамс", и на разрабатываемой 155-мм самоходной установке "Крусейдер". Как ожидается, общий объем заказа армии США в течение 10 лет составит приблизительно 3500 двигателей на сумму \$2 млрд. Стоимость ГТД LV100-5 составит ~\$480 тыс., что соответствует удельной стоимости ~300 \$/ л.с.

После конкурса на страницах зарубежной и отечественной печати развернулась дискуссия по поводу принятых на нем решений и их связи с перспективами дальнейшего развития танковых ГТД и дизелей. В связи с обсуждаемыми проблемами и в дополнение к сказанному можно отметить следующее.

Действительно, конкурс на разработку нового двигателя для танка М1 "Абрамс" отличался некоторыми особенностями. Так, например, ТТТ к танку с новым двигателем практически не предполагали улучшения характеристик подвижности модернизированного "Абрамса" по сравнению с исходным вариантом. Победитель конкурса - ГТД LV100-5 по расходу топлива и требуемому объему моторно-трансмиссионного отделения (МТО) уступает дизелям МТ 883 и CV 12 "Кондор" (на 20...50 % по суммарному расходу с учетом работы на переходных режимах и холостом ходу и на 15...20 % по объему МТО). Тем не менее, не зарубежные танковые дизели, а именно ГТД американской разработки выбран для установки на модернизированный танк М1. Все это свидетельствует, что в данном случае не топливная экономичность и не габаритные размеры были решающими критериями при выборе типа двигателя.

Известно, что сокращение выпуска двигателей AGT-1500 привело в последние десять лет к острому дефициту запасных частей в строевых частях и ремонтных органах армии США. Нередко для ремонта вышедших из строя двигателей американцам приходится идти на "каннибализацию", заимствуя детали с других аналогичных машин (в этом месте горькое чувство удовлетворения должны, на наш взгляд, испытать российские военные, для которых такой метод решения проблемы запчастей вовсе не нов - прим. ред.). По имеющимся оценкам, численность парка танков М1, находящихся в эксплуатации в американской армии, сократилась на 40 % и ныне составляет ~60 % штатной. При этом стоимость эксплуатации выросла на 36 % и достигла 1155 \$/милю по сравнению с 851 \$/милю в 1990 г.

В сложившихся условиях армия США была вынуждена принять срочные меры для восстановления парка боевых машин и сокращения расходов на эксплуатацию. Для этого и потребовалось в сжатые сроки освоить серийное производство нового, более надежного танкового двигателя. Естественно, что оптимальное решение следовало искать на основе использования двигателя, для которого уже имеется производственная и ремонтная база и который не требует длительного времени на доводку, подготовку и освоение серийного производства. Можно полагать, что указанным условиям наиболее полно отвечает ГТД LV100-5.

Таким образом, установка ГТД LV100-5 на танк М1 "Абрамс", призванная решить конкретную проблему локального характера, не добавляет весомых аргументов в пользу дизеля или газотурбинного двигателя с точки зрения общих и долгосрочных перспектив их применения в СУ БТТ.

Это означает, что соревнование танкового дизеля и ГТД продолжается.

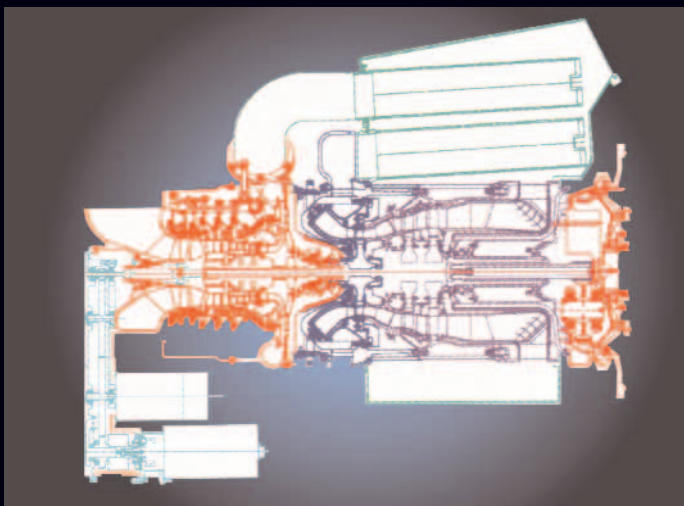
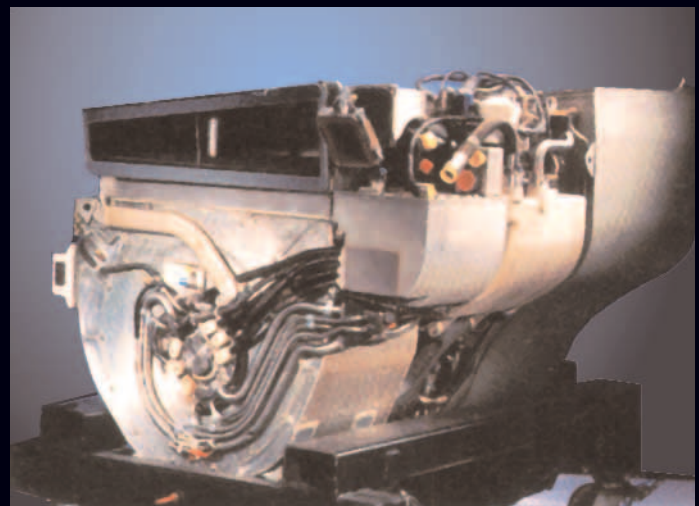


Схема новой силовой установки танка "Абрамс"



Газотурбинный двигатель LV100-5

ДВИГАТЕЛИ УМЗ: ОПТИМАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ

Продукция Ульяновского моторного завода (ныне ОАО "Волжские моторы") давно известна на российском рынке. Достаточно сказать, что большинство автомобилей УАЗ оснащены двигателями УМЗ, а в 2002 г. выпущен 100-тысячный двигатель модели 4215 для автомобилей "ГАЗель". Время не стоит на месте и требования заказчиков к техническим характеристикам растут, поэтому на смену зарекомендовавшим себя моторам должны прийти новые. Наиболее "продвинутыми" моделями, подготовленными "Волжскими моторами" для поставки в ОАО "ГАЗ" и ОАО "УАЗ", являются двигатели УМЗ-4213 и УМЗ-4216.

Применение на двигателях моделей УМЗ-4213 и УМЗ-4216 электронного впрыска позволило снизить токсичность выхлопа и уменьшить расход топлива.

В связи с введением в России норм токсичности ЕВРО-2 карбюраторные двигатели уходят в прошлое. Однако резкий отказ от производства таких моторов и переход на выпуск только инжекторных экономически нецелесообразны. Планируется постепенное сокращение объема производства карбюраторных двигателей до 10-15 тысяч в год для автомобилей старых моделей. Но двигатели УМЗ-4213 и УМЗ-4216 смогут обеспечить удовлетворение норм токсичности ЕВРО-2 лишь на начальном этапе внедрения инжекторных двигателей.

В настоящее время в ОАО "Волжские моторы" заканчивается испытание и ведется подготовка производства нового двигателя модели 249. Мотор сохранил традиционно высокий крутящий момент - до 25 кгс·м при низкой частоте вращения коленчатого вала 3000...3500 мин⁻¹. При этом мощность возросла до 145...150 л.с. с одновременным увеличением топливной экономичности.

В отличие от предшественников у нового двигателя распределительный вал расположен в головке блока цилиндров, вращение этого вала осуществляется двухрядной втулочно-роликовой цепью. Клапаны в головке приводятся в движение через гидротолкатели. Впускная и выпускная системы двигателя расположены на разных сторонах головки цилиндров, что вместе с новым газораспределительным механизмом способствует стабильному удовлетворению норм токсичности выхлопных газов, регламентируемых международными правилами в процессе эксплуатации. Блок цилиндров выполнен из алюминиевого сплава с залитыми тонкостенными чугунными гильзами. Конструкция блока цилиндров уникальна и не имеет аналога в России. Благодаря увеличению

структурной жесткости всего блока цилиндров конструкторам удалось значительно повысить ресурс работы цилиндропоршневой группы. Количество тепла, передаваемого в охлаждающую жидкость, уменьшилось, соответственно снизилась тепловая напряженность системы охлаждения. При создании конструкции двигателя 249 использованы принципы технологической совместимости с предыдущими моделями, что делает многие его детали унифицированными в производстве и эксплуатации, а также во время ремонта на СТО.

Автомобилями, имеющими такое "сердце", в ближайшее время станут "ГАЗели" и "УАЗы". Характеристики двигателя почти идеально соответствуют рабочим условиям, в которых эксплуатируются эти "рабочие лошади".

В настоящее время ускоренными темпами ведется доработка этого двигателя до условий его серийного производства. При этом уделяется большое внимание повышению ремонтпригодности двигателя в эксплуатации, в частности, разработан и внедряется в производство новый поршень с более высоким сроком службы. Ведутся работы по созданию блока цилиндров для обеспечения в эксплуатации трех ремонтных размеров цилиндропоршневой группы. **▲**

Двигатели ОАО "Волжские моторы"			
Модель	4216	249	4213
Тип двигателя	Бензиновый с комплексной микропроцессорной системой управления впрыском топлива и зажиганием		
Число цилиндров	4	4	4
Рабочий объем, л	2,89	2,89	2,89
Диаметр цилиндра, мм	100	100	100
Ход поршня, мм	92	92	92
Степень сжатия	8,2	8,8	8,2
Марка бензина	А-92	А-92	А-92
Номинальная мощность, л.с.	115,5	150	115
Максимальный крутящий момент, кгс·м	22,5	24,5	22,5
Минимальный удельный расход топлива, г/л.с.·ч	205	185	205
Масса в комплектности поставки, кг	170	170	170
Предназначен для установки на автомобили семейства	"ГАЗель"	"УАЗ", "ГАЗель"	"УАЗ"

ОАО "ВОЛЖСКИЕ МОТОРЫ"

производит и реализует

ДВИГАТЕЛИ

к а/м "ГАЗель", УАЗ



г. Ульяновск, ул. Локомотивная, 17а
тел.: (8422) 35-86-05;
т/ф.: (8422) 35-84-80; 35-82-44
e-mail: vmmarket@mail.uln.ru



4215



249

ТАЛАНТА ЯРКАЯ ЗВЕЗДА



Юрьевича Степанова.

Г.Ю. Степанов родился в Ленинграде в семье известных ученых. Со школьных лет он связан с Московским государственным университетом: участвовал в олимпиадах МГУ 1938-1940 гг. по математике и физике.

После окончания средней школы в 1940 г. Г.Ю. Степанов был призван в ряды Красной Армии. Он командовал отделением связи, воевал радистом-заряжающим на танке БТ-7. В 1942 г. его направили на краткосрочные офицерские курсы, где и заметили исключительные математические способности молодого танкиста. Георгий Степанов стал слушателем основного курса Военной академии механизации и моторизации РККА, которую окончил с золотой медалью в 1946 г. В дипломном проекте, защищенном в первом послевоенном году, он исследовал возможности применения газотурбинных двигателей в наземных транспортных машинах. Этот дипломный проект, выполненный под руководством одного из пионеров отечественного газотурбостроения профессора В.В. Уварова, был опубликован в одном из специальных журналов и привлек внимание ученых и конструкторов.

Как отличника его оставили в академии, направив в одыонктуру заниматься научной работой. Первыми учителями Г.Ю. Степанова, оказавшими большое влияние на его дальнейшую деятельность, были И.И. Метелицын, Н.Р. Бриллинг, В.В. Уваров, Б.С. Стечкин.

Кандидатскую диссертацию и значительную часть докторской диссертации (1957 г.), посвященной гидродинамике решеток турбомашин, Г.Ю. Степанов выполнял в Центральном институте авиационного моторостроения. В дальнейшем здесь же по теме, утвержденной С.П. Королевым, под руководством Г.Ю. Степанова были проведены обширные исследования газодинамики ракетных двигательных установок. Диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук он защищал в Институте механики АН СССР.

