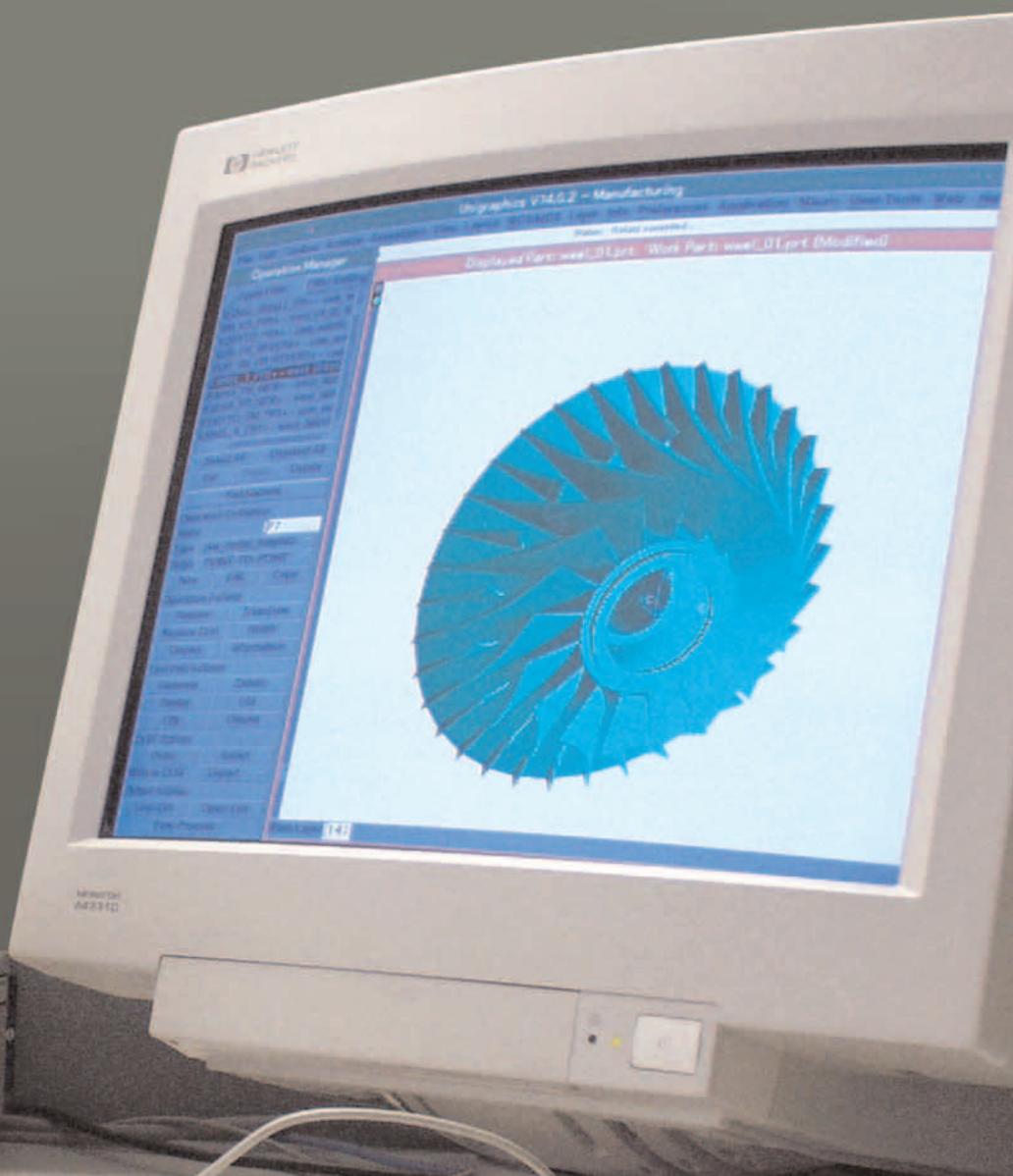


# Двигатель

Научно-технический журнал № 2 (26) 2003

Возможности  
техники  
во многом  
определяются  
возможностями  
технологий



**Sodick**

электроискровые технологии  
будущего из Японии (стр. 44)

## 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  
"Зоря"-Машпроект", Николаев
- Гриценко Е.А.,**  
ген. конструктор СНТК им. Н.Д. Кузнецова,  
Самара
- Губертов А.М.,**  
зам. директора ФГУП "Исследовательский центр  
им. М.В. Келдыша"
- Данилов О.М.,**  
ген. директор ЗАО "Центральная компания  
МФПГ "БелРусАвто", Москва
- Дическул М.Д.,**  
пред. совета директоров ОАО "Пермский  
моторный завод" и "Авиадвигатель"
- 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 "ММП "Салют"  
по науке
- Кузнецов А.Н.,**  
зам. ген. директора Российского авиационно-  
космического агентства
- Кутенев В.Ф.,**  
зам. ген. директора ГНЦ НАМИ по  
внешнеэкономическим связям
- 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
- Селезнев Е.П.,**  
ген. конструктор, ген. директор  
КБХМ им. А.М. Исаева
- 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.,**  
первый зам. ген. директора 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:

Александр Гомберг, Андрей Касьян,  
Игорь Никитин, Валентин Шерстянников

### Литературный редактор

Лидия Рождественская

### Художественный редактор

Александр Медведь

### Техническая поддержка

Александр Бобылев

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

Валерия Амотника, Александра Бажанова,  
Дмитрия Боева, Льва Берне,  
Александра Медведя, Игоря Никитина,  
Олега Сосунова

### Адрес редакции журнала "Двигатель":

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

### ОЧДААЕОАЕУ Е ЕСААОАЕУ

ООО "Редакция журнала "Двигатели"  
генеральный директор Д.А. Боев  
зам. ген. директора 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

Reg. № 018414 от 11.01.1999 г.

Отпечатано

ЗАО "Фабрика Офсетной Печати"  
Москва

Тираж 5000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная



# СОДЕРЖАНИЕ

## **2. Богатство страны определяется ее интеллектуальным потенциалом**

Интервью с Е. Кабловым

## **6. Перспективы авиационного двигателестроения**

## **8. Основные направления технического перевооружения многономенклатурного производства газотурбинных двигателей**

А. Новиков, А. Пайкин, Д. Железняков, А. Львов

## **11. ООО "ЭРМИНИ"**

Г. Кожухарь

## **12. ОАО "Мотор Сич" - надежный деловой партнер**

В. Богуслав

## **14. Генеральный конструктор Сергей Константинович Туманский**

Л. Берне

## **18. Дворец техники СССР и судьба двигателя М-4 из его коллекции**

Е. Иванова, В. Котельников

## **20. Высокодинамичные ракетные двигатели для ЗУР и противоракет**

В. Шерстянников

## **23. Сверяйте время по "АВИАМИРУ"**

## **24. Довоенные советские подводные лодки и их силовые установки**

А. Маринин

## **30. Особенности цилиндропоршневой группы алтайских дизелей с турбонаддувом**

В. Наговицын

## **32. Его величество - К.П.Д.**

Е. Бугаец

## **33. Коэффициент полезного действия автомобиля**

В. Голубев

## **34. Большие и сложные задачи Пермтрансага**

В. Чичелов

## **36. Пермские газотурбинные установки для газоперекачивающих агрегатов**

А. Родин

## **38. О возможных путях совершенствования газотурбинных газоперекачивающих агрегатов**

Э. Микаэлян

## **42. Электроэрозионная и электрохимическая обработка при производстве деталей ГТД**

Ю. Елисеев, А. Митрофанов, В. Рогов, Г. Сычков

## **44. Все электроискровые станки неодинаковы**

## **45. Ложь и правда о линейных двигателях в электроискровых станках SODICK**



# БОГАТСТВО СТРАНЫ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ЕЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ



Журнал "Двигатель" продолжает публикацию мнений руководителей ведущих предприятий и организаций отечественной промышленности и науки о проводимой государством экономической политике. В № 6 2002 г. по данному вопросу высказался генеральный директор ФГУП "ММПП "Салют" Юрий Елисеев, а в № 1 2003 г. - заместитель генерального директора ЦИАМ Ольга Чичерова.

Редакция обратилась к Евгению Николаевичу Каблову - генеральному директору ВИАМ с просьбой дать свою оценку происходящим в промышленности и науке событиям.

**"Двигатель":** Какова Ваша оценка актуальности проблем, затронутых в предыдущих публикациях журнала?

**Евгений Каблов:** Прежде всего я хочу поблагодарить редакцию журнала "Двигатель" за то, что она поднимает такие важные и для отечественного авиадвигателестроения, и для всей науки в целом вопросы. Важные для сохранения и развития авиационной промышленности нашего государства. Эти вопросы являются определяющими для развития и сохранения научного потенциала наших государственных авиационных центров. Крайне важно создать соответствующие условия работы и предприятиям, изготавливающим авиационную технику, и людям, ее создающим. Постараюсь, изложить свою позицию.

Как член Совета при президенте РФ по науке и высоким технологиям могу заверить, что президент искренне желает, чтобы Россия сохранила свое положение первоклассной авиационной державы. В решениях Совета Безопасности президент совершенно определенно подчеркивает, что авиация имеет приоритетное значение для развития Российского государства. И в этом мне видится выражение политической воли президента. Указы президента по основам развития науки и высоких технологий в России направлены на то, чтобы обеспечить возможность создания в России продукции высоких технологий как для собственных нужд, так и для продажи наукоемкой продукции во всем мире. К сожалению, наблюдается противоречие между теми документами, которые выпускает правительство, и теми указами, которые принимаются президентом.

Президентом дано задание подготовить основы Российской инновационной политики. Наша экономика не может зависеть от цены нефти, которая очень быстро меняется в зависимости от политической конъюнктуры. Без науки решить проблемы инновационного пути развития экономики невозможно. Поэтому важно сохранить научный потенциал таких институтов, как ЦАГИ, ЦИАМ, ВИАМ и конструкторских бюро, чтобы они могли создавать новые знания, а на их базе - наукоемкую продукцию, которую можно продвигать на рынок. В настоящее время, по оценкам ООН, по количеству созданных знаний Россия занимает второе место в мире. Но на мировом рынке наукоемкой продукции Россия представлена всего 0,3 %!!!



Это не значит, что у нас какие-то глупые люди, просто, по-видимому, мы очень плохо умеем переводить знания в товар. Проблема эта возникла потому, что у нас не создана единая государственная инновационная система, позволяющая эффективно использовать интеллектуальную собственность. Ученые вынуждены сами зарабатывать средства и на развитие науки, и на жизнь, кроме того, все эти действия носят фрагментарный характер. Отсутствие системы и однозначного понимания того, как она должна быть построена, ограничивает наши возможности по продаже интеллектуального товара.

**"Д":** Но у нас нет пока закона об интеллектуальной собственности. Что же делать сейчас?

**Е.К.:** Необходимо срочное принятие основ инновационной политики России. Конечно, можно придумать любую систему, но мы не сможем решить эту проблему, если государство не урегулирует вопросы организационного, правового и экономического обеспечения деятельности научных организаций в процессе инновационной деятельности. Нужно сделать так, чтобы наше общество понимало, что богатство - в мозгах, а не в недрах, и мы обладаем (пока еще обладаем!) колоссальным запасом знаний, которые еще не материализованы в конкретные наукоемкие изделия. Для реализации этого государству необходимо ускорить решение наиболее острых проблем, а в действительности наблюдается сдерживание этих процессов. Даже больше. В последнее время в печати появились нападки на Академию наук с целью дискредитации роли и значения РАН. Утверждается, что наша интеллектуальная собственность имеет низкую ценность (цель - легче будет прибрать к рукам).

Не секрет, что все то, что было создано в СССР и создается в РФ, базируется на фундаментальных знаниях, которые получают, осмысливают и адаптируют РАН. А затем эти знания используются отраслевыми институтами при решении конкретных прикладных проблем. А дальнейшая передача этих прикладных знаний в производство - задача управленцев или, как сейчас говорят, менеджеров предприятий. Однако заклинания о том, что надо-де внедрять новые идеи в производство, совершенно бесполезны. Нужно разработать такие нормативно-правовые акты, которые заставляли бы людей, волею судеб имеющих деньги в России, вкладывать их прежде всего не в спортивные команды, а в новые разработки для того самого производства, благодаря которому эти деньги получены. Единственная возможность сделать так - это создать некие налоговые условия, чтобы хозяевам газовых и нефтяных компаний стало понятно: если нефть или газ не полностью изымаются из земли и не проводятся работы по увеличению качества добычи, то платятся соответствующие налоги. Или дополнительные налоги за нанесение ущерба экологии.

В экономике попытка воздействовать с помощью убеждения - слабый аргумент против денег. Почему в Рейне чистейшая вода? Совсем недавно, в начале 70-х годов, это была "сточная канава Европы". Теперь предприятия вынуждены сбрасывать воду, использованную в производстве, только после глубокой очистки. Государство приняло такие законы, которые вынудили компании тратить средства на решение этих вопросов.

Появилось еще одно крупное заблуждение, что нам нужна "фирменная наука". По примеру того, как наши олигархи приобрели себе спортивные клубы, появилось стремление по образу и подобию создать "фирменную" науку в ЮКОСЕ или МЕНАТЕПЕ. Но это невозможно, поскольку исторически у нас сложилась совсем иная система взаимодействия и "движения" науки: есть РАН, есть отраслевая наука и ВУЗовская наука. Попытка перенести на нашу почву опыт США (где все научные исследования сосредоточены в колледжах и университетах и финансируются там фирмами), сосредоточив все научные исследования в министерстве образования, обречена на провал. Делать это - значит погубить как ту систему работы с наукой, которая есть в нашей стране, так и образовательную систему. Все должно развиваться эволюционно, поступательно. Давайте не форсировать реформы и не рассчитывать на революции хотя бы здесь, в интеллектуальной среде.

У нас более 2000 научных организаций разного профиля. И на Совете, который провел президент, было решено произвести некую "инвентаризацию" научных организаций, расставить отраслевые научные организации по приоритетным направлениям. Отраслевые НИИ, взаимодействуя с институтами РАН и высшей школой, должны решать конкретные проблемы. Сейчас президентом утверждены 9 приоритетных направлений и 58 критических технологий - и все научные организации должны быть закреплены за этими позициями. Финансировать следует эти приоритетные направления, призванные, в первую очередь, обеспечить национальную безопасность и технологическую независимость. Нужно тратить средства на то, что определяет приоритет развития нашего общества. Прежде всего это относится к безопасности, независимости, социальным вопросам, здравоохранению и т.д. Наука должна создавать знания, которые могут переводиться в товары, необходимые для общества.

Идея о том, что малые предприятия научной сферы спасут отрасль, ошибочна. Так же, как и ошибочно акционирование научных организаций. Это доказала наша жизнь последних лет, а также международный, существенно больший опыт. Малые предприятия - очень хорошая форма реализации знаний в товар. Мое видение отечественной инновационной системы таково:

1. Крупные научные организации: государственные научные центры, институты РАН, ведущие ВУЗы являются основными, краеугольными звеньями системы.

2. Внедренческие и инжиниринговые фирмы (это малые предприятия, являющиеся как бы дочерними предприятиями основных элементов системы) являются "кирпичиками" этой системы, решающими более узкие проблемы.

3. Инструментом национальной инновационной системы должны быть инвестиционные инновационные фонды (государственные и частные, отечественные и зарубежные), которые могут собирать и вкладывать деньги в реализацию знаний.

4. Продуктом системы должна быть наукоемкая продукция - ликвидный и востребованный товар (известно, что 1 кг самолета стоит десятки тысяч долларов, в то время как 1 кг никеля всего 7...8 долларов). Для создания наукоемкого продукта создается много рабочих мест. Подтягиваются и другие отрасли: химия, металлургия, станкостроение и другие.

5. Важный элемент - функционирование системы, ее внутреннее построение и связь со всей экономикой в целом. Это - законы, нормативно-правовые акты и прочее. Если эти законы не сбалансированы, то система либо неэффективна, либо вообще не работает.

6. Еще один элемент этой системы - особые экономические зоны, которые есть в Китае, США, Германии, Франции и других странах. Эти зоны выделены для того, чтобы осуществлять какие-либо внедренческие операции, в первую очередь - производственные. У нас также был опыт безналоговых зон, например, в Калмыкии. При этом никто не смотрел на профиль деятельности фирмы. На самом деле льготы должны даваться только тем предприятиям, которые вкладывают деньги в производство или в наукоемкую продукцию. Никакие другие посреднические операции не должны быть льготными.



Требуется решать вопросы и с таможней, поскольку научная организация поставлена на одну доску с поставщиками нефти, леса, газа. Надо упростить процедуру прохождения научного товара к потребителю, в том числе и зарубежному. Так это делается в мире: инжиниринговые фирмы не платят НДС при экспорте своей продукции. У нас же для того, чтобы приступить к выполнению зарубежного контракта, надо 9 месяцев собирать подписи. И кто из партнеров будет ждать такой срок?

А как только после подписания договора приходят какие-то деньги на его выполнение, то с них сразу же снимают 20 % НДС. Раньше экспортный НДС снимался по окончании выполнения работ, и это можно было как-то понять. Теперь деньги собирают сразу же после заключения экспортного соглашения по науке, а это значит, что платить придется из своих собственных средств (которых у научных учреждений, как известно, в принципе нет).

Сюда следует добавить и 30-процентную пошлину на всякого рода научное оборудование, которое государственное предприятие закупает для проведения работ по государственному же заказу (в силу того, что внутри государства такое оборудование не выпускается).

"Д": По каким еще позициям у Вас претензии к закону о ФГУПах?

Е.К.: Что касается принятого недавно закона о госпредприятиях, то следует сказать, что он полностью противоречит закону о науке. Он лишает госпредприятия возможностей для развития и модернизации изношенных основных фондов. Если раньше мы могли из прибыли тратить деньги на перевооружение производства, и эти деньги налогами не облагались, то по новому закону мы такой возможности лишились. Для того, чтобы купить новое оборудование, мы должны брать средства из чистой прибыли. Это совершенно неправильно: если предприятие заработало деньги, дайте возможность этому предприятию потратиться на перевооружение. Это необходимо для обеспечения конкурентоспособности нашей продукции. Складывается впечатление, что закон о ФГУПах создает такие условия, которые заставляют директора госпредприятия все отдать.

Закон о госпредприятии не согласуется ни с законом о науке, ни с законом о земле.

Если ныне по действующему законодательству мы имеем право на безвозмездное пользование землей, то начиная с 2004 г. мы должны платить либо за ее аренду, либо налог на земельную собственность. Получается, что ВИАМ должен еще 30 млн рублей заплатить за то, что он на этом месте находится и работает. Если государство говорит, что ему нужна наука (мы же не ярмарку тут организовали и не оптовый склад, можно проверить - я ни одного квадратного метра площади не сдаю в аренду), то сохраните ту ее часть, которая жива, работает, обеспечивает оборонность государства. Но у нас объективного подхода нет. Мы живем все-таки не по закону, а по понятиям. Наши жизненные вопросы решаются не в государственных интересах, а в интере-

сах тех, кому государство передоверило право решать все. До тех пор, пока они не будут руководствоваться принципом: "сначала думать о деле, а потом о себе" - ситуация не изменится. На первое место должны быть поставлены интересы дела. Если будет дело идти, то всем будет хорошо. Но этот принцип должен быть повсеместным, иначе опять одни будут пытаться сделать дело, а другие - жить за их счет. Нужно менять идеологию подхода к делу. Беда нашего государства в том, что нет объединяющей всех идеи. Хотя люди, которым верят, - есть. Государство не может жить без идеологии. Без этого оно обречено на развал.

Закон о ФГУПах противоречит тенденции повышения инвестиционной активности научной организации. В Законе о науке, статья 5, записано: "научной организацией считается организация, которая на 30 % занята хозяйственной деятельностью, а на 70 % - непосредственно научной". Чтобы выполнять эти соотношения, мы создавали малые предприятия. Теперь, когда малые предприятия вернулись в состав отраслевого НИИ, мы нарушаем соотношение 30/70, теряем статус научной организации. Поэтому в обращении к президенту мной предложено отменить эти жесткие процентные квоты. Условие должно быть одно: если организация осуществляет выпуск продукции, патентом на которую само же и владеет, и если эта продукция соответствует тематическому профилю данного НИИ, то эту производственную деятельность следует считать научной. Если же научное предприятие начнет окна делать или площади сдавать под торговый склад, то это следует считать хозяйственной деятельностью, к которой применимы все эти проценты, и организация может при их увеличении лишиться статуса научной.

**"Д":** Что Вы можете сказать о судьбе социальной сферы ВИАМ?

**Е.К.:** В постановлении правительства утверждается мысль: "Вы же управленцы, вы не должны заниматься социальными объектами, отдайте их администрации территории, на которой они находятся". Но как развивать предприятия без медобслуживания собственных работников, без домов отдыха, без детских садов и лагерей для их детей? Это решение, по существу, разрушает коллектив. Какой коллектив (а коллективы ФГУПов - несколько тысяч человек) может существовать в таких условиях? Заставить работников покупать путевки в детские учреждения по коммерческим расценкам? Это - 7 тысяч рублей на месячную путевку. И какую зарплату надо платить своим сотрудникам, чтобы они могли покупать путевки по таким ценам? А мы в нашем детском лагере своим сотрудникам даем такие путевки по 300 рублей и считаем детские оздоровительные учреждения одной из основных форм деятельности предприятия.

Самое интересное, что Запад взял все наши наиболее интересные решения себе на вооружение. У них и Доски почета, и детские оздоровительные лагеря, и базы отдыха, и субботники по уборке территории. И все это прекрасно прижилось наряду с капиталистическим методом производства. Я был просто поражен, когда приехал на фирму "Дженерал Электрик" и услышал: "Евгений, извините, сегодня не все на месте - у нас субботник, готовим летний скаутский лагерь". Есть, например, Сизтл - "город Боинга". Цельный город, для которого фирма "Боинг", по нашему говоря, "градооб-

разующая". И люди знают, что они живут в "городе Боинга". Ну почему же мы забыли такие свои традиции? Можно ли ожидать от сотрудника качественной работы на предприятии, которое не создает ему нормальных условий для жизнедеятельности?

Почему бы затраты на поддержание социальной сферы не включать в единый социальный налог? Зачем нам "социалку" считать "видом деятельности"? Мы, в конце концов, не предлагаем эти наши услуги на коммерческой основе. Мы оказываем их своим сотрудникам, все это происходит в рамках предприятия.

Нами подготовлены предложения, которые я передал в правительство Российской Федерации. Они пока рассматриваются. Впрочем, это "пока" имеет неопределенно большую длительность. Идет забалтывание, затягивание, рассмотрение нюансов и частностей. Но все зависит от того, насколько настойчиво человек хочет добиться той цели, которую он поставил. И здесь очень большую роль играют Совет Безопасности, РАН и Объединенная ассоциация Государственных научных центров.

**"Д":** Сейчас много говорят о необходимости реструктуризации научных институтов, их реорганизации, слиянии и т.д. Каково Ваше мнение по этому поводу?

**Е.К.:** У нас, объективно говоря, в советское время было создано много таких институтов, которые можно было бы и не создавать. Отсутствие финансирования объективно показало, насколько способна та или иная научная организация выжить, насколько ее разработки были востребованы (пусть не нашими производственными, пусть - за рубежом). Не случайно на слова Грефа "вот наука - это наша основа" президент заметил: "Пока российская экономика не может востребовать все, что создано нашей наукой. И выход из этой ситуации - искать работу на Западе, чтобы не терять свой потенциал". Все НИИ, которые в этих условиях доказали свою востребованность, тем самым доказали и свою состоятельность как научные организации, доказали право заниматься наукой.

На первом этапе, после 1996 г., ВИАМ занимался внешнеэкономической деятельностью. Если мы смогли погасить колоссальные долги, смогли развиваться, то это объясняется наличием спроса в мире на нашу продукцию. А потом начался некоторый подъем нашей промышленности, появились отечественные заказы. Научная организация должна составлять не только отчеты по научной же работе, но и создавать производство, которое способно выпускать и продавать эту научную продукцию. Нам в ВИАМе удалось организовать такую систему: есть научные лаборатории, создающие новые знания, есть научно-производственные центры, реализующие эти знания в товар, и есть управление интеллектуальной собственностью, которое продает желающим лицензии на выпуск новой продукции. Так получается вполне приличный объем хозяйственно-контрактных договоров.

Попытка объединить под одной крышей ЦАГИ, ЦИАМ, ВИАМ и еще ряд институтов является неправильной. В 30-е годы основатели базы авиационной науки в России - Ветчинкин, Архангельский, Стечкин и другие пришли к однозначному мнению, что материаловедением должен заниматься специализированный институт наравне с другими, занимающимися машинами, двигателями, приборным обеспечением и прочим. Эти институты должны заниматься своими специфическими проблемами самостоятельно. Если эту структуру каким-то образом пытаться изменить, то авиационная наука будет долго "приходить в себя" (если вообще сможет это сделать). Хотя все эти авиационные научные центры работают и для других отраслей, но их существование, разделение областей работы и взаимодействие - основа, "скелет" современной науки. Так, Горбачев, поломав такую же структурную организацию нашего общества, надолго вывел его из нормального функционирования. Вот в Китае, например, этого не делали и достигли значительных успехов. Наука у них развивается весьма прогрессивно. Нет нужды сначала все превращать в обломки, а потом пытаться из них что-то создать. Можно на той основе, которая уже доказала свою эффективность, прекрасно производить новое, не трогая принципов построения системы.



**"Д":** За годы перестройки произошла потеря высококлассных специалистов во всех отраслях промышленности и в науке. В чем Вы видите выход из этой ситуации?

**Е.К.:** Самое основное - подготовка кадров. Если не заниматься подготовкой кадров, можно вкладывать какие угодно деньги в обновление и восстановление производства, но не решить проблему. Поэтому подготовка как научных, так и технических кадров является актуальной проблемой. Если с высшей школой у нас существует взаимодействие и готовятся специалисты, то система профессионально-технического образования полностью разрушена. Это такая бомба, которая может разрушить все производство: просто некому будет работать на заводах. Часть из тех немногих предприятий, которые еще работают, пытаются самостоятельно выйти из этого положения. Так, например, на заводе "Салют" Юрий Сергеевич Елисеев готовит для собственного производства токарей, слесарей, фрезеровщиков. Но восстановить связную систему производственного образования, которая была в СССР, сейчас невероятно сложно. Мне кажется, что Министерство образования должно именно этим озаботиться, а не думать "как бы нам реформировать высшую школу", как там разобраться с магистрами-бакалаврами. У нас высшая школа - одна из лучших в мире, а самое слабое место - это отсутствие подготовки среднего технического персонала. А техника на производстве сейчас такая, что без образования в цехе делать нечего.

Сложившаяся система подготовки кадров в высшей школе, сложившаяся система взаимодействия ветвей науки доказали свою эффективность. Их надо просто сохранять. И никакие модернизации и нововведения здесь не нужны. Нужно только четко заявить: "Да, вот эти организации сохранили свой научный потенциал, они имеют кадровый, производственный состав, научный потенциал. Они работают по своему профилю, не растеряли контактов. Их надо всесторонне поддерживать, финансировать и давать всякие налоговые послабления. А те, которые превратились по большей части в арендодателей и кладовщиков, надо отнести к коммерческим фирмам и не считать в строю научных организаций".

**"Д":** Коротко - о кадрах. Каков средний возраст работников, чем привлекаете и удерживаете специалистов? Повлекла ли внешнеэкономическая деятельность к оттоку кадров?

**Е.К.:** Да, какое-то количество работников уехало за рубеж, когда у нас нечем было платить зарплату. Где-то человек пять из ведущих специалистов. Сейчас мы гордимся тем, что у нас, например, 150 с лишним молодых специалистов работает. Для этого надо было походить по инстанциям, "выбить" для работающих по государственному заказу отсрочку от призыва в армию, разработать систему стимулов для молодых специалистов. У приходящих - надбавка к зарплате около двух тысяч рублей, второй год она полторы тысячи, третий год - тысячу, а на четвертый год ты уже должен сам зарабатывать деньги. Мы открыли ВИАМовские стипендии для молодых специалистов: платим за защиту диссертаций \$250 кандидату и \$500 - доктору наук. Соответственно, повысили ставки при наличии ученой степени. Это дало возможность людям заинтересоваться. У нас последние годы защитились 15 кандидатов и 4 доктора.

Тем не менее, средний возраст работающих в ВИАМе специалистов пока выше пенсионного. Для того, чтобы выйти на уровень среднего возраста, хотя бы 45 лет (в принципе, это тоже много: наиболее продуктивный возраст научного сотрудника 30-47 лет), надо ежегодно принимать до 60 молодых специалистов. Лет через пять мы и достигнем этого уровня.

**"Д":** Есть ли у ВИАМ - отраслевого института - желание и возможность создания материалов для космоса, общего машиностроения, автомобильной промышленности?

**Е.К.:** Так уж сложилось, что ВИАМ всегда занимался созданием материалов для многих отраслей промышленности. Основой этому является наша многолетняя совместная работа с института-



ми РАН и отраслевыми институтами. Это дает возможность создания материалов и для космоса, и для энергетики, и для транспорта, и для оборонной промышленности. Если рассмотреть принятые в ВИАМ программы создания авиационно-космических материалов, восстановления малотоннажного производства химической продукции, восстановления производства химических материалов, то почти 65...70 % материалов, созданных по этим программам, покрывают потребности других отраслей промышленности. Поскольку ВИАМ удалось достаточно эффективно изменить форму и структуру управления, оснастить новым оборудованием, то сейчас мы интегрируем многие направления работ по материалам. И более 95 % материалов, используемых сейчас в летательных аппаратах - космических и авиационных - создано в ВИАМ.

**"Д":** Расскажите о последних разработках ВИАМ.

**Е.К.:** ВИАМ совместно с зеленоградским предприятием "МЭШ-плюс" создал новое поколение печей для направленной кристаллизации. Это, в первую очередь, такие печи, как УВНК-9а, УВНК-14, УВНС-5 и УВНС-4. Такие вакуумные установки обеспечивают высокий температурный градиент во фронте кристаллизации. Они позволяют получить выход годного по монокристаллической структуре сплава на уровне 95 %. Самое важное, что нами в последнее время разработаны сплавы с высоким содержанием рения, на уровне, в мире пока никем не достигнутом. Это сплавы ЖС-47, ЖС-49, ЖС-55. Процентное содержание рения, которое мы смогли зафиксировать в твердом растворе, достигает 12 %. Самый лучший американский сплав - Сименс Х-10 - содержит порядка 6 % рения. Кроме того, значение уровня жаропрочности  $\sigma_{\text{в } 100}$  при 1000 °С составляет у нас 35 кгс/см<sup>2</sup>, в то время, как лучший американский сплав имеет 29 кгс/см<sup>2</sup>.

Совместно с ЦИАМ и заводом "Салют" создана уникальная транспарационная система охлаждения лопаток. Разработанные уникальные высокоградиентные технологии литья лопаток с температурным градиентом во фронте кристаллизации 200...250 °С. Самая лучшая американская технология обеспечивает эти градиенты на уровне 30...40 °С. Иначе говоря, наша технология в 30 раз эффективнее.



# ПЕРСПЕКТИВЫ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

## (ОБЩЕЕ СОБРАНИЕ АССАД – 2003)

27 марта 2003 г. состоялось традиционное ежегодное общее собрание предприятий-участников Ассоциации "Союз авиационного двигателестроения". На собрании был дан подробный объективный анализ изменения состояния авиационного двигателестроения за прошедший год, который, как нам кажется, будет весьма интересен и нашим читателям.

Отмечено, что в 2001-2002 гг. наметилась тенденция увеличения спроса на пассажирские и грузовые перевозки. В 2002 г. спрос на авиaperезовки превысил уровень 2000 г. на 15...20 %, количество перевозимых пассажиров увеличилось на 10...15 %. По этим причинам в прошлом году наблюдалось определенное улучшение финансово-экономического положения предприятий авиационной промышленности. Объемы производства (продаж) на российских предприятиях к уровню 2001 г. выросли в 1,31 раза при росте численности работающих на 3 %. Загрузка производственных мощностей заказами и работами по авиационной технике составила 25...30 %.

Федеральная целевая программа "Модернизация транспортной системы России на 2002-2010 гг." (утверждена постановлением Правительства РФ от 5 декабря 2001 г. № 848) прогнозирует значительный рост авиапарка частных авиакомпаний, а с учетом поставок для государственной авиации и на экспорт потребный объем выпуска воздушных судов (ВС) оценивается в 3370 единиц. С учетом прогнозов объемов перевозок до 2010 г. и введения ограничений ИКАО российский парк гражданских ВС будет нуждаться в пополнении примерно 200 магистральными самолетами, 300 региональными самолетами, 80 грузовыми самолетами и 350 вертолетами.

Ухудшение конъюнктуры на мировом рынке авиaperезовок, банкротство ряда крупных иностранных авиакомпаний, снижение спроса на новые ВС значительно повысили доступность ВС иностранного производства, бывших ранее в эксплуатации, для российских перевозчиков. Некоторые российские авиакомпании, которые планировали обновление парка за счет ВС отечественного производства, скорректировали свои бизнес-планы с учетом изменившейся ситуации. В связи с этим становится крайне острой задача обновления парка ВС и развертывания серийного производства авиационной техники нового поколения и ее модернизация.

Для стимулирования приобретения новой авиационной техники Правительством Российской Федерации принято постановление от 26 июня 2002 г. № 466 "О порядке возмещения российским авиакомпаниям части затрат на уплату лизинговых платежей за воздушные суда российского производства, получаемые ими от российских лизинговых компаний по договорам лизинга, а так-

же части затрат на уплату процента по кредитам, выданным на приобретение российских воздушных судов". ГСГА для реализации данного постановления разработан полный комплект нормативных документов, проведен конкурс в 2002 г. на получение субсидий по лизинговым платежам среди авиакомпаний.

Росавиакосмос совместно с ГСГА подготовили "Комплексную программу работ на период 2003-2010 гг. по проблемам снижения шума, эмиссии и точности навигации отечественных ВС в обеспечение требований норм ИКАО и ЕС". Для удовлетворения перспективным нормам Главы 4 требуется доработка самолетов Ту-204, Ту-214, Ил-96-300 с двигателями ПС-90А. Отсутствие достаточных средств у российских авиакомпаний и необходимых оборотных средств у КБ и серийных предприятий делают практически неразрешимой эту проблему без участия государства. В целом в 2002-2005 гг. необходимо обеспечить модернизацию 420 магистральных самолетов. Общие затраты на реализацию проекта составят 90,72 млрд руб.

Федеральной программой "Развитие гражданской авиационной техники России на 2002-2010 годы и на период до 2015 года" предусматривается:

- создание ТРДД АИ-22 (тяга 3,75 тс) для самолета Ту-324 с привлечением внебюджетных источников финансирования;
- создание в 2003-2015 гг. на конкурсной основе нового ТРДД в классе тяги 4...5 тс для региональных самолетов.