Круг профессиональных интересов Георгия Юрьевича очень широк, он охватывает не только общую теорию двигателей (поршневых, газотурбинных, ракетных и комбинированных), но и гидродинамическую теорию лопаточных машин - турбин и компрессоров, прикладную и общую гидромеханику и газовую динамику, теоретическую механику, методику преподавания соответствующих дисциплин в высшей школе, историю науки и техники. Г.Ю. Степанов - автор более 200 научных работ (монографий, книг, учебных пособий, статей) и ряда изобретений.

Владимир Скибин, генеральный директор ФГУП ЦИАМ,
Эдуард Потемкин, председатель Совета директоров ОАО ВНИИТрансмаш,
Николай Троицкий, директор ГУП НИИД,
Виктор Соломай, начальник ВП 2725 МО РФ

Первые научные работы Г.Ю. Степанова касались применения газотурбинных двигателей для наземных транспортных машин. При этом он всесторонне развил теорию лопаточных машин, комбинированных и газотурбинных двигателей. Второе издание соответствующего научного труда (Машгиз, 1957г.) до сих пор является настольным пособием, используемым специалистами в этой области. Будучи начальником кафедры механики, а затем кафедры двигателей в ВА БТВ, ставшей впоследствии Общевойсковой академией Вооруженных Сил РФ, Г.Ю. Степанов существенно усовершенствовал методику изложения курса теоретической механики в технических вузах, опубликовал оригинальные учебные пособия по теории колебаний, теории гороскопов и динамике механической системы.

Г.Ю. Степанов постоянно сотрудничает с научно-исследовательскими, конструкторскими и учебными организациями, связь с которыми стимулировала выполнение им многих прикладных работ. В частности, так появилась его монография по гидродинамической теории аппаратов на воздушной подушке (Машгиз, 1963 г.), по газодинамике сопел ракетных двигателей (совместно с Л.В. Гогишем, Машиностроение, 1973 г.), по инерционным воздухоочистителям (совместно с И.М. Зицером, Машиностроение, 1986 г.). В каждой из них содержалась новая теория, позволяющая исследовать известные и предложить новые схемы аппаратов и технических устройств. Эти монографии стимулировали исследовательские работы во многих отраслевых организациях и институтах.

В 1977 г. Георгия Юрьевича избирают членом-корреспондентом, а в 1988 г. - действительным членом Международной аэрокосмической академии, штаб-квартира которой находится в Париже. Приятно осознавать, что в России есть единственный в мире "танкист-астронавт" Г.Ю. Степанов.

Большое внимание Г.Ю. Степанов уделяет редакционной деятельности во многих редколлегиях и издательствах. Под его научной редакцией опубликовано 10 книг. Степанов проводит большую работу по аттестации научных и научно-педагогических кадров в качестве председателя экспертной комиссии ВАК, члена учёных советов ВА БТВ, механико-математического факультета МГУ, института проблем механики РАН, ОАО ВНИИТрансмаш.

И сегодня замечательный учёный, патриарх российской научной школы по танковым двигателям находится в строю. В период проводимых в обществе реформ полковник в отставке Георгий Юрьевич Степанов продолжает активно трудиться на кафедре двигателей Общевойсковой академии Российской Федерации по столь нужной для России проблеме. Убедительным примером преданности долгу стала его жизнь в науке - офицера, учёного, Человека с большой буквы.

Вклад профессора Георгия Юрьевича Степанова в развитие отечественной науки и техники в области двигателей, совершенствования их конструкции, теории и расчёта, подготовки инженерных и научных кадров невозможно переоценить. Огромное ему за это спасибо!

Коллективы ФГУП ЦИАМ, ОАО ВНИИТрансмаш, ГУП НИИД и военного представительства 2725 МО РФ сердечно поздравляют юбиляра с 80-летием, желают ему долголетия, творческих успехов на благо нашей Родины.



СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ НА РАЗЛИЧНЫХ ТОПЛИВАХ

В настоящее время поршневые двигатели внутреннего сгорания (ПДВС) остаются основными силовыми агрегатами для наземных условий работы и единственными массовыми тепловыми двигателями. Общая мощность поршневых двигателей составляет примерно 95 % суммарной установочной мощности всех применяемых моторов.

Однако требования потребителей заставляют конструкторов и исследователей непрерывно заниматься дальнейшим совершенствованием ПДВС, причем качественные изменения поршневых двигателей связаны как с улучшением конструкции, так и с совершенствованием рабочих процессов.

Николай Свиридов, сотрудник 21 НИИИ МО РФ, к.т.н.

Андрей Писарчук, сотрудник РВАИ

Во второй половине прошлого столетия теория и практика двигателестроения были направлены на улучшение конструкции и рабочего процесса ПДВС, работающих на каком-либо одном сорте топлива - на бензине или дизельном топливе. Развитие карбюраторных двигателей (более легких, но имевших худшие показатели по расходу топлива) шло главным образом в направлении повышения их экономичности. Это требовало повышения степени сжатия и применения высококачественных, высокооктановых бензинов, что было неразрывно связано с освоением новых, более совершенных способов переработки нефти и, следовательно, с большими капиталовложениями. Развитие дизелей (более тяжелых, но и более экономичных) шло главным образом по пути уменьшения массогабаритных показателей и совершенствования рабочего процесса.

Такое разделение направлений в двигателестроении являлось традиционным, считалось единственно правильным и экономически наиболее целесообразным, поскольку оно позволяло выбирать в каждой области наиболее выгодную конструкцию и оптимальные условия для сжигания топлива.

В настоящее время во всех странах бензиновые двигатели устанавливают на легковых автомобилях, автомобилях особо малой и, наряду с дизелями, малой (до 1,5 т) грузоподъемности. Что касается дизелей, то они являются основным типом двигателя для магистральных тягачей, тяжелых самосвалов, грузовых автомобилей (грузоподъемностью более 1,5 т), а также многоместных автобусов и специальной техники (дорожно-строительные машины, карьерные самосвалы и др.). Кроме того, достоинства дизелей и, в первую очередь, их более высокая экономичность предопределили широкое внедрение их во все области промышленности.

Особенности протекания рабочего процесса в дизелях позволяют использовать различные виды топлив нефтяного происхождения. В середине прошлого века сформировалось направление исследований, имевшее целью обеспечить работоспособность дизеля на широкой номенклатуре жидких топлив - бензинах, керосинах, тяжелых соляровых фракциях и др. Те дизели, которые были приспособлены для работы на нескольких видах топлива, получили название многотопливных (multifuel diesel).

Многотопливный дизель обладает рядом преимуществ по сравнению с обычными дизелями и бензиновыми двигателями: упрощается снабжение топливом, снижаются требования к его фракционному составу, появляется возможность использования несортных и смесевых топлив при нештатных ситуациях и др.

Кроме того, заметим, что при существующих требованиях к топливам все карбюраторные двигатели и дизели позволяют использовать только 54 % нефтепродуктов, получаемых из сырой нефти, в то время как в многотопливном двигателе этот показатель достигает 71 %.

Для военной автомобильной техники (ВАТ), к двигателям которой предъявляется комплекс специальных требований, в том числе и по обеспечению работоспособности на различных видах топлива и

смесях, реализация многотопливности позволит снизить остроту вопросов снабжения, особенно при массовой эксплуатации автомобилей в ходе боевых действий.

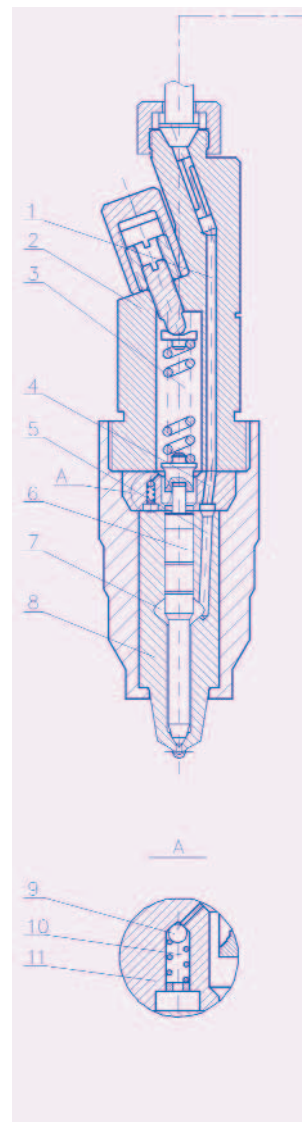
Каковы же возможные практические пути реализации многотопливности?

Наиболее радикальным и обеспечивающим наилучшие результаты по экономичности, мощности двигателя и эксплуатационным качествам рабочего процесса при работе на разных топливах является путь, предусматривающий отработку процессов смесеобразования, воспламенения и горения, а также создание камеры сгорания двигателя и топливной аппаратуры, специально спроектированных для работы двигателя на различных топливах. Фактически это означает создание экспериментального двигателя и новой топливной аппаратуры к нему.

Второй путь заключается в разработке мероприятий, позволяющих конвертировать дизели существующей конструкции для работы на различных топливах, опираясь на имеющийся опыт эксплуатации существующих серийных дизелей без каких-либо изменений камер сгорания и топливной аппаратуры на топливах, химические и физические свойства которых варьировались в широких пределах.

Следует отметить, что этот путь компромиссный, так как он ведет к некоторому ухудшению мощностных и экономических показателей дизеля. Вместе с тем, это направление имеет свои крупные преимущества. Так, оно требует меньших затрат времени и материальных средств и потенциально обеспечивает относительно простое переоборудование парка дизелей для работы на различных топливах. Данное положение особенно актуально для современного состояния парка ВАТ, в составе которого значительную часть составляют автомобили с обычными (немноготопливными) дизелями.

Трудности использования в дизелях различных видов топлив определяются, прежде всего, существенно различными их свойствами при сжатии в топливоподающей аппаратуре и впрыске в камеру сгорания при больших температурах. Это приводит к изменениям выходных показателей дизеля - экономических, мощностных и экологических.



Особенно значительны эти изменения при использовании маловязких топлив. Так, коэффициент подачи топливной системы при переходе на бензин уменьшается до 10 % на номинальном и до 50 % на частичных режимах, цикловая подача снижается до 30 % на номинальном и еще больше на частичных режимах, изменяется закон подачи, наблюдается более позднее начало впрыскивания, значительно более позднее его окончание, уменьшается давление впрыскивания. Особенно заметные изменения параметров имеют место на режимах малых нагрузок. В связи с этим для перспективных моделей топливных систем пришлось выдвинуть требование обеспечения максимального давления впрыскивания на минимальной частоте вращения в режиме холостого хода (не менее половины от его величины на номинальном режиме), чего очень трудно достигнуть при использовании традиционных систем подачи топлива.

Исследование работы дизеля ЯМЗ-236 показало, что при использовании маловязких топлив (бензина А-76) на номинальном режиме наблюдается снижение эффективной мощности от 32 до 35 % и увеличение (в сравнении с дизельным) удельного эффективного расхода топлива в 1,5...2 раза.

Таким образом, существует необходимость создания таких систем топливоподачи, которые обеспечили бы возможность работы дизелей на различных углеводородных топливах и при этом ограничили бы снижение эффективных показателей до допустимого уровня. В качестве одного из возможных путей решения указанной задачи может быть рассмотрена бессливная система топливоподачи (СТП) многотопливного дизеля, разработанная и испытанная в Рязанском военном автомобильном институте.

Система, показанная на рисунке, состоит из форсунки 2, в корпусе которой над иглой 6 выполнена полость 3. Подыгольная полость 7 связана каналами в корпусе распылителя 5, проставке 4, корпусе форсунки 1 и трубопроводе высокого давления 12 с надплунжерным пространством 17 топливного насоса высокого давления 19 через нагнетательный клапан двойного действия 12 с надплунжерным пространством 17 топливного насоса высокого давления 19 через нагнетательный клапан двойного действия 14 и разгрузочный элемент 15 элементов, причем внутренняя поверхность нагнетательного элемента со стороны разгрузочного элемента нагнетательного клапана выполнена в виде усеченного конуса, основание которого взаимодействует с разгрузочным элементом, а контакт происходит (см. поз. В) по средней из трех поверхностей 20, 21, 22. Жесткость пружины разгрузочного элемента 16 клапана двойного действия определяет величину остаточного давления в трубопроводе высокого давления 12 при его разгрузке. Полость 3 и подыгольная полость 7 сообщаются (см. поз. А) через канал 10 в проставке форсунки 11, в которой установлен клапан шарикового типа 9.

Основной особенностью бессливной СТП является отсутствие отвода просочившегося топлива (дренажа) от форсунок и наличие в топливном насосе высокого давления нагнетательного клапана двойного действия. Разработанная система топливоподачи позволяет организовать бессливной процесс топливоподачи с постоянным остаточным давлением в линии высокого давления, стабилизируя таким образом начальные условия следующего цикла.

В сравнении с традиционными системами бессливная СТП обладает рядом преимуществ. Наиболее существенными из них являются:

- повышенные коэффициент подачи и давление впрыскивания вследствие наличия в линии высокого давления постоянного остаточного давления;

- уменьшенная продолжительность подачи благодаря увеличенной скорости посадки иглы дополнительной силой, действующей в надыгольной полости форсунки;

- более крутой задний фронт характеристики подачи топлива вследствие повышения скорости посадки иглы.

Экспериментальные исследования разработанной системы топливоподачи, изготовленной на базе топливной аппаратуры дизеля КамАЗ-740, и анализ полученных результатов показали следующее. При использовании экспериментальной топливной аппаратуры происходит приращение цикловой подачи ($g_{ц}$) в зависимости от скоростного режима работы и вида применяемого топлива, что свидетельствует о возможности улучшения показателей двигателя с экспериментальной аппаратурой в сравнении со штатным вариантом.

Применяемое топливо	Нагрузка, % от номинального значения		
	50	75	100
Дизельное топливо Л-0,2	15...33	8...25	5...26
Авиационный керосин ТС-1	10...35	4...21	5...25
Бензин А-76	10...31	5...12	3...13
Смесь А-76 (70 %) и Л-0,2 (30 %)	5...13	5...30	4...13

Ввиду того, что автомобильный дизель при всережимном регулировании значительную часть своего времени работает по внешней скоростной характеристике, наибольший интерес представляет изменение скоростной характеристики топливоподачи при полной нагрузке, так как по ней определяются параметры регулятора. Оказалось, что на рассматриваемом режиме у экспериментальной топливной аппаратуры изменяются не только количественные показатели, но и характер протекания зависимости $g_{ц} = f(n)$ для дизельного топлива и авиационного керосина.

Использование разработанной аппаратуры обеспечило повышение мощности дизеля по внешней скоростной характеристике на 6...42 % с одновременным снижением удельного эффективного расхода топлива на 6...28,5 % в зависимости от вида использованного топлива и режима работы дизеля.

Моделирование движения автомобиля при использовании дизеля с разработанной топливной аппаратурой (ТА) показало увеличение величины динамического фактора на 6...46 % в зависимости от вида используемого топлива. Это является прямым следствием изменений внешней скоростной характеристики дизеля по крутящему моменту. Наиболее значительные изменения соответствуют использованию в качестве топлива смеси, состоящей из бензина А-76 (70 %) и дизельного топлива Л-0,2-40. Максимальное значение динамического фактора (на дизельном топливе Л-0,2-40) при использовании экспериментальной ТА для автомобиля КамАЗ-4310 достигло 0,689 (против 0,65 при использовании штатной ТА). Следствием увеличения динамического фактора является улучшение динамических качеств автомобиля. Так, длина разгона автомобиля до скорости 42 км/ч сократилась на 14...40 %, а время разгона - на 10...48 % в зависимости от используемого топлива и типа дороги.

Таким образом, предлагаемый метод обеспечения многотопливности серийного дизеля при его достаточной простоте и малой стоимости позволяет одновременно улучшить динамические показатели автомобиля.

ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТЕРЛИТАМАКСКИХ СТАНКОСТРОИТЕЛЕЙ

Александр Кичигин, начальник рекламно-информационной службы ОАО "Стерлитамак-М.Т.Е."

Основной специализацией ОАО "Стерлитамак-М.Т.Е." (Стерлитамакский станкостроительный завод) долгие годы является выпуск вертикально-сверлильных станков, станков с ЧПУ, хонинговальных и специальных агрегатных сверлильных станков для массового производства. Все это - составляющие так называемой "жесткой технологии", которые долгое время были центром приложения инженерной мысли коллектива.

Время, однако, диктует свои условия, и вот уже на первый план выходят требования гибкой технологии, применение на основном производстве перенастраиваемых обрабатывающих центров (ОЦ), что безусловно увеличивает точность и качество обрабатываемых деталей. Желание дать заказчику возможность применить гибкую технологию, соответствующую мировому уровню, причем когда вся технологическая цепочка сдана производителями "под ключ", побудило нас освоить гамму современных ОЦ сверлильно-фрезерно-расточной группы, а также токарных и расточных станков - как традиционной, так и вертикальной компоновки.

Требованиям современной промышленности отвечает ряд обрабатывающих центров. Кроме спектра вертикальных ОЦ с различными размерами стола (мод. 400V, 500V, 600V, 800V) в кратчайшие сроки освоен серийный выпуск станка модели 630VH. Этот станок оснащен поворотной шпиндельной головкой, позволяющей ему работать в качестве как вертикального, так и горизонтального ОЦ одновременно, т.е. проводить 5-стороннюю обработку деталей любой сложности. Освоен также выпуск станка 450V с двумя столами для обрабатываемых деталей, что позволило повысить производительность в 2 раза.

Первым в ряду токарных станков с ЧПУ был создан станок модели 450VT. Это двухстоечный вертикальный токарный ОЦ, предназначенный для полной обработки деталей типа "шестерня" и "фланец". В настоящее время типологический ряд токарных станков с ЧПУ пополнился такими станками, как 300VT, 500VT, 600VT, STC200. Освоен также выпуск станков "твердого точения" 160HT, рассчитанных на обработку деталей твердостью до 64HRC. . Предприятие выпускает также станки модели 800VF6 - шестикоординатные ОЦ для обработки сложных фасонных поверхностей. В сочетании с различными по скорости вращения и конструкции шпинделями, разнообразными столами, в том числе полноповоротными и глобусными, инструментальными магазинами, рассчитанными на разнообразную гамму современного инструмента, конструкциями ограждения и защиты, изменяющимися в зависимости от специфики применения данного ОЦ, каждый заказчик получает наиболее подходящий для него станок. В 2000 г. завод первым в России освоил выпуск станков с конусом HSK и станков с подводом смазочно-охлаждающей жидкости через шпиндель, что крайне важно для реализации концепции высокоскоростной обработки. На предприятии изготовлена гибкая автоматическая линия станков "ГАЛС - Башкирия" для производства тормозных дисков переднеприводных автомобилей, маховиков двигателей и других подобных деталей. Автоматическая линия состоит из ОЦ мод. 500V и токарного станка с ЧПУ модели 500VT. Только на таком оборудовании можно добиться высокой точности и качества изготовления деталей. В 2001 г. по заданию ОАО "ГАЗ", завод завершил создание участка по обра-



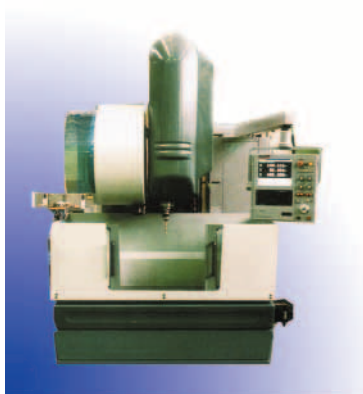
800VF6



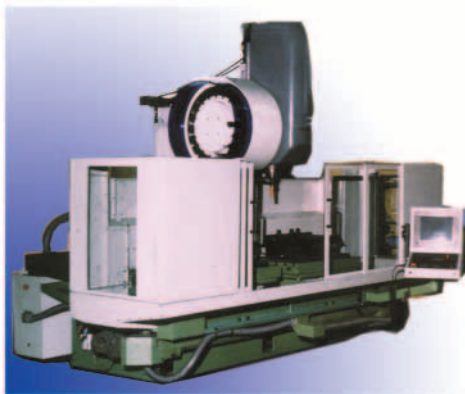
600V



500V



400V



450V



630VH

ботке моноблока дизельного двигателя "Штайр" ГАЗ-560. О технологических и конструкторских возможностях предприятия и его коллектива говорит уже тот факт, что участок на 100% оснащен обрабатывающими центрами и станками с ЧПУ собственной разработки и собственного же производства. Расчетная мощность данного участка составляет 20 000 деталей в год. Освоение обработки блоков дизельных двигателей наиболее сложной конфигурации (каковыми являются двигатели "Штайр") позволяет расширить применение этой технологии как на изготовление других типов автомобильных двигателей, так и иных деталей с учетом их индивидуальности.

Высокое качество выпускаемого оборудования определяется несколькими факторами. Прежде всего, это - многолетний опыт и высокая культура производства на самом предприятии. Высококвалифицированный персонал решает задачи любой степени сложности. Второй влияющий фактор - замкнутый цикл производства, включающий даже и собственное литейное производство. В-третьих, это грамотный отбор поставщиков, позволяющий значительно повышать уровень качества продукции. Так, все серийные ОЦ оснащаются ходовыми винтами фирмы "Рексрот Стар" (Германия), системами ЧПУ Siemens, Heidenhain (Германия), MSH MACRO фирмы Delta Tau Data System Inc (США), в шпиндельных узлах применяются надежные подшипники фирм SKF, FAG и пневматика SMC, Festo и т.д.

Оживление российского производства первыми ощущают станкостроители. Так, за последние 3-4 года наши сложные обрабатывающие центры и станки с ЧПУ были поставлены в ОАО "ГАЗ", "КАМАЗ", "ВАЗ", "Ижмаш", "УМПО", на оборонные предприятия и предприятия аэрокосмической отрасли.

Умение предложить заказчику гибкую технологию в короткие сроки требует от станкостроителей наличия собственного гибкого производства. В связи с этим несколько лет назад стерлитамакский станкостроительный завод поставил перед собой задачу создания модульного принципа проектирования и изготовления обрабатывающих центров. На сегодня эта задача практически решена, вот почему для станкозавода не существует проблем по срокам и качеству изготовления обрабатывающих центров и гибких производственных систем любого профиля - будь это вертикальные или горизонтальные токарные станки и ОЦ или, например, шестикоординатные и т.д. На очереди создание автоматических линий гибкой технологии.

Большое внимание и поддержка Стерлитамакскому станкостроительному заводу оказываются на городском и республиканском уровне. Предприятие включено в реестр предприятий Республики Башкортостан по 16 основным видам продукции, выпускаемой в РБ. Глава администрации Стерлитамака Спартак Галеевич Ахметов считает: "Равных ОАО "Стерлитамак-М.Т.Е." в области станкостроения в России нет. Это отмечается на самом высоком уровне, этим можно гордиться. Очевидно, что предприятие развивается". Президент Башкортостана Муртаза Губайдуллин Рахимов внимательно следит за работой Стерлитамакского станкостроительного завода и всячески оказывает поддержку во многих начинаниях предприятия.