В настоящее время в ОКБ разрабатывается ряд проектов региональных самолетов различной пассажироместимости, предлагаемых для эксплуатации в России:

- Ту-324 (52 пассажира), ОАО "Туполев" (Россия), двигатель - АИ-22;
- Ту-414 (72 пассажира), ОАО "Туполев" (Россия), двигатель - Д-436Т1;
- Ту-334 (102 пассажира), ОАО "Туполев" (Россия), двигатель - Д-436Т1;
- Ан-74ТК-300 (52 пассажира), АНТК "Антонов" (Украина), двигатель - Д-36 серии 4А;
- Ан-148 (70 пассажиров), АНТК "Антонов" (Украина), двигатель - Д-36 серии 5АФ или Д-436-148;
- RRJ (55-90 пассажиров), ОКБ "Сухой" - "Боинг", двигатель SM-146 ("СНЕКМА" - ОАО "НПО "Сатурн") или PW-800 (PW-Канада - ОАО "Авиадвигатель").

Проведенные предприятиями-членами АССАД работы по созданию и модернизации двигателей обеспечили проведение летных испытаний самолетов Ту-334, Бе-200, Ан-38 и вертолета Ка-62 с двигателями Д-436Т1, Д-436ТП, ТВД-20 и РД-600, соответ-



ственно. Завершены сертификационные работы по двигателю ТВД-1500 (ОАО "НПО "Сатурн"), вспомогательному газотурбинному двигателю ТА-18-100 и воздушному винту АВ36.02 (ОАО "НПП "Аэросила"). После выполнения работ, связанных с завершением сертификации, начато серийное производство самолетов Бе-200, существенно расширен фронт работ, направленных на завершение сертификации самолета Ту-334. В 2003 г. намечено сертифицировать самолет Ту-334.

ФГУП ЦИАМ на основе прогноза развития рынка авиационной техники разработаны технические задания на конкурсную разработку технических предложений по созданию конкурентоспособных двигателей нового поколения, предусмотренных федеральной целевой программой "Развитие гражданской авиационной техники России на 2002-2010 гг. и на период до 2015 г.":

- ТРДД тягой 9...14 тс для нового ближне-среднемагистрального самолета на 130-170 пассажиров;
- ТРДД тягой 5...7 тс для регионального самолета на 50-90 пассажиров;
- ГТД мощностью 800 л.с. для вертолетов и легких самолетов;
- ГТД мощностью 500 л.с. для вертолетов и легких самолетов;
- АПД мощностью 260...320 л.с. для вертолетов и легких самолетов;
- АПД мощностью 60...90 л.с. для ультралегких вертолетов и самолетов.

Реализация федеральной программы "Реформирование и развитие оборонно-промышленного комплекса (2002-2006 гг.)",



утвержденной постановлением Правительства РФ от 11 октября 2001 г. № 713, предусматривает проведение работ в два этапа. На первом этапе (2002-2004 гг.) планируется осуществить комплекс мероприятий по реформированию системообразующих интегрированных структур. При этом предполагается создание девятнадцати интегрированных структур в авиационной промышленности, в том числе по двигателестроительным и агрегатостроительным организациям:

- ОАО "Корпорация "Комплекс имени Н.Д. Кузнецова";
- ОАО "Пермский центр двигателестроения";
- ФГУП "Салют";
- ОАО "Корпорация "Воздушные винты";
- ОАО "Корпорация "Гипрониавиапром";
- ОАО "Топливорегулирующая аппаратура".

На втором этапе реформирования (2004-2006 гг.) предусматривается создание двух самолетно-вертолетных комплексов.

К сожалению, при подготовке программы не были учтены мнения тех организаций, которые предполагается реформировать, а также не были разработаны технико-экономические обоснования создания предлагаемых интегрированных структур, не

подготовлен пакет законодательного обеспечения создания таких структур, не определены основные объекты производства, для реализации которых создаются структуры.

По-прежнему на низком уровне остается информационное обеспечение разработчиков и изготовителей двигателей. Особенно большие трудности они испытывают при сборе сведений о неисправностях, выявляемых в процессе эксплуатации и ремонте. Это отрицательно сказывается на отработке и внедрении мероприятий, направленных на повышение надежности авиационной техники. Отмечаются случаи, вызывающие сомнение в достоверности информации, особенно по двигателям, эксплуатирующимся на вертолетах. Регламентированные и применяемые в отечественной практике критерии и показатели безотказности и безо-

пасности двигателей гражданской авиации в ряде случаев отличаются от используемых в большинстве стран мира. В результате затруднена возможность проведения объективного сравнения важнейших потребительских свойств отечественных и зарубежных авиадвигателей.

Введенный в действие в ноябре 2002 г. закон о государственных унитарных предприятиях создал существенные трудности для функционирования этих предприятий независимо от эффективности их работы. В настоящее время АССАД готовит предложения по внесению поправок в этот закон. По мнению президиума АССАД целесообразно еще раз вернуться к обсуждению проблем интеграции производящих и ремонтных заводов.

Первым опытом объединения акционерного капитала стало создание крупной интегрированной структуры ОАО "НПО "Сатурн" путем слияния ОАО "Рыбинские моторы" и ОАО "А.Людья-Сатурн". Приобретение ОАО "НПО "Сатурн" крупного пакета акций ОАО "ИНКАР" способствует дальнейшей интеграции моторостроения и агрегатостроения. Процессы интеграции осуществляются и на базе ФГУП "ММП "Салют": в его состав вошли ГП "Гранит" и НИИД. В рамках объединенной структуры создается НТЦ "НИИД", специалисты которого будут разрабатывать новые технологии, в том числе и в интересах других предприятий на договорной основе.

К сожалению, в упомянутой федеральной программе реформирования ОПК не были учтены реалии уже сформировавшейся международной интеграции. В настоящее время успешно работают на рынке такие межгосударственные структуры, как "Двигатели Владимира Климова - Мотор Сич", "Пермский моторный завод" - "Пратт энд Уитни" и др.

При российских расстояниях и состоянии транспортных сетей авиация никогда не являлась предметом роскоши; она стала необходимостью с тех пор, как полетел первый самолет. Состояние авиации и авиационной промышленности всегда являлось самым точным барометром экономического состояния страны. Положительные тенденции, наметившиеся в последнее время в работе авиадвигателестроительной отрасли, дают основания для осторожного оптимизма. **!**



# ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО ПРОИЗВОДСТВА ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

ОАО "ММП им. В.В. Чернышева":

**Александр Новиков**, генеральный директор  
**Александр Пайкин**, главный инженер

**Дмитрий Железняков**, советник главного инженера  
**Александр Львов**, заместитель главного инженера

В 1947–1950 гг. на заводе № 500 (ныне ОАО "ММП им. В.В. Чернышева") был налажен серийный выпуск первого ТРД с центробежным компрессором РД–500 тягой 1590 кгс, предназначенного для истребителей Як–23, Ла–15 и бомбардировщиков Ту–14. Всего было выпущено 1274 двигателя.

В 1950–1953 гг. завод производил первые отечественные ТРД с центробежным компрессором ВК–1 тягой 2700 кгс, разработанные под руководством В.Я. Климова и предназначенные для самолетов МиГ–15бис, МиГ–17, Су–15, Ла–176, Ил–28 и Ту–14. Общий объем выпуска составил 3744 двигателя.

В 1952–1959 гг. на предприятии был налажен серийный выпуск ТРД с осевым компрессором АМ–5А конструкции А.А. Микулина тягой 2000 кгс без форсажной камеры. Это был самый легкий ТРД в мире. Всего было выпущено 2985 двигателей.

В 1958–1986 гг. выпускались двухвальные ТРДФ со сверхзвуковыми ступенями осевого компрессора конструкции С.К. Туманского, Н.А. Мецхваришвили, Р.К. Хачатурова для истребителей МиГ–21 (Р11Ф–300), МиГ–23 (Р27Ф2М–300, Р29–300, Р35), МиГ–27 (Р29Б–300), высотного разведчика Як–28РВ (Р11В–300) и фронтового бомбардировщика Як–28 (Р11АФ–300) тягой от 3900 до 13 200 кгс.

С 1982 г. завод изготавливает двигатель РД–33 тягой 8300 кгс, сконструированный под руководством С.П. Изотова и предназначенный для фронтового истребителя МиГ–29.

С 1992 г. завод освоил капитальный ремонт этих двигателей.

В настоящее время совместно с генеральным конструктором А.А. Саркисовым ведется большая работа по повышению ресурса и надежности двигателя РД–33, а также осуществляется разработка и освоение производства различных модификаций этого двигателя.

С 1991 г. предприятие освоило выпуск ТВД со свободной турбиной ТВ7–117С (взлетная мощность 2500 л.с.) конструкции С.П. Изотова и А.А. Саркисова для гражданского самолета местных авиалиний Ил–114.

## ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ПРОИЗВОДСТВА

На протяжении практически всей производственной деятельности предприятия в серийном производстве находился один тип двигателя. Параллельно производилась конструкторско-технологическая подготовка производства для изготовления нового двигателя или модификации серийно выпускаемого двигателя.

Такой вариант производственной загрузки предприятия predetermined его организационную структуру, принятую на большинстве серийных двигателестроительных заводов (рис.1). Немаловажную роль в действующей производственной структуре предприятия играло практическое отсутствие кооперации при больших объемах выпуска двигателей.

Модульно-узловой принцип организации цехов основного производства, отвечающий логике крупносерийного и серийного производства авиационных двигателей, в условиях многономенклатурной программы, при малых партиях выпуска готовой продукции требует более гибкой организационной структуры с использованием всего накопленного опыта, а также технического перевооружения, использования информационных технологий, переподготовки и обучения специалистов.

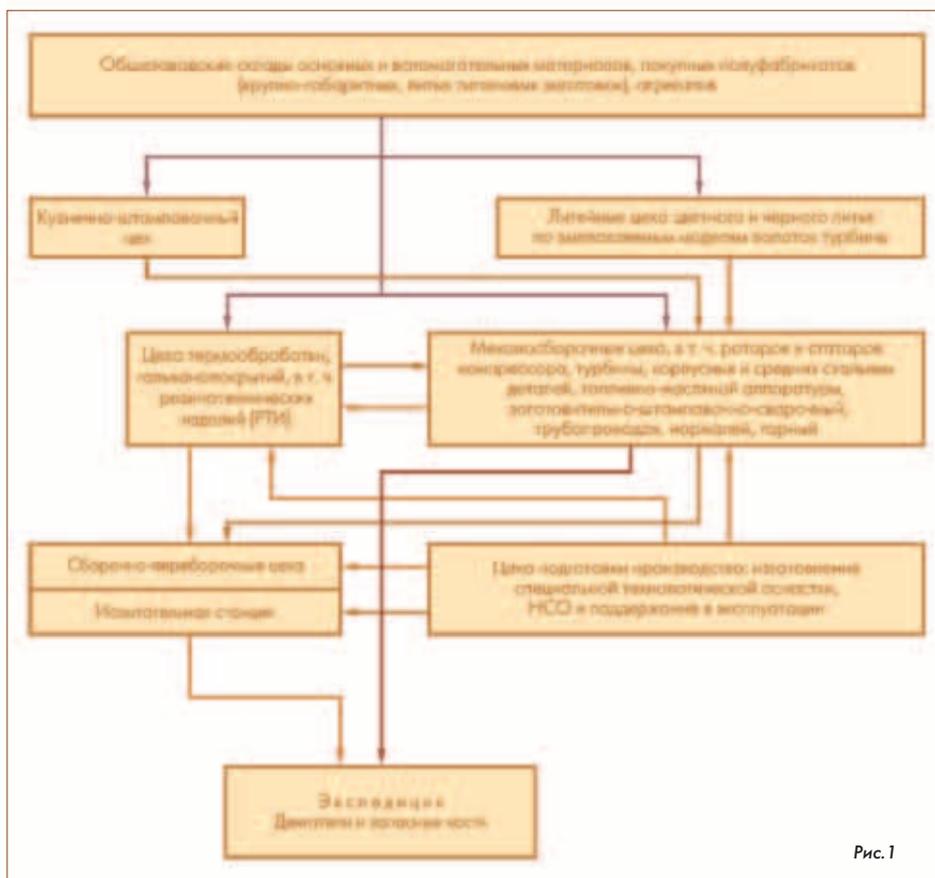


Рис.1

Реформирование структуры необходимо выполнять без потери накопленного интеллектуального, технического и кадрового потенциала предприятия. Это возможно, по нашим представлениям, при использовании эволюционного пути совершенствования структуры.

В первую очередь в цехах создаются центры (участки), концентрирующие новое высокопроизводительное высокотехнологичное оборудование, технологические процессы и кадры (рис. 2, 3, 4).

Во вторую очередь проводится реорганизация цехов основного производства по признаку подобия:

- цех изготовления лопаток ротора и статора компрессора, где широко применяются трех-пятикоординатные обрабатывающие центры для обработки профиля пера без ручной подгонки и полирования;
- цех изготовления дисков роторов компрессора и турбины;
- цех топливно-масляной аппаратуры и коллекторов;
- цех средних стальных деталей.

Параллельно расширяется кооперация на договорных началах, для чего на взаимодействующих заводах размещаются заказы на:

- цветное и стальное литье заготовок для основного и вспомогательного производств;
- зубообработку всех видов шестерен;
- производство нормалей из жаропрочных, нержавеющей и титановых сплавов.

Изменение организационной структуры производится при интенсивном внедрении современных информационных технологий.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕООРУЖЕНИЕ ДЛЯ ПЕРЕХОДА НА МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ДВИГАТЕЛЕЙ И ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ**

В ходе серийного изготовления ТРД техническое перевооружение предприятия производилось неоднократно с целью обеспечения выполнения программы производства, решения конструкторско-технологических задач, повышения качества и снижения трудоемкости изготовления, сборки и проведения испытаний. Оно было связано с дифференцированием операций технологических процессов, а также с перезакреплением специального и универсального оборудования для выполнения определенных операций.

На первом этапе технического перевооружения производилась модернизация имевшегося универсального и специализированного оборудования с коэффициентом загрузки от 0,05 до 0,4, что считалось достаточно рентабельным при общем коэффициенте 0,7...0,8 и двухсменной работе. Такое положение сохранялось в течение 10-12 лет.

Второй этап был связан с развитием станкостроительной отрасли министерства авиационной промышленности, когда появилась возможность создания специального оборудования для ключевых операций технологических процессов изготовления лопаток турбины и компрессора, дисков, валов, корпусных деталей. Важнейшим событием на этом этапе стало появление и широкое внедрение станков с ЧПУ (обрабатывающих фрезерных, фрезерно-сверлильных и токарных центров), ленточно-шлифовальных копирующих полуавтоматов, станков для электрофизических методов обработки, а также лазерной техники. Однако из-за несовершенства систем управления новейшее оборудование использовалось не в полной мере, применялось для выполнения лишь ограниченного перечня операций. Вместе с тем, это оборудование требовало дополнительных производственных площадей, а коэффициент его загрузки не превышал 0,2 и в редких случаях достигал 0,3.

Для современного этапа характерны сокращение объемов заказов на производство газотурбинных двигателей со стороны традиционных отечественных заказчиков, относительно малые партии на контрактные поставки ГТД для инозаказчиков и, наряду с этим, расширение номенклатуры заказываемых двигателей и за-

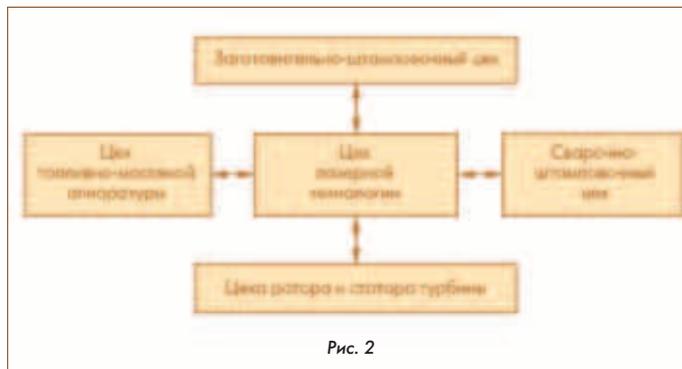


Рис. 2

пасных частей к ранее изготовленным двигателям, находящимся в эксплуатации. Все это требует от предприятия-изготовителя внедрения гибкой организации производства на базе высокотехнологичного оборудования.

Среди основных задач, которые необходимо решить для успешного технического перевооружения предприятия, можно выделить следующие:

- внедрение систем автоматического проектирования и управления конструкторской и технологической документацией, интеграция систем САПР и АСУ предприятия;
- внедрение прогрессивных технологических процессов на базе применения многофункциональных комплексов современного высокопроизводительного технологического оборудования, измерительных машин, высокоэффективного современного инструмента в цехах основного и вспомогательного производства;
- организацию постоянно действующей системы обучения и переподготовки кадров.

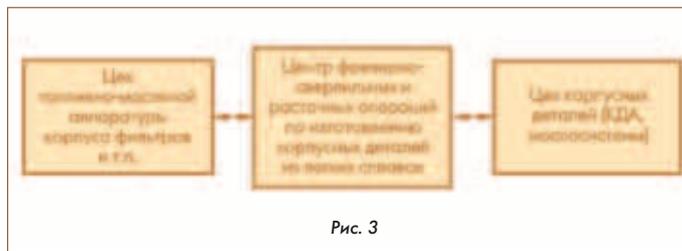


Рис. 3

Как показывает многолетний опыт производства, эффективность внедрения прогрессивных технологических процессов зависит от следующих основных условий:

- организации производства во взаимодействии со смежными цехами и функциональными службами;
- наличия квалифицированных специалистов;
- технологичности конструкторских разработок;
- применения высокопроизводительного, быстро переналаживаемого оборудования, позволяющего сократить до минимума (0,5...1,5 ч) подготовительно-заключительное время перехода обработки с одной детали на другую при малых партиях деталей;
- применения высокопроизводительного современного режущего инструмента и измерительной техники.

Соблюдение указанных условий позволяет повысить эффективность производства в 2...3 раза, особенно на этапах произ-

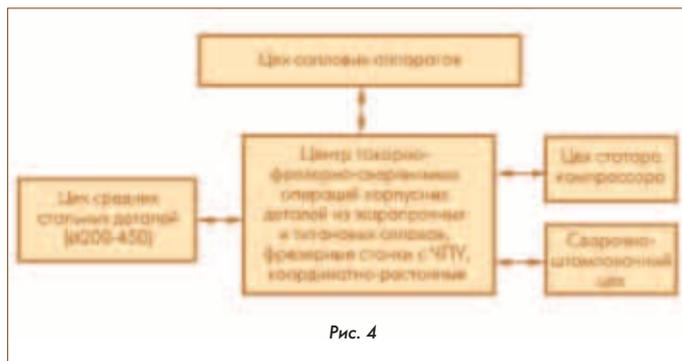


Рис. 4

водства, связанных с изготовлением лопаток компрессора, корпусных статорных деталей из титановых, жаропрочных и легких сплавов, средних стальных и титановых деталей ротора и статора, деталей топливно-масляной аппаратуры.

Лопатки ротора и статора компрессора являются наиболее массовыми и трудоемкими деталями ТРД и ТВД. Так, даже при единичном и мелкосерийном производстве изготовление лопаток в составе компрессоров ТРД и ТВД (которые насчитывают до 2500 лопаток в составе одного изделия) требует организации их практически серийного изготовления. Кроме того, в течение года в производстве могут одновременно находиться от 20 до 100 двигателей нескольких типов, что дополнительно требует резкого сокращения подготовительно-заключительного времени при переходе производства с одного типа на другой. В настоящее время существуют традиционные для всех моторостроительных авиационных заводов технологии обработки профиля пера лопаток:

- штамповка заготовок в несколько переходов с неоднократными нагревами;
- обработка замковых и хвостовых частей с применением фрезерования, протягивания, шлифования, токарных операций;
- предварительная обработка и ручная подгонка профиля пера для равномерного распределения припусков по корыту и спинке, прикомлевым участкам, входной и выходной кромкам;
- формообразование профиля пера методами механической обработки - фрезерованием, вальцеванием с последующей ручной доработкой всего профиля и полированием для получения необходимой шероховатости (составляет более 20 % всей трудоемкости механической обработки) или с использованием электрохимического метода обработки.

При освоении производства новых типов двигателей на предприятии внедряется высокоскоростное фрезерование профилей пера лопаток компрессора, которое позволяет сократить время, необходимое для выполнения операции, повысить гибкость производства при переходе на выпуск других изделий, упростить и сократить номенклатуру подготовительных штамповочных операций (в том числе количество нагревов, а следовательно, и расход энергоресурсов).

При освоении производства двигателей новых конструкций возникает необходимость перехода на изготовление блисков, т.е. монолитных дисков с лопатками. В этом случае отпадает необходимость изготовления замковых соединений дисков и лопаток, что позволяет высвободить дорогостоящие протяжные, фрезерные и шлифовальные станки, уменьшить производственные площади и, что особенно важно, исключить необходимость в изготовлении сложнейшей специальной технологической оснастки. Указанные мероприятия позволяют уменьшить трудоемкость изготовления лопаток на 50...60 %, повышают стабильность показателей качества производства, практически исключают потребность в ручном труде слесарей и полировщиков.

Внедрение трехкоординатных фрезерно-сверлильных обрабатывающих центров в семидесятых-восьмидесятых годах прошлого столетия позволило сделать шаг вперед, сократить объемы и время подготовки производства. Однако на фоне довольно длительного этапа освоения производства нового двигателя (около пяти лет) выигрыш был не слишком заметным. Кроме того, системы управления подобными станками в тот период были недостаточно надежными и гибкими, вызывали частые сбои, приводящие к браку и дефектам. Конструкция корпусных деталей (узлов) предусматривала большое количество приварных боковых фланцев и обечаек, что увеличивало производственный цикл, требовало значительного объема подготовки производства: изготовления сварочных ступеней, термофиксаторов, сложных станочных приспособлений и режущего инструмента.

В последнее время в конструкциях зарубежных ГТД нашли широкое применение монолитные корпусные статорные детали, что предопределило появление на станкостроительном рынке обрабатывающих центров с широкими технологическими возможностями и

прогрессивного режущего инструмента. Наше предприятие приобретает подобное оборудование, выпускаемое известными зарубежными фирмами, вместе с технологиями изготовления изделий, что позволяет сократить цикл производства в 1,5...2 раза.

На протяжении более тридцати лет для изготовления корпусных алюминиевых и магниевых деталей на предприятии используются обрабатывающие центры с числовым программным управлением, однако имеющееся оборудование не полностью отвечает технологическим требованиям, диктуемым конструкцией деталей. Самым главным недостатком весьма сложных трехкоординатных обрабатывающих центров является невозможность выполнения сверлильных операций для масляных каналов под самыми разнообразными углами. До настоящего времени эти каналы обрабатываются с применением сложнейшей специальной технологической оснастки. В настоящее время разрабатывается технология изготовления масляных каналов на четырех-пятикоординатных обрабатывающих центрах, что позволит значительно (не менее чем в 1,5 раза) сократить цикл производства, а также, что особенно существенно, объемы и сроки подготовки производства.

Технология изготовления средних стальных и титановых деталей ротора и статора традиционно строилась на дифференцировании операции механообработки для изготовления крупных партий в условиях серийного производства. В связи с расширением номенклатуры изготавливаемых деталей требуется коренной пересмотр технологических процессов для совмещения токарной, фрезерной и сверлильной обработки за один постанов заготовки. Такое решение возможно с использованием токарно-фрезерных центров типа INDEX, TRAUB и т.п., позволяющих наладить процесс гибкого и экономичного изготовления мелких партий деталей не только простой, но и сложной конфигурации. При этом особое внимание привлекает модульный принцип, заложенный в конструкцию данного оборудования. Он предоставляет оператору возможность использования оборудования в точном соответствии с потребностями, что позволяет снизить капиталовложения и цену изделия в целом, обеспечивает возможность многостаночного обслуживания.

Применяемые технологические процессы изготовления деталей топливно-масляной аппаратуры, такой, как форсунки, завихрители, шнеки и т.п. базировались на использовании универсального оборудования, высокой квалификации рабочих, большом объеме ручной работы по доводке деталей и узлов для получения гидравлических параметров. На предприятии принята концепция внедрения высокоточного прогрессивного оборудования для полной обработки указанных деталей без шлифовальных операций. Опыт эксплуатации станков фирмы "Веллемин Макадель" продемонстрировал возможность успешного решения этой задачи. Дальнейшее расширение сотрудничества со станкостроителями позволит расширить технологические возможности и значительно сократить трудозатраты при высоком качестве изготовления готовой продукции.

Применение лазерной техники на предприятии значительно расширило технологические возможности производства при изготовлении деталей и узлов авиадвигателей. При этом, если раньше использовались двухкоординатные системы (в основном для раскройки листового материала), вытесняющие пресловутое оборудование и вырубные штампы (в среднем до 200 наименований на один двигатель), то в настоящее время лазерные устройства входят в состав пятикоординатных станков, предназначенных для обработки отверстий в секциях камеры сгорания, перфорирования вырезов в экранах регулируемого сопла с форсажным диффузором и т.д. Отдельной проблемой, требующей серьезной проработки, является перфорация отверстий диаметром 0,1...0,3 мм в профиле пера лопаток турбины для организации пленочного охлаждения.

Таковы основные этапы и направления технического перевооружения предприятия в механосборочном производстве ОАО "ММП им. В.В. Чернышева".



**Георгий Кожухарь,**  
генеральный директор

# ООО "ЭРМИНИ" ERMINI LTD

Сферой деятельности ООО "Эрмини" является поставка на российский рынок профессионального инструмента, измерительного оборудования, смазок и смазывающе-охлаждающих жидкостей, расходных материалов, комплектующих и запасных частей к металлообрабатывающим станкам от мировых производителей.

Общество с ограниченной ответственностью "Эрмини", постоянно наращивая объемы поставок, за непродолжительный срок сумело перейти из разряда бизнес-партнеров в разряд официальных дилеров германских компаний *Gedore Werkzeuge* и *Hommelwerke* и швейцарской компании *TESA*.

Инструмент и оборудование, поставляемые на российский рынок ООО "Эрмини", нашли достойное применение на таких авторитетных предприятиях, как ФГУП "ММПП "Салют", ОАО "А. Люлька-Сатурн", "Приборостроительный завод" (Рязань) и др.

## Вся продукция сертифицирована и внесена в ГОСРЕЕСТР РФ

**Динамометрический ключ** с диапазоном момента затяжки от 1 до 3000 Н·м и гарантированной точностью измерения момента  $\pm 3\%$  от значения по шкале. У ключей фирмы *Gedore* центр вращения совпадает с центром приводного квадрата, что позволяет прикладывать усилия в любой точке ключа без отклонения значения. В зависимости от варианта исполнения ключ может обеспечивать затяжку болтов только вправо или вправо-влево. Возможно использование насадной трещотки.

Ключ является цельной конструкцией из высококачественного алюминия. Все ключи поставляются с техническими паспортами завода-изготовителя и проходят поверку в РОСТЕСТе.

**Мультипликатор крутящего момента** - компактное устройство, позволяющее в паре с динамометрическим ключом производить тарированную затяжку с максимальным моментом 47 500 Н·м. Реализация больших выходных усилий с высокой точностью обеспечивается планетарной передачей с передаточными отношениями 1:5, 1:25 и 1:125. Потери на трение минимальны благодаря высококачественной обработке зубьев.

Мультипликатор имеет прочную контропору, принимающую на себя противодействующую силу. Компактность мультипликатора позволяет осуществлять затяжку болтовых соединений в самых стесненных условиях при высокой точности реализации усилия затяжки.

**Электронный щуп** применяется для выполнения высокоточных измерений. Максимальная разрешающая способность 0,01 мкм. Электронные щупы обладают высокой точностью, они устойчивы к воздействиям, характерным для промышленной среды, и предназначены для постоянного использования при контроле размеров серийной продукции.

Измерительные стержни щупов монтируются на шарикоподшипнике, они фактически нечувствительны к радиальным усилиям.

Внутренний объем щупа надежно защищен от проникновения твердых и жидких загрязнений герметичным резиновым кольцом.



**Нутромер IMICRO** - самоцентрирующийся и самовыравнивающийся инструмент. В зависимости от модели с помощью нутромера можно измерять диаметр сквозных и глухих отверстий.



109443, Москва,  
ул. Юных Ленинцев, 83, корп. 4, офис 2, 5  
Тел.: (095) 709-9720, (095) 907-9882  
Факс: (095) 709-9720  
E-mail: erni@ntl.ru



# ОАО "МОТОР СИЧ" - НАДЕЖНЫЙ ДЕЛОВОЙ ПАРТНЕР

**Вячеслав Богуслав,** председатель правления, генеральный директор ОАО "Мотор Сич"

**ОАО "Мотор Сич" достойно представляет Украину в мировом сообществе ведущих авиастроительных фирм. Сегодня это современное производство, выпускающее широкое семейство авиационных двигателей для самолетов и вертолетов гражданской и военной авиации. Запорожские моторостроители производят 55 типов и модификаций современных, надежных, высокоэкономичных двигателей, длительное время эксплуатирующихся в 109 странах мира.**



Главная задача коллектива ОАО "Мотор Сич" - изготовление двигателей для летательных аппаратов и наземных установок (газотурбинных приводов и электроустановок), которые могут составить конкуренцию самым современным изделиям ведущих фирм мира.

Сегодня ОАО "Мотор Сич" по уровню своей технической оснащенности является современным предприятием, отвечающим требованиям общемировых стандартов.

На предприятии освоены и внедрены новые технологии изготовления таких деталей, как сложнопрофильные диски компрессоров и турбин, их тонкостенные валы переменной конфигурации, высокоточные шестерни, сложнофасонные камеры сгорания, крупногабаритные корпуса особо сложных форм. В производстве широко применяются станки с числовым программным управлением, специализированное оборудование для электрофизической обработки и упрочнения поверхностей самыми современными методами (прежде всего ультразвуковое, лазерное и плазменное нанесение покрытий), новые технологии в инструментальном производстве, испытательных цехах, заготовительном производстве, контроле и т.п. Широко внедряются CALS-технологии (Continuous Acquisition and Life cycle Support - непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделия), Lom-технология изготовления лопаток и др. деталей на базе систем быстрого прототипирования, которые позволяют автоматически получить физическую копию трехмерной компьютерной модели детали любой сложности, запроектированной с помощью различных систем САПР (CAD/CAM). Все это позволило существенно (в несколько раз) сократить время на подготовку производства и выпуск новых изделий.

Нам принадлежат приоритеты в создании и освоении сложнейших технологических процессов - точного литья крупногабаритных и фасонных деталей, штамповки деталей с использованием энергии взрыва, лазерных технологий.

На предприятии изготавливаются более 2100 наименований точных литых заготовок из конструкционных сталей, жаропрочных и титановых сплавов, в т.ч. лопатки, сектора, колеса турбин, сопловые аппараты, которые отливаются без припуска по поверхнос-

тям газозвдушного тракта со стабильными геометрическими размерами, высоким качеством поверхности и заданными прочностными характеристиками.

Электронно-лучевая сварка является одним из экономичных и конструктивно надежных методов получения узлов даже из высоконагруженных вращающихся деталей, в связи с чем она получила широкое применение в производстве двигателей. Такой сваркой изготавливают около ста наименований деталей и узлов из различных алюминиевых, жаропрочных никелевых и титановых сплавов, а также хромоникелевых сталей.

Электроэрозионная обработка короткой дугой (ЭЭОКД) используется для удаления припуска энергией низковольтного квазистационарного дугового разряда постоянного тока. Среди всех электрофизических и электрохимических методов обработки ЭЭОКД отличается наиболее высокой производительностью. Особенностью данного метода является отсутствие работы оборудования на удар, что делает его незаменимым для удаления прибылей, прилипов, выступающих поверхностей, т.е. тех мест, которые весьма затрудняют работу лезвийного инструмента и могут привести к его поломке. При необходимости данным методом может выполняться и полустационарная обработка.

Эти и другие новые технологии позволяют ОАО "Мотор Сич" производить продукцию высокого качества и надежности.

На предприятии большое внимание уделяется освоению производства новых перспективных двигателей и дальнейшему повышению их эффективности путем создания более экономичных и надежных модификаций.

В настоящее время основу нашей перспективной программы составляют двигатели ТВ3-117ВМА-СБМ1, ВК-1500, ВК-2500, Д-27, Д-436Т1/ТП, АИ-222-25, АИ-22, АИ-450.

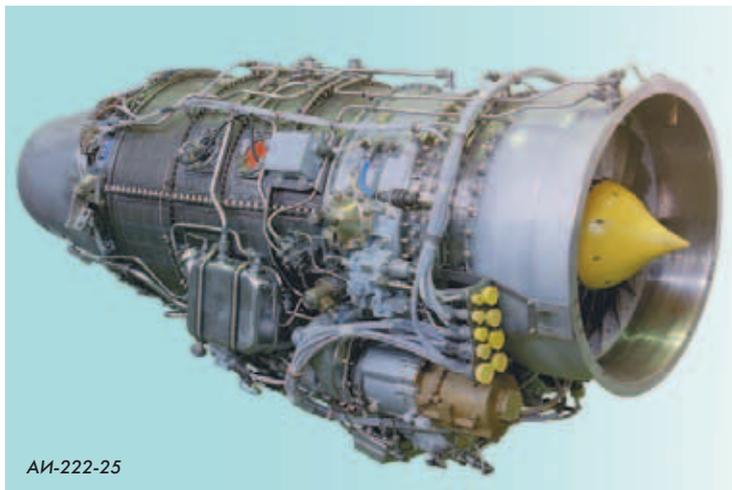
Одно из приоритетных направлений деятельности предприятия - производство сертифицированных трехвалных турбореактивных двигателей семейства Д-436Т1/ТП. Базовый вариант двигателя предназначен для ближнемагистрального пассажирского самолета нового поколения Ту-334.

Также ОАО "Мотор Сич" ведет работы по подготовке серийного производства первого в мире



маршевого турбовинтовентиляторного двигателя Д-27 для широкофюзеляжного военно-транспортного самолета Ан-70.