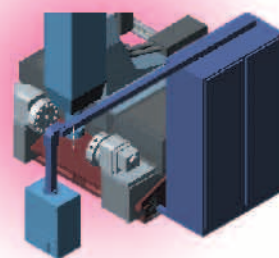
Жизнь не стоит на месте. И коллектив Стерлитамакских станкостроителей находится в постоянном поиске. Высокий уровень профессионального мастерства станкостроителей, высококачественная комплектация выпускаемой продукции, индивидуальный подход к заказчику делают конкурентно-способными станки ОАО "Стерлитамак-М.Т.Е." на мировом уровне. **П**



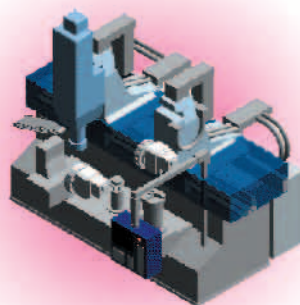
160HT



450VT



300VT



500VT



600VT



**453103, Башкортостан, г. Стерлитамак,
ул. Элеваторная, 37.
Тел.: (3473) 43-04-02, 43-56-00.
Факс: (3473) 43-61-11, 43-92-81.
Телетайп: 662321 ВИНТ
E-mail: mtezil@str.bashnet.ru
www.mtezil.by.ru www.mtezil.da.ru**

ДВИГАТЕЛЬ ДЛЯ ТАРЕЛОК или еще об одном отечественном методе материализации духов

Виктор Аршинов

Рисунки Владимира Романова



Давно известна шутка печников, которые остались не очень-то довольны заказчиком: внутри трубы новой печи специальным образом (просвещать читателя, каким - не наша задача!) помещается горлышко от разбитой бутылки. И тогда при хорошо протопленной печи в трубе начинается некий "замогильный" вой, а если по-уму разместить сие устройство, то вой не слышно, но сами собой хлопают дверцы шкафчиков, дребезжат стекла и двери, скрипят половицы, и жить становится как-то стремно, причем - без видимой причины. Вообще, в доме явно начинается полтергейст. По-немецки это - "шумный дух".

Впрочем, за хорошую мзду те же печники (или их осведомленные приятели) брались очистить избу от скверны и изгнать сего разбушевавшегося беса. Предварительно, в силу сакральности процесса, изгонялись на время работы хозяева (дабы не видели, как будут выковыривать "жучка" из трубы). И все, что самое удивительное, в результате были довольны: одни - тишиной, другие - оплатой. Главное - не раскрывать тайну действия.

Это было давно и неправда. Но - ничто в мире не меняется, кроме самого времени. Года два-три назад, благодаря телевидению и печати, мы все были свидетелями совершенно наяву происходившей чертовщины. В одной московской квартире (естественно, без признаков печной архаики) на кухне происходили непонятные события - вдруг начинали дрожать стёкла в окне, посуда в буфете дребезжать, двигаться к краю полки, падать и разбиваться, люди - плохо себя чувствовать. В общем, уже знакомая картина полтергейста, коя по-русски именуется - "проделки домового".

Жильцы в отчаянии. Управдом даже с милицией не может выселить нечисть с кухни. Экстрасенсы бормочут непонятное об энергетических

полях, а убытки от битой посуды растут. СМИ, впрочем, оповестив и возбудив широкие народные массы очередной чертовщиной, забыли сообщить или сообщили очень скромно о том, как же это безобразие разрешилось. По крайней мере, мне такие "заключительные" статьи о результатах изгнания распоясавшегося домового не попадались, а потому, владея кое-какой информацией, решил поделиться ею с вами, уважаемые читатели. По-моему, это будет довольно интересно.

...Ещё в 1859 г. Рийке обнаружил явление вибрационного горения, качественная теория которого дана Рэлеем. Однако строгой теории не существует по сей день. Сложное в математическом описании явление вибрационного горения случается и в камерах сгорания реактивных двигателей, что нередко приводит ких нестабильной работе, недопустимым вибрациям, выгоранию стенок камеры сгорания и в результате - к разрушению двигателя. Например, 10 секунд работы в режиме вибрационного горения форсажной камеры двигателя АЛ-31Ф при его доводке привели к отрыву от корпуса всех труб форсажного топливного коллектора. Резюмируем: ПТД при работе - очень сильный источник ... полтергейста. Если не вдаваться в суть дела.

Виброгорение можно продемонстрировать на простейшем устройстве - тепловом автогенераторе звуковых колебаний воздушной струи, описанном в книге В.В. Майера "Простые опыты со струями и звуком" - М., Наука, 1985 г. Устройство представляет собой стеклянную трубу (например, корпус лампы дневного света с которого смывает биопатогенный люминофор). В трубе расположена спираль электронагревателя, накалённая докрасна. Если поместить нагреватель на уровне примерно 1/4 высоты трубы, расположенной вертикально, то возникнут звуковые колебания. Частота колебаний определяется высотой трубы - чем эта высота больше, тем частота ниже. Сила звука этого устройства невелика, но если вместо стеклянной трубки взять асбоцементную, с внутренним диаметром 100 мм, а нагреватель позаимствовать от электроплитки мощностью 600 Вт, то в помещении задрожат стёкла. Если же труба будет достаточно высокой, то её звука при частоте менее 20 Гц слышно не будет, однако стёкла по-прежнему будут дребезжать и посуда будет двигаться вниз по наклонной полке буфета вследствие уменьшения до нуля трения покоя при вибрации. При совпадении частоты колебаний трубы с частотой собственных колебаний внутренних органов человека, лежащей в диапазоне 7...15 Гц, возможно сильное ухудшение самочувствия. Правда, знакомая картина?

Каналы вытяжной вентиляции в жилых домах имеют размеры близкие к 100 x 100 мм, исключительно редко прочищаются, и наш изобретательный народ ("голь на выдумки хитра!"), замученный кухонным чадом, давно догадался для улучшения вытяжки вместо дорогого, шумного и ненадёжного электровентилятора располагать в вентиляционных каналах спирали, нагревающие воздух и создающие дополнительную тягу. Особенно эффективным обычно оказывается первое включение данной конструкции, когда "пыль столетий" начинает тлеть и под действием возрастающей тяги мгновенно, с характерным шумом, сгорает, иногда с последствиями, напоминающими взрыв, который может закончиться и пожаром. Зато, если всё прошло благополучно, тяга возрастает многократно. Но если спираль окажется расположенной, как было указано выше, то домового - полтергейст обеспечит нескучную жизнь Вам и Вашим соседям, а также кусочек хлеба всяческим экстрасенсам и пищущей братии.

Для особо заинтересовавшихся сообщу, что описанное простейшее устройство под названием "Дома вой" демонстрировалось в экспозиции МКАМ на фестивале НТТМ, прошедшем на ВВЦ с 24 по 27 мая 2001 г., и используется как демонстрационное пособие для студентов колледжа.



ТЕПЛОЙ ДВИГАТЕЛЬ С КРУГОВЫМ ПОСТУПАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ КОЛЬЦЕВОГО ПОРШНЯ

Поршневой двигатель используется с 1765 г. В последнее столетие изобретатели пытаются модернизировать его конструкцию. Основным атаккам подвергался кривошипно-шатунный механизм поршневого двигателя. Так, в 1936 году Феликс Ванкель получил патент на роторный поршневой двигатель, и в том же году Сергей Баландин предложил схему бесшатунного двигателя. Это были первые серьезные попытки отказаться от привычной кривошипно-шатунной схемы и увеличить объемную производительность двигателя. К сожалению, по некоторым характеристикам и с точки зрения ресурса, обе схемы не смогли выдержать конкуренции.

Виктор Соколов, сотрудник ОАО НПО "Молния" и ВВИА, к.т.н.

Посвящается выдающемуся авиаконструктору СССР и России Глебу Евгеньевичу Лозино-Лозинскому, под руководством которого автору довелось работать в ОКБ А.И. Микояна над одними из лучших в мире истребителями "МиГ", авиакосмическим проектом "Спираль" и в НПО "Молния" над орбитальным кораблем "Буран", Человеку планеты Земля, связавшего "землю, небо и космос".

Из термодинамики следует, что теоретический предел к.п.д. ДВС (рис. 1) при коэффициенте избытка воздуха $\alpha=1$ и при полном расширении ($P_{\text{вых}} = P_n$) равен 0,7 (степень сжатия $\epsilon_k = 8$) и 0,73 (при $\epsilon_k = 12$). Реальный к.п.д. современного 4-тактного двигателя достигает порядка 0,32...0,35 в бензиновых и 0,41 в дизельных (при $\epsilon_k=20$). Причина столь большой разницы заключается в неполном расширении отработавшего газа, потерях на охлаждение и на трение (в том числе поршня о стенки, которые составляют до 50 % всех потерь на трение) и т.п.

Как известно, одной из главных проблем сегодняшнего двигателя строения также является существенное сокращение выброса вредных веществ, содержащихся в продуктах горения, в атмосферу. Снижение температуры в камере сгорания - главный способ уменьшения эмиссии окиси углерода CO и окислов азота NOx. Этой цели можно достичь, если увеличить коэффициент избытка воздуха, например, до 2. Но в обычном ДВС для этого потребуются значительное увеличение габаритов и массы.

В 60-х годах профессором В.М. Кушулем был создан двигатель с тремя парами цилиндров. В каждой паре один цилиндр использовался для сжатия чистого воздуха, который затем смешивался со сгоревшей смесью второго цилиндра. Газовая смесь срабатывалась в обоих цилиндрах. В такой конструкции достигалось увеличение α и несколько большая степень расширения. Последнее необходимо для более полного срабатывания энергии сгоревшего топлива. В ДВС Кушуля было достигнуто повышение экономичности на 25...30 %.

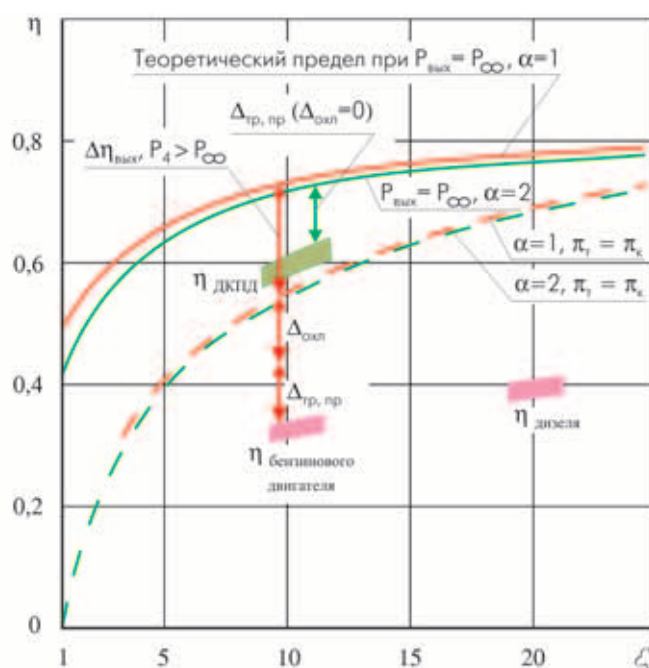


Рис. 1

Однако в его двигателе использовалась более сложная кинематическая схема механизма.

Если увеличить коэффициент избытка воздуха (например, до $\alpha = 2$), тогда несколько снизится к.п.д. до уровня 0,67 при $\epsilon_k = 8$. Этот проигрыш можно превратить в выигрыш, применив новую кинематическую схему ДВС.

Начиная с 1997 г. группа конструкторов в составе В.Е. Соколова, С.А. Горбунова, А.Н. Сафонова и О.В. Соколовой предприняла попытку увеличить к.п.д., объемную производительность, снизить тепловые потери, исключить необходимость преобразования прямолинейного поступательного движения поршня во вращательное. Была разработана идеология нового двигателя, проведены расчеты, отработаны эскизы экспериментального двигателя мощностью 50 л.с. и собственными силами изготовлен один экземпляр его в полной комплектации. Двигатель предназначен для проведения испытаний с целью получения основных характеристик.

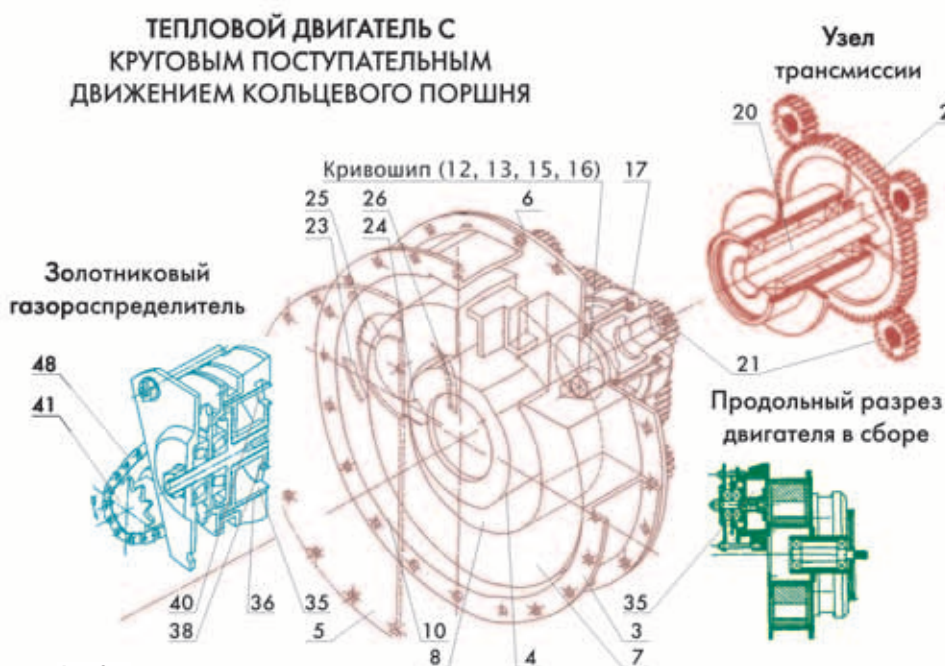


Рис. 2

Автор предлагает новую кинематическую схему двигателя с кольцевым поршнем, совершающим круговое поступательное движение. Эту особенность учитывает предлагаемое нами название: "двигатель с круговым поступательным движением кольцевого поршня" (ДКПДКП или сокращенно ДКПД).

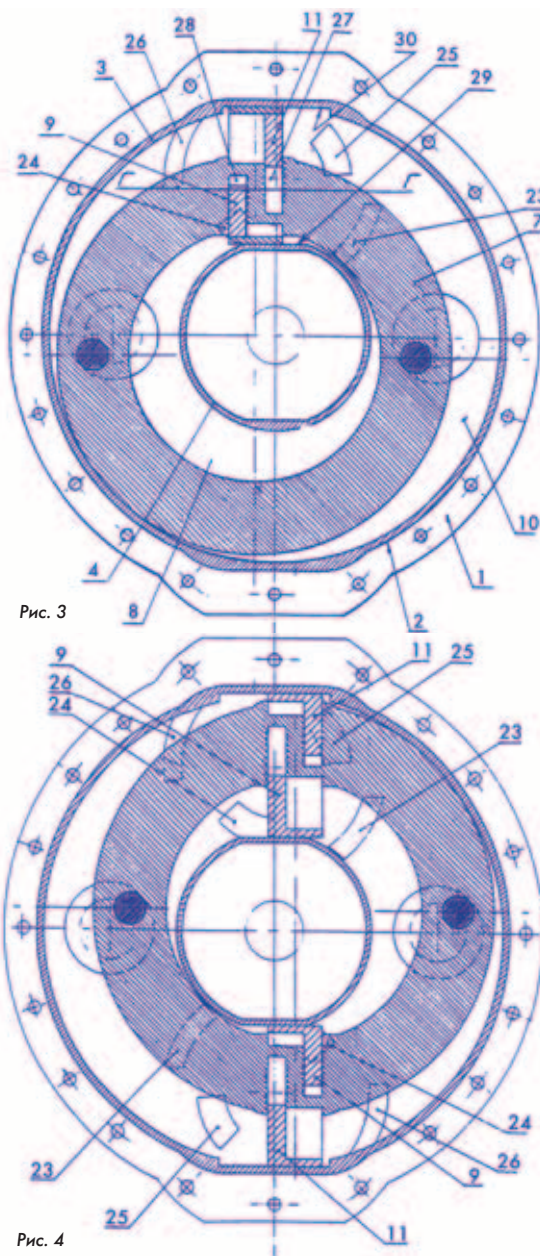
Предлагаемый двигатель состоит из следующих элементов и основных узлов, обозначенных одинаковыми позициями на рисунках 2, 3, 4, 5:

- цилиндрические внешняя 3 и внутренняя 4 стенки корпуса 1 двигателя;
- передняя 5 и задняя 6 плоские торцевые стенки;
- кольцевой поршень 7 с подвижным разделителем 9 высокого и низкого давления нагнетательного тракта 8, и разделителем 11 высокого и низкого давления расширительного тракта 10;
- механизм обеспечения кругового поступательного поршня 7 с помощью как минимум двух кривошипов 12 с шипом 13, валом 15, опирающимся на подшипники 17;
- трансмиссия для передачи усилия давления газов от поршня к выходному валу 20 через шестерни 21 и 22;
- золотниковый механизм, совмещенный с блоком внешних камер сгорания 35, имеющий подвижный корпус 36, закрепленный на оси, и образующий с торцевой стенкой 38 золотник, перекрывающий отверстия 24 нагнетательного тракта и 25 расширительного тракта с окном 40 полости камеры сгорания;
- механизм 41 для перемещения корпуса 36 относительно распределительной торцевой стенки 5 с помощью цепной передачи 48;

- блок камеры сгорания 35 с несколькими полостями сжигания топлива, оснащенными для полноты сгорания топлива перфорированной перегородкой и окном, соединяющимся в момент поджига смеси со свечным отверстием (либо инжектором при впрысковом варианте бензинового двигателя, либо отверстием форсунки в дизельном варианте двигателя);

- система напуска и выхлопа рабочего тела, включающая окна 50 и 51, соответственно подключаемым к окнам 23 нагнетательного и 26 расширительного трактов.

Каждая точка кольцевого поршня 7, подвешенного на осях кривошипов 12, совершает круговое движение по окружности радиуса, равного смещению осей вала 15 и шипа 13. Внешняя цилиндрическая поверхность кольцевого поршня имеет незначительный зазор в точке касания с внутренней цилиндрической стенкой 4 корпуса, а внутренняя поверхность этого поршня в точке касания имеет такой же зазор с цилиндрической стенкой 3 внутренней части корпуса. В поршень входят подвижные разделители 9 и 11, опирающиеся на лыски внешнего 30 и внутреннего 29 контуров корпуса и образующие при вращении кривошипа переменные по объему полости между кольцевым поршнем и стенками корпуса. Полость 8 в данном двигателе является нагнетательной частью машины, обеспечивающей напуск и сжатие воздуха, а внешняя полость 10 образует расширительную часть, где происходит расширение газа с последующим его выхлопом. Внешняя полость имеет гораздо больший объем, чем внутренняя полость.



Камера сгорания 35 с механизмом золотникового газораспределения смонтирована на передней стенке двигателя. На задней стенке закреплены валы 15 кривошипов 12 в подшипниках качения 17. Валы заканчиваются шестернями 21, входящими в зацепление с ведомой шестерней 22 выходного вала 20 двигателя.

Двигатель с одной парой разделителей работает следующим образом (рис 5).

При повороте кривошипа 12 по часовой стрелке кольцевой поршень из положения А переходит в положение В. При этом через окно 23 в полость "а", образованную правой стенкой разделителя и точкой касания кольцевого поршня с внутренней стенкой 4 корпуса, начинается напуск воздуха. Напуск продолжается все время при переходе кольцевого поршня последовательно через положения Б-В-Г-А и заканчивается при завершении полного оборота кривошипа. В дальнейшем эта порция воздуха сжимается в полости "б", образованной левой стенкой того же разделителя и точкой касания. Сжатие происходит также при переходе кольцевого поршня при его последовательном переходе положений Б-В-Г-А. Одновременно с процессом сжатия происходит напуск новой порции воздуха в полости "а".

Сжимаемый воздух через окно 24 и совмещенное с ним золотниковым механизмом окно 40 поступает в полость 39б камеры сгорания (положение Б). Напуск продолжается весь цикл сжатия. При этом полость камеры сгорания поворачивается, занимает положение 39в, в котором ее полость отсекается от нагнетательного тракта.

Далее в камере сгорания происходит горение при неизменном объеме ($V = \text{const}$), смешение продуктов сгорания и установление температуры 1600К.

С момента Г до В происходит истечение сгоревшей смеси высокого давления из полости 39в через окно 40 и совмещенное с ним окно 25 в полость расширения "в" от правой стенки разделителя до точки касания кольцевого поршня с внешней стенкой корпуса. Размеры окон рассчитаны таким образом, чтобы полость камеры сгорания была соединена с полостью расширения до тех пор, пока давление в ней не будет почти равно атмосферному. Температура газов при этом падает до 400...500К. Затем начинается выхлоп из полости "г", образованной левой стенкой разделителя и точкой касания поршня.

Одним из элементов новизны в предлагаемом двигателе является увеличение длительности процесса горения и смешения в течение 3/4 оборота.

При компоновке двигателя с двумя парами разделителей 9 и 11 (рис. 4) течение циклов аналогично. Различие только в том, что при этой компоновке двигатель более эффективен по объемной производительности. Длительность такта горения составляет половину оборота, а полостей горения в блоке каждой камеры сгорания по две.

Рассмотрим главные достоинства предлагаемой схемы.

1. В современном ДВС в связи с одинаковой объемной степенью сжатия и расширения выпускаемый газ имеет высокую темпе-

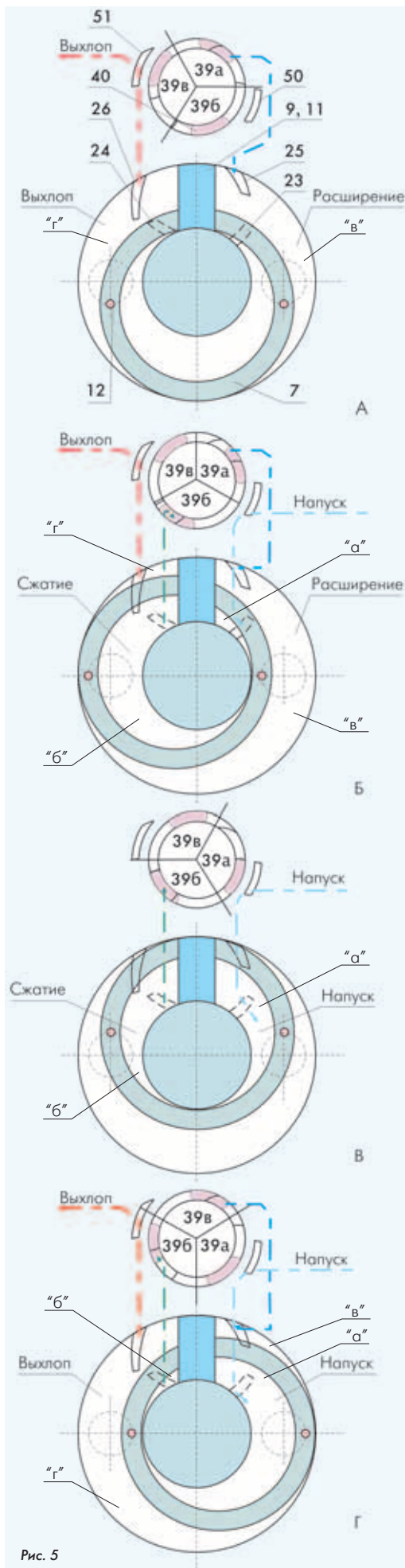


Рис. 5

ратуру (около 1300К) и давление порядка 5 атм. В новой же схеме, благодаря степени расширения большей степени сжатия, появилась возможность использовать практически весь энергоспас сгоревшего топлива, что даст 30-процентное повышение к.п.д. двигателя.

2. В ДКПД с двумя парами разделителей 9 и 11 можно реализовать коэффициент избытка воздуха $\alpha=2$ и соответственно максимальную температуру в камере сгорания порядка 1600К. Расчеты показали, что средняя температура стенки камеры сгорания не превысит 1000...1100К и двигатель можно специально не охлаждать - хладагентом является само рабочее тело. Его конструкцию можно изготовить из обычных сталей, применяемых в машиностроении. Это означает, что еще 20% потерь энергии топлива на охлаждение современного ДВС можно рационально использовать в цикле ДКПД. Новому двигателю не нужен радиатор, вентилятор и т.п. Кроме того, можно ожидать существенное сокращение экологически вредных примесей в продуктах горения.