Большие надежды компания связывает с вертолетным двигателем АИ-450, обеспечивающим мощность на взлетном режиме 465 л.с., а на чрезвычайном - 550 л.с. Двигатель создан ГП ЗМКБ "Прогресс" при участии нашего предприятия, которое изготовило первые его образцы. Первый запуск двигателя состоялся в январе 2002 г. В настоящее время он успешно проходит программу стендовых испытаний. АИ-450 предназначен для установки на новый вертолет ОКБ Н.И. Камова Ка-226, который является результатом глубокой модернизации хорошо зарекомендовавшего себя вертолета Ка-26, а также для вертолетов АНСАТ и Ми-2. Необходимо отметить, что производство вертолета Ка-226 будет осуществляться как в России, так и в Украине, а именно - на нашем предприятии. В перспективе предусматривается создание турбовинтовой модификации двига-

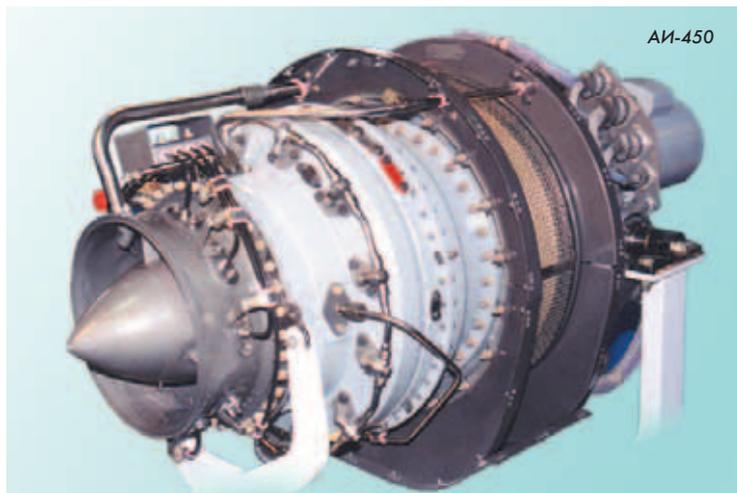


АИ-222-25

ВК-1500 укомплектован новой электронно-гидромеханической системой регулирования и контроля, которая обеспечивает оптимизацию его эксплуатационных характеристик и учет нагрузки. В конструкцию двигателя и винта заложены конструктивные решения, обеспечивающие получение низкого уровня шума и эмиссии. Сертификацию двигателя планируется завершить в 2003 г. На базе двигателя ВК-1500 разработаны его турбовальные модификации ВК-1500ВК/ВМ.

7 ноября 2002 г. состоялся первый запуск двигателя ВК-1500ВМ, призванного заменить ветерана ТВ2-117 на вертолетах Ми-8, а его модификация ВК-1500ВК может быть установлена на вертолеты Ка-60 и Ка-62.

Мы производим качественный капитальный ремонт выпущенных изделий. На ОАО "Мотор Сич" успешно восстанавливают дорогостоящие детали и узлы с применением передовых технологий - плазменного и газопламенного напыления, электронно-лучевой сварки, детонационного напыления. Выполня-



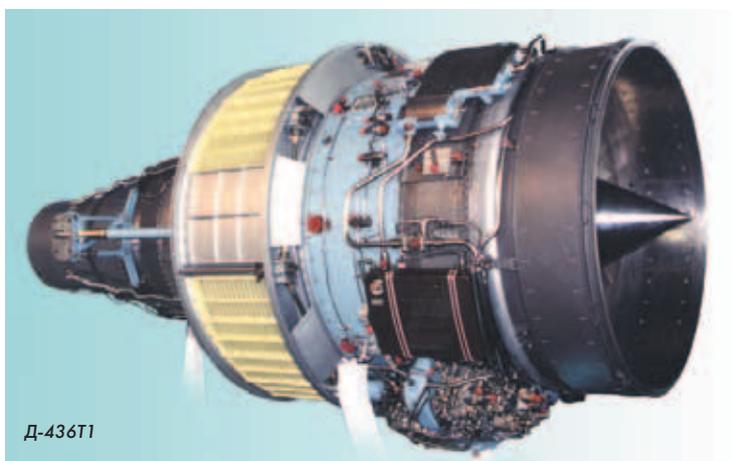
АИ-450

теля АИ-450, которая сможет найти свое применение на легких самолетах, таких, например, как самолет авиации общего назначения Як-58 или УТС Су-49.

Высокие параметры газогенератора двигателя АИ-450 позволяют в дальнейшем создать на его базе целое семейство двигателей различных типов и назначений.

Учитывая перспективы изменения и тенденции по списанию парка старых самолетов, ожидается повышенный спрос на многоцелевые самолеты, неприхотливые в эксплуатации и способные действовать с неподготовленных аэродромов. Двигатели этих самолетов должны иметь высокую эффективность, быть простыми в эксплуатации и обладать высокими показателями надежности.

Таким требованиям полностью удовлетворяет двигатель ВК-1500, разработанный ЗАО "Двигатели "Владимир Климов - Мотор Сич" (ВК - МС) на базе газогенератора ТВ3-117ВМА. Двигатель имеет взлетную мощность 1500 л.с. и предназначен для установки на самолеты Ан-38, Ан-3, Бе-132, а также для модернизации самолета Ан-2.

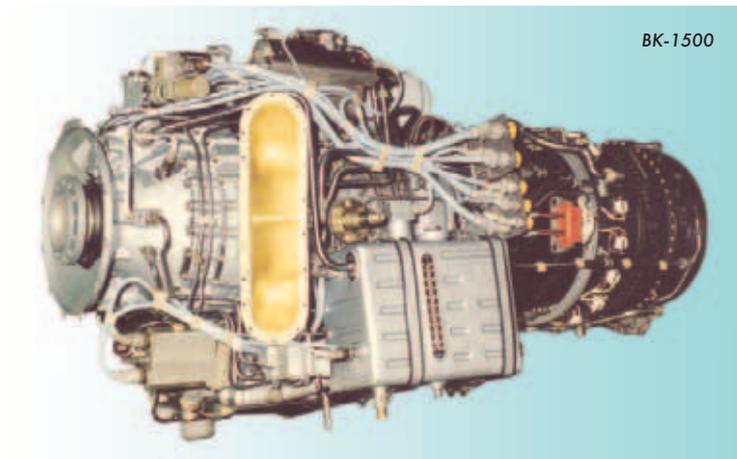


Д-436Т1

ется восстановление двигателей средним ремонтом. Компания располагает мощным испытательным комплексом с уникальными стендами для обширной номенклатуры двигателей.

Развитая и отлаженная система сервиса поставляемой заказчиком продукции позволяет оказывать в высшей степени конкурентоспособные услуги по послепродажному обслуживанию двигателей практически в любой точке мира.

Все это свидетельствует о том, что ОАО "Мотор Сич" является надежным деловым партнером, готовым к взаимовыгодному сотрудничеству. **П**



ВК-1500

**ОАО "Мотор Сич"**  
**69068, г. Запорожье, ул. 8-го Марта, 15.**  
**Тел.: 380 (612) 61-47-77**  
**Факс: 380 (612) 65-58-85**  
**E-mail: motor@motorsich.com**  
**http://www.motorsich.com**



# ГЕНЕРАЛЬНЫЙ КОНСТРУКТОР СЕРГЕЙ КОНСТАНТИНОВИЧ ТУМАНСКИЙ

Лев Берне

Если ехать по дороге Смоленск-Витебск, то недалеко от развилки с Минским шоссе встретится указатель - село Туманское. Это родовое гнездо дворян Туманских.

К концу XIX века семья сильно обеднела, поместье было заложено и перезаложено. И одному из представителей некогда знаменитой фамилии - Константину Николаевичу Туманскому - пришлось довольствоваться скромной должностью чиновника в не очень престижном акцизном управлении (сегодня аналогичная организация называется налоговой инспекцией), расположенном сравнительно недалеко от села Туманское - в Минске.

Вскоре Николай женился на мещанке - Екатерине Алексеевне Щелкиной, получившей хорошее "домашнее" образование: она свободно владела французским и английским, была отменно грамотна, очень мило музицировала. Довольно быстро семья выросла: один за другим появились на свет шесть сыновей и дочь. Жалование акцизного чиновника было небольшим, о шикарной жизни и думать было нельзя, но Туманские не слишком тяготились бытом: они считали, что главное - дать детям хорошее образование. Екатерина Алексеевна, женщина высокой культуры, многое передала детям и, как было принято в дворянских семьях, дома французский язык был обязательным. Несмотря на сложную жизнь, связанную с постоянными переездами из одного города в другой, семья жила очень дружно.

Но вот в размеренную, можно сказать, счастливую жизнь пришло несчастье. Едва родился самый младший из сыновей - Левушка, как скоропостижно скончался глава семьи Константин Николаевич. Все заботы о семье легли на плечи Екатерины Алексеевны, помогали сыновья, рано начавшие работать. И хотя положение сильно изменилось - достатка уже никогда не было, все дети получили образование.

Летом 1918 г. в разгар Гражданской войны семья Туманских оказалась в Тамбове - городе, где появился один из первых русских аэродромов, где работала одна из первых школ летчиков. Сергея Туманского еще раньше поразил вид летящего аэроплана, а над Тамбовом они летали почти каждый день. Очевидно, романтика авиации, материальные сложности в семье и юношеский максимализм заставили Сергея принять серьезное решение: уйти

из гимназии и добровольцем вступить в Красную Армию, в 1-й Тамбовский авиаотряд.

Смышленный гимназист быстро освоил авиационную технику и получил, как ему тогда казалось, высокое звание - младший моторист. В сентябре 1918 г. авиаотряд был реорганизован в 5-й разведывательный и направлен на Восточный фронт.

В декабре 1918 г. в отряд пришла разрядка на курсантское место в школу радиотехников во Владимире. В сопроводительном документе указывалось, что кандидат должен обладать элементарными знаниями по математике и физике. И хотя командир отряда отпустить Сергея не хотел, тот все же сумел уговорить начальство. Впрочем, подействовало еще одно обстоятельство: в отряде других мотористов со столь "высоким" образовательным уровнем - 6 классов классической гимназии - не было.

Быстро промелькнули четыре месяца курсантской жизни, и свежеспеченный электромеханик получил новое назначение. Туманского направили на службу на радиостанцию штаба Западного фронта. Здесь Сергей Константинович капитально освоил новую для себя специальность радиотехника. Надо отметить, что знания в области радиотехники и электротехники очень пригодились ему в дальнейшем. Недаром Туманский первым из двигателистов применил на своем двигателе электронную систему управления.

К лету 1920 г. в авиации Красной Армии появилось новое подразделение - 1-й отряд "Гром", в состав которого входили знаменитые "Ильи Муромцы". Это были самые большие в то время четырехмоторные бомбардировщики с сильным оборонительным вооружением. На одном из "Муромцев" командиром летал старший брат Сергея - один из первых русских летчиков-испытателей Алексей Константинович Туманский. Он взял брата в свой экипаж.

В то время механики и мотористы принимали участие в полетах на четырехмоторных машинах в качестве пулеметчиков и бомбардиров. Сергей Туманский во время боевых вылетов неоднократно проявлял самообладание, смелость и решительность. В одном из полетов на самолете возник пожар. Сергею пришлось выбраться на плоскость и, рискуя жизнью, погасить огонь. Самолет благополучно вернулся на свой аэродром. Несколько раз ему пришлось отбивать атаки вражеских истребителей, ведя огонь из пулемета.

Накануне пятидесятилетия Октябрьской революции на торжественном собрании коллектива завода "Союз" Сергею Константиновичу Туманскому за проявленную отвагу во время Гражданской войны был вручен орден "Красной звезды".

После окончания войны Туманский поступил в престижную тогда Петроградскую военно-техническую школу ВВС. Окончив ее в 1922 г., он продолжал службу в строевых частях в качестве техника. Но у него была заветная мечта стать авиационным инженером. Надо сказать, что в то время сын дворянина мог получить высшее образование, только имея определенный стаж службы в армии. Более пяти лет Туманский прослужил старшим техником в различных авиаотрядах, на различных аэродромах, в том числе



Командиры и красноармейцы из отряда "Муромцев"

на Туркестанском фронте. Для будущего конструктора это была замечательная школа. Заработав необходимый "пролетарский" стаж, в 1927 г. Сергей Константинович сдал положенные 23 (!) вступительных экзамена и поступил в Военно-воздушную академию им. проф. Н.Е. Жуковского.

В то время академия была единственным в стране высшим учебным заведением, выпускавшим авиационных инженеров. Поэтому неудивительно, что ее окончили многие отечественные авиационные конструкторы и руководители авиационной промышленности. На одном курсе с Сергеем Константиновичем учились Петр Васильевич Дементьев, впоследствии министр авиационной промышленности, Александр Николаевич Пономарев, впоследствии генерал-полковник, заместитель главкома ВВС. В те годы многие слушатели академии параллельно с учебной занимались проектированием и постройкой летательных аппаратов. Александр Сергеевич Яковлев, который сделал первые шаги в конструировании летательных аппаратов в стенах академии имени Н.Е. Жуковского, также был однокурсником Туманского. А незадолго до них, в 1926 г. ВВА окончил С.В. Ильющин, который построил свой первый планер в цехе учебно-опытного завода академии.

В процессе обучения Сергей Константинович получил глубокую теоретическую подготовку, подкрепившую тот большой практический опыт, который он накопил в строевых частях. Анализируя схемы двигателей, их особенности и причины, приводившие к отказам, Туманский стал задумываться над созданием мотора собственной конструкции. В рамках конкурсного задания Осоавиахима вместе с Пономаревым, Федоровым и Сеничкиным он спроектировал небольшой мотор ТУПФСЕН (Туманский, Пономарев, Федоров, СЕНичкин). Проект был признан одним из лучших, и всей группе присудили денежную премию. Так был сделан шаг на нелегком пути конструкторского творчества, которое впоследствии стало для С.К. Туманского главным делом жизни.

Окончание академии совпало с существенным оживлением в отечественном авиационном двигателестроении. Выпускник С.К. Туманский был направлен в недавно созданный ЦИАМ на должность старшего инженера и стал ведущим по мотору М-22. Последний представлял собой лицензионное воспроизведение двигателя "Юпитер VI" французской фирмы "Гном-Рон" и предназначался для нового советского истребителя И-4 (АНТ-5). Изготовление М-22 было поручено запорожскому заводу № 29.

Как обычно, при внедрении нового мотора в серию возникали десятки вопросов. Двигатель имел множество дефектов, и надежность его оставляла желать лучшего. Заводчане недоумевали: "Юпитер VI" французского производства на стенде работал совершенно нормально, а его отечественную копию М-22 постоянно преследовали дефекты. Сергей Туманский неоднократно бывал на запорожском заводе и довольно быстро понял, что причина недостаточной надежности двигателя крылась в неотлаженности технологических процессов. При изготовлении и "Юпитера VI", и М-22 многие операции механической обработки и сборки требовали тонких ручных пригонок. Выполнять эти работы с высоким качеством могли только мастера и рабочие высочайшей квалификации, а таких в Запорожье остро не хватало. Но постепенно технологии были освоены, и ситуация с надежностью мотора пришла в норму. Для Сергея Туманского сопровождение освоения в производстве М-22 оказалось отличной школой. Кроме того, он хорошо изучил запорожский завод. Двигатель М-22 оставался в производстве вплоть до 1935 г., всего было изготовлено более 3500 экземпляров.

Однако совершенствование авиационной техники в тридцатые годы происходило бурными темпами, и вскоре для новых самолетов потребовались более мощные и совершенные моторы. Двигателей отечественной конструкции, за исключением М-34, не было, поэтому руководство страны приняло решение о закупке самых перспективных моторов за рубежом. Впоследствии предполагалось выбрать наиболее подходящие для производства по лицензиям. С этой целью в 1932 г. во Францию и США были командированы комиссии моторостроителей.

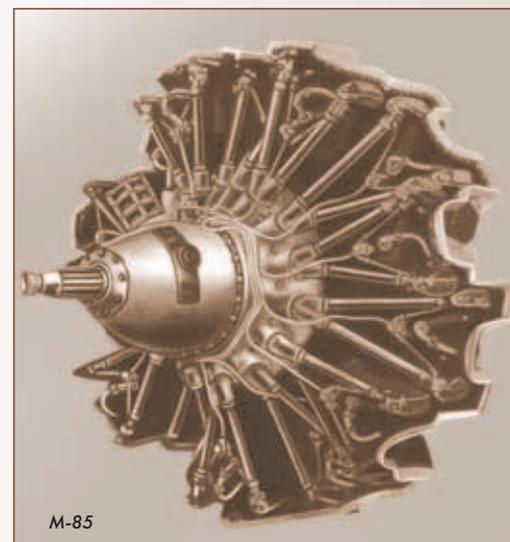
Делегацию, направленную во Францию, возглавлял один из наиболее авторитетных советских авиационных двигателистов В.Я. Климов. Он рекомендовал закупить лицензию на изготовление 14-цилиндрового двухрядного звездообразного двигателя Гном-Рон "Мистраль Мажор" 14Kdrs взлетной мощностью 850 л.с. при массе 600 кг. При освоении в производстве на заводе № 29 мотор получил наименование М-85. Двигатели этого типа устанавливались на дальние бомбардировщики ДБ-3, пассажирские самолеты АНТ-35 и опытные истребители. Серийное производство М-85 началось в 1935 г., а в 1936 г. была освоена его модификация - М-86, разработанная запорожскими конструкторами под руководством Аркадия Сергеевича Назарова. В апреле 1939 г. экипаж известного летчика-испытателя В.К. Коккинаки на самолете ЦКБ-30 "Москва" с двумя двигателями М-86 совершил перелет Москва - Северная Америка через Гренландию, преодолев 8000 км (6151 км по прямой) со средней скоростью 348 км/ч, что расценивалось как грандиозный успех не только отечественной, но и мировой авиации. В то время отношения с Японией у СССР были довольно напряженными (инцидент на Халхин-Голе), поэтому в одной из столичных газет вскопоре появилось хлесткое четверостишие:

*"Если надо, Коккинаки  
долетит до Нагасаки,  
и покажет он Араки,  
где и как зимуют раки..."*

Необходимость дальнейшего повышения мощности и высоты моторов привела в 1937 г. к созданию следующей модификации М-87. По сравнению с М-86 расчетная высота нового двигателя была увеличена с 3850 до 4700 м, а номинальная мощность у земли - до 800 л.с. Взлетная мощность составляла 950 л.с. И хотя все три мотора производились серийно, их судьба время от времени повисала на волоске: многочисленные отказы приводили к авариям и катастрофам самолетов. Самые крупные неприятности были связаны с поломками редуктора и приводного центрального нагнетателя (ПЦН).

Выявился недосмотр членов закупочной комиссии, которые в свое время не обратили внимания на то, что большинство подшипников фирма "Гном-Рон" не производила сама, а покупала в Англии. Английские машиностроители недаром славятся высоким мастерством: их подшипники (да еще шведские) считались лучшими в мире. В СССР в тридцатые годы тоже наладили производство шарикоподшипников, но добиться микронных точностей, которыми отличались английские подшипники, долгое время не удавалось. Следует признать, что отечественные подшипниковые заводы нередко поставляли мотористам бракованную продукцию. Не лучше складывалось положение и с многими материалами: алюминием, высококачественной сталью и пр.

Обилие дефектов у двигателей семейства М-85 вызвало раздражение "наверху". По сложившейся в то время горькой традиции за производственные неудачи отвечали головой директора и главные конструкторы советских заводов. Надо сказать, что А.С. Назаров предпринимал все мыслимые усилия, чтобы исправить положение, но летные происшествия не прекращались. Руководство Главного управления авиационной промышленности наркомтяжпрома (наркомата авиационной промышленности



М-85



И-180

еще не существовало) приняло решение сменить главного конструктора на заводе № 29. Назарова перевели на Воронежский завод, но проработал он там недолго, так как был арестован.

Главным конструктором завода № 29 в феврале 1938 г. назначили Сергея Константиновича Туманского. Принимая это решение, руководство главка руководствовалось тремя соображениями: Туманский хорошо знал завод, его сильные и слабые стороны, был там практически своим; он имел отличную профессиональную подготовку, обладал обширными конструкторскими знаниями; и, главное, Сергей Константинович зарекомендовал себя умелым руководителем.

Первоначальные предположения, что отказы моторов происходили из-за отклонений от технологии изготовления, не оправдались: все детали точно соответствовали чертежам. Пришлось искать причины дефектов в другом. Работая в ЦИАМ, Туманский тесно сотрудничал с выдающимися учеными-прочнистами Нейманом и Кинасошвили. Именно они натолкнули молодого руководителя на правильное решение. Столкнувшись со случаями разрушения моторов, вызванными крутильными колебаниями, Сергей Константинович решил для начала капитально исследовать работу мотора на соответствующих режимах. После проведения испытаний на динамическом стенде системы "воздушный винт - редуктор - коленчатый вал - ПЦН" удалось выявить режимы, близкие к резонансным, когда амплитуда колебаний в элементах системы резко возрастала и соответственно росли напряжения в конструкции вала. Подбором противовесов уже к осени 1938 г. опасное явление удалось ликвидировать.

Помимо бомбардировщиков ДБ-3 моторы М-87 устанавливались на истребители И-180, бомбардировщики ББ-1 (Су-2) и некоторые другие самолеты. Для улучшения летных данных самолетов потребовалось дальнейшее увеличение мощности двигателя и одновременно - повышение его высотности. С этой целью осенью 1938 г. С.К. Туманский ввел соответствующие конструктивные изменения в базовый мотор М-87. Так, для увеличения мощности были усилены картер, коленчатый вал и шатуны. Изменялись и агрегаты топливной системы: мотор оборудовался карбюратором производства завода № 33 и, главное, вместо одной вводились две подкачивающие бензопомпы типа БНК. Модернизированный двигатель получил обозначение М-87Б. Этот тип мотора стал как бы переходным к следующей модификации М-88.

В 1938 г. сложилась сложная ситуация с новым перспективным истребителем И-180 конструкции Н.Н. Поликарпова, который по плану должен был начать полеты до наступления Нового года. Несмотря на выявленные на земле многочисленные серьез-

ные недостатки и дефекты опытной машины, подгоняемое сроками руководство завода № 1 приняло опрометчивое решение о совершении первого полета. Ведущим летчиком-испытателем по И-180 являлся Валерий Павлович Чкалов.

В качестве представителя моторного завода С.К. Туманский направил на завод № 1 начальника испытательной станции завода № 29 Евгения Абрамовича Гинзбурга. Последний лично проводил контрольные проверки всех опытных моторов, предназначенных для летных испытаний. При знакомстве с машиной ему сразу бросилось в глаза, что на моторе установлена всего одна бензопомпа вместо двух. Гинзбург тут же сообщил об этом ведущему инженеру завода № 1 по испытаниям Николаю Лазареву и поинтересовался, кто разрешил снять вторую помпу, ведь на стенде мотор проходил испытания и отладку с двумя бензопомпами. Лазарев ответил, что решение о демонтаже было принято из-за необходимости установки насоса для гидравлики и что "раньше всегда летали с одной бензопомпой". Не удовлетворившись таким наивным объяснением, Гинзбург в формуляре двигателя записал: "В связи с отсутствием на двигателе одной бензопомпы полеты запрещаются". Кроме того, Гинзбург обратил внимание на отсутствие жалюзи, предназначенных для регулирования потока воздуха, который обдувает цилиндры двигателя во время полета. Несмотря на то, что самое высокое начальство пыталось заставить Гинзбурга "дезаурировать" запись в формуляре, он, посоветовавшись по телефону с Сергеем Константиновичем, все оставил без изменений.

Таким образом, накануне первого вылета И-180 вопреки всем правилам полетный лист не был подписан представителем моторного завода. 15 февраля 1938 г. в Подмосковье сильно похолодало - температура воздуха опустилась до -25 °С. И все же, несмотря на запретительную запись в формуляре, отсутствие регулирующих жалюзи и низкую температуру воздуха Чкалов все-таки поднял И-180 в первый полет. По заданию он должен был после взлета сделать круг над аэродромом на высоте 600 м. Продолжительность полета должна была составить 10-15 мин. А как же проходил этот трагический полет на самом деле? Вот свидетельства авторитетных пилотов. "Чкалов совершил полет по "коробочке" (по кругу), затем полетел по очень большому кругу, вдаль от границ аэродрома" (М.М. Громов). "Встретил Чкалова на высоте 2000-2500 м" (В.К. Коккинаки). "Чкалов... стал снижаться, сбавив газ. Но до аэродрома было еще далеко" (А.В. Беляков).

Увы, Валерий Павлович грубо нарушил летную дисциплину, и это дорого ему обошлось. Когда до аэродрома оставалось менее одного километра, летчик увидел, что высоты не хватит. Чкалов, очевидно, решил "подтянуть" двигателем. Надо сказать, что все моторы того времени, а особенно двигатели воздушного охлаждения с высокой степенью наддува, обладали общим специфическим недостатком: они не допускали резкого перехода с режима малого газа на режим максимальных оборотов. При резкой даче газа двигатель останавливался. Это явление усугублялось при низких температурах воздуха и интенсивном обдуве цилиндров. Авторотирующий винт создал дополнительное сопротивление. Далее известно: до аэродрома было еще 500 м, когда И-180 врезался в какой-то склад...

Через два часа после катастрофы в Запорожье поступил приказ: главному конструктору С.К. Туманскому и директору завода № 29 В.В. Чернышеву (с 1947 г. - директор Тушинского машиностроительного завода, позже названного его именем) прибыть в Москву. Понимая, что этот приказ означает, Вера Ивановна - жена Сергея Константиновича Туманского - категорически заявила: "Сереза, я лечу с тобой!" На аэродроме в Москве "запорожцев" ждали и сразу повезли в гостиницу "Москва", приказали никуда не выходить...

О дальнейших событиях довольно подробно рассказал Е.А. Гинзбург: "Утром 15 декабря я вместе со Степаном Супруном после отладки мотора, кстати, точно такого же, как и на И-180, на двухместном истребителе ДИ-6 конструкции С.А. Кочергина поднялся в воздух для контрольного полета. Как только сели, механик



Су-2

Супруна сказал, что произошла катастрофа с И-180 и погиб Чкалов. Вначале я даже ушам не поверил: как могли без меня выпустить самолет в такой ответственный полет. Поняв, что это правда, я зачем-то рассказал Супруну о своей записи в формуляре двигателя. "Ты знаешь, именно эта записка и может спасти тебя!" - тихо ответил он, понимая, что подобные катастрофы просто так тогда не заканчивались.

Заседание аварийной комиссии началось в три часа дня, а меня вызвали в три часа ночи. Нетрудно представить, чего мне стоило это двенадцатичасовое ожидание; я вошел туда уже с седьмыми висками. Хотел было начать отвечать на вопросы, но тут Супрун предложил сначала зачитать, что записал представитель главного конструктора в формуляр двигателя.

Михаил Михайлович Громов зачитал мою записку в формуляре. Никаких вопросов мне не задавали, и председатель комиссии Алексеев сообщил, что я свободен и тут же добавил: "Во дворе стоит моя машина, садись и немедленно уезжай в гостиницу. Там тебя ждут Туманский и Чернышев". Они, конечно, не спали. Никак не ожидали меня увидеть. Рассказал все, а утром все вместе улетели в Запорожье.

Думаю, что с двумя бензопомпами мотор И-180, скорее всего, не заглох бы, он лучше бы "забирал" с малого газа. Именно учитывая его приемистость, мы и рассчитывали мотор на расход топлива двумя помпами".

В начале 1939 г. на заводе № 29 был собран новый мотор

М-88 с существенно увеличенными взлетной мощностью (1100 л.с.) и высотой. Помимо усиления отдельных деталей, улучшения условий охлаждения (например, на поршнях ввели оребрение боковых внутренних поверхностей, увеличили оребрение головки и гильзы цилиндра), конструкторы существенно изменили систему наддува, применив двухскоростной нагнетатель. Практически все агрегаты заменили более совершенными, пересмотрели их расположение и приводы к ним. Мотор М-88 по мощности и номинальной удельной массе вышел на уровень зарубежных двигателей аналогичного класса.

Под руководством С.К. Туманского в ОКБ-29 были спроектированы модифицированные моторы М-88А и М-88Б. Их отличия определялись в основном спецификой самолетов, на которые они устанавливались (двигатели сопрягались с различными самолетными агрегатами и, соответственно, имели разную обвязку). Мотор М-88Б вошел в число основных двигателей, на которых воевала наша авиация во время Великой Отечественной войны. Но в начальный период производства и эксплуатации М-88 выявилось немало проблем, требовавших скорейшего решения. С.К. Туманский методично, один за другим, устранял дефекты новых двигателей, в том числе и вызванные недостатками технологий.

Основным "потребителем" моторов М-87 и М-88 накануне войны оказался серийный ильюшинский бомбардировщик ДБ-3. Постановлением правительства № 226 С.В. Ильюшин был обязан представить к 1 сентября 1939 г. улучшенный вариант бомбардировщика ДБ-3Ф ("форсированный") с моторами М-88. Ожидалось, что машина сможет летать на высоте 7000 м со скоростью 475...485 км/ч, а ее дальность достигнет 4000 км. Из-за неготовности двигателей М-88 первый опытный ДБ-3Ф построили с моторами М-87Б. Самолет прошел госиспытания в сентябре 1939 г. (ведущий летчик старший лейтенант Дудкин, ведущий инженер военинженер 2 ранга Мируц) и был рекомендован к серийному производству... с двигателями М-88! В заключении по госиспытаниям главному конструктору С.В. Ильюшину предписывалось предъявить ДБ-3Ф



ДБ-3Ф

с М-88 на госиспытания к 10 октября 1939 г. Реально бомбардировщик прибыл в НИИ ВВС только 12 декабря, а 25 декабря был с испытаний снят из-за недоведенности винтомоторной группы.

Вот так - решение о серийном производстве принято, самолетостроительный завод № 39 получил соответствующее задание, а машины фактически нет. В январе 1940 г. на опытный самолет установили двигатели М-88 со 100-часовым ресурсом. Но первые же полеты закончились удручающе: масло быстро перегревалось, моторы выбрасывали его через дренажные отверстия, а головки цилиндров при работе двигателя на пониженных режимах, наоборот, переохлаждались.

Туманский объяснял: переохлаждение мотора происходит из-за того, что самолетчики волевым решением увеличили диаметр входного отверстия капота и к тому же не снабдили его регулируемыми жалюзи (как будто не было катастрофы Чкалова). Перегрев масла Сергей Константинович брался устранить быстро, заменив два восьмидюймовых маслорадиатора одним, но большего диаметра.

26 марта 1940 г. опытный ДБ-3Ф был наконец доведен до нормального состояния и предъявлен экспертной комиссии. Комиссия сочла нецелесообразным передавать его на госиспытания ввиду того, что машина подвергалась неоднократным переделкам, ее поверхности и лакокрасочное покрытие получили заметные повреждения, поэтому продемонстрировать высокую максимальную скорость она уже не могла. Решили предъявить на испытания специально подготовленный серийный бомбардировщик. Увы! Вместо обещанных 470-480 км/ч самолет продемонстрировал всего 430 км/ч на высоте 6600 м и, кроме того, имел совершенно неудовлетворительную высотность. А ведь на опытном ДБ-3Ф с менее мощными моторами М-87Б была достигнута максимальная скорость 450 км/ч. Только в результате изнурительной доводки во второй половине 1940 г. максимальную скорость серийных машин удалось повысить на 15..20 км/ч, но выполнить требования постановления правительства № 226 от 1939 г. так и не удалось.

У С.В. Ильюшина назревали крупные неприятности. Но осенью 1940 г. его ОКБ уже практически закончило создание штурмовика БШ-2 (будущего Ил-2), получившего достаточно высокую оценку военных. Главными виновниками злключения ДБ-3Ф решили сделать двигателистов. Из-за ненадежной работы мотор М-88 сняли с производства (временно), а главного конструктора С.К. Туманского отстранили от должности и вернули на прежнее место в ЦИАМ. Так, без фанфар, закончился первый этап конструкторской деятельности Сергея Константиновича. На Запорожском заводе № 29 его сменил главный конструктор Е.В. Урмин.

(Продолжение в следующем номере)

Технические данные моторов семейства М-85				
Характеристика	М-88	М-86	М-87	М-88
Год выпуска	1935	1936	1937	1939
Число цилиндров	14			
Диаметр цилиндра, мм	146			
Ход поршня, мм	165			
Рабочий объем, л	38,64			
Степень сжатия	5,5	5,5	6,1	6,1
Масса мотора, кг	600	610	640	684
Мощность на взлетном режиме, л.с.	850	950	950	1100
Мощность на номинальном режиме, л.с., на высоте, м	800 3850	800 3850	950 4700	1000 6000
Удельная масса, кг/л.с.	0,705	0,642	0,673	0,622
Литровая мощность, л.с./л	21,9	23,9	23,9	28,5

# ДВОРЕЦ ТЕХНИКИ СССР

## И СУДЬБА ДВИГАТЕЛЯ М-4 ИЗ ЕГО КОЛЛЕКЦИИ

**Екатерина Иванова**, научный сотрудник Политехнического музея  
**Владимир Котельников**, доцент МАИ

**В Стране Советов после всех войн, революций и разрухи начала XX века многое пришлось создавать заново. Одновременно с грандиозными новостройками, призванными поднимать экономику страны на новый, передовой по мировым оценкам уровень, рождались проекты, пропагандирующие новую жизнь. Среди последних известен проект Дворца Советов. А вот идея создания грандиозного Дворца Техники СССР (а только проекты этого сооружения были представлены в 25 вариантах!) до сих пор оставалась как бы в тени.**



Фото из фонда Политехнического музея.  
Публикуется впервые

В начале 30-х годов прошлого века в Москве была предпринята масштабная попытка создать национальный музей науки и техники. Н.И. Бухарин, автор концепции "технической пропаганды", инициировал проект гигантского комплекса, состоящего из Музея истории техники и Выставки достижений советской техники. И вот, 5 августа 1931 г. Политбюро ЦК ВКП(б) принимает постановление о технической пропаганде, ставшее основой для принятия решения о создании в системе Наркомтяжпрома СССР специального Управления, которое должно было координировать и осуществлять работы по строительству Центрального музея техники и Всесоюзной постоянной выставки техники.

Управление приступило к выбору участка под строительство концептуально нового для нашей страны и крупнейшего в мире музея. Наиболее удачным была признана площадка в районе Бутырского хутора, но в июне 1932 г. это решение было пересмотрено, и был отведен участок площадью около 120 га в Хамовниках вдоль берега Москвы-реки, напротив Центрального парка культуры и отдыха (границами являлись Крымский мост, линия Окружной железной дороги и улица Большие Кочки). Постановлением ЦК ВКП(б) от 30 мая 1932 г. Центральный музей техники и Всесоюзная постоянная выставка техники были объединены в общий комплекс под названием "Дворец техники".

Дворец техники создавался не только как музей в традиционном понимании, но и как "...комбинат всех наиболее совершенных способов производственно-технической пропаганды и центр изобретательской работы". Такой музей должен был "...максимально воспроизвести технический труд в его оригинальной обстановке, ... должен показать не только машину, но и мастерскую, завод...". Здесь нужно отметить, что попытка построения политехнической экспозиции предпринималась еще в конце XIX века, когда проходили Российские промышленные выставки, в результате одной из которых был организован московский Политехнический музей.