3. В ДКПД такты напуска, сжатия, горения, расширения и выхлопа идут непрерывно. Точка условного касания кольцевого поршня является разделом между фазами напуска и сжатия (соответственно расширения и выхлопа). Расстояние от разделителя до точки "касания" определяет площадь поршня, контактирующего с газом. Таким образом, в ДКПД реализуется переменная площадь поршня, причем ее величина обратно пропорциональна давлению. Поэтому новый двигатель имеет существенно меньшие ударные нагрузки по сравнению с ДВС и в его конструкции возможно применение подшипников качения, снижение массы, повышение механического к.п.д., увеличение ресурса и т.п.

4. Поскольку давление газа на выхлопе практически равно атмосферному, существенно снижается шум истекающей струи, и этому двигателю не нужен ни резонатор, ни глушитель.

5. В ДКПД введено увеличенное время горения и смешения газопродуктов в постоянном объеме с длительностью в пол-оборота кривошипа (при условии наличия в конструкции двух пар разделителей), что дает возможность закончиться всем неравновесным процессам горения и смешения и снизить на два порядка концентрацию вредных веществ.

6. Силы давления газа во всех фазах замыкаются на кольцевом поршне, и их разность воздействует на кривошип, приводя его во вращение, что аналогично конструкции оппозитного поршня бесшатунного двигателя С. Баландина.

7. Торцевые поверхности кольцевого поршня и разделителя имеют достаточно широкую плоскую поверхность, на которой легко komponуются средства эффективного повышения гидравлического сопротивления утечкам сжатого газа. Кроме того, длина щелей для утечек во всех фазах изменяется обратно пропорционально перепаду давления.

8. Относительная величина утечек (и, соответственно, потерь энергии) в ДКПД (при $\alpha=2$) в два раза меньше, чем в ДВС.

9 Согласно выполненным расчетам эффективный к.п.д. двигателя может достичь 0,6. ДКПД одинаковой мощности с современным ДВС будет потреблять меньшее количество топлива, что приведет к снижению выброса CO_2 в 1,5 раза. Экономичность двигателя ожидается в пределах 0,11...0,135 кг/кВт·ч против 0,23 кг/кВт·ч у ДВС.

10. ДКПД в производстве имеет более низкую трудоемкость, так как он содержит небольшое число деталей (110 в экспериментальном двигателе против 1800 у ДВС) и самые простые формы поверхностей - цилиндрические и плоские. ДКПД имеет примерно в 1,5 раза меньшие габариты (рис. 6) и, соответственно удельную массу (0,29...0,43 кг/кВт против 0,62)

11. Скорость движения поверхностей кольцевого поршня в шесть раз меньше скорости движения точки "касания", благодаря чему снижается износ пары "поршень - корпус". Кроме того, отсутствуют возвратно-поступательные движения больших масс различных частей двигателя, что практически устраняет вибрацию двигателя.

12. Экспериментальный образец продемонстрировал удобство сборки и эксплуатации нового двигателя.

Опыт современного двигателестроения говорит о том, что преодоление неизбежных трудностей возможно, и в следующих выпусках журнала "Двигатель" будут опубликованы результаты испытаний.



В. Соколов и А. Сафонов собирают ДКПД



Рис. 6

ТРЕТЬЕ ПРИШЕСТВИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

За всю историю нашей цивилизации носилки и портшезы были, пожалуй, единственным средством городского транспорта, которое могло более-менее беспрепятственно перемещаться по улицам городов. Уже кареты и телеги создавали на узких извилистых улицах старых городов заторы.

Сегодня улицы стали шире и прямее, но заторы сильно не уменьшились, да и машины в "пробках" стоят дольше. К тому же автомобиль, традиционный вид транспорта современного человека, стал представлять серьезную угрозу самому существованию мегаполисов.



Виталий Смольский

Жизнь большого современного города и автомобиль становятся все более несовместимыми друг с другом. Чадающие транспортные "пробки", растягиваясь порой на многие километры по улицам, "съедают" все большую часть времени при поездках и загрязняют воздух больших городов. Огромное количество двигателей внутреннего сгорания, работая большую часть суток, загрязняют воздух отработавшими газами, создавая одну экологическую проблему за другой. И с каждым годом, по мере увеличения интенсивности городского движения, эти и многие другие проблемы, порождаемые современными автомобилями, встают все острее. В подобных условиях поиски дальнейших путей развития городских машин, облика идеального современного транспортного средства, вместительного и не загрязняющего воздух, вполне естественно приводят конструкторов к идее создания машин с электрическим приводом.

Электромобиль как транспортное средство вовсе не является чем-то принципиально новым и экзотическим. Начнем с того, что такой транспорт был предложен раньше автомобиля с бензиновым двигателем, и лишь проблемы, связанные в основном с накопителями электрической энергии, не позволили электромобилю выиграть конкурентную битву у автомобиля. В начале XX века экипажи с электрическим приводом встречались на улицах не реже, чем автомобили с двигателями внутреннего сгорания. Электрические такси курсировали по улицам Парижа еще 80 лет назад, аккумуляторные электромобили довольно широко использовались в те же годы и в США, где их количество достигало 15-18 тыс. единиц. В 30...40 гг. количество электромобилей в Германии доходило до 20 тыс. единиц, что было связано с желанием уменьшить зависимость своего транспорта от импорта нефтяного топлива. Значительная часть электромобилей использовалась германским государственным учреждением - почтой. В последние десятилетия наибольшее распространение электромобили получили в Англии, что объясняется специфическими условиями английского коммунального хозяйства. С 1947 г. в этой стране как вид уличного транспорта стали регистрироваться аккумуляторные тележки, сферой применения которых является развозка продуктов (самых традиционных - молока, овощей и пр.) в густонаселенных городских и пригородных районах. Запас хода таких тележек не превышал 19 км при максимальной скорости движения до 6,5 км/ч. Подобные ограниченные характеристики не являлись для такого спе-

циализированного транспорта недостатком. В то же время такие положительные свойства, как приемистость привода, надежность, легкость управления, отсутствие вредных выбросов любого рода, способствовали повышению производительности и облегчению условий работы обслуживающего персонала и жизни соседей. Применение электромобилей в Англии продемонстрировало, что они, по сравнению с автомобилями, имеют меньшую на 10...20 % стоимость эксплуатации и позволяют примерно в 3 раза уменьшить расходы на топливо, ремонт и техническое обслуживание.

В СССР в послевоенные годы также предпринимались попытки создания электромобилей. В 1949-1950 гг. в Москве в Центральном научно-исследовательском автомобильном и автомоторном институте (НАМИ) были созданы четыре опытные машины, которые успешно работали на развозке почты. В 1952-1958 гг. в Ленинграде использовались десять электромобилей ЛАЗ-НАМИ, специально изготовленные для аналогичных целей на львовском автобусном заводе.

Однако, как это ни парадоксально, в последующие годы транспортные средства с тяговым электрическим приводом в очередной раз не выдержали конкуренции с машинами, использующими двигатель внутреннего сгорания. Однако их создатели не успокоились на этом. К тому же, колоссальный рост числа автомобилей в мире резко обострил все проблемы, связанные с их применением и послужил стимулятором резкого роста интереса к электромобилям в последние десятилетия XX века.

Почву для оживления работ, связанных с созданием конкурентоспособных электромобилей, подготовили последние достижения в области электротехники, электроники, химических источников тока. Переход от механических устройств к электрическому приводу является, как и в любой области техники, естественным этапом научно-технического прогресса. Радикальные изменения претерпевает не только двигатель, но и вся компоновка новых машин. Необходимость новых конструктивных решений, по сравнению с обычным автомобилем, связана с принципиальными отличиями в источнике энергии и тяговых характеристиках двигателей внутреннего сгорания и электрических моторов.

Следует отметить, что переход к электрическому приводу особенно выгоден для транспортных машин, в которых двигатели в течение длительного времени работают на переходных режимах при разгонах и торможениях, на подъемах и спусках, при движении на хорошей или плохой дороге. Во всех этих случаях при

снижении числа оборотов крутящий момент должен расти. Мощностные характеристики электрических моторов наилучшим образом соответствуют этим требованиям. Механизм сцепления и коробка передач для электромотоцикла не требуются, поскольку электрический привод с системой регулирования полностью выполняет функции коробки передач, сцепления, карданного вала и главной передачи с дифференциалом; кроме того, предельно упрощается движение задним ходом, так как электрический мотор легко реверсируется. Особенно хорошие результаты дает применение так называемых мотор-колес с независимым электрическим двигателем на каждом колесе (наиболее ярким примером транспортного средства подобного типа является луноход, а наиболее привычным - МАЗовские карьерные самосвалы, где мощный дизель крутил генератор, а каждое колесо было выполнено в блоке как раз с таким мотором). Простое электронное автоматическое устройство уменьшает мощность на колесе, потерявшем сцепление с дорогой и увеличивает ее на других колесах. При торможении на скользкой дороге преимущества раздельного привода также несомненны, при этом особые преимущества дает применение конструкции с приводом передних колес - машина становится намного устойчивее на поворотах, проще и надежнее управляется на скользкой дороге. На автомобиле с двигателем внутреннего сгорания выполнять передние колеса ведущими до настоящего времени было довольно трудно, так как не существовало работоспособных конструкций, обеспечивающих достаточно надежную и долговечную работу привода управляемых передних колес. На электромотоцикле осуществить это можно гораздо проще, надежнее и дешевле.

Конструктивно схема электрического привода совершеннее и в целом проще, чем схема традиционного механического привода с двигателем внутреннего сгорания, вместе с тем наиболее трудные проблемы, требующие незамедлительного решения в настоящее время, сосредоточены в области разработки источников электрической энергии для электромотоциклов.

В Советском Союзе до самых его последних дней разработке транспортных средств с электрическим приводом уделялось большое внимание. Еще в 70-80 гг. во Всесоюзном НИИ электромеханики начались перспективные исследовательские работы и проводились эксплуатационные испытания электромотоциклов. В дальнейшем разработки продолжились в НПО "Квант". Здесь на базе шасси и кузовов серийных автомобилей были созданы и прошли успешные эксплуатационные испытания первые в нашей стране современные образцы электромотоциклов с инверторными преобразователями, частотным регулированием, асинхронными электродвигателями и возможностью рекуперации энергии. Разъездных "УАЗиков" было создано несколько десятков и применялись они весьма широко. В последующие годы также велись работы в этой области, направленные в первую очередь на дальнейшее совершенствование конструкции электромотоциклов, повышение их технологичности и экономичности, а также на увеличение запаса хода новых машин. В конце 70-х гг. на улицах нескольких городов страны весьма успешно эксплуатировались экспериментальные электроприводные городские автобусы. На ВДНХ и тематических выставках до конца 80-х гг. демонстрировались весьма перспективные наработки по транспортным топливным элементам.

Следует заметить, что в технически развитых странах мира глубокую заинтересованность в успешном решении проблем создания конкурентоспособных электромотоциклов проявляют не только автомобилестроители, но и экономисты, и государственные деятели, а также специалисты самых различных отраслей промышленности. Крупнейшие автомобилестроительные фирмы мира объявили об открытии программ по разработке электрического пассажирского городского транспорта. При этом сроки выполнения всех этих программ конкретные и весьма недалекие, а некоторые модели, разработанные в этой связи, уже вышли на улицы мегаполисов разных уголков Земли. Не у нас. ▲



**ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ
АВИАМИР 2000**

103287, Россия, г. Москва,
Петровско-Разумовский пр., 24, к. 1.
Тел./факс: (095) 258-25-01,
(095) 211-03-43.
www.aviamir2000.ru

Издательский дом «Авиамир-2000» специализируется на выпуске изданий по авиационно-космической тематике с 1996 года. Авторским коллективом были изданы календари-справочники по истории ОКБ им. П.О. Сухого, ММП «Салют», Гос. МКБ «Вымпел», и т.д.; книги: «50 лет Гос. МКБ Вымпел», «Военпреды ОКБ МиГ», «Энциклопедия авиадвигателестроения», «История АК «Рубин», «От дирижаблей до ракет» — по истории ДНПП и «Воспоминания ветеранов ДНПП» и т.д., а также различная полиграфическая и сувенирная продукция для предприятий авиационной и МО РФ. ИД принимал участие в подготовке к юбилеям ЛИИ им. Громова, Гос. МКБ «Радуга», «Звезда-Стрела», ТМКБ «Союз», 16-я ВА и многих других.