Основной концепцией будущего Дворца-музея стала демонстрация организационной связи различных отраслей народного хозяйства, показ наиболее характерных технологических процессов. Такое деление экспозиции по производственно-технологическому принципу не только позволяло решить задачу показа и техники, и ее истории в "принципиальной противоположности социалистического хозяйства экономике и технике капиталистического мира", но и "сосредоточить усилия на разработке концепции показа ведущих отраслей".

К концу 1932 г. в составе Управления были созданы 17 секторов, и в марте 1934 г. проектирование научного содержания Дворца техники было в основном закончено. Комплектовать будущий музей экспонатами предусматривалось в централизованном порядке. Первые экспонаты (руда из Криворожья и Урала) поступили в апре-

ле 1932 г., затем в июне 1932 г. - экспонаты выставки, подготовленные для XVII партконференции.

"Централизованное" снабжение экспонатами предусматривало и передачу их от других организаций. Можно предположить, что для того времени это являлось общепринятой практикой. Так, коллекция, в которой находился и взятый нами в качестве примера авиационный поршневого двигателя М-4 (тогда именуемый "Авиамотор Испано-Сюиза 8-цилиндровый"), из Автомобильного музея АТИ была передана Военной академии моторизации и механизации РККА, затем Центральному Совету Общества Автотор, а в марте 1933 г. - в формирующееся собрание Дворца Техники СССР.

Проекту крупнейшего в мире технического музея не суждено было осуществиться. С 1934 г. работы, связанные с организацией и проектированием Дворца техники стали свертываться. Это объяснялось не только трудностями финансирования грандиозного проекта, но и опалой Николая Бухарина. В июне 1935 г. Управление по организации и строительству Дворца техники было расформировано. Его имущество было передано Главстройпому НКТП СССР, а экспонаты - на хранение соответствующим музеям и институтам.

Так, двигатель М-4 в сентябре 1935 г. был передан Государственному Политехническому музею и теперь находится на его стенах. Данный экспонат отражает важный этап в становлении отечественного моторостроения. Будучи совершенно рядовым авиационным мотором в момент своего создания, сейчас он является единственным выявленным образцом М-4 и, бесспорно, украшает экспозицию. Как особо ценный памятник науки и техники 30 октября 2002 г. он удостоен сертификата "Памятник науки и техники I ранга".

### История производства двигателя

Двигатель М-4 - первый выпущенный в России авиамотор блочной конструкции. Блочная схема, при которой все цилиндры располагаются в едином узле-блоке, была предложена Ф. Форестом (Франция) в 1889 г. Такая схема обеспечивает уменьшение длины двигателя, упрощение организации охлаждения, повышение жесткости конструкции (что уменьшает износ и расход масла) и снижение массы. Практически, первым мотором блочной схемы стал двигатель Испано-Сюиза 8А, разработанный под руководством М. Биркигта в конструкторском бюро фирмы "Испано-Сюиза" во Франции в начале 1915 г. Развивая далее конструкцию этого двигателя, Биркигт создал серию сходных между собой восьмицилиндровых моторов водяного охлаждения номинальной мощностью 150, 180, 200 и 300 л.с. в редукторном и безредукторном вариантах

Авиамоторы данного семейства (8А и 8F) широко применялись в годы Первой мировой войны, в частности, на истребителях SPAD.

Фирма "Испано-Сюиза" продала лицензии нескольким странам. Так, в США их выпускала фирма "Райт" под наименованием Райт-Е.

В конце 1916 г. лицензия на мотор Испано-Сюиза 8Ав мощностью 200 л.с. была приобретена в России. Однако, освоение производства этих двигателей началось гораздо позже. Лишь осенью 1918 г. работники завода "Гном и Рон" (бывшего филиала французской фирмы "Гном и Рон" в Москве и выпускавшего тогда устаревшие маломощные ротативные моторы), предложили освоить выпуск более современного по схеме и более мощного двигателя Испано-Сюиза. В декабре 1918 г. для Рабоче-Крестьянского Красного Воздушного Флота было заказано 100 моторов "Испано 200 НР". К 1 января 1920 г. Управление ВВС потребовало изготовить два головных образца. Весь 1919 г. ушел на освоение достаточно сложной технологии и подготовку оснастки. Значительные задержки были вызваны нехваткой комплектующих, в частности, магнето, необходимостью практического освоения методов отливки алюминиевых поршней, а также - отъездом из России в 1918 г. французских инженеров, техников и мастеров.

Первый мотор выпустили 31 июля 1920 г. Его объявили подарком II Конгрессу Коммунистического Интернационала. Предприятие к этому времени (с весны 1920 г.) именовалось уже Государственным авиационным заводом № 2 (ГАЗ № 2). Официальные испытания нового мотора завершились 24 марта 1921 г. Двигатель первоначально обозначался в документах "Русский Испано" или "Испано-200" (последнее относилось и к аналогичным моторам французского производства), а позднее, после введения единой системы обозначения авиамоторов в 1923 г., наименование сменилось на М-4 или М4-200. В 1921 г. завод обязывался выпустить 60 моторов, но в апреле из-за низких характеристик, полученных на испытаниях двигателя, ограничились сборкой только тех экземпляров, для которых успели изготовить основные детали. До 1922 г. выпустили 36 двигателей. Отечественные моторы были немного (примерно на 20 кг) тяжелее французского Испано-Сюиза 8Ав. В 1922 г. М-4 сняли с производства как устаревший, поскольку по мощности он уже не удовлетворял требованиям военных. Выпущенные двигатели использовали в качестве запасных для импортных и трофейных самолетов. На заводе ГАЗ № 2 (в настоящее время прямой наследник этого завода - ФГУП "ММПП "Салют") вместо него запустили в серию мотор М-5 мощностью 440 л.с. - копию американского 12-цилиндрового Форд "Либерти". Позднее в России производился еще один авиамотор данного семейства - Испано-Сюиза 8Фб номинальной мощностью 300 л.с. До 1932 г. он серийно выпускался в Запорожье под названием М-6.

#### Конструкция двигателя

Двигатель 8-цилиндровый, V-образный (с углом развала блоков 90 градусов), четырехтактный, водяного охлаждения, редукторный.

Технические данные:

- номинальная мощность	200 л.с.;
- максимальная мощность	220 л.с.;
- внутренний диаметр цилиндра	120 мм;
- ход поршня	130 мм;
- полный рабочий объем	11,76 л;
- степень сжатия	5,3;
- масса сухого мотора	240 кг.

Общей чертой всех этих двигателей является характерный блок с несущей закрытой гильзой (так называемая "схема I") и свободной рубашкой охлаждения. Рубашка герметична, а потому вода не омывает гильзы. Такая конструкция, с одной стороны, обеспечивает простоту герметизации системы охлаждения, с другой - усложняет сборку блока и ухудшает передачу тепла от гильзы к охлаждающей воде. Тепло передается в воду через металл цилиндра и зависит от плотности контакта частей цилиндра. Регулировка глубины посадки каждого цилиндра в гнездо блока производится индивидуально, т.е. ручной подгон-

кой для улучшения теплоотдачи. В связи с этим производство и монтаж такого блока очень сложны, теплоотвод от гильзы - не надежен, и впоследствии фирма "Испано-Сюиза" перешла на схему блока с открытой гильзой.

#### Внешний вид двигателя из экспозиции Политехнического музея

Блоки и их крышки покрыты черной эмалью. Картер округлый неокрашенный, сохраняет естественный цвет алюминиевого сплава с застарелыми масляными потеками. Двигатель смонтирован на металлической раме, прикрепленной болтами к картеру. На носке вала установлено крепление для винта фиксированного шага.

Имеются следующие клейма и надписи:

На картере сверху между блоками выполнено клеймением: "2005". По-видимому, это заводской номер (предположительно 5-й серийный экземпляр).

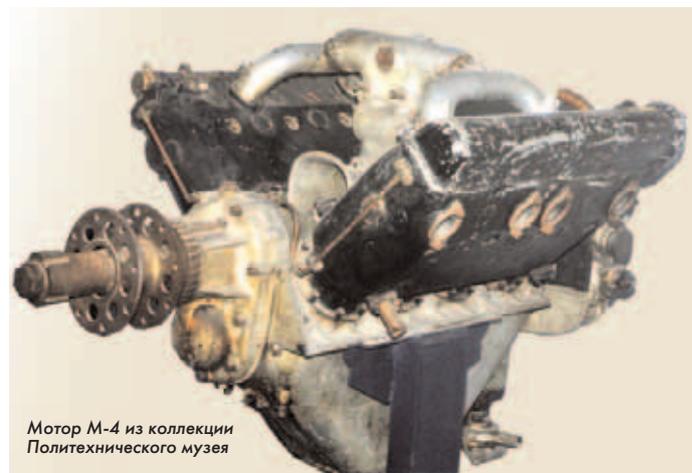
На левом магнето выгравировано: "К° ЗИНГЕРЬ Подольск Моск. Губ." "Типь 4И 8Ц. 1917 г. № 617" - место изготовления магнето (завод "Зингер" в Подольске), тип магнето, год изготовления (1917 г.), заводской номер. Отдельные детали магнето отсутствуют. Свечи и проводка системы зажигания отсутствуют полностью. На правом магнето выгравировано: "К° ЗИНГЕРЬ Подольск Моск. Губ." "Типь 4И 8Ц. 1917 г. № 674" - аналогично левому магнето.

На карбюраторе: "ZENITH завод ГНОМ и РОН" ("ЗЕНИТ завод ГНОМ и РОН"). "Зенит" - тип карбюратора, выпускавшегося по лицензии одноименной французской фирмы.

В отличие от французского прототипа у М-4 отсутствует храповик для пусковой рукоятки в задней части. Данный двигатель, по-видимому, был в эксплуатации, о чем свидетельствуют застарелые масляные подтеки и следы износа. Эмалевое покрытие блоков частично стерто. Сохранность внутренних частей (шатунных, поршневых пальцев и колец, шестерен редуктора, подшипников) неизвестна, поскольку двигатель не разбирался.

Отечественное происхождение мотора из Политехнического музея подтверждается комплектацией агрегатами российского производства (магнето, карбюратор) и небольшими отличиями от двигателя 8Ав. В частности, иначе выполнены днище картера, имеющее лючок вокруг сливной пробки, и его задняя часть, лишенная храповика, устройства ручного запуска и пускового магнето.

*...Стоит обратить внимание всех предприятий, в распоряжении которых имеются в том или ином качестве подобного рода технические раритеты, на их высокую историческую ценность, которая со временем только увеличивается. Сохранение технических свидетельств собственного культурного наследия - вопрос чести всех ныне работающих, а также элемент самосохранения и продолжения собственных замыслов в делах потомков.* П



Мотор М-4 из коллекции Политехнического музея

Данная работа выполнена при поддержке Российского гуманитарного научного фонда. Проект "Социальная история Дворца техники СССР (по неопубликованным материалам из фондов Политехнического музея, государственных и ведомственных архивов города Москвы. 1930-1940 гг.)" № 01-03-00119а

# ВЫСОКОДИНАМИЧНЫЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ ДЛЯ ЗУР И АНТИРАКЕТ

**Валентин Шерстянников**, д.т.н., председатель Межведомственных комиссий по ракетным двигателям в 1965-1980 гг.

В 1960-1980 гг. в нашей стране были созданы ракеты для систем противоракетной и противовоздушной обороны, обеспечившие надежную и эффективную защиту СССР и союзных государств. Эти системы существенно укрепили оборонную мощь страны, что способствовало переходу в 70-х годах к новой политике мирного сосуществования между СССР и США. Основу успеха в этой области заложила разработка высокодинамичных двигателей, легких и экономичных, работающих в условиях значительных вибраций и знакопеременных перегрузок, обусловленных эволюциями ракеты в полете.

Автор настоящей статьи принимал непосредственное участие в создании двигателей и возглавлял межведомственные комиссии по их наземной отработке.

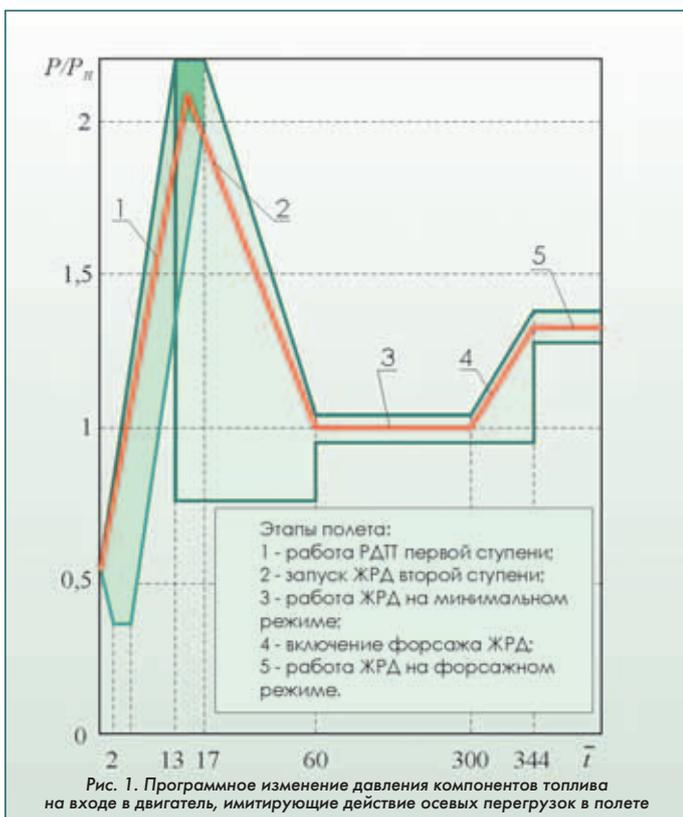
Специалистами ОКБ под руководством выдающегося конструктора академика П.Д. Грушина был создан ряд высокоэффективных ракет ПРО и ПВО. Среди них высокодинамичная ракета дальнего перехвата А-350 и ее модификации, принятые на вооружение в составе Московского кольца системы ПРО, а также высокоманевренные зенитные ракеты средней и большой дальности В-860, 5В55 и их модификации для комплексов войск ПВО и Военно-Морского Флота.

Головные НИИ совместно с двигательными ОКБ принимали непосредственное участие в работах ОКБ П.Д. Грушина в части создания и отработки многорежимных жидкостных и простых в эксплуатации твердотопливных ракетных двигателей. На завершающем этапе отработки двигателей специалисты НИИ возглавляли межведомственные комиссии по их приемке в эксплуатацию. Новые ракетные двигатели обладали высокой надежностью и высокими энергетическими характеристиками.

Рассматриваемые ниже двигатели входили в состав двигательных установок (ДУ) вторых ступеней противоракет и ЗУР А-350, В-860 и их модификаций. Первые ступени этих ракет оснащались твердотопливными ДУ, которые, обеспечив разгон ракеты на начальном участке полета, вместе со ступенью отделялись от ракеты. Вторая ступень, несущая полезную нагрузку, продолжала управляемый полет с помощью жидкостной ДУ, работающей на стабильных компонентах топлива. В процессе полета в составе ДУ функционировали многокамерные ЖРД системы управления ракетой, выполненные по открытой схеме с астатическим регулятором режима, и узлы энергоснабжения бортового оборудования. Двигатели являлись многорежимными с одно- и двукратным запуском на заранее заданный режим, устанавливаемый по сигналу наведения ракеты. Требования к режиму запуска заключались в ограничении градиента нарастания тяги по времени, величины заброса тяги и общего времени выхода на режим ( $t_{0,9 P_{ном}} = 0,5...1,5$  с). Баки всех двигателей были ампулизированы. Двигатели отличались высокой экономичностью и небольшими габаритами, обеспечивающими компактное размещение их на ракете и минимальную массу ДУ. Разработка таких двигателей явилась сложной научно-технической задачей.

Следует отметить, что характерной особенностью условий работы двигателей ракет класса "поверхность-воздух" является наличие значительных знакопеременных перегрузок, вызванных эволюциями ракеты в полете. Для обеспечения непрерывной подачи топлива к двигателям и минимальной величины невыработываемых остатков топлива при воздействии на ракету осевых и боковых перегрузок в баках ДУ устанавливаются специальные системы забора топлива маятникового, сильфонного и центробежного типа. Кроме того, двигатели в составе ДУ при полете ракеты испытывают тепловое, гидравлическое и механическое воздействие, а также воспринимают вибрации и акустические нагрузки от твердотопливных двигателей первой ступени. Значения действующих на элементы конструкции ДУ максимальных суммарных эксплуатационных перегрузок, а также возникающих при переходных режимах работы и старте ракеты ударно-импульсных воздействий превышают 50 g.

Для огневой отработки автономных ЖРД и их межведомственных испытаний (МВИ) НИИ совместно с ОКБ был разработан ряд способов и средств, обеспечивавших гидродинамическое моделирование, а также позволявших имитировать некоторые из указанных выше натуральных условий. К таким средствам, в частности, относится применение на огневых стендах входных топливных трубопроводов и специальных промежуточных расход-



ных баков, моделирующих штатные ракетные топливные магистрали в соответствии с критериями гидродинамического подобия, использование высокодинамичных программных устройств, обеспечивающих периодическое изменение давлений компонентов на входе в двигатель в соответствии с режими изменениями действующих в полете осевых перегрузок (рис. 1). Огневые испытания двигателей в составе ракетных блоков, включая МВИ, проводились на вертикальном огневом стенде, имитировавшем штатное пространственное расположение и крепление двигателей в ракетном блоке и сохранение основных упруго-массовых соотношений, свойственных корпусу ракеты. Это позволило в определенной мере воспроизвести при испытаниях динамические и прочностные характеристики ракетных и двигательных систем, а также действовавшие на них вибрационные нагрузки. Для имитации климатических условий перед запуском производилось термостатирование баков и двигательных отсеков с помощью специальных стендовых систем.

В процессе испытаний был выполнен большой объем измерений. В общей сложности при огневых испытаниях ДУ (в зависимости от решаемых задач и этапа испытаний) регистрировалось до 400 различных переменных параметров. Все применявшиеся измерительные каналы по уровню точности и быстродействия подразделялись на три группы:

- 1) статические каналы с очень узкой полосой пропускания частот (0...2 Гц) и высокой точностью измерения (0,5...1 %);
- 2) динамические каналы со средней полосой пропускания частот (0...100 Гц) и средней точностью измерения (2...5 %);
- 3) динамические каналы для регистрации очень быстрых динамических процессов с полосой пропускания частот (50...3000 Гц) и относительно низкой точностью измерения (10...15 % по амплитуде колебаний).

При испытаниях была получена обширная информация о работе двигателей и ДУ на переходных и установившихся режимах.

Для всех двигателей рассматриваемого типа основными факторами, определяющими условия запуска, являются температура порохового стартера перед началом запуска и величина начального раскрытия проходного сечения регулятора. В процессе испытаний было установлено, что с увеличением температуры заброс тяги существенно возрастает и может достичь опасных значений при недостаточном быстродействии регулятора или при большой величине раскрытия его проходного сечения. Характерным свойством процессов повторного запуска двигателей является заметная зависимость основных показателей процесса от продолжительности паузы между первым выключением двигателя и повторным запуском. При продолжительности паузы более 100 с повторный процесс практически не отличается от предшествующего. При коротких паузах продолжительностью ~ 5 с повторный запуск происходит со сдвигом по времени примерно на 0,2 с и протекает более интенсивно - с заметным забросом давления. Анализ показывает, что данное явление обусловлено неполным опорожнением заклпанных объемов гидравлического тракта двигателя от жидких компонентов при коротких паузах между запусками.

На процесс останова исследовавшихся двигателей внешние факторы влияли значительно слабее. Более существенными здесь являлись режимы работы двигателей перед остановом и интенсивность послепусковой продувки. Поэтому при огневой отработке процесса останова эти факторы варьировались и по ним задавались наиболее напряженные условия. Останов двигателей осуществлялся путем отсечки подачи окислителя в газогенератор, при этом остальные гидромагистрали двигателя в течение всего переходного процесса оставались открытыми. В процессе испытаний время уменьшения тяги от ~ 100 до 15 % от номинального значения во всех случаях не превышало ~ 0,5 с. Дальнейший спад тяги до уровня ~ 2 % затягивался, но не превышал ~ 3 с, что соответствовало требованиям ТЗ.

В процессе выполнения работ были применены разработанные методики и программы огневых и холодных испытаний

двигателей и ДУ, предусматривавшие разнообразные сочетания внешних факторов и режимов работы двигателей и соответствовавшие натурным условиям и программам работы двигателей при полете ракеты, а также огневые испытания ракетных блоков с ДУ после вибрационных испытаний, имитировавших виброперегрузки от работающих двигателей первой ступени. Анализ результатов показал, что основные параметры переходного процесса (время выхода на режим, величина заброса тяги при запуске и время спада тяги при выключении), полученные при автономных испытаниях двигателей, в составе ДУ и при летных испытаниях ракет, соответствуют друг другу и удовлетворяют требованиям ТЗ (рис. 2). Это свидетельствовало об эффективности примененных методов наземной отработки и созданного испытательного оборудования, позволивших значительно сократить затраты на летную отработку двигателей.

Проведенными испытаниями ДУ была подтверждена работоспособность и основные характеристики входящих в них маршевых двигателей, двигателей управления, энергоузлов, а также ДУ в целом. Двигатели и ДУ с комплектующими узлами и агрегатами проработали заданное по программам время, выполнили все предусмотренные изменения режима и повторного запуска и обеспечили требуемую тягу, экономичность и другие параметры в соответствии с заданными техническими условиями. Системы наддува баков и подачи компонентов топлива обеспечили нормальное питание всех агрегатов топливом на переходных и установившихся режимах в соответствии с требованиями. В процессе огневых испытаний было проведено измерение и анализ акустических полей, вибрационного и теплового состояния основных узлов и агрегатов ДУ. Результаты свидетельствовали, что измеренные величины виброперегрузок, действовавшие на узлы и элементы ДУ, а также изменений температур в отсеках ракеты соответствовали требованиям технической документации.

Разработанные методы нашли применение в практической деятельности ОКБ при исследовании, отработке и проведении межведомственных испытаний двигателей и ДУ для ЗУР и противоракет, созданных в период 1960-1980 гг.

МВИ двигателей ракеты А-350 были успешно завершены в 1967 г. Это были первые МВИ в нашей стране по двигателям тако-

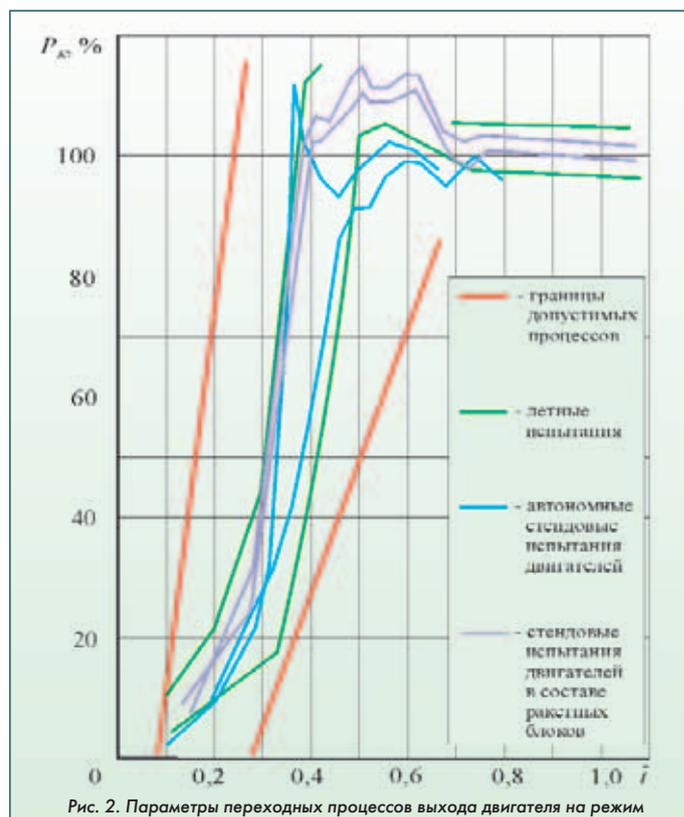


Рис. 2. Параметры переходных процессов выхода двигателя на режим

Ракета В-880 комплекса С-200



го типа. Заключительное заседание комиссии проходило в Ленинграде в канун 50-летия Октября. Отчет МВК с разделами "Заключение", "Выводы" и "Рекомендации" подписали все члены Комиссии. Об успешном завершении работы было доложено по правительственной связи в ЦК КПСС, Минавиапром и МО на имя Устинова, Деметьева и Батицкого. Шифровку подписали главный конструктор, председатель МВК и секретарь парткома завода. Это был большой успех коллектива ОКБ и его главного конструктора. Вечером перед отъездом в Москву мы гуляли по Ленинграду. Невский проспект был празднично украшен цветными гирляндами и красочными панно. На Московском вокзале открылся новый нарядный зал ожидания, а у Финляндского вокзала была развернута выставка паровозов, начиная с 1901 г. Среди экспонатов был представлен паровоз № 293, на котором В.И. Ленин приехал в Петроград в апреле 1917 г. Все это создавало радостное и праздничное настроение и ощущение причастности к происходящему. Свой пятидесятый юбилей наша страна встречала в расцвете своих сил, пользуясь большим международным авторитетом.

Пусковая установка комплекса С-300В



Через три года ракета А-350 была принята на вооружение в составе системы ПРО Москвы А-35.

В 1969 г. были успешно завершены МВИ двигателя для ЗУР В-880 большой дальности, способной поражать цели на расстоянии более 200 км, летящих со скоростью до 3500 км/ч. В начале 70-х годов ракета была принята на вооружение и находилась на боевом дежурстве в СССР и странах Варшавского договора. До настоящего времени она не имеет аналогов ни в нашей стране, ни за рубежом. В восьмидесятых годах во время боевых действий на Ближнем Востоке этой ракетой был сбит самолет-разведчик на большом (190 км) расстоянии, что явилось неожиданностью для противника. В девяностых годах, находясь в Германии, я с удивлением увидел ракету в историческом музее Берлина в качестве экспоната периода "холодной войны".

В 60-70-е годов ОКБ П.Д. Грушина была разработана зенитная ракета средней дальности 5В55, способная поражать цели, летящие со скоростями более 2500 м/с в широком диапазоне высот их полета. Ракета была одноступенчатой с твердотопливным однорежимным двигателем, в сопле которого располагались газовые рули системы управления полетом. Ракета стартовала вертикально из герметичного транспортно-пускового контейнера, запуск двигателя осуществлялся на высоте 20...25 м, что уменьшало воздействие газовых струй двигателя на элементы ракетного комплекса. Двигатель успешно прошел полный объем наземной отработки, включая МВИ и этапы летно-конструкторских испытаний.

В 1979 г. ракета 5В55 была принята на вооружение в составе комплекса ПВО С-300 и комплекса "Риф" Военно-Морского Флота. Я принимал участие в заключительных пусках ракеты, в ходе которых было сбито четыре мишени, причем все они были уничтожены первыми же ракетами. Модернизация ракеты, проведенная в середине 80-х годов и связанная с внедрением нового более эффективного двигателя, позволила существенно повысить ее характеристики, по которым в настоящее время 5В55 превосходит американскую ракету комплекса "Пэтриот". Комплекс С-300 с большим успехом демонстрируется на различных международных выставках вооружений.

Мне посчастливилось многие годы работать с коллективом ОКБ Петра Дмитриевича Грушина. Более пятнадцати лет я возглавлял межведомственные комиссии по стендовым испытаниям двигателей и ДУ для создаваемых им ракет, имея возможность тесного общения с Петром Дмитриевичем при выполнении этих работ. Это был выдающийся конструктор отечественных ракет противоракетной и противовоздушной обороны. Яркий талант и неутомимый поиск новых решений позволили ему успешно решать сложнейшие задачи, связанные с повышением обороноспособности страны. На протяжении почти сорока лет Петр Дмитриевич был неизменным руководителем созданного им высококвалифицированного коллектива ОКБ, занимавшегося разработкой уникальных ракет, которые стали надежным щитом нашей Родины и союзных с нами государств.

Первая зенитная управляемая ракета В-750, созданная в ОКБ П.Д. Грушина, была принята на вооружение в 1957 г. в составе комплекса ПВО С-75. 1 мая 1960 г. с помощью этой ракеты был сбит в районе Свердловска высотный самолет-разведчик У-2, пилотируемый американским летчиком Ф.Г. Пауэрсом. Использование этой ракеты и ее модификаций в боевых условиях во Вьетнаме и на Ближнем Востоке позволило уничтожить большое количество самолетов противника (по некоторым оценкам, более двух тысяч).

За прошедшие после этого три десятилетия специалистами ОКБ П.Д. Грушина были разработаны и приняты на вооружение сверхдинамичные и высокоманевренные ракеты, составившие основу отечественного ПРО и ПВО. На протяжении многих лет они надежно охраняли границы СССР и стран Варшавского Договора. Эти ракеты и в настоящее время остаются в составе Вооруженных Сил России. **А**

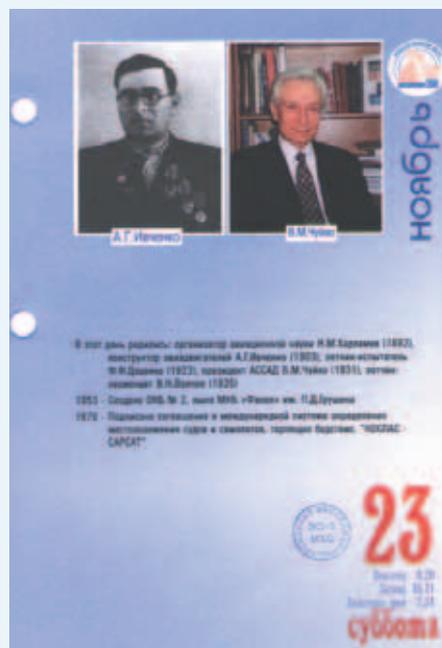
# СВЕРЯЙТЕ ВРЕМЯ ПО "АВИАМИРУ"!



С 5 июня по 7 декабря 2002 г., в течение 184 суток 22 часов 14 минут 23 секунд, в космосе находилась пятая основная экспедиция на МКС в составе командира МКС полковника В.Г. Корзуна (второй полет, 351 космонавт мира, 85 космонавт России), бортинженера и научного специалиста МКС Пегги Аннет Уитсон (первый полет, 419 астронавт мира, 264 астронавт США) и бортинженера станции С.Е. Трещева (первый полет,

техники и космонавтики издательского дома "АВИАМИР-2000". В своем интервью после полета В.Г. Корзун высоко оценил это издание как миниэнциклопедию для авиационных и космических специалистов.

Календарь-справочник выпускается Издательским домом "АВИАМИР-2000" ежегодно (с 1998 г.), и с каждым годом он приобретает все большую популярность у пользователей. Именно по этой причине более



420 космонавт мира, 97 космонавт России).

За время полета было совершено два выхода в открытый космос. Пятая основная экспедиция на МКС приняла два челнока по программам STS-112 и STS-113 и четвертую экспедицию посещения на корабле Союз ТМ-1 в составе полковника российской армии С.В. Залетина (командир), подполковника ВВС Бельгии Франка Де Винна и подполковника российской армии В.Ю. Лончакова.

Командиром пятой основной экспедиции на МКС Валерием Корзуном в длительный космический полет на МКС был взят календарь-справочник по истории авиации, ракетной

600 организаций регулярно направляют информационные материалы о своей истории и современных достижениях для включения в календарь.

В результате календарь-справочник отличается точностью подачи информационного и иллюстративного материала по истории авиации, ракетной техники и космонавтики. И это, кстати, отмечено администрацией президента РФ и Министерством экономики РФ.

Издательский дом "АВИАМИР-2000" предлагает предприятиям и организациям поместить информацию о своей истории, а также, по желанию, рекламные страницы с приглашениями к сотрудничеству в подготавливаемом к изданию календаре 2004 г. Срок принятия информации и рекламных вставок - до 1 июня 2003 г. Выход календаря планируется к открытию МАКС-2003.

Издательский дом "АВИАМИР-2000" выпускает различную полиграфическую и сувенирную продукцию, в том числе уровня VIP. Нами выпущены книги, приуроченные к юбилеям АК им. Ильюшина, АК "Рубин", Долгопрудненского НПП, ГосМКБ "Вымпел" и т.д. Кроме того, издательский дом готов оказать помощь в организации юбилеев, как это было с ФГУП "ММПП "Салют", ОАО "Авиапром", ОКБ Сухого, АК им. С.В. Ильюшина, ГосМКБ "Вымпел", ГосМКБ "Радуга", ЦАГИ и другими.

Адрес издательского дома "АВИАМИР-2000":  
Россия, 127287, Москва,  
Петровско-Разумовский проезд, 24, корп. 1.  
Тел.: (095) 258-2501, 724-7398.



# ДОВОЕННЫЕ СОВЕТСКИЕ ПОДВОДНЫЕ ЛОДКИ И ИХ СИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ

Александр Маринин

19 марта 2003 г. в нашей стране отмечался День подводника. Профессия эта героическая, она сродни профессии космонавта: человек вынужден долгое время жить в весьма тесном замкнутом пространстве; вокруг - враждебная среда, почти мгновенно наказывающая за малейшую ошибку. Подводники должны обладать стойкой психикой и беззаветно любить море..., иначе трудно понять - зачем они забираются в свои "бидоны" и погружаются на глубину, где трещат переборки и в каждое мгновение может произойти неожиданность...

## Первые проекты

3 марта 1925 г. на совещании командиров РККФ, состоявшемся на борту плавбазы "Смольный", наркомвоенмор М.В. Фрунзе сообщил о том, что высшим политическим руководством страны принято решение возобновить постройку подводных лодок. Через десять дней штаб РККФ подготовил оперативно-технические требования к кораблям трех типов:

- океанскому подводному крейсеру с надводным водоизмещением 3500 т и скоростью хода 24 узла;
- эскадренной подводной лодке с надводным водоизмещением 1000 т и скоростью хода 20 узлов;
- подводному минному заградителю с надводным водоизмещением 1200...1300 т и скоростью хода 15 узлов.

Ставку решено было сделать на самостоятельную постройку лодок на отечественных верфях, но восьмилетний перерыв отбросил военное кораблестроение далеко назад. Особенно заметным являлось отставание в части подходящих дизелей и гребных электродвигателей соответствующей мощности. Было решено командировать группу советских специалистов за границу (в Италию, Германию и Данию). Изучение дизелестроения в указанных странах показало, что наиболее подходящими двигателями надводного хода могут стать легкие и экономичные дизели германской фирмы MAN. После поражения в Первой мировой войне немцы были лишены возможности строить подводные лодки, поэтому они смогли лишь приспособить лодочные дизели мощностью 1100 л.с. для тепловозов, выпущенных в ограниченном количестве. Фирма MAN выразила согласие поставить в СССР некоторое количество дизелей, продать лицензию на их производство и даже оказать техническую поддержку при освоении производства. От такой возможности нельзя было отказаться.

Проект первых советских подводных лодок был разработан техническим бюро Балтийского завода под руководством Б.М. Малинина и предусматривал применение двух дизелей MAN мощностью по 1100 л.с. и двух гребных электродвигателей мощностью по 500 л.с. При надводном водоизмещении 910 т максимальная скорость лодки задавалась равной 16,3 узла, в подводном положении лодка могла двигаться с максимальной скоростью 10 узлов. Предельная глубина погружения лодок составляла 90 м.

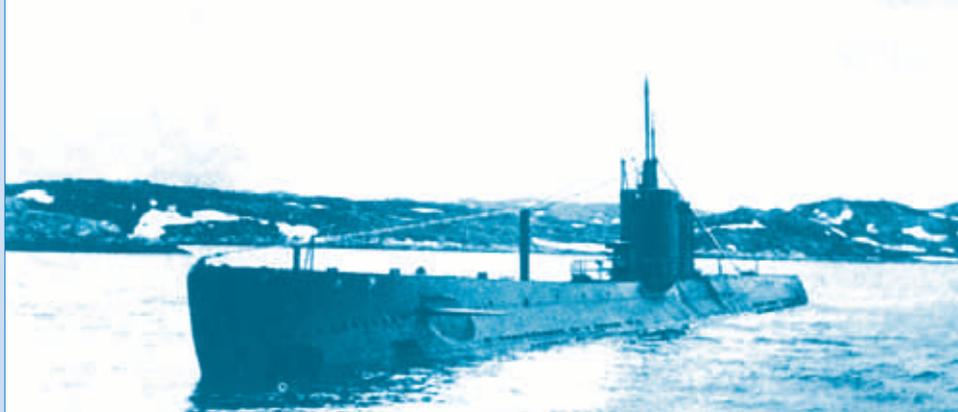
В марте 1927 г. на Балтийском заводе заложили три подлодки I серии, получившие наименования "Декабрист", "Народоволец" и "Красногвардеец". Через месяц в Николаеве началась постройка еще трех лодок этой серии: "Революционер", "Спартаковец" и "Якобинец". Позднее лодки первой серии получили тактические номера от Д-1 до Д-6.

На первых двух лодках типа "Декабрист" были установлены дизельные двигатели, изготовленные на заводе фирмы MAN. Остальные корабли получили лицензионные дизели 42Б-6, построенные Коломенским заводом им. В.В. Куйбышева. Отключение дизелей от гребных винтов при переходе к движению на электродвигателях производилось с помощью фрикционных муфт фирмы Vomag. Главные гребные электродвигатели ПГ-20 запитывались в подводном положении от аккумуляторной батареи.

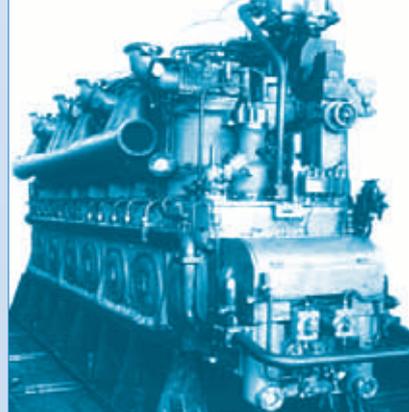
В ходе испытаний выявился ряд серьезных недостатков лодок (например, возникновение крена при погружении из-за неравномерного заполнения бортовых цистерн), которые, впрочем, впоследствии удалось устранить. Однако лодки недодавали скорости в надводном положении ("Декабрист" смог развить только 15,3 узла). В соответствии с печально известной практикой тех лет руководители проекта Б.М. Малинин, Э.Э. Крюгер и С.А. Базилевский были арестованы ОГПУ по обвинению во "вредительстве". Но впоследствии "декабристы" проявили себя вполне удачными кораблями. В 1933-1934 гг. балтийские лодки переборосили на Север, где в суровых условиях они продемонстрировали отличную мореходность и большую дальность плавания, достигая в учебных походах Новой Земли, Шпицбергена и Исландии. Одна из лодок погибла в ноябре 1940 г. по небоевым причинам, еще четыре были потоплены немцами, но предварительно нанесли врагу значительный урон. Лодка "Красногвардеец" (Д-3) первой из советских боевых кораблей была удостоена двух почетных наград: она стала гвардейской и Краснознаменной. Уцелевшая в годы войны подлодка "Народоволец" (Д-2) после восстановительного ремонта в 1989 г. была установлена у Гребного порта в Ленинграде в качестве корабля-памятника.

Вторая серия подлодок программы 1926 г. должна была состоять из шести подводных минных заградителей. В отличие от лодок первой серии при немного увеличенном водоизмещении (1025/1312 т) подводные заградители имели меньшую скорость

Подводная лодка типа "Д"



Дизель 42БМ



надводного и подводного хода (14,2/8,5 узла), в том числе и из-за характерных обводов кормовой оконечности. Силовая установка для надводного хода включала два дизеля 42БМ-6 мощностью по 1100 л.с., подводный ход обеспечивали два электродвигателя мощностью по 650 л.с. и - впервые на отечественных подлодках - два маломощных (30 л.с.) электродвигателя "подкрадывания". Лодки второй серии также получили персональные имена и в дальнейшем именовались "ленинцами", поскольку именно так называли головной корабль. Позднее вместо наименований ввели буквенные тактические номера от Л-1 до Л-6. Помимо шести торпедных аппаратов (боекомплект 12 торпед калибра 533 мм) лодки вооружались двадцатью минами ПЛТ и артиллерией, включавшей 100- и 45-миллиметровые пушки.

В 1936-1938 гг. на дальневосточных заводах были достроены шесть "ленинцев" XI серии, отсеки которых были доставлены железнодорожным транспортом из Ленинграда (лодки Л-7 - Л-9) и Николаева (Л-10 - Л-12). При незначительно увеличенной длине и водоизмещении подлодки XI серии имели немного большую надводную скорость - 14,5 узла, чего удалось добиться благодаря более совершенной гидродинамике корпуса. Балтийская подлодка Л-3 (в прошлом - "Фрунзовец") вошла в историю советского Военно-морского флота как одна из наиболее результативных. По официальным данным лодка сумела уничтожить минным и торпедным оружием 18 транспортов и 7 боевых кораблей противника.

Серийная постройка в СССР относительно крупных и сложных лодок в конце двадцатых - начале тридцатых годов прошлого века осложнялась из-за отсутствия кадров, соответствующего оборудования и агрегатов, а также из-за большой продолжительности стапельного периода при ограниченном количестве мест на судостроительных заводах. Было решено разработать конструкцию простой и дешевой лодки, пригодной для массовой постройки. Естественно, что ее боевые возможности оказались ниже, чем у "декабристов" и "ленинцев", зато и стоимость оказалась меньше в 2...2,5 раза. По наименованию головной лодки все корабли III серии стали называть "щучками". Тактические номера, присвоенные лодкам впоследствии, были трехзначными и начинались с тройки ("Щука" - Щ-301, "Окунь" - Щ-302 и т.д.). Третья серия включала всего 4 подлодки.

Общий проект подлодки был разработан под руководством Б.М. Малинина на Балтийском заводе. Проект предполагал всемерное упрощение технологии постройки, порой даже ценой тактических свойств и безопасности. Надводный ход "щук" III серии обеспечивали два дизеля фирмы MAN мощностью по 500 л.с. (на



Подводная лодка типа "Л"

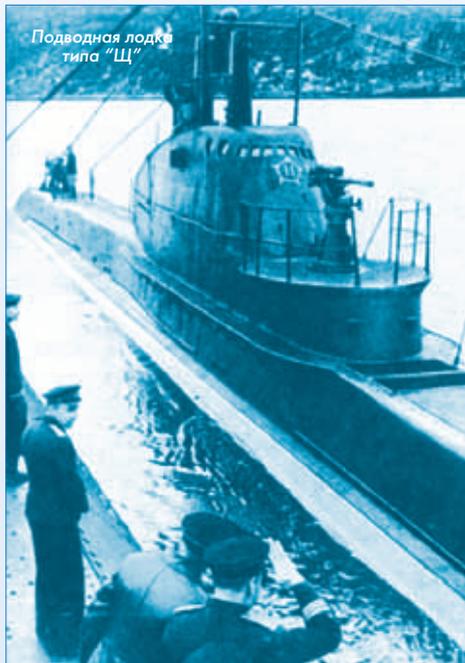
некоторых - 600 л.с.). При надводном водоизмещении 578 т их максимальная скорость не превосходила 11,6 узлов, а под водой - 8,5 узлов (под двумя электродвигателями мощностью по 400 л.с.). Дальность плавания в подводном положении со скоростью 2,8 узла составляла 112 миль. Слабым местом лодки была неудовлетворительная прочность переборок, рассчитанных на давление 2 кгс/см<sup>2</sup>, при предельной глубине погружения 90 м.

Частично недостатки удалось устранить на улучшенных "щучках-А", отнесенных к V серии. Корабли этого типа несли тактические номера, начинавшиеся с единицы ("Карась" - Щ-101, "Лещ" - Щ-102 и т.д.). Двенадцать лодок, предназначенных для Тихоокеанского флота, были построены на ленинградских заводах, а затем на железнодорожных транспортерах секциями отправлялись на Дальний Восток. Сборку осуществляли во Владивостоке и Хабаровске. После ее окончания в 1934 г. флоту Японии впервые за тридцать лет была создана реальная угроза. Впрочем, боевые возможности "щук-А" не следует переоценивать. Несмотря на форсирование дизелей фирмы MAN на Коломенском заводе, после чего они получили наименование 38В-8, максимальная надводная скорость лодок не превышала 12 узлов.

Однако учитывая необходимость срочного насыщения флота современными боевыми кораблями серийная постройка относительно дешевых "щук" (стоимостью около 2,7 млн руб. за единицу) была продолжена. К ней привлекли шесть судостроительных заводов, всего в рамках III, V, Vбис и Vбис-2 серий за шесть лет были сданы флоту 43 корабля! В годы Великой Отечественной войны по-

#### Основные тактико-технические характеристики довоенных советских подводных лодок

Характеристика	"Д" I серии	"Л" II серии	"Щ" III серии	"М" VI серии	"С" IX серии	"К" XIV серии
Водоизмещение, т	934/1361	1025/1325	572/672	157/197	828/1069	1500/2117
Длина, м	76,6	78	57	36,9	77,7	97,6
Число и мощность двигателей, л.с.:						
дизельных	2-1100	2-1100	2-600	1-685	2-2000	2-4200
электрических	2-525	2-600	2-400	1-235	2-550	2-1200
Дальность плавания, мили:						
в надводном положении:						
полной скоростью	2750	3600	1350	400	2500	2400
экономической скоростью (узлов)	8950 (8,9)	7400 (9)	3130 (8,5)	1065 (10)	9860 (10)	16 500 (9)
в подводном положении:						
полной скоростью	16,4	10,8	9	5,8	9	10
экономической скоростью (узлов)	158 (2,9)	154 (2,5)	112 (2,8)	55 (2,5)	148 (3)	175 (3)
Скорость наибольшая, узлов:						
в надводном положении	14,6	14,5	11,5	13	20	22,5
в подводном положении	9,5	8,3	8,5	7	9	10
Глубина погружения, м:						
рабочая	75	75	75	50	80	80
предельная	90	90	90	60	100	100
Вооружение:						
Количество ТА (торпед)	8 (14)	6 (12)	6 (10)	2 (2)	6 (12)	10 (24)
Количество орудий и их калибр, мм	1-100, 1-45	1-100, 1-45	1-45	1-45	1-100, 1-45	2-100, 2-45
Количество мин	-	20	-	-	-	20



Подводная лодка типа "Щ"

гибли 10 "щук" этих серий. Сильное торпедное вооружение позволило некоторым лодкам добиться неплохих боевых успехов, но большая шумность и недостаточная надводная скорость в сочетании с откровенно слабым артиллерийским вооружением (один 45-миллиметровый полуавтомат) ограничивали их возможности.

В 1930-1932 гг. к проектированию подлодок была подключена одна из "шарашек" ОГПУ, в которой обязанности главного конструктора исполнял инженер А.Н. Асафов. При поддержке руковод-

ства ОГПУ и Управления ВМС он сумел убедить Реввоенсовет в достоинствах своего проекта лодки типа "Правда" (IV серия) несмотря на сомнения, высказанные опытными кораблестроителями (например, Б.М. Малининым). "Наживка", на которую клюнул РВС, состояла в очень высокой надводной скорости подлодки (23 узла), что должно было обеспечить возможность совместных действий "Правды" с эскадрой быстроходных надводных кораблей. Быстроходность лодки достигалась благодаря применению мощных двигателей (дизели 42БМУ общей мощностью 2700 л.с.) и острых "миноносных" обводов. Дополнительной платой за высокую скорость оказались большой запас плавучести и малая осадка. В результате погружалась лодка невероятно долго, плохо "держала глубину" на малой скорости, а винты ее в свежую погоду оголялись, что приводило к резким изменениям нагрузки на дизели и их выходу из строя. Академик А.Н. Крылов порекомендовал достроить только одну лодку из трех заложенных, и то в качестве экспериментальной. Однако достроены были все три, причем с учетом множества переделок цена каждой достигла 6,3 млн руб. На испытаниях головная лодка смогла развить максимальную скорость, значительно меньшую проектной - всего 20 узлов. Слабым утешением мог служить только тот факт, что опыт, приобретенный при разработке и постройке лодок типа "П", был использован при создании более совершенных больших подводных крейсеров типа "К" (XIV серии).

Еще одной неудачей А.Н. Асафова стал выдвинутый им проект малой подводной лодки VI серии (так называемой "Малютки"). На этот раз командование флота "купилося" на весьма заманчивую для нашей огромной страны идею создания лодки, которую можно было бы перебрасывать на Дальний Восток целиком, без необходимости достройки их на недостаточно мощных, и без того пе-

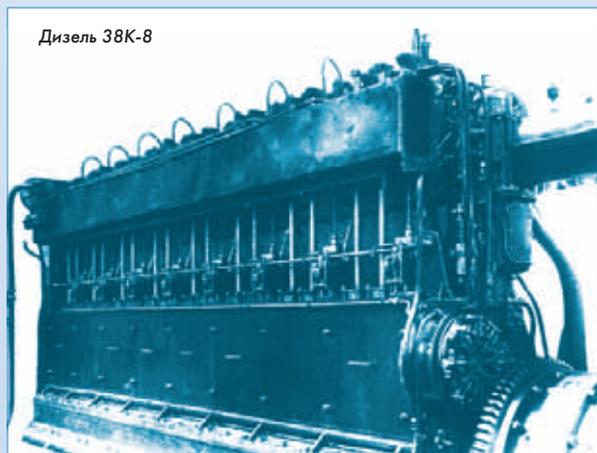
регруженных заказами заводах Хабаровска, Комсомольска-на-Амуре и Владивостока. "Малютки" VI серии можно расценивать как откровенное признание слабости отечественной кораблестроительной базы. При надводном водоизмещении 157 т лодка имела один дизель 38В-8 мощностью 685 л.с. для надводного хода, один гребной электродвигатель мощностью 235 л.с. и могла развивать весьма ограниченную скорость как в надводном (10,7 узла, в то время как по заданию предусматривалось 13 узлов), так и в подводном положении (6,3 узла). Переборки обеспечивали непотопляемость лодки только в надводном положении, так как были рассчитаны на давление 1 кгс/см<sup>2</sup>. В довершение ко всему лодки отличались скверной мореходностью. Но экономический фактор оказывал довлеющее воздействие, и в 1932-1935 гг. два николаевских кораблестроительных завода построили 30 подлодок указанного типа. Две лодки остались на Черном море, а остальные железнодорожными транспортерами были переброшены на открытый Тихоокеанский театр.

Несмотря на очевидные недостатки проекта, в 1933 г. было принято решение продолжить постройку "малюток". Усовершенствованные подлодки отнесли к серии VIбис, всего флот получил 20 кораблей этого типа. Краснознаменный Балтийский флот обзавелся 12 из них, еще две лодки остались на Черном море, а остальные отправились на Дальний Восток. В период советско-финляндской войны балтийские "малютки" действовали в условиях сложной ледовой обстановки и не смогли добиться боевых успехов. Увы, и в годы Великой Отечественной войны история повторилась - лодки VI и VIбис серий выходили в боевые походы, перебрасывались на другие флоты, но, по уточненным послевоенным данным, не смогли потопить ни одного вражеского судна! Затратив не менее 90 млн руб (при средней цене "малютки" от 1,45 до 1,8 млн руб), советский ВМФ получил от промышленности, в общем, неэффективное боевое средство.

Зато следующий тип подлодки, получивший первоначально обозначение "Н", а затем "С", стал одним из наиболее удачных. История его такова. В 1932 г. группа советских специалистов-подводников выехала в Гаагу для посещения голландского проектно-конструкторского бюро IVS, директором которого являлся бывший командир подлодки кайзеровского флота Блюм, а техническим руководителем - еще один немец, доктор Техель. Бюро принадлежало германской фирме "Дешимаг Везер" и размещалось за границей в связи с ограничениями Версальского мирного договора. После изучения предложений "Дешимаг" советская комиссия рекомендовала разместить в IVS заказ на проектирование средней подлодки, а также заказать изготовление ряда агрегатов и оборудования в Германии при содействии фирмы. Технический проект подлодки был представлен советской стороне в 1934 г. После его одобрения в 1934-1935 гг. в Ленинграде были заложены первые три корабля IX серии: Н-1, Н-2 и Н-3. Буква "Н" означала "немецкая", или "немка". В 1937 г. такое обозначение сочли неподходящим (в Испании советские добровольцы на советской боевой технике уже воевали против немецких) и сменили его, обозначив лодки буквой "С". Принятая в мемуарной литературе "рас-



Подводная лодка типа "С"



Дизель 38К-8

шифровка" буквы словом "сталинец" не имеет документального подтверждения в архивах судостроительных заводов и Управления ВМС: на самом деле она означала - "средняя". Интересно, что немцы использовали разработанный "для Советов" проект при создании собственной средней подлодки VIIC серии, выпущенной самым большим в истории человечества "тиражом" - почти 700 единиц!

Первые две лодки при содействии "Дешимаг" были оснащены новыми германскими дизелями фирмы MAN мощностью по 2000 л.с. и двумя электромоторами мощностью по 550 л.с. производства завода "Электросила". В дальнейшем пришлось налаживать производство дизелей для "эсок" на Коломенском заводе. Здесь к 1937 г. был спроектирован восьмицилиндровый дизельный двигатель 47ЛН-8 мощностью 2000 л.с. с приводным нагнетателем. Однако добиться его надежной работы долгое время не удавалось, в связи с чем руководитель бюро дизелей спецназначения Н.М. Урванцев был обвинен во вредительстве и репрессирован. Пришедший ему на смену инженер Д.Г. Адашев предложил применить турбонаддув вместо приводного нагнетателя (воздуходувки). После доработки дизель, получивший обозначение 1Д, был запущен в серийное производство и нашел применение не только на лодках типа "С", но и на усовершенствованных "ленинцах". К сожалению, одна из лодок IX серии погибла в период советско-финской войны, а две другие - в самом начале Великой Отечественной. Зато усовершенствованные "немки" серии IXбис оказались счастливее и преподнесли Германии немало горьких сюрпризов.

### В последние предвоенные годы

Планом строительства боевых кораблей Морских сил РККА, разработанным в 1937 г. М.В. Викторовым и Л.М. Галлером, предусматривалась постройка 65 больших, 103 средних и 64 малых подводных лодок. Несмотря на репрессии и смену разработчиков планов, в период 1938-1939 гг. намеченная численность подводных кораблей, подлежащих строительству, менялась мало. Так, в десятилетнем плане судостроения (1939 г.) была запланирована постройка 69 больших, 122 средних и 56 малых подлодок.

Лучшей большой предвоенной подлодкой отечественной постройки заслуженно считается лодка XIV серии - тип "К", или "катуша", как ее с любовью называли подводники. Автором проекта лодки был начальник отдела подводного кораблестроения НИВК М.А. Рудницкий. По надводному водоизмещению (1500 т) эти корабли заметно превосходили все предшествовавшие отечественные подлодки, значительно более мощной была и их силовая установка. Для надводного хода "катуша" оснащалась двумя дизельными двигателями 9ДКР мощностью по 4200 л.с., которые были спроектированы и изготовлены на ленинградском заводе "Русский дизель". Максимальная надводная скорость подлодки составляла 22,5 узла, что позволяло ей, в принципе, действовать в составе эскадры. Экономический ход обеспечивался дизель-генератором с коломенским двигателем 38К-8 мощностью 800 л.с. Дальность плавания лодки XIV серии в надводном положении с 9-узловой скоростью была доведена до 16,5 тыс. миль! Под водой "катуша" развивала максимальную скорость 10,3 узла и была способна непрерывно двигаться экономическим ходом (3 узла) в течение 58 часов. Электродвижение обеспечивали два двигателя ПГ-II мощностью по 1200 л.с. каждый.

Лодка несла мощное торпедное (10 торпедных аппаратов, 24 торпеды) и артиллерийское (по два орудия калибра 100 и 45 мм) вооружение. Кроме того, она могла принимать 20 мин заграждения. Словом, "катуша" представляла собой наиболее совершенное "изделие", на которое оказалось способно отечественное подводное кораблестроение в предвоенные годы. Стоимость постройки лодки типа "К" колебалась от 16,2 до 24 млн руб.

Лодки типа "К" получили высокую оценку не только у наших подводников, но и у союзников. "Стою и смотрю как зачарованный, забылись и холод, и ветер, - вспоминал о первой встрече с "катушей" командир подлодки Герой Советского Союза И.В. Травкин. - *Какая она громадная! Массивная рубка, широкий*

*мостик, четыре орудия, в том числе две могучих "сотки". Я знаю, что у "катуши" десять торпедных аппаратов, большой запас торпед, превосходная скорость..."*

До начала войны удалось ввести в строй только шесть лодок из 12 заложенных, еще два корабля были достроены осенью 1941 г. В годы Великой Отечественной войны "катушам" пришлось вести боевые действия в тактически невыгодных боевых условиях мелководной Балтики или шхерных районов Северной Норвегии, а вовсе не на океанских просторах, для которых они создавались. Пять лодок, входивших в состав Северного флота, погибли, причем две из них до последнего сражались с немецкими кораблями ПЛО в надводном положении, применив свою мощную артиллерию. 5 июля 1942 г. подлодка К-21 под командованием капитана 2 ранга Н.А. Лунина атаковала немецкий линкор "Тирпиц", направлявшийся к печально известному конвою PQ-17. Торпеды не достигли цели, но свою роль эта атака сыграла: немецкая эскадра повернула обратно.

Всего на официальном боевом счете лодок типа "К" (с учетом балтийских, вступивших в строй в годы войны) числятся 37 транспортов и 20 боевых кораблей и вспомогательных судов противника. Сегодня Краснознаменную подлодку К-21, прослужившую в составе Северного флота около 20 лет, можно увидеть на вечной стоянке в Североморске.

Параллельно с лодками типа "К" накануне войны продолжалась постройка больших подлодок типа "Л", причем в их конструкцию было внесено немало новшеств, заимствованных из проекта лодок типа "Н". И хотя лодки XIII серии назывались "ленинцами", как прежние корабли II и XI серии, но фактически они обладали значительно лучшими боевыми качествами, особенно после установки коломенских дизелей 1Д мощностью 2000 л.с. (на подлодках XIIIбис серии) и внедрения сварного легкого корпуса. Максимальная надводная скорость кораблей возросла до 18 узлов, усилилось торпедное вооружение, несколько увеличилась и глубина погружения. За создание лодок серий XIII и XIIIбис коллектив разработчиков во главе с Б.М. Малининым был удостоен Сталинской премии первой степени. Семь усовершенствованных "ленинцев" XIII серии были достроены на Дальнем Востоке и вступили в строй Тихоокеанского флота, из шести лодок XIIIбис серии в годы войны удалось достроить только пять. Черноморские лодки Л-23 и Л-24 неод-

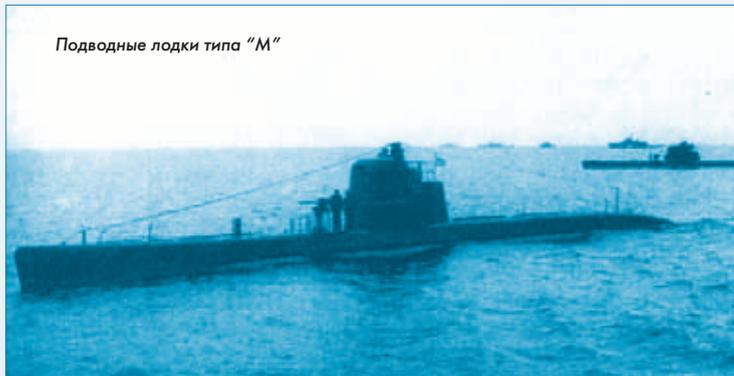
Подводная лодка типа "малютка"



Подводная лодка типа "К"



Подводные лодки типа "М"



нократно совершали рейсы в осажденный Севастополь. 11 октября 1942 г. Л-16 погибла в Тихом океане от торпеды неизвестной подлодки (американской или японской) при переходе в США (далее планировалась ее переброска на Северный флот через Панамский канал и Атлантику).

В предвоенный период на судостроительных заводах в Ленинграде, Горьком и Николаеве были заложены 54 средние подводные лодки IXбис серии (типа "С"), 20 из которых к началу войны были сданы флоту или проходили испытания, а 18 находились на стапелях. В самом начале эксплуатации выявились, что дальность плавания таких "эсок" уменьшилась по сравнению с прототипом из-за больших удельных расходов топлива у отечественных дизелей 1Д. Зато, в отличие от первых "немок", лодки IXбис серии могли длительно двигаться с максимальной скоростью 19,5 узлов, в то время как оснащенные дизелями MAN С-1 и С-2 такой ход были способны развивать лишь кратковременно. *"Шесть торпедных аппаратов и столько же запасных торпед на удобных для перезарядки стеллажах. Две пушки с большим боекомплектом снарядов... Одним словом, драться есть чем. А двадцатиузловая надводная скорость! Она позволяет обогнать почти любой конвой и атаковать его повторно. Техника хороша..."* - так оценивал лодку IXбис серии один из наиболее опытных советских подводников Герой Советского Союза Г.И. Щедрин.

"Эски" отлично проявили себя в боевых действиях и при океанских переходах. Исключительный боевой успех выпал на долю С-13. В 1942 г. под командованием капитан-лейтенанта П.П. Маланченко она уничтожила торпедами и артиллерийским огнем три вражеских транспорта. В 1944 г. в командование лодкой вступил капитан 3 ранга А.И. Маринеско. В ночь на 31 января 1945 г. торпедный залп С-13 отправил на дно лайнер "Вильгельм Густлов", на котором эвакуировалась из Данцига школа немецких подводников (всего на лайнере погибло до 7 тыс. человек), а 10 февраля эта же лодка торпедировала и потопила военный транспорт "Генерал фон Штойбен" с 3 тыс. немецких военнослужащих. По суммарному тоннажу потопленных судов (47 тыс. тонн) подводной лодке С-13 принадлежит первое место в советском ВМФ.

В период перехода на Север через Тихий и Атлантический океаны лодка С-56 получила прямое попадание торпеды, которая, к счастью, не взорвалась. Впоследствии за боевые подвиги лодка была удостоена гвардейского звания и стала Краснознаменной. 9 мая 1975 г. во владивостокской бухте Золотой Рог был открыт мемориал советским подводникам, главным элементом которого служит С-56.

Относительно высокая стоимость и конструктивная сложность "эсок" послужили причиной для продолжения постройки значительно более простых "щук". От предшественниц лодки X серии (первоначально Vбис-3 серии) отличались более мощными дизелями надводного хода типа 38К-8 и улучшенными гидродинамическими характеристиками. Увы, надводная скорость их возросла лишь незначительно - до 14,2 узлов. *"Всем бы хороши "щуки", только ход у них маловат. Это иной раз приводит к огорчительным ситуациям, когда обнаруженный конвой приходится сопровождать лишь сильными выражениями - недостаток скорости не позволяет выйти в точку залпа"*, - такое мнение высказывал командир

бригады подводных лодок Северного флота Герой Советского Союза И.А. Кошшук. Всего промышленность построила для советского ВМФ 32 лодки X серии. В момент начала войны в постройке находились еще 13 лодок Xбис серии, часть из которых вступила в строй в военные годы.

Первой из советских подлодок боевого успеха в годы Великой Отечественной войны добилась именно "щука" X серии. 14 июля 1941 г. лодка Щ-402 под командованием старшего лейтенанта Н.Г. Столбова потопила транспорт в бухте Хоннингсвог. А 10 августа 1941 г. Щ-307 капитан-лейтенанта Н.И. Петрова уничтожила торпедным залпом первую неприятельскую подводную лодку U-144. Максимального показателя боевой эффективности (по официальным данным - 7 потопленных транспортов) среди "щук" добилась лодка Щ-421 под командованием капитана 3 ранга Н.А. Лунина и капитан-лейтенанта Ф.А. Видяева. На боевом счету экипажей лодок типа "Щ" 30 % потопленного и поврежденно-го советскими подводниками тоннажа противника. Это наивысший показатель среди советских лодок всех типов. Велики оказались и потери - из 26 кораблей X и Xбис серий, принимавших участие в боевых действиях, погибла 21 лодка.

Осознавая недостатки подводной лодки типа "малютка", конструкторы пытались улучшить корабль без заметного увеличения водоизмещения. Наилучшим вариантом признали предложение инженера П.И. Сердюка, по проекту которого в 1936 г. заложили первые лодки типа "М" ("малая") XII серии. *"Дешево и сердито"*, - только такими словами можно охарактеризовать отношение к ним со стороны командования. Увы, "сердитыми" эти лодки, оснащенные всего двумя торпедными аппаратами, с одной линией вала (один дизель 38К-8, один электромотор, аккумуляторная батарея из двух групп) оказались не столько по отношению к противнику, сколько к собственным экипажам. В условиях суровых океанских штормов маленькие кораблики швыряло как песчинки, выматывая экипаж. Максимальная надводная и подводная скорость не превышала 14 и 8 узлов, соответственно. До начала Великой Отечественной войны в строй вступили 28 лодок XII серии из 45 кораблей, заложенных на нескольких заводах. О героизме плававших на них моряков свидетельствуют следующие цифры: на Севере лодки типа "М" сумели уничтожить 10 вражеских судов ценой гибели 9 лодок, балтийские "эмки" потопили два судна при семи потерянных лодках, и лишь на Черном море соотношение лучше: 18 побед при 8 потерянных подводках. Увы, остается только еще раз вспомнить старую поговорку о том, что "скупой платит дважды".

В целом же следует признать, что в предвоенный период, менее чем за пятнадцать лет, в отечественном подводном кораблестроении был сделан важный рывок, выразившийся как в количественном росте боеготовых подлодок, так и в заметном улучшении их тактико-технических характеристик. **■**

Наличие лодок на флотах на 22 июня 1941 г.

Тип лодки	Серия	Годы постройки	Флот			
			КБФ	ЧФ	СФ	ТОФ
"Декабрист"	I	1927-1930	-	3	2	-
"Ленинец"	II	1930-1935	3	3	-	-
	XI	1934-1936	-	-	-	6
	XIII	1935-1939	-	-	-	7
"Щука"	III	1930-1934	4	-	-	-
	V	1932-1934	-	-	-	11
	Vбис	1932-1935	2	3	-	8
	Vбис-2	1934-1936	5	4	-	5
	X	1934-1938	7	8	6	10
"Правда"	IV	1931-1936	3	-	-	-
"Малютка"	VI	1932-1935	-	2	-	28
	VIбис	1934-1936	12	2	-	6
М (малая)	XII	1936-1941	9	10	6	3
С (средняя)	IX	1934-1938	2	-	-	-
	IXбис	1935-1941	9	4	-	1
К (крейсерская)	XIV	1936-1940	4	-	2	-

**ПРИБРЕТАЕМ**  
 никельсодержащие отходы,  
 лом жаропрочных (Ni-Cr)  
 и магниевых сплавов,  
**АВИАДВИГАТЕЛИ,**  
 энергетические  
 силовые установки Б/У

**РОСАВИАТЕХНИКА**  
 АВИАЦИОННО-ПРОМЫШЛЕННАЯ КОМПАНИЯ  
 тел./факс: (095) 230-68-36/39/42  
 rosaviatech@mtu-net.ru www.rosaviatechnika.ru

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО**  
**АРМ ДК-30 (СД)**  
 контроля технического состояния  
 силовой установки самолетов  
**Су-27 и Су-30МК**

**КОНЦЕРН "КЭМЗ":**  
 Республика Дагестан, 368800,  
 Кизляр, ул. Кутузова, 1.  
 Тел./Факс: (8-7239) 2-22-77.  
 E-mail: kkem@mail.ru

**ЗАО НПП "ИДС Дозор":**  
 Россия, 123007, Москва,  
 ул. 4-я Магистральная, 13.  
 Тел./Факс: (095) 256-6649.  
 E-mail: y-dozor@yandex.ru

**УНИЛОН**  
 Официальный партнер  
 фирмы NYCO S.A. (Франция)

**Предлагает со склада в Москве:**

- **Авиационные масла производства фирмы NYCO S.A.**
  - **CASTROL-98 (ТУРБОНИКОЙЛ-98)**, аналог масла БЗ-В
  - **ГИДРОНИКОЙЛ FH-51**, аналог гидравлической жидкости АМГ-10
  - **ТУРБОНИКОЙЛ-210А**, аналог масла ИПМ-10
  - **ТУРБОНИКОЙЛ-321**, аналог масла МС-8П
  - **ТУРБОНИКОЙЛ-306**, аналог маслосмеси СМ-4,5
- Авиационные масла отечественного производства.
- Специальные и технические жидкости.
- Вакуумное масло ВМ-4.
- Контейнеры UniCUBE фирмы Van Leer France SNC емкостью 1000 дм<sup>3</sup>.

**Прямые поставки.**  
 Осуществляются во все регионы России и на экспорт.  
**Гибкая система скидок.**  
 Полное соблюдение норм таможенного законодательства РФ.  
 Сертификат ЦС ГосНИИ ГА.

**За более подробной информацией обращайтесь:**  
 Тел./Факс: 213-0425, 213-2352  
 E-mail: unilon@mail.ru  
 125319, Москва, ул. Коккинаки, 4, офис 401.

**11 ЛЕТ УСПЕШНОЙ РАБОТЫ**

**БИБЛИОТЕКА**  
 конструктора и технолога  
 Проектирование и технология производства газотурбинных двигателей  
 (труды специалистов ФГУП "ММПП "Салют" с учеными НИИ и ВУЗов)

**Книги можно приобрести по безналичному расчету.**

Заявки на приобретение литературы необходимо направлять по адресу:  
 105118, Москва, пр-т Буденного, д. 16.  
 ФГУП "ММПП "Салют".  
 Институт целевой подготовки специалистов (ИЦПС) по двигателестроению.  
 Тел.: (095) 369-8598.  
 Факс: (095) 369-8045.