Ежегодно с 1998 года Издательский Дом «Авиамир-2000» выпускает настольные перекидные календари-справочники по истории авиации и космонавтики, которые кроме исторического материала отражают и современные события и юбилейные даты из жизни авиакосмической отрасли.

Мы приглашаем организации, заинтересованные в отражении своей истории, предоставить информационный материал для размещения в календарях на 2004 год, а также разместить свои рекламные страницы. Срок подачи информационно-иллюстративных материалов и заявок на рекламу — до 1.06.2003 г. Размещение одной рекламной страницы — 150\$ США, настенного — 6\$ США.

Тираж выпускаемых нами настольных календарей — не менее 30000 экз. Тираж настенных — не менее 5000 экз. Мы принимаем заявки с 50% предоплатой на нужное Вам количество календарей. Мы будем рады помочь заинтересованным организациям в издании различной печатной продукции, а также изготовим сувенирную продукцию с символикой Вашего предприятия: значки, ручки, зажигалки, часы, вымпелы и т.д. Авторский коллектив Издательского Дома «Авиамир-2000» сотрудничает со многими ведущими предприятиями отрасли.



СПРАВОЧНИК-КАЛЕНДАРЬ
по истории авиации,
ракетной техники
и космонавтики

2003
100 лет авиации
1903 — ПЕРВЫЙ ПОЛЕТ БРАТЬЕВ РАЙТ



ЕЩЕ ОДИН УТРАЧЕННЫЙ ПРИОРИТЕТ



С 1884 г. в течение двадцати лет Россия была лидером в создании самых мощных двигателей внутреннего сгорания и до 1899 г. - пионером проектирования дирижаблей с ними. Огромный вклад в эти достижения внес талантливый инженер и изобретатель Огнеслав Стефанович Костович (1851-1916 гг.).



Олег Курихин, научный сотрудник Института истории естествознания и техники РАН

“Я славянин и за мать всех славян - Россию - готов отдать жизнь!” - так ответил 26-летний серб Огнеслав Костович на просьбу представителя русской армии остаться капитаном парохода "Ада". Это небольшое нефтеналивное судно, принадлежавшее отцу Костовича, приобрело русское морское ведомство для обеспечения переправы войск через Дунай во время Русско-турецкой войны 1877-1878 гг. Однажды, когда "Ада", ведомая Костовичем, шла порожняком, ее обстрелял турецкий броненосец. Получив серьезные пробоины, судно пошло ко дну, однако экипаж русского минного катера спас тонувших моряков "Ады". Контуженый капитан, успевший до войны закончить в Белграде Высшее техническое училище и школу судовождения, долго выздоравливал в отцовском доме городка Паланка. Там, в окружении жены и трех малолетних дочерей, он продолжал упорно трудиться над своей конструкцией подводной лодки. Об этих занятиях стало известно австро-венгерской администрации, и вскоре Костовича вызвал министр-президент округа Тиссы. Их диалог был кратким и категоричным.

- Вы, Костович, - австро-венгерский подданный и поэтому должны посвятить свои изобретения его Апостолическому Величеству и любимейшему императору и королю Иосифу!

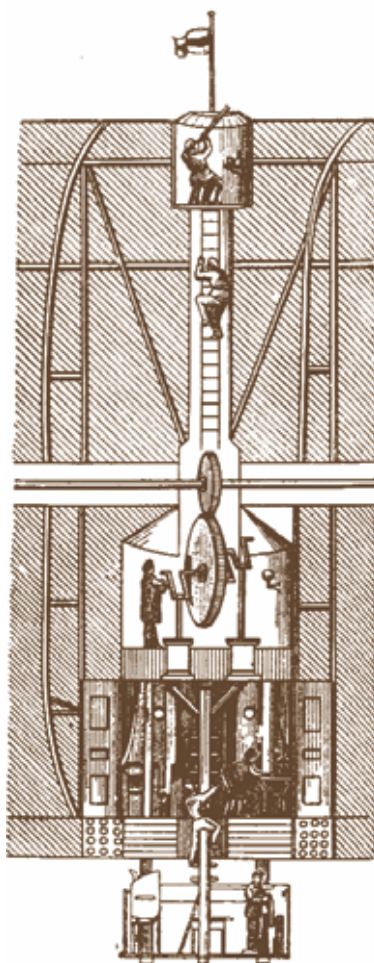
- Ваше сиятельство, но это невозможно!

- То есть как это невозможно?

- Я уже ранее посвятил все свои изобретения великой России!

- Вот как! Ну, что ж, тем хуже для Вас. Придется Вам навсегда отправиться в вашу любимую Россию. Для таких плохих подданных, как Вы, нет места в Австро-Венгрии!

Вскоре Костович стал жителем Санкт-Петербурга и в октябре 1878 г. подал прошение императору Александру II о получении гражд-



данства и использовании в России своих изобретений. Что же предлагал изобретатель?

Проект "рыбы-лодки" Костовича рассматривали на заседании Ученого отделения Морского технического комитета уже 10 ноября. Субмарина была с одним гребным винтом, приводимым в движение двумя моряками. В носовой части располагалась "метательная труба", прообраз торпедного аппарата, для поочередного пуска 12 торпед с помощью сжатого воздуха, который также должен был использоваться и для дыхания команды. Проект содержал много недостатков и подвергся острой критике. Так, вице-адмирал Стеценко справедливо сомневался, что два даже самых дюжих матроса силой своих мускулов сообщат лодке под водой скорость хода 15 узлов, а капитан Корпуса инженер-механиков флота Селезнев настоятельно рекомендовал Костовичу позаботиться о мощном двигателе.

Выслушав множество замечаний, изобретатель взял проект на доработку и серьезно занялся изучением существовавших в те годы двигателей. Он посещал различные библиотеки, как публичные, так и Академии наук, встречался с передовыми учеными. Однажды ему довелось прослушать доклад Д.И. Менделеева о проектах стратостата с герметической кабиной и дирижабля, содержавшего баллоны со сжатым воздухом. Идея воздухоплавания так увлекла Костовича, что уже в августе 1879 г. он представил членам "Первого русского общества воздухоплавателей" собственный проект дирижабля. В этой оригинальной конструкции наибольший интерес вызвал 80-сильный бензиновый двигатель внутреннего сгорания (ДВС) с электрическим зажиганием. ДВС с совокупностью таких прогрессивных свойств действительно тогда еще не было. В качестве топлива Костович предлагал использовать бензин, в те годы счи-

тавший самой легкой фракцией перегонки нефти. Этим продуктом пользовались домохозяйки, смывая жирные пятна на одежде, и косметологи, его продавали аптекари в маленьких пузырьках, поскольку товар был огнеопасным. Нелишне подчеркнуть, что к тому времени недостаточная надежность многих ДВС (в том числе Бенца и Даймлера) исключала их применение на транспорте, кроме того, не предусматривалось электрическое зажигание, а в качестве топлива применялись более тяжелые топлива: нефть, керосин, бензол, газолин.

Костович применил оригинальную кинематику. Его двигатель состоял из четырех оппозитных (расположенных друг против друга в одной плоскости) моторов, при этом в каждой паре цилиндров поршни двигались встречно, сжимая рабочую смесь в общей камере сгорания, в которой находились впускной и выпускной клапаны, а также устройство зажигания. Шатуны поршней через коромысла вращали коленвал и связанный с ним цепной передачей кулачковый вал (аналог распределительного вала современных ДВС), открывающий с помощью эксцентриков и толкателей в нужный момент определенный выпускной клапан и, вращая прерыватель через цепную передачу, размыкающий запальные контакты в камерах сгорания.

Замысел показался интересным и представлялся вполне реалистичным. Поэтому "Общество воздухоплателей", полагая недопустимым, "чтобы при указанных условиях нас предупредила другая нация", обратилось с воззванием оказать материальную поддержку изобретателю. Первым под этим документом подписался адмирал Н.М. Соковнин. При поддержке Д.И. Менделеева и будущего академика вице-адмирала М.А. Рыкачева организовали "Товарищество по постройке воздухоплательного корабля "Россия", собрали паевые взносы в сумме 200 тыс. руб. и вскоре выхлопотали финансирование от Военного министерства в размере 35 тыс. руб.

Дирижабль "Россия" военные решили засекретить. Скрыть строительство такого большого воздушного корабля было невозможно, разнообразные слухи о нем будоражили общество, и вот тогда, по-видимому, в недрах русской разведки, родилась идея дезинформации. До сих пор анонимный художник изобразил странный летательный аппарат с нелепыми машущими крыльями и прочими несуразностями. Этот рисунок неоднократно публиковали во многих газетах и журналах. Неудивительно, что вид такой бестолковой конструкции постепенно охладил энтузиазм публики и, быть может, зарубежных информаторов, позволив Костовичу спокойно разрабатывать чертежи милого его сердцу дирижабля "Россия".

В 1880 г. Костович своими руками изготовил уменьшенную модель двигателя с двумя цилиндрами. Успешные испытания дали уверенность в возможности создания более мощного мотора для дирижабля и для подводной лодки, проект которой он вторично представил Морскому ведомству в том же году, а в начале следующего установил двухцилиндровый движок на катер собственной конструкции. Проба новинки позволила сконструировать комбинацию из четырех таких моторов. Знаменитый "двигатель Костовича" был восьмицилиндровым, четыре пары оппозитно расположенных цилиндров были установлены на общей станине, а движение всех поршней передавалось общему коленвалу и связанному с ним цепной передачей кулачковому валу.

8 августа 1882 г. на Охтинской судовой верфи Петербурга началась постройка дирижабля "Россия" и мощного двигателя для него. Костович решительно отказался от нескольких предложений выполнять эту работу за границей и объявил в печати, что воздушный корабль будет строить из отечественных материалов и руками только русских рабочих. Через два года изготовили и испытали двигатель, который развил максимальную мощность 80 л.с. при частоте вращения коленвала 400 мин⁻¹ (сравнимо с современным двигателем автомобиля "Москвич-2141", правда, существенно большей массы).

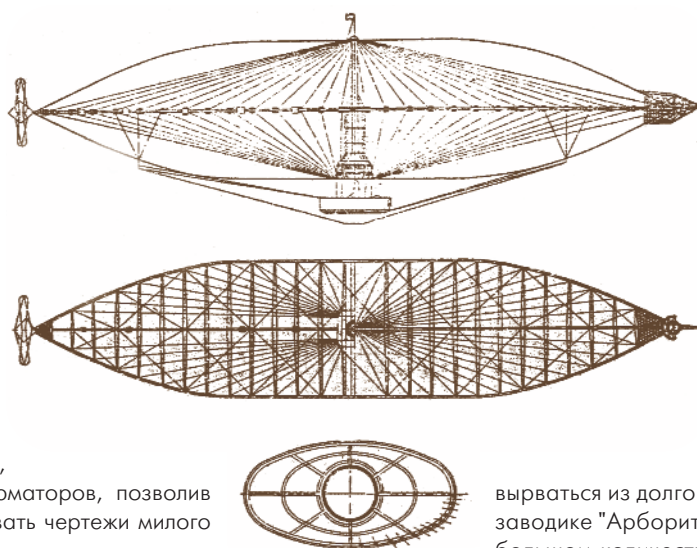
Деревянный каркас дирижабля предполагалось обтянуть шелковой тканью, в центре установить вертикальную шахту, в которой размещались бы каюта, баллоны со сжатым воздухом и двигатель, а в хвосте - толкающий пропеллер. Снизу к шахте подвешивалась открытая гондола. Все жесткие элементы конструкции задумывалось изготовить из "арборита", изобретенного самим Костовичем и представлявшего собой пропитанную особой смолой фанеру. В этом Огнеслав Стефанович также оказался пионером (интересно, что 30 лет спустя И.И. Сикорский применил аналогичный материал для своих знаменитых самолетов "Илья Муромец").