**Реквизиты ИЦПС:**

Р/с 40502810800001000153  
 в НАЦПРОМБАНКЕ г. Москвы.  
 Кор./с 30101810700000000989  
 БИК: 0446652989  
 ИНН: 7719030663  
 Код по ОКОНХ: 14720  
 Код по ОКПО: 07507216



Название	Цена, руб
Н.В. Абраимов, Ю.С. Елисеев. Химико-термическая обработка жаропрочных сталей и сплавов. 2001 г.	150
Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов, И.П. Нежурин и др. Производство зубчатых колес ГТД: Произв.-практ. издание. 2001 г.	130
Ю.С. Елисеев, С.Б. Масленков, В.А. Гейкин, В.А. Поклад. Технология создания неразъемных соединений при производстве ГТД. 2001 г.	140
Б.А. Колачев, Ю.С. Елисеев, А.Г. Братухин, В.Д. Талалаев. Титановые сплавы в конструкциях и производстве авиадвигателей и авиационно-космической техники. 2001 г.	130
Ю.С. Елисеев, Н.В. Абраимов, В.В. Крымов. Химико-термическая обработка и защитные покрытия в авиадвигателестроении. 1999 г.	120
Ю.С. Елисеев, Э.А. Манушин, В.Е. Михальцев и др. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок: Учебник для вузов, 2-ое изд., перераб. и доп. 2000 г.	140
Г.К. Язов, Б.Е. Карасев, Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов, И.П. Нежурин. Под ред. А.Г. Братухина. Современные технологии в производстве ГТД. 1997 г.	110
Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов, К.А. Малиновский, В.Г. Попов. Технология эксплуатации, диагностики и ремонта ГТД. Учебное пособие. 2002 г.	160
В.В. Крымов, Ю.С. Елисеев, К.И. Зудин. Производство лопаток ГТД. 2002 г.	160
Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов, А.А. Митрофанов и др. Под ред. Б.П. Саушкина. Физико-химические методы обработки в производстве ГТД. Учебное пособие. 2002 г.	200
Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов, И.А. Хворостухин, А.Г. Бойцов. Технология производства двигателей летательных аппаратов. Учебное пособие. 2002 г.	170
Ю.С. Елисеев, А.Г. Бойцов, В.В. Крымов, И.А. Хворостухин. Технология производства авиационных газотурбинных двигателей. Учебное пособие. 2003 г.	150
CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support - непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукции) в авиационной промышленности. Под ред. А.Г. Братухина. М.: Изд-во МАИ, 2002 г.	200
В.Л. Иванов, А.И. Леонтьев, Э.А. Манушин, М.И. Осипов. Теплообменные аппараты и системы охлаждения газотурбинных и комбинированных установок. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003 г.	200

# ОСОБЕННОСТИ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ АЛТАЙСКИХ ДИЗЕЛЕЙ С ТУРБОНАДДУВОМ

**Валентин Наговицын**, заместитель главного конструктора ОАО "Алтайдизель"

В последние годы количество модификаций дизелей ОАО "Алтайдизель" существенно увеличилось. Наряду с общеизвестными тракторными безнаддувными двигателями А-41 (тракторы ДТ-75МЛ, ВгТЗ и ДТ-75МП, ПТЗ) и А-01М (тракторы Т-4А, ТТ-4, автогрейдеры Орловского завода "Дормаш") предприятие стало изготавливать дизели Д-442-50, Д-442-51, Д-442-50Р, Д-442-51Р, Д-442-24 для комбайнов "Енисей" Красноярского завода комбайнов, комбайнов "Нива" производства "Ростсельмаш" и тракторов ВТ-100 производства ВгТЗ. Эти дизели форсированы по мощности (до 140 л.с.) и частоте вращения коленчатого вала (до 1900 об./мин.) путем применения турбонаддува.

В дизелях с турбонаддувом применена цилиндропоршневая группа (ЦПГ) новой конструкции. Поршни 11ТА-03с6 имеют нирезистовую вставку под верхнее поршневое кольцо. Верхнее кольцо - с двухсторонней трапецией, третье кольцо - плоское высотой 3 мм, маслосъемное кольцо имеет высоту 5 мм. Это - главные отличия нового комплекта колец от колец для поршней 01М-0305, применявшихся в составе ЦПГ безнаддувных дизелей.

Изменения введены для обеспечения установленного ресурса дизеля, уменьшения расхода масла на угар в пределах 0,4 % от расхода топлива. Часто задают вопрос: а можно ли применять цилиндропоршневую группу безнаддувных дизелей А-41 и А-01М на дизелях типа Д-442? Да, можно, но при этом нужно четко осознавать, что в результате ресурс дизелей заметно уменьшится, а угар масла станет больше. Всякое подобное решение следует оценивать с позиций экономической целесообразности: вряд ли более дешевая (на 15 %) цилиндропоршневая группа оправдывает потери в ресурсе, а, значит, в стоимости ремонта и расходаемого масла.

Осуществляя кооперацию, наше предприятие старается закладывать изготовление ЦПГ надежным, проверенным годами партнерам. Сегодня ЦПГ для безнаддувных дизелей типа А-41, А-01М производит костромской завод "Мотордеталь", для дизелей с турбонаддувом - новороссийский завод "Красный двигатель" (гильза-поршень) и недавно появившийся партнер - ОАО "Ставропольский завод поршневых колец" - "СТАПРИ". Это предприятие, производящее поршневые кольца для большинства видов отечественной техники, формирует комплекты гильзопоршневой группы из компонентов, поставляемых заводом "Мотордеталь-Правэкс" (Конотоп) и харьковским заводом "Автрамат" (Украина), добавляя кольца собственного производства.

Новый поставщик, на мой взгляд, имеет наилучшее сочетание "цена-качество". Что касается Конотопского завода, изготовляющего только гильзы, то это предприятие с мировым именем, поставляющее запчасти в больших количествах не только в рамках СНГ, но и в десятки зарубежных стран Европы

и в США. Конотопский завод освоил высокие технологии, он отличается жесткой технологической дисциплиной и высоким качеством продукции, поэтому у нас, специалистов "Алтайдизеля", его авторитет весьма высок. То же можно сказать о харьковском "Автрамате" (бывшем заводе "Харьковский поршень"). Заметно улучшил качество своей продукции Ставропольский завод поршневых колец, на котором последнее время проведено переоснащение производства новым оборудованием, предназначенным для изготовления колец для наших дизелей. Полученные в декабре

2002 г. комплекты поршневых колец 440-03с5 подтвердили стабильность всех геометрических параметров и высокое ка-



**Таблица применяемости комплектов гильзопоршневой группы на дизелях ОАО "Алтайдизель"**

Модель двигателя	Техническая характеристика двигателя	Применение	Тип комплекта поршневых колец	Тип поршня и гильзы
А-41, А-41И	4-цилиндровый дизель, мощность - 90 л.с., НЧВ <sup>1</sup> - 1790 об./мин.	Тракторы ДТ-75МЛ, ДТ-75МП	01М-03с5-30 (СТАПРИ) или 01М-1004002-20 ("Мотордеталь", Кострома)	Поршень 01М-0305-40, гильза 01М-0102 или 442-0102
А-01М, А-01МСИ, А-01МР, А-01МРИ, А-01МК, А-01МКС	6-цилиндровый дизель, мощность - 130 л.с., НЧВ - 1700 об./мин.	Тракторы Т4-А, Т-401, ТТ-4, автогрейдеры, фронтальные погрузчики		
Д-442-50, Д-442-50Р, Д-442-51, Д-442-51Р, Д-442-50И, Д-442-50РИ, Д-442-51РИ, Д-442-51И	4-цилиндровый дизель с ТН <sup>2</sup> и ОНВ <sup>3</sup> , мощность - 140 л.с., НЧВ - 1900 об./мин.	Комбайны "Енисей", "Нива"	440-03с5 (СТАПРИ) или 11ТА-1004002 ("Мотордеталь", Кострома)	Поршень 11ТА-03с6-22 или 11ТА-01с6-2-21 (НЗКД <sup>4</sup> ) или 11ТА-03с6-26 ("Автрамат", Харьков), гильза 01М-0102 или 442-0102
Д-442-24, Д-442-25, Д-442-25БИ, Д-442-25ПИ	4-цилиндровый дизель с ТН и ОНВ, мощность - 145 л.с., НЧВ - 1750 об./мин.	Тракторы ВТ-100Д, Т-95.4, автогрейдеры ГС-14.02		
Д-461-10/11, Д-461-12/13, Д-461-17	6-цилиндровый дизель с ТН, мощность - 250 л.с., НЧВ - 1700 об./мин.	Тракторы Т-4.02, автогрейдеры ДЗ-160, ДЗ-198		
Д-461-51	6-цилиндровый дизель с ТН, мощность - 225 л.с., НЧВ - 2000 об./мин.	Комбайны "Дон-1500"		

Примечания: <sup>1</sup>НЧВ - номинальная частота вращения; <sup>2</sup>ТН - турбонагнетатель; <sup>3</sup>ОНВ - охладитель наддувочного воздуха; <sup>4</sup>НЗКД - новороссийский завод "Красный двигатель"

чество. Это гарантирует реальность наших планов кооперированных поставок. Ставропольский завод поршневых колец чутко реагирует на наши требования и по качеству, и по новым конструкциям колец.

Сегодня в стадии освоения находится поршень 446-03с6-08 с тремя кольцами, разработанный с учетом рекомендаций немецкой фирмы "MAN". Этот поршень прошел жесткие эксплуатационные испытания. Его внедрение, наряду с другими улучшениями, позволит снизить угар масла до 0,2...0,3 % от расхода топлива.

Поршневые кольца этого поршня обладают определенными особенностями. Верхнее кольцо - с двухсторонней трапецией, со смещенной вниз "бочкой" рабочей поверхности и шлифованной фаской внизу. Маслосъемное кольцо имеет высоту 4 мм. Ставропольский завод уже выслал нам партию маслосъемных колец для этих поршней и подтвердил готовность к серийным поставкам. Что касается верхнего компрессионного кольца, то предстоит большая, серьезная работа по освоению его выпуска на СТАПРИ. Мы надеемся, что задача эта решаемая, посильная для такого завода.



Трактор Т4-А

тушки, Владимирской области), с барнаульским заводом "Трансмаш", но эти варианты кооперации не получили развития по разным причинам (претензии по качеству, сложности поставок и др.)

Недалеко то время, когда Россия вступит в ВТО. В связи с этим нормативные показатели вредных выбросов в атмосферу от дизелей следует приводить в соответствие с европейскими стандартами. Кстати, действующие в России ГОСТы на эти параметры уже сегодня достаточно жесткие. Так, выброс твердых частиц напрямую связан с величиной угара масла, который должен находиться в пределах 0,3...0,4 % от расхода топлива. По нормам же, действующим в Западной Европе, угар масла не должен превышать 0,1...0,2 %.

Новый комплект "гильза - поршень - поршневые кольца", который будет производиться на трех заводах (Конотоп, Харьков, Ставрополь) для турбонаддувных дизелей ОАО "Алтайдизель", получит обозначение 440-03с7. Кстати, уместно упомянуть, что комплект "поршень - гильза - кольца" для алтайских дизелей с турбонаддувом не только можно, но и рекомендуется применять в безнаддувных дизелях А-01М/А-41. Это будет способствовать повышению ресурса, позволит снизить угар масла, поэтому затраты быстро окупятся.

Эксплуатационники должны твердо помнить, что для нормальной работы ЦПГ дизелей в зависимости от частоты вращения коленвала и уровня форсирования двигателя следует применять масла в точном соответствии с руководством по эксплуатации. При этом полезно требовать от снабжающих маслом организаций предоставления сертификатов на соответствие их продукции требованиям ГОСТов и ТУ.



Трактор Т4.04

Специалисты "Алтайдизеля" планируют обеспечить установку поршня 446-03с-08 на все дизели: и наддувные и безнаддувные. Это будет способствовать повышению эксплуатационных показателей наших дизелей (ресурс, экологические характеристики, экономичность) и укреплению положительного имиджа завода.

Что касается взаимодействия с другими потенциальными поставщиками деталей ЦПГ, то здесь позиция завода такова: в новых рыночных условиях мы не отвергаем "с порога" ничьих предложений, а принимаем с условием тщательной проверки продукции на соответствие документации. У "Алтайдизеля" есть опыт совместной работы с Макинским и Одесским заводами поршневых колец, а по стальному варианту колец - со "Стаколом" (г. Пе-

**ИНФОРМАЦИЯ**

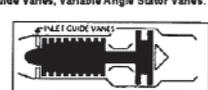
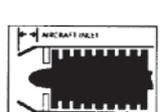
14 марта 2003 г. со сборочного конвейера ОАО "Заволжский моторный завод" сошел 500-тысячный двигатель семейства ЗМЗ-406. Первые серийные двигатели этого семейства были изготовлены в январе 1996 г. С того времени их выпуск в массовом производстве постоянно наращивался. 30 мая 2000 г. был собран 200-тысячный двигатель семейства, ставший итогом 4-летней работы. За последние два года и 10 месяцев было выпущено 300 тысяч этих двигателей.

Двигатели 406-го семейства разработаны конструкторами Заволжского моторного завода. Модельный ряд включает двигатели ЗМЗ-406 (2,3 л), ЗМЗ-405 (2,5 л), ЗМЗ-409 (2,7л). Все они отвечают стандарту "Евро-2".

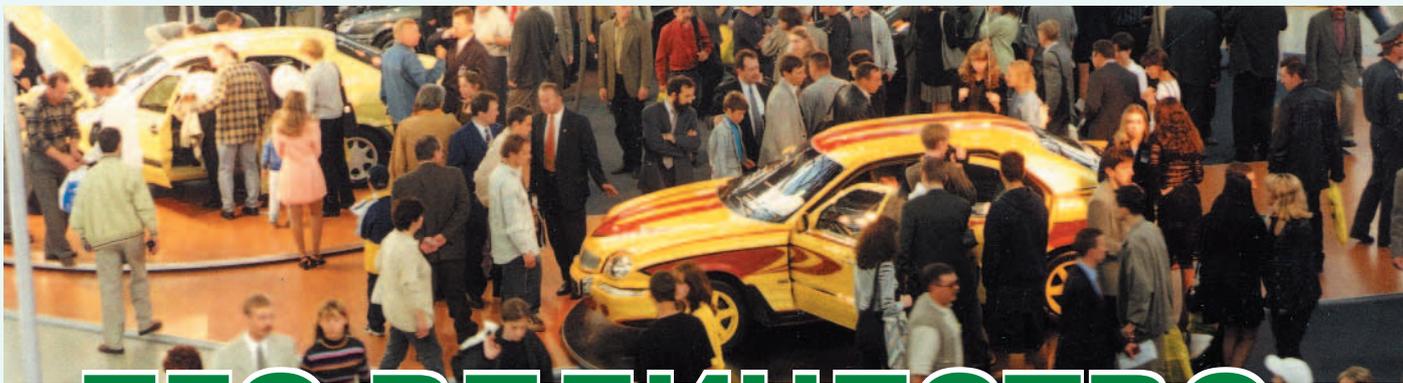
Основными потребителями моторов 406-го семейства являются Горьковский и Ульяновский автозаводы. Горьковскому автозаводу поставляются двигатели ЗМЗ-405 и ЗМЗ-406, Ульяновскому автозаводу - ЗМЗ-409.

В рамках программы развития предприятия на ближайшую перспективу Заволжский моторный завод реализует масштабный инвестиционный проект, предусматривающий расширение производства двигателей 406-го семейства до 220 тыс. единиц в год. Одновременно планируется проведение комплекса работ по повышению уровня качества, надежности и ресурса двигателей. В первом полугодии 2003 г. на осуществление проекта выделяется около \$17 млн.

Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова готовит к изданию англо-русский иллюстрированный толковый словарь по авиационным двигателям, который будет содержать до 10 000 терминов и сокращений. Словарь предполагается к выпуску в традиционном виде и на компакт-диске.

<p><b>Inlet Guide Vane System (engine)</b> - неподвижный входной направляющий аппарат (ЭНА). Располагается перед первой ступенью компрессора, создавая течения на входе в рабочее колесо при оптимальных углах атаки. См. Guide Vanes, Variable Angle Stator Vanes.</p>  <p><b>Inlet Hazard Marker</b> - рисунок или отметка на мотогондole вблизи входа в воздуховозборник. Предупреждает обслуживающий персонал об опасности при засасывании воздуха. См. Inlet Area Hazard Marker.</p>	<p><b>Inlet Section (engine)</b> - часть ГТД, в которую поступает воздух из воздуховозборника самолета. В этой секции часто устанавливаются лопатки входного НА, которые оптимизируют угол входа потока в первую ступень компрессора. На больших ТРДД лопатки входного НА не используются, и воздушный поток из входной секции непосредственно поступает в ротор вентилятора.</p> 
---	---

**Реквизиты для заинтересовавшихся:**  
 111116, Москва, Авиамоторная ул., 2, ЦИАМ.  
**Пеньков Сергей Николаевич**  
**Факс: (095) 267-1354 Тел.: (095) 361-6635**  
**E-mail: avim@ciam.ru**



# ЕГО ВЕЛИЧЕСТВО - К.П.Д.

Евгений Бугаец, д.т.н.

"Простота хуже воровства".  
Народная поговорка

(Продолжение. Начало № 1 - 2003 г.)

## Опять немного истории

Каким бы сложным ни был современный двигатель, его суть может быть представлена весьма просто (рис. 1). Этой конструкции более 160 лет. Двигатель содержит цилиндр, поршень (отсюда название поршневой), палец, шатун, коленчатый вал и картер. Другие детали и системы двигателя условно не показаны. Картер с цилиндром жестко соединены и относительно неподвижны. Поршень с пальцем движутся линейно или возвратно-поступательно. При этом крайние положения называются верхняя и нижняя мертвые точки (ВМТ и НМТ), соответственно. Коленчатый вал вращается. Шатун совершает комплексное движение. Верхний его конец, охватывающий палец, движется линейно, нижний конец, охватывающий коленчатую шейку, вращается. Остальные части шатуна участвуют одновременно в обоих движениях, описывая эллиптические траектории. При этом, смещаясь вдоль шатуна от одного конца к другому, один вид движения плавно "перетекает" в другой. Между глухим торцом цилиндра и дном поршня, находящимся в положении ВМТ, образуется полость, называемая камерой сгорания. Вся механическая часть двигателя называется кривошипно-шатунным механизмом.

Первый двигатель, созданный французом Ленуаром, работал следующим образом (рис. 2). Из положения ВМТ поршень, двигаясь вниз, засасывал воздушно-топливную смесь (фаза ВПУСК). На полпути к НМТ ( $\alpha = 90^\circ$ ) топливная смесь поджигалась, и начиналась фаза РАСШИРЕНИЕ. Далее от НМТ до ВМТ осуществлялся ВЫПУСК, и рабочий цикл повторялся. Как видим, первый двигатель был двухтактным и имел

три фазы. Его к.п.д. был просто смешным, так как рабочая фаза РАСШИРЕНИЕ была короткой, смесь горела относительно медленно, а создаваемое давление было незначительным. Тем не менее эти двигатели нашли спрос, и началось их серийное производство.

Немец Отто, проводя эксперименты с двигателем Ленуара, нечаянно все напутал. Цилиндр полностью заполнился горючей смесью, поршень сжал ее, и тогда произошло зажигание. Двигатель так "крутанулся", что Отто испугался и выключил его, но двигатель долго еще вращался по инерции. Отто понял - произошло что-то очень важное, и стал вспоминать, что он сделал "не так". К счастью, он вспомнил это, и все повторилось. Так наступила новая эра человеческой цивилизации - появился двигатель, работающий по циклу Отто. Позже другой француз лишил Отто патента, но благодарное человечество по-прежнему считает создателем двигателя немца Отто, поскольку идея, воплощенная в жизнь, ценится гораздо выше идеи на бумаге.

Почему сжатие резко повысило эффективность двигателя? Ведь для сжатия воздушно-топливной смеси требуется тратить заметную энергию (рис. 3а). Все правильно. Но взамен мы получаем:

- максимальное расширение рабочей фазы,
- быстрое сгорание сжатой топливно-воздушной смеси в условиях неизменного объема камеры сгорания,
- повышение силы давления горячих газов на дно поршня пропорционально степени сжатия (рис. 3б).

Казалось бы, повышай теперь степень сжатия до бесконечности и езди, почти не тратя топлива. Не тут-то было, но об этом позже.

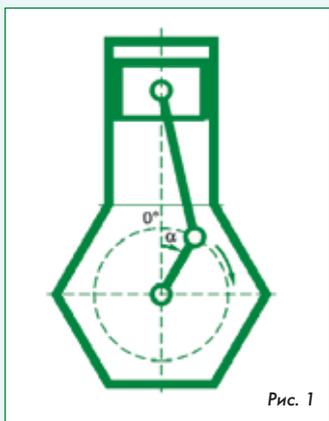


Рис. 1

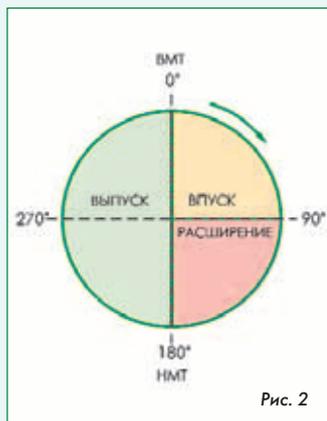


Рис. 2

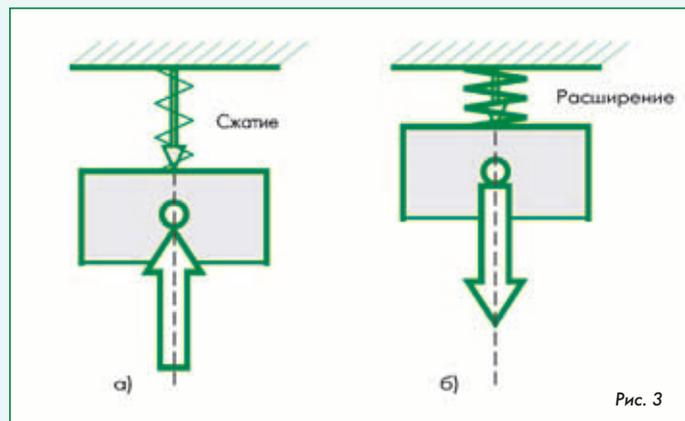


Рис. 3

**Теоретическая модель двигателя**

Как мы убедились, в двигателе происходит последовательное преобразование четырех основных видов энергии (рис. 4)

$$E_1 \rightarrow E_2 \rightarrow E_3 \rightarrow E_4,$$

- где  $E_1$  - химическая энергия (топлива);
- $E_2$  - тепловая энергия (газов);
- $E_3$  - линейная механическая энергия (поршня);
- $E_4$  - механическая энергия вращения (коленчатого вала).

Кроме того, в двигателе циркулирует ряд неосновных видов энергий, например, электрическая.

Каждое преобразование энергий  $E_i \rightarrow E_{i+1}$  сопровождается потерями  $i$ -ой энергии  $\Delta E_i$ .

К.п.д. двигателя определяется по формуле

$$K = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4,$$

где к.п.д. преобразования  $i$ -ой энергии

$$k_i = 1 - \Delta E_i / E_i.$$

Следует иметь в виду, что двигатель имеет циклический принцип действия, т. е. все процессы непостоянны во времени, но периодически повторяются с определенной долей неустойчивости. Кроме того, все процессы зависят от режима работы, например, от частоты вращения вала двигателя  $\omega$  и нагрузки  $R_H$ .

**Потери энергий ( $\Delta E_i$ )**

Потери указанных видов энергии можно дифференцировать на отдельные составляющие.

**1. Потери химической энергии топлива  $\Delta E_1$ :**

- прямые потери в выхлопную трубу;
- потери из-за неполного сгорания топлива в пристеночном пространстве и щелях;
- потери из-за больших размеров капель топлива, особенно при большой частоте вращения коленвала;
- потери из-за богатой воздушно-топливной смеси, например, на режиме холостого хода.

**2. Потери тепловой энергии газов  $\Delta E_2$ :**

- потери, вызванные окислением и горением топлива в фазе СЖАТИЕ;

- потери из-за декомпрессии;
- потери в стенки камеры сгорания и цилиндра;
- потери в выхлопную трубу.

**3. Потери линейной механической энергии поршня  $\Delta E_3$ :**

- потери на трение поршневых колец о цилиндр;
- потери на трение из-за асимметричной реакции шатуна;
- инерционные потери, зависящие от частоты вращения вала двигателя;
- потери при кратковременном заклинивании поршня из-за асимметричного горения (растут с увеличением нагрузки);
- осевые потери (потери преобразования в кривошипно-шатунном механизме).

**4. Потери механической энергии вращения вала  $\Delta E_4$ :**

- потери на подготовительные фазы (ВПУСК, ВЫПУСК, СЖАТИЕ);
- потери на работу вспомогательных механизмов и устройств (газораспределения, питания, смазки, охлаждения, электрогенератор и др.);
- инерционные потери, зависящие от скорости изменения частоты вращения вала двигателя.

Забавно, но чем больше потери  $\Delta E_1$ ,  $\Delta E_2$  и  $\Delta E_3$ , тем выше потери  $\Delta E_4$ .

**Первые итоги**

1. Теоретическая модель двигателя содержит четыре вида энергий, последовательно преобразующихся друг в друга с потерями.

2. К.п.д. двигателя есть произведение как минимум 16 коэффициентов  $k_i$ , которые могут принимать значение от 0 до 1.

3. К.п.д. двигателя есть переменная функция, которая принимает значение от 0 до  $K_{\max}$  и зависит не только от режима работы двигателя ( $\omega$ ,  $R_H$ ), но и угла поворота коленчатого вала. Так, на холостом ходу, а также в ВМТ и НМТ значение  $K = 0$ . Во время подготовительных фаз  $K$  со знаком минус.

4. Двигатель, показанный на рис. 1, предельно прост, но платой за эту простоту является наличие большого количества неоправданных потерь.

Чему же в итоге равняется к.п.д.?



(Продолжение следует)

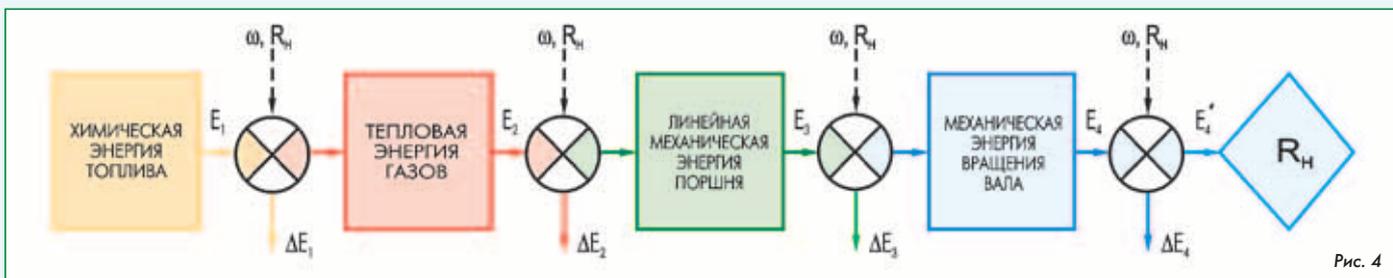


Рис. 4

**ИНФОРМАЦИЯ**

**Коэффициент полезного действия автомобиля**

Многие автомобилисты отождествляют к.п.д. бензинового двигателя и к.п.д. автомобиля, считая их равными приблизительно 23%. Мол, 23% бензина уходит на движение, а остальное - в выхлопную трубу. На самом деле ситуация значительно хуже. В автомобиле мощность, передаваемая на ведущие колеса, оказывается еще меньше из-за потерь в трансмиссии, коробке передач, на трение резины о грунт плюс потери в глушителе, в электрооборудовании и т.п. В итоге на вращение колес остается только 12...13%. Таким образом, лишь 12 из 100 л бензина уходят на собственно перемещение автомобиля, а остальные 88 л вылетают в трубу.

Но это еще полбеды. Несмотря на тысяч лет человек ездил на легких деревянных повоз-

ках, для перемещения которых было достаточно одной, а в крайнем случае шестерки лошадей. Теперь же в каждую современную металлическую повозку "впряжены" порой несколько сот лошадей. Если верить статистике, в каждой такой легкой повозке, рассчитанной на 5 человек, ездят в среднем 1,3 человека. При средней массе пассажира 75 кг и средней массе современного легкового автомобиля 1200 кг получается коэффициент загрузки около 8%. Таким образом, из 12 л бензина, которые уходят на вращение колес, лишь около 1 л расходуется на перемещение собственно людей, а остальное расходуется на транспортирование груза (от одного до пяти человек) к.п.д. легкового автомобиля лежит в диапазоне 0,7...3,5%

при математическом ожидании 1%!

Немного лучше дело обстоит с грузовым автотранспортом. По статистике его коэффициент загрузки лежит в диапазоне 2...50% при среднем значении 20%. Тогда к.п.д. грузового автомобиля в среднем составляет 3%, а автобуса - 2,5% (много "пустых" маршрутов).

А вот интегральная оценка последствий такого расточительного расходования топлива. Из 2 млрд т нефти, которые тратятся на производство автомобильного топлива, 1,96 млрд т расходуется на перевозку железа и разрушение экологии и лишь 40 млн т - на транспортировку полезных грузов. Основные потери дает легковой автотранспорт, загруженный только на четверть.



Валентин Голубев

# БОЛЬШИЕ И СЛОЖНЫЕ ЗАДАЧИ ПЕРМТРАНСГАЗА



**Виктор Чичелов**, генеральный директор ООО "Пермтрансгаз"

Общество с ограниченной ответственностью "Пермтрансгаз" является одним из крупнейших газотранспортных предприятий ОАО "Газпром". В российской газовой компании оно занимает второе место (после Тюментрансгаза) по суммарной мощности установленных газоперекачивающих агрегатов и объему транспортируемого голубого топлива. Общая протяженность магистральных газопроводов и газопроводов-отводов, находящихся в зоне обслуживания предприятия, составляет в одностороннем исчислении более 10 300 километров. Являясь неразрывным звеном единой системы газоснабжения России, Пермтрансгаз осуществляет транспорт газа по 14 магистральным газопроводам, пересекающим территории Пермской области и Удмуртской республики. На всем пути следования этого мощного газового потока (а его объем доходит в зимнее время до 1 млрд кубометров газа в сутки) базируются 12 линейных производственных управлений магистральных газопроводов - филиалов Общества, обеспечивающих транспортировку газа в центр России с помощью более 270 газоперекачивающих агрегатов (ГПА), установленных в 62 компрессорных цехах. Общая мощность агрегатов составляет 4266,6 МВт. Кроме того, более 100 газораспределительных станций круглосуточно подают голубое топливо в города и поселки, на предприятия народного хозяйства и топливно-энергетического комплекса Западного Урала.

Главный офис Общества и основные материально-технические средства расположены на юге Пермской области - в г. Чайковском. В 19 филиалах ООО "Пермтрансгаз" трудится высококвалифицированный, сплоченный коллектив численностью более 8 тыс. человек.

Сразу же после создания предприятия "Пермтрансгаз", в марте 1984 г., перед его руководством встали две главные задачи: строительство газопроводов и ввод в эксплуатацию новых газоперекачивающих агрегатов. Другим важнейшим направлением деятельности созданного предприятия стала реконструкция уже находящихся в эксплуатации ГПА, отработавших свой назначенный ресурс в пределах 100 тыс. часов. Дело в том, что "Пермтрансгаз" возник не на пустом месте, он взял в "наследство" часть мощностей "Горькийтрансгаза". В числе первых агрегатов, перешедших на баланс предприятия, были ставшие сегодня уже легендарной сумские "шестерки" - ГПА-Ц-6,3/56 с авиационными двигателями НК-12СТ ("Моторостроитель", Самара). Данный тип агрегата был установлен в течение пяти лет на трех нитках магистраль-

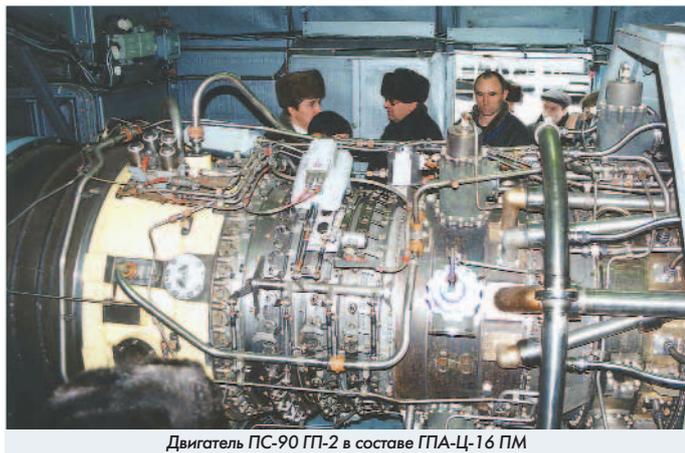
ного газопровода Нижняя Тура - Пермь - Горький. Пять самых первых ГПА начали работать в 1974 г. на Оханской газоконпрессорной станции. С 1983 по 1988 г. в эксплуатацию были введены еще несколько "шестерок", только теперь уже на магистральном газопроводе Уренгой - Новопсков (КС "Горнозаводская"). Это ГПА-Ц-6,3В/76-1,45 (двигатель тот же, но нагнетатель другой). В настоящее время в ООО "Пермтрансгаз" парк указанных двух типов агрегатов включает 39 и 8 ГПА, соответственно.

С 1982 г. идет отсчет наработки на компрессорных станциях "Пермтрансгаза" агрегатов ГПА-Ц-16/76 с авиационным двигателем НК-16СТ (КМПО, Казань), ставших в настоящее время самым многочисленным типом в парке ГПА нашего Общества. Первые пять агрегатов были установлены на газопроводе Уренгой-Центр I (КС "Кунгурская"). Сегодня в газотранспортной системе "Пермтрансгаза" работают 87 ГПА данного типа.

В 1983 г. на КС "Алмазная" появились стационарные ГТК-10-4 с приводом производства Невского завода. Годом позже на КС "Кунгурская" и КС "Агрызская", а затем и на КС "Чайковская", КС "Ординская" получили путевку в жизнь самые первые "иностранцы" в этих краях - ГТК-25ИР ("Джон Браун", Великобритания), ГТК-25ИР ("Нуово-Пиньоне", Италия), ГТК-25ИР ("АЕГ Канис", Германия). Все эти агрегаты стационарные, с приводом MS-5002R (разработка турбины - "Дженерал Электрик", США), но применяемые в них нагнетатели разные. С таким вот богатым "наследством" предприятие "Пермтрансгаз" шагнуло в середине 80-х годов в систему единого газоснабжения России. Можно сказать, все еще только начиналось. Ежегодно в эксплуатацию вводились по 15-20 газоперекачивающих агрегатов. Параллельно с вводом новых агрегатов до десятка и более ГПА заменялись в рамках программы реконструкции по причине выработки назначенного ресурса (ГПА-Ц-6,3/56), в связи с выходом из строя, а также потерей мощности (ГТК-10-4, ГТН-25/76).