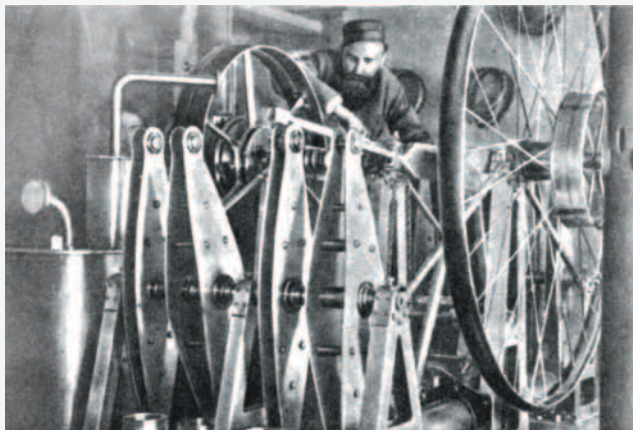
Пытливо вглядываясь в чертежи дирижабля Костовича, каждый найдет в нем недостатки. Это и слишком длинный вал подвода мощности к пропеллеру, и чрезмерное количество растяжек, и недостаточно проработанная система маневрирования и еще очень многое. Но при этом нужно помнить, что на эти чертежи, сработанные в XIX веке, смотрят люди третьего тысячелетия, уже достаточно избалованные удивительными чудесами технического прогресса.

К началу 1889 г. помимо двигателя изготовили все детали дирижабля и сложили их в специально арендованном ангаре. Для сборки требовалось еще 55 тыс. руб., которых не было, поэтому Костович вновь обратился к военному министру. И что же последовало в ответ? Армейские чиновники (а среди них было

немало немцев и австрийцев) под благовидными предложениями отказали в дальнейшем финансировании этих работ, к тому же начались непредвиденные трудности. Сначала во время бури по неустановленной причине загорелся ангар и пожар повредил значительную часть заготовленных деталей, при этом, к счастью, двигатель не пострадал. Затем арендаторы потребовали освободить ангар, а вслед за ними кредиторы и акционеры стали настаивать на возврате вложенных паев. Чтобы как-то

вырваться из долгов, Костович на своем небольшом заводике "Арборит", находившемся у самой Невы, в большом количестве строит корпуса лодок и катеров, а также изготавливает элементы различных конструкций. Однако заработанных средств все равно не хватает, и тогда он решает на последнее средство: предлагает Военно-инженерному ведомству выкупить у него дирижабль со всеми правами. В 1890 г. комиссия Главного инженерного управления сочла связанные с этим расходы в размере 410 тыс. руб. несвоевременными и высказалась против, мотивируя свой отказ тем, что "...гигантский управляемый аэростат ... представляет собой весьма гадательное военное значение". Вот так, без лишнего шума похоронили приоритет России в стратегическом воздухоплавании, и только через целых десять лет в воздух поднялись дирижабли А. Сантос-Дюмона и графа Ф. Цеппелина.





На рубеже веков Костовича навестили родственники, которым хотелось уговорить его вернуться в Сербию, особенно на этом настаивала старшая дочь. К тому времени Огнеслав Стефанович накрепко слился с русской жизнью, и даже конфликт с дочерью не смог сдвинуть его с насиженного места.

В последнем десятилетии теперь уже позапрошлого века и до конца жизни Огнеслав Стефанович продолжал трудиться на благо России, своей новой Родины. Спустя двадцать лет после создания проекта дирижабля и подготовки к его сборке он в который раз предлагает правительству закончить постройку все еще сохраняемого разобранного воздушного корабля. Мотив последнего отказа был таким: "В настоящее время, как самый аэростат по своей идее, так и двигатель к нему представляют лишь исторический интерес и далеко превзойден аэростатами, применяемыми на практике". Странно, если бы в 1909 г. было иначе...

Родовитый сербский дворянин, великий патриот России Огнеслав Стефанович Костович умер в скромном номере петербургской гостиницы "Москва" 30 декабря 1916 г. Похоронили изобретателя на Преображенском кладбище северной столицы.

Костович впервые на ДВС применил электрическое зажигание и встречное движение поршней в оппозитно расположенных цилиндрах. Первая новация вскоре стала общей для всех ДВС, а вторую спустя сорок лет, в 1920 г., запатентовала знаменитая авиационная фирма Г. Юнкерса. По аналогичной схеме были сделаны многие дизельные моторы: немецкий ЮМО-204, устанавливаемый на самолеты "Люфтваффе" Юнкерс Ю-86К и Дорнье До-18, американский 38D8 1/8" фирмы "Френбекс-Морзе", которым оснащали тральщики, поступавшие в СССР по ленд-лизу. Наши конструкторы использовали этот принцип неоднократно: таков отечественный 2Д100, работающий и поныне на тысячах магистральных тепловозов серии ТЭЗ, а также - гордость советского танкостроения - дизели Чаромского 5ТД и 6ТД.

После того, как двигатель Костовича засекретили, этот шедевр инженерного искусства хранился в особом помещении ремонтного завода при Охтинской судовой верфи Петербурга. С приходом советской власти секретность не отменили и таинственный мотор находился там же до 1947 г., когда его передали в организовывавшийся при Военно-воздушной академии музей в подмосковном городе Монино, в котором он представлен в экспозиции "Авиадвигатели". В 1965 г. на фабрике наглядных пособий, находившейся в здании Политехнического музея и входившей в состав Общества по распространению политических и научных знаний "Знание", изготовили два макета этого уникального двигателя. Один из них установлен в аванзале музея и предназначен для иллюстрации устройства мотора. В другом сделаны вырезы в двух цилиндрах, видна работа кривошипно-шатунного механизма и привода системы зажигания. Этот действующий макет находится в учебной зоне отдела "Транспорт", и его запускают после окончания экскурсии-лекции по теме "Двигатели внутреннего сгорания" для знакомства с принципом действия и пионерскими техническими решениями, впервые использованными выдающимся русским инженером и изобретателем Огнеславом Стефановичем Костовичем. **А**



Авиация из первых рук

АвиаПорт.Ру

АВТОРИТЕТНЫЙ САЙТ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ И ЛЮБИТЕЛЕЙ:

Здесь - вся авиация России и окрестностей:

- регулярно обновляемые ленты новостей;
- самые свежие статьи и пресс-релизы;
- авиационные предприятия: адреса, телефоны, услуги;
- каталог авиатехники;
- интерактивное сравнение характеристик ЛА малой авиации;
- интереснейшие фотографии и рисунки.

www.AviaPort.Ru
Тел./Факс: (095) 755-9300
E-mail: info@avias.com

ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЕ СТАНКИ "СОДИК"

ВСЕ ОСТАЛЬНОЕ – XX ВЕК!

**ПЕРВЫЕ И ЕДИНСТВЕННЫЕ В МИРЕ ЭЭ
СТАНКИ С ЛИНЕЙНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ И
КЕРАМИЧЕСКОЙ РАБОЧЕЙ ЗОНОЙ.**

СОВЕРШЕНСТВО БЕЗ КОМПРОМИССОВ!

Sodick

**Выбор по законам
физики!**



**ОПЕРАТИВНОЕ
ТЕХНИЧЕСКОЕ
ОБСЛУЖИВАНИЕ!**

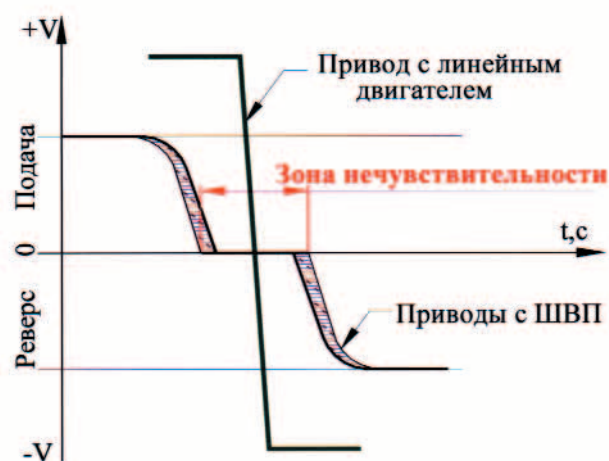
ГАРАНТИЯ 2 ГОДА!

ЛИНЕЙНЫЕ ДВИГАТЕЛИ – ТО, В ЧЕМ НУЖДАЛИСЬ ЭЭ СТАНКИ СО ВРЕМЕНИ ИХ СОЗДАНИЯ!

В мировом станкостроении идет лавинообразный переход на линейные приводы (ЛП). Ведущие фирмы-изготовители станков ставят линейные двигатели (ЛД) на свои новые разработки, и число как таких фирм, так и моделей станков с ЛД растет, как снежный ком. По мнению многих специалистов лет через пять в прецизионном станкостроении приводов с ШВП со всеми их бедами и пороками не останется.

ЛП обладают блестящими характеристиками благодаря отсутствию каких-либо передающих элементов, фантастической динамике с мгновенным реверсом, отсутствию люфтов, мертвых ходов, зоны нечувствительности, практическому отсутствию неравномерностей подач. Традиционный привод с ШВП всего этого обеспечить не может и вносит весомый вклад в общую погрешность обработки.

ЭЭ обработка - бесконтактный метод обработки. Рабочий орган - искровые разряды. Важнейший фактор стабильности и к.п.д. искровых разрядов - оптимальный межэлектродный зазор (МЭЗ). Здесь - как в автомобильной свече, только серьезнее. Чуть больше - плохо, чуть меньше - еще хуже. Люфты, неравномерность подач, низкая динамика ШВП-приводов не дают возможность поддерживать МЭЗ оптимальным при всех изменениях обрабатываемого контура. Только сверхдинамичные линейные приводы обеспечивают требуемую точность МЭЗ в любой момент ЭЭ процесса! Особенно очевидно это, к примеру, в проволоочно-вырезных станках при работе на сложных контурах. Станки "СОДИК" с ЛД гарантируют 9-й класс шероховатости за 3 прохода; лучшим станкам с ШВП-приводами для этого требуется 4-5 проходов. Значительно большая производительность, серьезная экономия расходных материалов! Все больше и больше убедительных преимуществ ЭЭ станков с ЛД выявляют сравнительные испытания.



На мировом рынке уже широко представлены практически все виды станков с линейными двигателями: токарные, фрезерные, шлифовальные. **Тенденция перехода на ЛД необратима!** Однако электроэрозионные станки с ЛД производит только Sodick Co., Ltd.

Sodick - первый и единственный в мире изготовитель особо точных и сверхвысокопроизводительных ЭЭ станков с линейными двигателями. На четырех заводах Sodick уже произведено более 5000 таких станков будущего! Более 50 ЭЭ станков с ЛД работают в России.

ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО ИЗ ЯПОНИИ

Прошивочные и вырезные ЭЭ установки "СОДИК" с высокоточными и динамичными линейными сервоприводами, ЭЭ "супердрели". Поставка со складов в Гамбурге или в Москве (за рубли) в период от 1 до 20 дней. Организация настоящего лизинга. Моментальная поставка расходных материалов и частей за рубли со склада в Москве.

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

Universal Insurance Company

ВСЕОБЩАЯ СТРАХОВАЯ КОМПАНИЯ



*Интересы клиентов -
приоритет нашей деятельности*



ЗАО "Всеобщая страховая компания"
Россия, 101990, Москва,
Петроверигский пер., 4.
Тел./Факс: (095) 923-2102.
E-mail: univic@chat.ru