В начале 90-х годов на КС "Пермтрансгаза" началась эпоха применения ГПА с судовым приводом производства ПО "Зоря" (Николаев, Украина). Первые агрегаты ГПУ-16/76-1,44 с двигателем ДЖ-59Л2 появились на газопроводе Ямбург - Тула II (КС "Добрянская", КС "Очерская"). Потом были внедрены ГПА-16 МЖ 59.01 (59.02). Парк ГПА с судовым приводом насчитывает сегодня 48 агрегатов. В текущем году к ним присоединятся еще шесть изготовленных ГПА-25/76 с двигателем ДН-80Л, также николаевского производства. Это - совместный проект украинских и немецких машиностроителей (сменная проточная часть нагнетателя изготовлена фирмой MANN Turbo). Здесь надо отметить, что в ОАО "Газпром" агрегаты данного типа еще не эксплуатировались. Специалисты "Пермтрансгаза" стали первопроходцами на этом пути. И опыта им не занимать. Взять хотя бы самую "родную" для эксплуатационников предприятия тему - ввод в эксплуатацию агрегатов нового поколения (на базе авиационного двигателя ПС-90А) в рамках реализации программы "Урал-Газпром", ведущей свой отсчет с 1992 г.

Данный тип ГПА семейства "Урал" стал продуктом сотрудничества ОАО "Газпром" с рядом высокотехнологичных предприятий бывшей оборонки Пермского региона, таких как ОАО "Авиадвигатель", ОАО "Пермский моторный завод", ОАО НПО "Искра" и др. Для создания нового ГПА на КС "Пермская" ООО "Пермтрансгаз" был оборудован испытательный комплекс с четырьмя стендами: для испытаний и доводки газогенераторов мощностью 10, 12, 16 и 25 МВт; для испытаний двигателей ПС-90 ГП-1 и ПС-90 ГП-2; для испытаний и доводки ГТУ мощностью от 2,5 до 6 МВт для газотурбинных электростанций. За сравнительно короткий срок пермские ма-



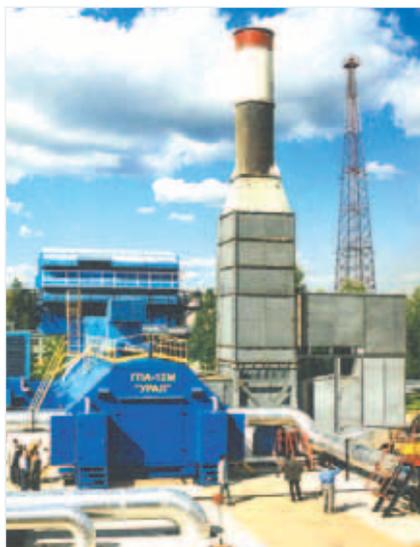
Двигатель ПС-90 ГП-2 в составе ГПА-Ц-16 ПМ

шиностроители совместно со специалистами "Пермтрансгаз" (без их советов и рекомендаций не обошлось) сумели отладить и сдать в эксплуатацию целое семейство ГПА типа "Урал". В сентябре 1995 г. на КС "Ординская" принят в эксплуатацию ГПА-12Р "Урал" (с авиационным приводом ПС-90 ГП-1), рассматриваемый в качестве одного из возможных вариантов замены стационарного ГТК-10-4. В августе 1996 г. на КС "Пермская" успешно проведены межведомственные испытания блочно-комплектного ГПА-12 "Урал". В январе 1998 г. на КС "Ординская" заработал ГПА-16 РП "Урал" с более мощным 16-мегаваттным двигателем ПС-90 ГП-2. В числе достоинств новой ГТУ-16П можно отметить дополнительную ступень компрессора с поворотным направляющим аппаратом, трехступенчатую свободную турбину, большой к.п.д.

Самым "урожаемым" на "Урале" выдался июль 2001 г., когда были приняты в эксплуатацию два совершенно новых агрегата - блочно-комплектные ГПА-16 (КС "Горнозаводская") и ГПА-12М (КС "Пермская"). Если первый был признан газовиками базовым в программе реконструкции газоперекачивающего парка ОАО "Газпром", то второй стал ярким образцом научно-технического прорыва в XXI век. ГПА-12М "Урал" - первый в практике ОАО НПО "Искра" агрегат, оснащенный бесмаслячным центробежным нагнетателем с "сухими" газодинамическими уплотнениями и электромагнитным подвесом ротора. В качестве привода в ГПА применяется газотурбинная установка ГТУ-12П (разработки ОАО "Авиадвигатель") на базе конвертированного авиадвигателя ПС-90 ГП-1. Простая и высоконадежная схема газотурбинного двигателя с одновальным газогенератором позволяет значительно сократить затраты на техническое обслуживание и уменьшить время, необходимое для его монтажа (демонтажа). Большой межремонтный ресурс ГТУ и наличие отработанной системы эксплуатационной диагностики обеспечивают снижение годовых и удельных затрат на обслуживание агрегата.

И, наконец, в январе 2002 г. в рамках программы "Урал-Газпром" был принят в эксплуатацию в реконструированном варианте агрегат ГПА-Ц-16, у которого двигатель НК-16 СТ был заменен на ГТУ-16 ПЦ с КМЧ. Данная газотурбинная установка является модификацией ГТУ-16П. Отличия от базовой конструкции связаны с иными условиями размещения и необходимостью доработки соединительных мест. Проведенная на КС "Чайковская" реконструкция позволяет повысить надежность систем приводного двигателя, повысить к.п.д., уменьшить безвозвратные потери масла, улучшить экологические характеристики агрегата. На КС "Чайковская" планируется реконструировать два компрессорных цеха. Один агрегат уже в работе, второй - на выходе, в заделе еще восемь.

По программе "Урал-Газпром" сегодня в ООО "Пермтрансгаз" завершаются пусконаладочные работы по вводу в эксплуата-



Межведомственные испытания по приемке в эксплуатацию блочно-модульного ГПА-12М "Урал". КС "Пермская", июль 2001 г.

цию еще двух типов ГПА семейства "Урал". Два агрегата ГПА ПХГ-10 "Урал" установлены на Карашурском подземном хранилище газа, а долгожданный блочно-модульный ГПА-25Р "Урал" готовится к пуску этим летом на КС "Игринская". Кроме того, как стало известно, в разработке у пермских моторостроителей находится газотурбинная установка нового поколения с к.п.д. до 44 % (!) В мире таких машин пока нет. И это значит, что у эксплуатационников "Пермтрансгаз" есть шанс вновь стать первыми на пути развития научно-технического прогресса.

Не менее важная и ответственная задача по вводу в эксплуатацию новых газоперекачивающих агрегатов стояла перед специалистами ООО "Пермтрансгаз" и в годы реконструкции существующего парка ГПА (1995-2000 гг.) в рамках контракта между ОАО "Газпром" и консорциумом "Трагаз" (Италия). Поставка оборудования и материалов была распределена "Газпром" по семи своим предприятиям. Доля "Пермтрансгаз" в этом общем объеме составляла двадцать процентов. Реконструкция проводилась по следующим темам: модернизация агрегатов ГТК-25И с установкой рекуператоров, замена агрегатов ПН-25/76 на ГТК-25ИР фирмы "Нуово-Пиньоне", замена агрегатов ГПА-Ц-6,3 на ПЖТ-21С фирмы "Нуово-Пиньоне" с газогенератором АЛ-31СТ (производства ОАО "А.Людья-Сатурн"). Согласно контракту реконструкцией были охвачены 30 ГПА мощностью по 25 МВт каждый, установленные на десяти компрессорных станциях Ужгородского коридора (экспорт газа в Европу). В том числе были установлены 18 рекуператоров в существующие агрегаты "Фрейм-5" и произведен монтаж 12 полнокомплектных регенеративных агрегатов ГНР-25И. Кроме того, на КС "Алмазная" были установлены пять агрегатов ПЖТ-21С вместо устаревшего оборудования. Была проделана поистине колоссальная работа, результатом которой, будем надеяться, станет надежность, долговечность, ремонтпригодность и экономичность импортных ГПА.

Таким образом, коллектив эксплуатационников ООО "Пермтрансгаз" решает большие и сложные задачи. А коллектив складывается из людей самых различных специальностей. Именно о них, о тех людях, которые вкладывают душу в свою нелегкую работу, слова заместителя генерального директора по производству ООО "Пермтрансгаз" А.В. Ермолаева, более четверти века отдавшего любимой профессии: "Хотелось бы сказать большое человеческое спасибо всем работникам ООО "Пермтрансгаз", специалистам подрядных организаций, с которыми мы воплощаем все наши мечты в жизнь. Это они обеспечивают монтаж оборудования, проводят пусконаладочные работы, обслуживают и ремонтируют вверенную им технику, проявляя при этом высокую человеческую активность, ответственность и профессионализм".



Межведомственные испытания по приемке ГПА-Ц-16 ПМ (реконструкция с заменой НК-16СТ на ГТУ-16ПЦ), КС "Чайковская", январь 2002 г.



Заместитель начальника Департамента по транспортировке, подземному хранению и использованию газа ОАО "Газпром" А.З. Шайхутдинов (четвертый слева) с группой эксплуатационников ООО "Пермтрансгаз"



# ПЕРМСКИЕ ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

**Алексей Родин**, заместитель директора программы поставок ГТУ для газовой промышленности ОАО "ПМЗ"

Газотурбинные установки для транспортировки газа разрабатываются в Перми с 1992 г. За относительно небольшой период времени по заказу "Газпрома" в рамках программы "Урал-Газпром" акционерным обществом "Авиадвигатель" на базе авиационного двигателя ПС-90А (лучшего российского двигателя для самолетов средней и большой дальности Ил-96, Ил-76МФ, Ту-204, Ту-214) были спроектированы, а акционерным обществом "Пермский моторный завод" - внедрены в серийное производство газотурбинные установки ГТУ-10П, ГТУ-12П и ГТУ-16П.

Применение высоких технологий, созданных в Перми, позволило создать новое поколение газотурбинных установок (ГТУ), отличающихся простотой эксплуатации, высокими показателями надежности, ресурса и экономичности.

Газотурбинные установки ГТУ-10П, ГТУ-12П и ГТУ-16П могут применяться как при строительстве новых блочно-комплектных газоперекачивающих агрегатов (ГПА) серии "Урал" производства ОАО НПО "Искра" (Пермь), так и при реконструкции существующих ГПА. Кроме отмеченных, возможны и другие варианты применения ГТУ: например, они могут использоваться в качестве компрессорных установок, для привода насосов, электрогенераторов, для транспортировки нефти и т.д.

Основным заказчиком ГТУ-10П, ГТУ-12П и ГТУ-16П является ОАО "Газпром", использующий их в качестве приводов газо-

перекачивающих агрегатов при реконструкции устаревших агрегатов и строительстве новых компрессорных станций в составе блочных ГПА.

Варианты применения ГТУ:

- ГТУ-12П для реконструкции ГПА типа ГТК-10, ГПА-Ц-16, СТД-12500, "Коберра-182" и пр.;
- ГТУ-12П для блочных ГПА-12 "Урал";
- ГТУ-16П для реконструкции ГПА типа ГПА-10-01, ГТК-10, ГПА-Ц-16, ГПУ-16, СТД-12500, "Коберра-182" и пр.;
- ГТУ-16П для блочных ГПА-16 "Урал" и ГПА-16ДКС "Урал";
- ГТУ-10П для блочно-комплектных ГПА-10ПХГ "Урал", ГПА-10ДКС "Урал".

В течение последних двух лет ОАО "Газпром" активно реконструирует свои компрессорные станции: агрегаты ГТК-10 реконструируются под мощность 12 и 16 МВт, ГПА-Ц-6,3 заменяются блочными агрегатами 10-12 МВт. Помимо этого, в связи с падением давления газа на месторождениях, ОАО "Газпром" продолжает работы по освоению новых месторождений, наращиванию мощностей дожимных компрессорных станций, строительству новых трубопроводов и подземных хранилищ газа. Все это свидетельствует об устойчивом росте потребностей "Газпрома" в новых газотурбинных установках.

**Основные технические характеристики ГТУ**

Параметры	ГТУ-10П	ГТУ-12П	ГТУ-16П
Год начала серийного производства	1999	1996	1998
Мощность на валу силовой турбины, МВт	10,3	12,4	16,5
К.п.д. на валу силовой турбины, %	34,7	34,6	37,0
Частота вращения силовой турбины, об./мин	9000	6500	5300
Температура газа за силовой турбиной, °С	415	470	466
Межремонтный ресурс, ч	25 000	25 000	25 000
Выбросы NO <sub>x</sub> /CO, мг/нм <sup>3</sup> (при 15 % O <sub>2</sub> )	100/50	100/50	100/50

**Показатели надежности ГТУ (на 01.04.2003 г.)**

Показатель	ГТУ-16П	ГТУ-12П
Коэффициент технического использования	0,96	0,96
Коэффициент надежности пусков	0,89	0,93
Коэффициент готовности	0,99	0,99
Суммарная наработка, ч	76 212	203 684
Наработка лидерного образца, ч	15 126	24 729

На этом фоне успешное сотрудничество с "Газпромом" и положительные отзывы эксплуатирующих организаций позволили ОАО "Пермский моторный завод" существенно увеличить объемы производства газотурбинных установок, доведя их долю в общем объеме продаж предприятия в 2002 г. до 40 %.

Знаменательными событиями для предприятия являются начавшиеся в 2001 г. поставки ГТУ для международных проектов ОАО "Газпром", в частности для строительства новых газопроводов Россия-Турция ("Голубой поток") и Ямал-Европа, и участие пермской газотурбинной техники в освоении Пуртазовского, Ямсовейского, Юбилейного и Западнотаркосалинского газовых месторождений.

Кроме сотрудничества с "Газпромом" ОАО "Пермский моторный завод" осуществляет поставки ГТУ предприятиям нефтяного комплекса. Так, предприятию "Сургутнефтегаз" в 2001 г. поставлены три ГТУ-12П. "Сургутнефтегаз", проведя опытную эксплуатацию и положительно оценив поставленные ГТУ, разместил заказ на поставку в 2003-2004 гг. еще шестнадцать ГТУ-12П.

С целью поддержания высокой репутации выпускаемой продукции коллектив Пермского моторного завода прикладывает значительные усилия для повышения качества изготовления газотурбинных установок. Одним из ощутимых результатов этой работы является присвоение ГТУ-12П престижного звания Лауреата конкурса "100 лучших товаров России 2001 года".

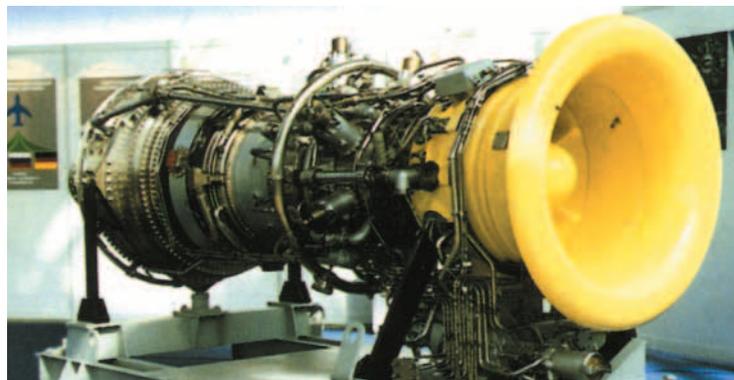
Наряду с поставками оборудования ОАО "Пермский моторный завод" осуществляет весь комплекс работ по поддержке эксплуатации оборудования у Заказчика, включающий в себя:

- монтаж и пусконаладочные работы;
- гарантийное и послегарантийное обслуживание;
- обучение персонала эксплуатирующих организаций;
- ремонт поставляемой продукции;
- поставку запасных частей и т.д.

Для реализации предлагаемой сервисной программы завод создает в регионах эксплуатации ГТУ специализированные центры (представительства), располагающие высококвалифицированным персоналом, необходимыми наборами запасных частей и диагностической аппаратуры. Подобный подход позволяет в минимальные сроки устранять обнаруженные неисправности, а также оказывать консультационную поддержку инженерно-техническому персоналу эксплуатирующих организаций.



Высокий уровень технического совершенства газотурбинных установок достигнут благодаря сложившейся в ОАО "Авиадвигатель" передовой школе проектирования. Ее отличительными чертами являются постоянное новаторство и творчество, а также широкое внедрение новейших достижений науки в перспективные проекты. Благодаря такому подходу конструкторское бюро параллельно с наращиванием характеристик серийных образцов ГТУ ведет опережающие проектные исследования в интересах создания нового поколения газотурбинных двигателей и их использования в народном хозяйстве.



В настоящее время ОАО "Авиадвигатель" продолжает разработку новых образцов ГТУ различного назначения и мощности. Среди них энергетические ГТУ мощностью 6, 7, 12, 16 и 180 МВт, а также установка сложного цикла ГТУ-18П с к.п.д., равным 44 % и ГТУ-25П с к.п.д., равным 40 %.

Наличие высококвалифицированного коллектива конструкторов и производителей, тесное сотрудничество ОАО "Авиадвигатель" и ОАО "Пермский моторный завод" позволяют в кратчайшие сроки создавать и внедрять в серийное производство газотурбинные установки, в которых используются последние достижения науки и техники. **П**

**Количество ГТУ на предприятиях ОАО "Газпром"**

Предприятие	ГТУ-10П	ГТУ-12П	ГТУ-16П
Пермтрансгаз	2	7	2
Самаратрансгаз	-	3	-
Уралтрансгаз	-	2	3
Баштрансгаз	-	3	2
Мострансгаз	-	4	-
Тюментрансгаз	-	3	2
Кубаньтрансгаз	-	5	-
Ямбурггаздобыча	-	-	12
Сургутгазпром	-	-	7
Надымгазпром	-	-	9
Лентрансгаз	-	-	5
Ноябрьскгазпром	-	-	4
Кавказтрансгаз	-	-	2
Уренгойгазпром	4	-	-
Сургутнефтегаз	-	3	-
<b>Всего:</b>	<b>6</b>	<b>30</b>	<b>48</b>



# О ВОЗМОЖНЫХ ПУТЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

Эдуард Микаэлян, доцент РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина

**Аксиома современного газотурбостроения гласит, что магистральными направлениями повышения эффективности работы газотурбинной установки (ГТУ) являются увеличение степени повышения давления в компрессоре  $\pi_k^*$  и повышение температуры газа перед турбиной  $T_r^*$ . Однако при реализации обеих этих тенденций возникают значительные трудности, связанные, прежде всего, с большими давлениями в газоздушном тракте и проблемой охлаждения лопаток газовой турбины. А остаются ли верными критерии, используемые в авиационном двигателестроении при выборе параметров газоперекачивающих ГТУ?**

В настоящее время максимальную температуру газа перед турбиной практически у всех наземных газотурбинных установок выбирают в пределах 1050...1200 °С, исходя из необходимости ограничения температуры охлаждаемой стенки лопаток турбины величиной 850...900 °С. Что же касается степени повышения давления в компрессоре, то она имеет устойчивую тенденцию к росту. Например, у двигателя НК-38СТ, входящего в состав газоперекачивающего агрегата ГПА-Ц-16А, значение  $\pi_k^*$  доведено до 25,9 при максимальной температуре  $T_r^* = 1200$  °С. Величина  $\pi_k^*$  в значительной мере влияет на стоимость агрегата, капитальные затраты и эксплуатационные расходы. Можно указать и другие осложнения, вызываемые применением компрессоров с высоким  $\pi_k^*$ . Чем выше степень повышения давления в компрессоре, тем ниже эксплуатационная пригодность ГТУ, выше вероятность возникновения помпажа, сложнее эксплуатация установки на переходных режимах.

Почему все же разработчики идут на повышение значений  $\pi_k^*$ ? Дело в том, что в условиях технического перевооружения производственных объектов отрасли можно исходить из необходимости оптимизации параметров устанавливаемого оборудования или достижения максимально возможного эффективного к.п.д.  $\eta_e^*$ . А повышения к.п.д. ГТД, как свидетельствуют термодинамические расчеты, можно добиться путем увеличения  $\pi_k^*$ . Однако, на наш взгляд, эффективный к.п.д. установки не является тем критерием, на основе которого следует выбирать оптимальное значение степени повышения давления в компрессоре газотурбинного двигателя, работающего в составе ГТУ. Дело в том, что повышение давления за компрессором приводит к существенному удорожанию всего ГТД в целом. Более рационально производить оптимизацию  $\pi_k^*$ , добиваясь максимума удельной эффективной работы газотурбинной установки  $A_{уд}$  (здесь  $A_{уд}$  - работа, производимая 1 кг рабочего тела). Привлекательность оптимизации по критерию максимума  $A_{уд}$  определяется тем, что рациональные значения  $\pi_k^*$  получаются значительно меньшими, чем в случае оптимизации по критерию максимума эффективного к.п.д.

Проиллюстрируем это положение. В табл. 1 приведены результаты расчета наивыгоднейших  $\pi_k^*$  безрегенеративных ГТУ в зависимости от соотношения граничных температур цикла ( $T_4^*/T_1^*$ ) и приведенного относительного к.п.д. турбомашин ( $\eta_m^* = \eta_k^* \eta_t^*$  - произведение к.п.д. компрессора и турбины) исходя из условия достижения максимального значения удельной эффективной работы газотурбинной установки  $A_{уд}$ .

Таблица 1	Оптимальные по критерию максимума удельной эффективной работы ( $A_{уд}$ ) значения степени повышения давления в компрессоре ( $\pi_k^*$ )						
	$\eta_m^*$	$T_4^*/T_1^*$					
		3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,5
	0,80	3,50	3,90	4,31	4,74	5,18	6,15
	0,85	4,34	4,82	4,82	5,86	6,41	7,67
	0,90	5,30	5,89	5,89	7,15	7,82	9,34

Наивыгоднейшие значения  $\pi_k^*$  в ГТУ с регенеративным использованием теплоты продуктов сгорания, вычисленные по традиционным методикам (за критерий принято достижение максимума эффективного к.п.д. установки  $\eta_e^*$ ), оказываются значительно выше, чем те же показатели, рассчитанные по максимуму  $A_{уд}$ . Именно эта особенность рабочих процессов явилась одной из причин широкого применения регенерации теплоты в ГТУ.

Результаты термодинамических расчетов свидетельствуют, что зависимости эффективной удельной работы и эффективного к.п.д. газотурбинной установки от величины  $\pi_k^*$  являются существенно разными. Так, при возрастании наибольшей температуры цикла от 750 до 900 °С оптимальное значение  $\pi_k^*$ , при котором эффективная удельная работа газотурбинного двигателя имеет максимальное значение, изменяется в узком диапазоне - от 6 до 9. Диапазон же значений  $\pi_k^*$ , при которых оптимизируется максимальный эффективный к.п.д., существенно выше: от 9 до 16. При увеличении максимальной температуры цикла сверх 900 °С значение  $\pi_k^*$ , при котором достигается максимум эффективного к.п.д. газотурбинной установки, начинает уже превышать 16.

Анализируя техническую документацию разрабатываемых ГТУ типа ГПА-Ц-16АЛ и ГПА-Ц-16А (ПО "Сатурн" и ПО им. Фрунзе), можно сделать вывод, что для повышения к.п.д. установки на 1 % (от 34 до 35 %) оказалось необходимо повысить степень повышения давления в компрессоре с 19 до 26 (на 37 %) при постоянной номинальной мощности 16 МВт. Столь существенный рост  $\pi_k^*$  при незначительном повышении к.п.д. неминуемо сопровождается значительным повышением рабочего давления в агрегате, усложняет и утяжеляет его конструкцию. Все это, конечно же, отразится на стоимости ГТУ и эксплуатационных затратах.

Как показывают термодинамические расчеты, для устаревших ГТУ (выпуска до 1980 г.) единичной мощностью не выше 10 МВт, предусматривающих, преимущественно, регенерацию теплоты отработанных газов ГТУ, эффективная удельная работа двигателя слабо зависит от  $\pi_k^*$ , то есть график зависимости представляет собой почти горизонтальную линию, в то время как кривая зависимости эффективного к.п.д. установки от степени повышения давления в компрессоре имеет ярко выраженный экстремум. Так, для ГТУ типа ГТ-750-6 (производитель - "Невский завод") удельная эффективная работа  $A_e$  достигает максимума при  $\pi_k^* = 4,6$  (табл. 2). Приблизительно такое значение степени повышения давления в компрессоре (4,8) и выбрано для установки.

Результаты термодинамических расчетов, выполненных применительно к ГТУ выпуска после 1980 г., для которых характерны большая единичная мощность и отсутствие регенерации, показывают, что ярко выраженные экстремумы в функции от  $\pi_k^*$  имеет не только график изменения эффективного к.п.д., но и график изменения эффективной удельной работы двигателя. Значение  $\pi_k^*_{опт}$  соответствующее максимуму эффективного к.п.д., превышает 12, в то время как



Тип ГТУ	Номинальная мощность ГТУ, МВт	Температура газов перед турбиной, °С	Критерий, по которому оптимизировалась $\pi_k^*$	Значение альтернативного критерия	$\pi_{k\text{ опт}}^*$
ГТН-25	25	900	$\eta_e^* = 0,28$	$A_e = 137,7$ кДж/кг	4,0
			$A_e = 192,3$ кДж/кг	$\eta_e^* = 0,27$	5,18
ГТУ-750-6	6	750	$\eta_e^* = 0,27$	$A_e = 103,1$ кДж/кг	6,41
			$A_e = 117,5$ кДж/кг	$\eta_e^* = 0,27$	7,82

Таблица 2

лась по тем же параметрам, но в качестве располагаемой мощности использовалась эффективная мощность ГТУ, принятая по заявленным паспортным данным. Числовые значения  $\delta N_{ec}$  в столбце (3), в отличие от двух предыдущих, получены в относительных безразмерных величинах термобарических параметров и также на основе использования паспортных данных.

В столбце (4) приведены оптимальные значения соотношений эффективных мощностей компрессора и турбины в эффективном термодинамическом цикле наибольшей удельной работы газотурбинного двигателя, полученные профессором Н.И. Белоконем.

Из таблицы 3 следует, что для газотурбинных установок, имеющих равные значения температуры газов перед турбиной, наблюдается рост  $\delta N_{ec}$  при увеличении  $\pi_k^*$ . Так, при повышении  $\pi_k^*$  с 3,9 до 7,8 (ГТК-5 и ГПА-Ц-6,3) величина  $\delta N_{ec}$ , подсчитанная по паспортным данным, возрастает на 16 % и достигает величины 0,7237. При этом полезная нагрузка двигателя, естественно, уменьшается.

Оптимальное значение  $\delta N_{ec}$ , подсчитанное исходя из условия получения наибольшей удельной работы, возрастает лишь на 10 % и становится равным 0,615 (ГПА-Ц-6,3).

Увеличение степени повышения давления в компрессоре установки ГТ-6-750 ( $\pi_k^* = 6,0$ ) по сравнению с аналогичным показателем ГТ-750-6 ( $\pi_k^* = 4,6$ ) почти не сказывается на  $\delta N_{ec}$ , подсчитанной по паспортным данным, а оптимальное значение  $\delta N_{ec\text{ опт}}$  возрастает на 6 %.

Наблюдается рост величины  $\delta N_{ec}$ , подсчитанной по паспортным данным для ГТУ с температурой газов  $T_r^*$  на уровне 900...925 °С при возрастании  $\pi_k^*$  от 7,8 до 10. Это повышение, как правило, не превышает 20 %, но зато  $\delta N_{ec}$  начинает отличаться от  $\delta N_{ec\text{ опт}}$  более чем на 20 %, что свидетельствует о нецелесообразности повышения  $\pi_k^*$  при температуре газов перед турбиной более 900 °С.

Из анализа данных, приведенных в табл. 3, следует, что наиболее удачно спроектированы агрегаты ГТК-10И и ГТК-25И, у которых доля полезной нагрузки составляет почти 50 % от всей мощности, вырабатываемой газовой турбиной. При этом оптимальные значения  $\delta N_{ec}$  у этих ГТУ почти совпадают с расчетными значениями, представленными в графе (3) (отклонения составляют 4...7 %).

При одинаковой температуре перед турбиной увеличение значения  $\pi_k^*$  ведет к уменьшению  $\delta N_{ec\text{ опт}}$ . Так, если сравнить агрегаты ГТ-6-750 и ГТ-750-6, то выяснится, что рост  $\pi_k^*$  с 4,6 до 6,0 привел к снижению величины  $\delta N_{ec\text{ опт}}$  с 0,551 до 0,519. В то же время значение  $\delta N_{ec}$ , подсчитанное по паспортным данным, при этом практиче-

$\pi_{k\text{ опт}}^*$  соответствующее наибольшему значению удельной эффективной работы, имеет значительно меньшую величину. Так, для ГТН-25 значение  $\pi_{k\text{ опт}}^*$  равно 12,5 при максимальном  $\eta_e^*$ , а значение, при котором достигается максимальная величина  $A_e$  составляет всего 8 (табл. 2).

Таким образом, выбор оптимального значения степени сжатия в компрессоре по критерию максимума удельной работы двигателя позволяет проектировать и изготавливать как компрессор, так и ГТУ в целом в расчете на меньшее рабочее давление, а значит и с меньшими металлозатратами при фиксированной мощности агрегата, что значительно упрощает его конструкцию и снижает капитальные вложения в производство.

Стоит обратить особое внимание на то, что выбор наивыгоднейших значений характеристик, которые указываются в технических условиях на разработку новых ГТУ, необходимо производить с учетом статистических данных о фактической нагрузке эксплуатируемых установок, а не в расчете на режим максимальной (номинальной) мощности. Для этого средний коэффициент загрузки агрегата (основываясь на многолетних статистических данных) следует принимать равным ~ 0,75...0,85. Следует отметить, что эксплуатируемые в настоящее время основные производственные объекты газотранспортных систем имеют значительный резерв мощности. Для стационарных установок это предопределяет ухудшение показателей эффективности производства из-за неадекватного соотношения объема транспортируемого газа и располагаемых производственных мощностей.

В этих условиях актуальной является задача исследования возможности получения максимальной полезной нагрузки газоперекачивающего агрегата при наименьшей тепловой мощности двигателя. При всех расчетах следует помнить, что для ГТД, используемого в качестве привода ГТУ, наиважнейшими являются не параметры внутреннего цикла, а качества его как привода. Поэтому, для решения указанной задачи проанализируем зависимость универсальной безразмерной характеристики ГТУ -  $\delta N_{ec}$ , равной отношению эффективных мощностей компрессора и турбины, от показателей работы ГТУ.

Результаты расчетов с использованием четырех различных способов представлены в табл. 3. Эффективная мощность компрессора и турбины рассчитывались по известным формулам на основании паспортных данных термобарических параметров.

В столбце (1) приведены значения для  $\delta N_{ec}$ , когда эта величина получается при подстановке в них заявленных параметров ГТУ. Для столбца (2)  $\delta N_{ec}$  рассчиты-

Тип ГТУ	$\pi_k^*$	$T_r^*, \text{ }^\circ\text{C}$	$\eta_{ак}$	$\eta_{от}$	$G_{в}, \text{ кг/с}$	$\delta N_{ec}$			$\delta N_{ec\text{ опт}}$
						(1)	(2)	(3)	
ГТК-5	3,9	700	0,972	0,788	45,2	0,6473	0,6260	0,7529	0,5594
ГТ-750-6	4,6	750	0,899	0,834	58,2	0,6422	0,6493	0,7919	0,5507
ГТ-6-750	6,0	760	0,901	0,923	45,5	0,6275	0,6413	0,5416	0,5192
ГТК-10-4	4,4	780	0,892	0,864	86,2	0,6015	0,6153	0,4661	0,5356
ГТН-16	11,5	920	0,897	0,935	85,0	0,6612	0,6631	0,5782	0,464
ГПА-Ц-6,3	7,8	710	0,862	0,719	56,0	0,8640	0,7237	0,5353	0,615
ГПА-Ц-16	9,7	794	0,914	0,879	100,0	0,6770	0,6638	0,5720	0,4979
ГТН-25	12,5	900	0,895	0,932	174,3	0,6942	0,7315	0,5474	0,4692
ГПА-10	10,3	785	0,941	0,832	80,2	0,7206	0,7226	0,5585	0,5182
ГТК-10И	7,1	925	0,907	0,815	51,0	0,5898	0,5708	0,4407	0,5106
ГТК-25И	8,2	925	0,908	0,860	118,5	0,5868	0,5828	0,4746	0,4961
КОБЕРА-182	9,0	887	0,853	0,756	76,0	0,6650	0,6844	0,5019	0,5541
НК-14СТ	10,5	917	0,870	0,754	34,7	0,7221	0,6617	0,4991	0,611
ГПА-12 "Урал"	15,6	1117	0,910	0,928	47,0	0,6231	0,6308	0,5295	0,4466

Таблица 3

Таблица 4

Расчетные значения отношения удельных эффективных работ ГД и осевого компрессора ( $A_{уд}/A_{ек}$ ) и степени аэродинамического совершенства турбокомпрессора ( $K_{эз.кт}$ ) для различных типов ГТУ				
№ точки на рисунке	Тип ГТУ	$\pi_k^*$	$A_{уд}/A_{ек}$	$K_{эз.кт}$
1	ГТК-5	3,900	0,60	0,895
2	ГТ-750-6	4,600	0,54	0,905
3	ГТ-6-750	6,000	0,56	0,933
4	ГТК-10-4	4,400	0,63	0,911
5	ГТН-16	11,500	0,51	0,934
6	ГПА-Ц-6,3	7,800	0,38	0,856
7	ГПА-Ц-16	9,700	0,51	0,925
8	ГТН-25	12,500	0,37	0,932
9	ГПА-10	10,300	0,38	0,923
10	ГТК-10И	7,100	0,75	0,903
11	ГТК-25И	8,200	0,71	0,915
12	Кобера-182	9,000	0,46	0,861
13	НК-14СТ	10,500	0,51	0,870
14	ГПА-12 "Урал"	15,597	0,58	0,937

ски не изменяется, оставаясь на уровне 0,64.

У двухкаскадных ГТУ типа ГПА-10 по сравнению с агрегатами ГПА-Ц-16 при одинаковом значении температуры  $T_r$ , величина  $\pi_k^*$  возросла от 9,7 до 10,3, что привело к незначительному увеличению  $\delta N_{ес. опт}$ : от 0,50 до 0,52. При этом значение  $\delta N_{ес}$  подсчитанное по паспортным данным, увеличилось в значительной большей мере: от 0,67 до 0,72.

Это обстоятельство свидетельствует о невысокой степени полезного использования мощности, выработанной газовой турбиной агрегата ГПА-10, для которого характерно неразумно высокое значение  $\pi_k^* = 10,3$ .

У двухкаскадных ГТУ типа ГТН-16 и ГТН-25 при приблизительно одинаковых значениях  $\delta N_{ес}$ , подсчитанных по паспортным данным (0,66...0,72), необоснованно высоки  $\pi_k^*$ , равные 11,5 и 12,5, соответственно. Об этом свидетельствует тот факт, что значения  $\delta N_{ес}$  опт, подсчитанные исходя из условия получения наибольшей удель-

ной работы двигателя, получаются заметно меньшими (0,46...0,47).

Проведенный анализ свидетельствует о том, что большинство ГПА, находящихся в эксплуатации в системе транспорта газа, в особенности агрегаты выпуска последних лет (ГТН-16, ГТН-25, ГПА-10, НК-14СТ, ГПА-12 "Урал"), отличаются необоснованно высоким значением показателя  $\delta N_{ес}$ , подсчитанным по паспортным данным. У всех отмеченных агрегатов  $\pi_k^*$  превышает значение 10.

Таким образом, установлено, что с ростом  $\pi_k^*$  доля полезной нагрузки ГТУ относительно общей ее величины, выработанной газовой турбиной двигателя, снижается, а это вызывает увеличение  $\delta N_{ес}$ . Особенно сильно указанный эффект заметен у трехвалвных двухкаскадных ГТУ. Все изученные ГТУ характеризуются величинами  $\delta N_{ес}$ , в основном, превышающими оптимальные. Исключения составляют ГТУ типа ГТК-10И и ГТК-25И. Расчетные значения  $\delta N_{ес}$  превышают значение  $\delta N_{ес. опт}$  примерно на 35 %, а для некоторых агрегатов разница еще больше и превышает 40 %.

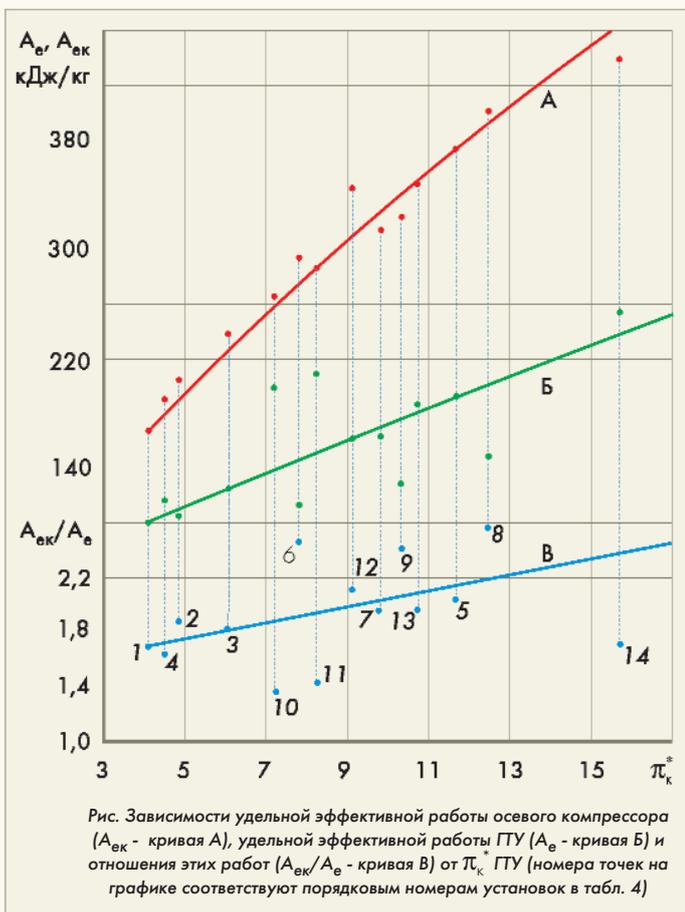
Для проектирования новых и оценки совершенства существующих газотурбинных двигателей, работающих в стационарных установках, весьма важной характеристикой является удельная работа. Это работа, произведенная 1 кг рабочего тела двигателя ( $A_{уд}$ , кДж/кг), рассчитанная в безразмерных параметрах по работе на выходном валу ГТУ относительно общей работы цикла. Наибольший интерес представляет исследование зависимости  $A_{уд}$  от параметров ГТУ для определения условий, при которых можно получить максимальное ее значение. Естественно, что повышение характеристик  $\pi_k^*$  и  $T_4^*/T_1^*$  приведет к значительному увеличению эффективной мощности ГТУ, но при этом рост  $A_{уд}$  может быть неадекватным. Снижение  $A_{уд}$  связано с увеличением доли мощности, выработанной газовой турбиной, потребляемой осевым компрессором ГТУ. Увеличение же мощности осевого компрессора происходит, в первую очередь, при подъеме характеристик цикла по  $\pi_k^*$  и  $T_4^*/T_1^*$ . Это приводит к значительному увеличению металлоемкости, усложняет проблему жаростойкости и жаропрочности металла горячих деталей ГТУ. Как показывают результаты исследований, стремление повысить  $\pi_k^*$  и  $T_4^*/T_1^*$  требует гораздо большего повышения мощности осевого компрессора по сравнению с результирующим ростом эффективной мощности и эффективного к.п.д. ГТУ в целом. В связи с этим оптимизация проектирования ГТУ связана с выбором такого варианта проекта, при котором характеристики  $A_{уд}$  и  $A_e$  ( $A_e$  - отношение работы ГТУ к работе, снимаемой с газовой турбины) приобретают наибольшее значение при прочих равных условиях.

На основании результатов проведенных расчетов в табл. 4 представлены зависимости характеристик экономичности и эффективности ГТУ от степени повышения давления осевого компрессора. Здесь  $K_{эз.кт}$  - степень аэродинамического совершенства турбокомпрессора, определяемая как произведение цикловых степеней аэродинамического совершенства турбины и компрессора ГТУ.

Кривая В на рисунке представляет границу оптимальных, предпочтительных значений характеристики  $A_{ек}/A_e$ . Агрегаты, характеристики которых расположены ниже кривой В, предпочтительнее агрегатов, характеристики которых расположены выше кривой В. Этот выбор произведен в зависимости от оптимальных значений характеристик по критериям энергосбережения ( $A_{уд}$ ) и ресурсосберегающих характеристик ( $\pi_k^*$  и  $T_4^*/T_1^*$ ).

Из таблицы 4 и рисунка следует, что с увеличением  $\pi_k^*$  удельная эффективная работа компрессора  $A_{ек}$  и удельная эффективная работа двигателя  $A_e$  возрастают, причем работа  $A_{ек}$  растет в большей степени. Так, если  $\pi_k^*$  возрастает от 4 до 16, то  $A_e$  повышается в 2,6 раза, а  $A_{ек}$  - в 3 раза.

Таким образом, применяя предлагаемые критерии, можно определить, насколько данный компрессор оказывается "переразмерен" для применения в ГТУ такого типа. Все точки, расположенные выше кривой В, соответствуют ГТУ, у которых удельная эффективная работа компрессора слишком велика по сравнению с общей работой ГТУ. Этот параметр можно использовать как оценочный при проектировании новых энергоприводов на базе существующих двигателей.



http://www.engines.da.ru, www.engine.avias.com

E-mail: engine@zitel.ru, engine@avias.com

Тел./ факс: (095) 362-3925

Уважаемые подписчики!

Наш журнал начинает пятый год своего существования. Вы были с нами. Спасибо Вам за поддержку и участие. Надеюсь, мы не обманули Ваших ожиданий. Это же обещаем и в следующие годы. Стоимость годовой подписки (шесть номеров) в 2003 году не изменится и с учетом НДС (10%) и доставки составит 792 рубля. Оставайтесь с нами.

Главный редактор журнала  
Александр Бажанов



Банковские реквизиты:  
р/счет 40702810238120103672  
в Лефортовском ОСБ № 6901 г. Москва  
Сбербанк России г. Москва  
ИНН 7722158920  
кор/счет 30101810400000000225  
БИК 044525225  
ОКПО 18596795  
ОКОНХ 87100

# научно - технический журнал "Двигатель"

издается с 1999 года



Для оформления подписки необходимо перевести соответствующую сумму на расчетный счет редакции и направить реквизиты подписчика (его фамилию, точный адрес, телефон) вместе с копией платежного поручения в редакцию.

Россия, 111116, Москва, ул. Авиамоторная, 2  
ООО "Редакция журнала "Двигатели"

# ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННАЯ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДЕТАЛЕЙ ГТД

ФГУП "ММПП "Салют":

**Юрий Елисеев**, генеральный директор  
**Алексей Митрофанов**, зам. начальника ЦТО

**Вадим Рогов**, начальник лаборатории ЭЭ методов обработки  
**Геннадий Сычков**, начальник лаборатории ЭХ методов обработки

**История развития электроэрозионного и электрохимического методов обработки материалов является не только яркой иллюстрацией завоевания мирового технологического пространства наукоемкими технологиями, но и подчеркивает государственную важность обладания такими технологиями, их дальнейшего развития.**

## Электроэрозионная обработка

Датой рождения электроэрозионной обработки материалов (ЭЭО) считается 1943 г., от которого отсчитывается приоритет изобретения нашего соотечественника Б.Р. Лазаренко. В последующие годы эволюция копировально-прошивочных эрозионных станков динамично продолжалась: 1967 г. - разработка малоизнашиваемых электродов-инструментов, 1975 г. - внедрение систем ЧПУ и адаптивного управления, 1979 г. - использование планетарных головок и получение зеркальных поверхностей, 1987 г. - достижение сверхмалого износа инструмента. Погрешность обработки деталей на электроэрозионных (ЭЭ) станках снизилась с  $\pm 30$  до  $\pm 5$  мкм, а ежегодный выпуск станков вырос в 8...10 раз.

Активное участие в конструкторских и технологических работах по внедрению ЭЭО приняли предприятия авиационной промышленности. Так, в середине пятидесятых годов на ММПП "Салют" ЭЭО была впервые внедрена на операции извлечения сломанного инструмента из отверстий корпусных деталей на модернизированном сверлильном станке. В 1961 г. специалистами предприятия разработан и внедрен технологический процесс обработки профиля пера лопаток турбин с применением ЭЭО на специальных станках МЭ-8 и организован производственный участок, где применялась эта технология. Работа была удостоена Ленинской премии в области науки и техники.

В настоящее время, работая в новых экономических условиях, ММПП "Салют" успешно расширяет области применения ЭЭО как в основном, так и в инструментальном производстве. Достигнутый технический уровень ЭЭО позволяет эффективно решать широкий круг технологических задач, таких как обработка отверстий малого диаметра, струйная обработка глубоких отверстий, обработка сложных фасонных поверхностей и отверстий, обработка непрофилированным электродом-проволокой, ЭЭ шлифование не только плоскостей, но и поверхностей вращения.

Реализация перечисленных технологий на предприятии осуществляется на ЭЭ оборудовании ведущих мировых фирм: AGIE CHARMILLES Group, Sodick, а также MAX SEE. Так, для получения в охлаждаемых лопатках турбины отверстий с точностью 0,05 мм при минимальном диаметре 0,2...0,3 мм, отношением глубины к диаметру 50...100 и углом входа менее 20° успешно применяется струйная ЭЭО, обеспечивающая весьма высокую производительность прошивки отверстий с подачей до 20 мм/мин. На предприятии освоена и внедрена обработка мелких глубоких отверстий в изделиях, выполненных из высокопрочных материалов типа ЖС6-У, ВТ-20, 26ХНЗН2ФАА и других. Обработка отверстий в переходниках, упругих кольцах, лопатках турбины ГТЭ-60 производится методом струйной ЭЭО на станках фирмы

Sodick KICN и MAX SEE S-26. За разработку технологии струйной ЭЭ перфорации охлаждаемых лопаток ГТД и наземных энергетических установок группа специалистов ММПП "Салют" и ОАО НИИД удостоена премии им. Льюльки.

Расширение областей применения метода ЭЭО обусловлено требованием дальнейшего роста автоматизации производства с внедрением CALS-технологий. Это необходимо для удовлетворения таких требований рынка, как быстрая обновляемость продукции и сокращение продолжительности жизненного цикла изделий с одновременным расширением номенклатурного ряда, а также для повышения качества и конкурентоспособности изделий с учетом усиления давления как социального фактора (дефицит и дороговизна квалифицированного труда), так и фактора охраны окружающей среды (утилизация отходов и др.).

Не менее важным направлением является применение ЭЭО в инструментальном производстве. Обеспечение основного производства формообразующей оснасткой было и остается важнейшей проблемой для многих отраслей машиностроения, в том числе для авиадвигателестроения. Выбор ЭЭО в качестве ведущего метода формообразования рабочих поверхностей штампов и пресс-форм определяется не только накопленным позитивным опытом технологического применения ЭЭО, но и рядом других важных факторов. К их числу относятся возможность достижения специфических показателей качества поверхностного слоя, способствующих существенному повышению стойкости штамповой оснастки, а также высокая точность изготовления сопрягаемых деталей разделительных штампов, стойкость которых благодаря применению технологий ЭЭО удается повысить примерно вдвое. Одним из первых примеров успешного внедрения ЭЭО в инструментальное производство может служить формообразование полостей ковочных штампов. В настоящее время ЭЭО применяется при изготовлении подавляющего большинства таких штампов и позволяет снизить трудоемкость в два-три раза и повысить их стойкость в 1,3...2 раза по сравнению с соответствующими показателями, достигаемыми механической обработкой.

На предприятиях авиадвигателестроения значительный объем ЭЭО приходится на изготовление штампов для горячей объемной штамповки. Технологический процесс изготовления ковочных штампов обычно состоит из фрезерования гравюры для удаления основного припуска, термической обработки штампа, ЭЭО полости, слесарной полировки поверхности полости штампа до  $R_z = 2...10$  мкм (в зависимости от его назначения) и слесарной обработки отдельных участков полости для получения требуемого сопряжения верхней и нижней половин штампа. Стойкость штампов, полости которых обработаны с применением ЭЭО, повышается благодаря возрастанию



микротвердости поверхностного слоя и специфической микрогеометрии поверхности, хорошо удерживающей смазку. Описанным выше способом на ЭЭ участке инструментального производства ММПП "Салют" обрабатываются гравюры штампов, шаблоны, цанги, фильтры, фасонный режущий инструмент, сложно-фасонные профили электродов и другие детали оснастки различного назначения сложной конфигурации.

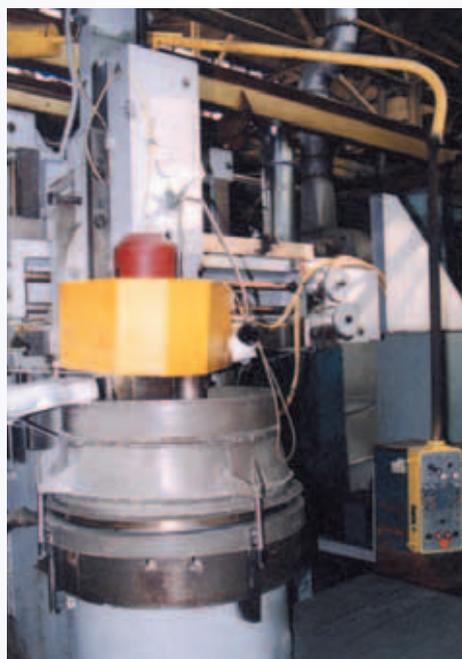
В ближайшей перспективе дальнейшее развитие технологии ЭЭО будет связано, на наш взгляд, с созданием интегрированных технологических систем на основе процессов ЭЭО. Такие системы могут создаваться на основе металлообрабатывающих станков фрезерной, сверлильной и токарной групп путем оснащения их рабочими органами и источниками питания для проведения ЭЭО. Создание гибких технологических модулей для осуществления операций физико-химической обработки и обработки резанием позволит существенно повысить эффективность обработки многих деталей авиационной техники.

**Электрохимическая обработка**

В 1928 г. В.Н. Гусевым и Л.А. Рожковым был предложен один из базовых способов электрохимической (ЭХ) размерной обработки - "анодное растворение при высоких плотностях тока с удалением анодных продуктов потоком электролита". Работы, выполненные под руководством В.Н. Гусева (1904-1956 гг.), позволили установить основные закономерности управляемого съема материала при высокоскоростном анодном растворении металлов и сплавов, создать и внедрить в промышленное производство первые образцы соответствующего оборудования. В годы войны и особенно в послевоенные годы электрохимическая обработка (ЭХО) материалов стала получать все большее распространение на предприятиях оборонных отраслей промышленности, в том числе в авиадвигателестроении. К середине шестидесятых годов в авиационной промышленности СССР работало уже около 300 единиц ЭХ оборудования, а в семидесятых годах на передовых предприятиях авиадвигателестроения функционировали уже специализированные цехи и участки, в каждом из которых насчитывалось по 30...50 единиц оборудования.

За рубежом ЭХ оборудование производилось рядом фирм: Rolls-Royce (Англия), Anocut, Cincinnati, Milling Co, North American Airation (США), Mitsubishi Electric Co, Hitachi (Япония), Bosh (Германия), Charmilles (Швейцария). Следует заметить, что если зарубежное оборудование создавалось, преимущественно, на основе принципа жесткой стабилизации входных параметров, то в нашей стране в основе разработок большинства станочных систем были заложены оригинальные схемы циклической или импульсно-циклической ЭХО. Все это позволило оснастить отечественные машиностроительные предприятия парком ЭХ оборудования, разработать основы его проектирования и наметить дальнейшие пути развития на базе применения микропроцессорной и компьютерной техники.

За прошедшие годы были разработаны и внедрены в производство установки для ЭХО профиля пера лопаток ЭГУ-1, ЭГУ-2,



ЭХА-300, двухшпиндельный полуавтомат для обработки елочного профиля ЭШЛ-300, установка для снятия заусенцев и округления кромок на зубчатых колесах, установка для обработки внутренних поверхностей крупногабаритных валов турбины, установки ЭХОТ-1 для алмазно-электрохимической резки пазов самоконтражущихся гаек и ряд других станков.

В конструкции компрессоров и турбин двигателей пятого и шестого поколений находят широкое применение лопатки, спроектированные с учетом трехмерности течения, требующие внедрения новых технологий обработки. Так, например, компрессорные лопатки имеют сложную пространственную конфигурацию и при этом отличаются высокой геометрической точностью изготовления и низкой жесткостью конструкции, что делает в ряде случаев невозможным окончательную обработку этих лопаток механическими методами. Аналогичные сложности возникают и при окончательной обработке лопаток моноколес и крыльчаток.

При изготовлении лопаток двигателей пятого и шестого поколений, на наш взгляд, весьма неплохие перспективы будет иметь применение разработанных в последнее время на ММПП "Салют" новых методов ЭХО, предусматривающих использование импульсных режимов обработки и новых технологических схем. Проведенные исследования показали возможность достижения высокой точности ЭХО (точность по профилю пера обрабатываемых лопаток  $\pm 0,03$  мм) и высокого качества поверхности практически без появления измененного слоя (0,5...2,0 мкм). Получение кромок требуемой точности при радиусах меньше 0,8...1,0 мм является затруднительным, поэтому в этом случае делается расширение по хорде лопатки на 0,5...1,2 мм, а затем кромки лопаток доводятся механическим путем. Для реализации этих процессов в настоящее время на ММПП "Салют" разрабатывается и изготавливается оборудование нового поколения повышенной точности, а также специальные импульсные источники питания.

Изготовление лопаток высокой точности обуславливает применение прецизионного оборудования для контроля геометрических параметров изделий. Совместно с предприятием НВП "ОПТЭЛ" (Уфа) на нашем предприятии созданы и внедрены усовершенствованные бесконтактные лазерные системы "ОПТЭЛ-ЭКЛ" повышенной точности измерения, позволяющие после круговой ЭХО контролировать геометрические параметры лопаток по первому классу точности. При этом автоматически измеряются координаты профилей пера спинки и корыта, а также входных и выходных кромок, включая определение их радиусов (от 0,02...0,03 мм). Возможно также измерение геометрических параметров и замковой части (хвостовика) лопатки.

Технология изготовления лопаток методом ЭХО отвечает современным требованиям автоматизации производства и органично вписывается в CALS-технологии. Следует отметить, что техническая политика ММПП "Салют", направленная на технологическую подготовку производства новых поколений ГТД, предполагает дальнейшее расширение применения высокоэффективных технологий ЭЭ и ЭХ обработки деталей двигателей.

# ВСЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫЕ СТАНКИ НЕОДИНАКОВЫ! СРАВНИТЕ САМИ: ДОСТИЖИМАЯ ШЕРОХОВАТОСТЬ

## Обычные ЭИ станки

- Медленная малоэффективная чистовая обработка.  
Как правило, чистовые схемы - опция  
 $Ra = 0,1$  мкм /  $\nabla$  класс 10
- Чистовая обработка на больших поверхностях невозможна.

Скорость и площадь чистовой обработки документально не указываются. Чистовая обработка возможна только на малых поверхностях за длительное время.

Пользователь обычных ЭИ станков вынужден обрабатывать до размера с небольшим припуском, а затем "полировать" на пескоструйке (дробеструйке), теряя точность (и здоровье!). Однако после этого все равно требуется доводка руками опытного слесаря.



Понакупили всякие "Лохотроны", или как их там..., а как полировать, так

дядя Вася!  
Вот уйду на пенсию, попляшете!



Дядя Вася, это без нас выбрали...

В СЛУЧАЕ ПОКУПКИ ЭИ СТАНКА, КОТОРЫЙ НЕ МОЖЕТ БЫСТРО И КАЧЕСТВЕННО ПОЛИРОВАТЬ, УПУЩЕННАЯ ВЫГОДА МОЖЕТ СОСТАВИТЬ **СОТНИ %!**

Если вместо современной электроискровой системы Вам "выбрали" какой-нибудь технический анахронизм - Вы крупно переплатили за собственную отсталость на годы вперед!

## Электроискровые станки Sodick

- Быстрая электроискровая полировка малых поверхностей без смены диэлектрика (в штатном масле)  
SQ-circuit (стандартная чистовая система)  
 $Ra = 0,06$  мкм / С класс 11)  $Cu/St$ ,  $S_{\text{обработки}} \leq 400$  мм<sup>2</sup>
- Быстрая электроискровая полировка больших поверхностей в специальном ультрадисперсном порошковом диэлектрике (со сменой диэлектрика или без смены)  
PIKA-demo или PGM (SQ-circuit + PIKAGEN)  
 $Ra = 0,06$  мкм ( $\nabla$  класс 11) медь/сталь,  $S \leq 2500$  мм<sup>2</sup>  
 $Ra = 0,1$  мкм /  $R_{\text{max}} = 0,8$  мкм ( $\nabla$  класс 10) графит/сталь,  $S \leq 2500$  мм<sup>2</sup>  
 $Ra = 0,2$  мкм /  $R_{\text{max}} = 1,5$  мкм ( $\nabla$  класс 9) медь/графит/сталь,  $S \geq 10\,000$  мм<sup>2</sup>  
В результате обработки в PIKAGEN срок службы пресс-форм увеличивается в 2-3 раза, поверхность защищается от коррозии.

ПРИМЕР ОБРАБОТКИ на линейном станке Sodick AM35L с PIKA-Demo:

Место обработки: НПП "Полет", Нижний Новгород  
Комсомольская пл., 1

Контактный телефон: (8312) 48-93-21, Смирнов Андрей Юрьевич

Форма 2-местная для отливки флаконов шампуня "GLISS KUR" (Schwartzkopf)



Требования заказчика: (экспортный заказ)

Материал:

Площадь прошивки:

Число электродов:

Предварительная обработка: Фрезерование с припуском 1 мм

Грубая обработка:

Обработка в PikaGen:

Радиусы в углах сопряжений не более 0,7 мм;

шероховатость - не хуже  $Ry = 1,6$  мкм;

4X5MФС, термообработка до 40 HRc

**10 400 мм<sup>2</sup>**

2 электрода (медь)

17 ч. (до  $Ra = 0,9$  мкм /  $Ry = 7$  мкм /  $\nabla$  класс 6-7)

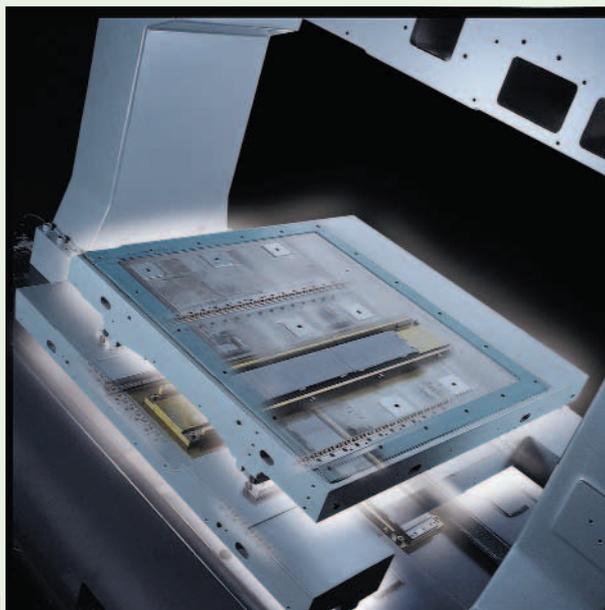
7 ч. ( $Ra = 0,15$  мкм /  $Ry = 1,4$  мкм /  $\nabla$  класс 9-10)



Подобные зеркальные формы в России могут изготавливать многие владельцы ЭИ станков "СОДИК" с системами PIKA. Ряд предприятий-пользователей "СОДИК" выполняет заказы по изготовлению таких пресс-форм.

# ЛОЖЬ И ПРАВДА О ЛИНЕЙНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ В ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ СТАНКАХ **Sodick**

ЗА 65 ЛЕТ СВОЕЙ ИСТОРИИ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫЕ (ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЕ) СТАНКИ ПРОШЛИ ДОЛГИЙ ПУТЬ ОТ ПРИМИТИВНЫХ УСТРОЙСТВ С РУЧНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ДО СЛОЖНЕЙШИХ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ, ВОПЛОТИВШИХ САМЫЕ ПЕРЕДОВЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ МЕХАНИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ, КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ СТАНКОВ ПРОШЛО ЧЕРЕЗ НЕСКОЛЬКО ВАЖНЕЙШИХ ЭТАПОВ. ПЕРВЫЙ - ЭТО ОСНАЩЕНИЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ СТАНКОВ СИСТЕМАМИ ЧПУ. СЛЕДУЮЩИЙ ЭТАП, ПО СУТИ ПЕРЕВОРОТ В ЭЛЕКТРОИСКРОВОМ СТАНКОСТРОЕНИИ, - СТАНКИ С КЕРАМИЧЕСКОЙ РАБОЧЕЙ ЗОНОЙ. СОЗДАННАЯ КОМПАНИЕЙ "СОДИК" СПЕЦИАЛЬНАЯ КЕРАМИКА С ОСОБО МАЛЫМ ТЕПЛОВЫМ РАСШИРЕНИЕМ ОБЕСПЕЧИЛА МИНИМИЗАЦИЮ ТЕПЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ. СТАНКИ СТАЛИ ТОЧНЕЕ. НОВЕЙШАЯ РЕВОЛЮЦИЯ - ЛИНЕЙНЫЕ ДВИГАТЕЛИ. ПРИВОДЫ НА ЛИНЕЙНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ НЕ ИМЕЮТ ПОРОКОВ, ПРИСУЩИХ ТРАДИЦИОННЫМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ. БЛАГОДАРЯ НЕПРЕВЗОЙДЕННОЙ ТОЧНОСТИ И ДИНАМИКЕ ЛИНЕЙНЫХ ПРИВОДОВ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫЕ СТАНКИ ОБРЕЛИ НОВОЕ КАЧЕСТВО И ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАБОТКИ.

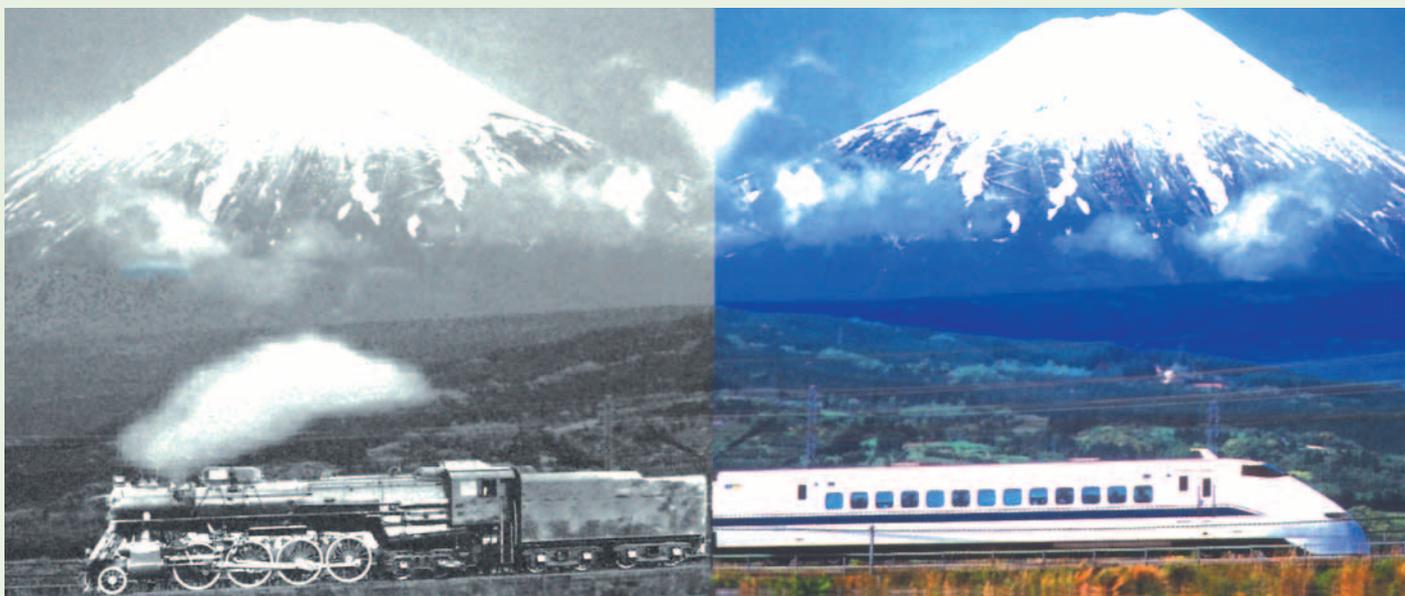


КАК И О ЛЮБОМ НОВШЕСТВЕ, О ЛИНЕЙНЫХ ПРИВОДАХ В ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ СТАНКАХ ГОВОРЯТ И ХОРОШЕЕ И ПЛОХОЕ. ЧАСТО ТРУДНО ОПРЕДЕЛИТЬ, ГДЕ НЕПОНИМАНИЕ, ГДЕ ДОМЫСЛЫ, А ГДЕ ОТКРОВЕННЫЕ НАПАДКИ И ВРАНЬЕ. ПОПРОБУЕМ ПРОЯСНИТЬ СИТУАЦИЮ, ОТВЕТИВ НА ВОПРОСЫ, С КОТОРЫМИ ЧАЩЕ ВСЕГО ПРИХОДИТСЯ СТАЛКИВАТЬСЯ.

*Говорят, что традиционные приводы с шариковинтовыми парами (ШВП) проверены временем, надежны и полностью устраивают станкостроителей по своей точности. Поэтому, якобы, нет никакого смысла менять их на линейные приводы. Так ли это?*

Спасибо и ШВП, и времени! Паровозы тоже временем проверяли. Добрых полтора столетия человечество на них передвигалось. А кто сейчас ездит на паровозах с их хрестоматийным КПД? Где они, проверенные временем? Кстати, когда паровозы только появились, интеллектуалы-умники пугали народ тем, что езда быстрее 30 верст в час смертельно опасна для людей и что от паровозных гудков у коров будет пропадать молоко. С тех пор молока у коров стало намного больше, но и интеллектуалы-умники подрастплодились. Как пугали они людей новым, так и продолжают пугать.

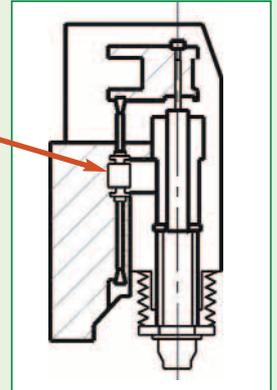
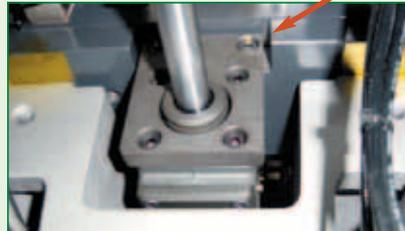
Уже десятки ведущих станкостроительных компаний перешли к массовому производству станков с линейными двигателями. Но именно в современных электроискровых станках линейные приводы с их идеальной динамикой незаменимы. В электроискровой обработке требуется постоянная коррекция зазора, на что электромеханические приводы с ШВП не способны. Линейные приводы "СОДИК" корректируют зазор до 500 раз в секунду, что электромеханические приводы с ШВП из-за большой инерционности делать не в состоянии. Надо заметить, что инерционность ШВП в большинстве станков "не-СОДИК" усугублена ременными или зубчатыми редукторами. Редукторы удешевляют стоимость конструкции (можно отказаться от дорогих высокомоментных двигателей), но значительно снижают динамику и точность станков.



Говорят, что в линейных двигателях электроискровых станков "СОДИК" для торможения используются механические тормоза. Так ли это?

Механические стопоры не имеют никакого отношения к нормальной работе линейных приводов "СОДИК". Все разгоны и торможения, все движения и остановки осуществляются в результате взаимодействия магнитных полей. Механический стопорный тормоз - чисто аварийное устройство. Он срабатывает только при аварийном выключении электропитания или прекращении подачи сжатого воздуха. Назначение - остановить привод в том положении, в котором произошел сбой. В прошивочных станках, к примеру, аварийный, нормально зажатый стопор не дает упасть при аварии питания или воздуха ползуну оси Z.

Механический стопор с пневматическим разжимом не позволяет оси Z падать ни при выключении электропитания, ни при выключении воздуха.



Продавцы станков с ШВП говорят, что линейные двигатели создают сильные магнитные поля, что может вызвать даже сердечные заболевания и обмороки. Правда ли это?

Уровень магнитных полей при работе линейного двигателя уже в 10-15 см не превышает естественной напряженности магнитного поля Земли!

Чтобы убедиться в этом, достаточно простого школьного компаса. Попробуйте! Заболевают от линейных двигателей те, кто втридорога продает менее точные и менее производительные устаревшие станки с обычными приводами. Продажи падают - отсюда сердечные и другие болезни!



**Для справки:** ЭИ станки "СОДИК" с линейными двигателями соответствуют самым жестким международным нормам и стандартам по электромагнитной безопасности.

Одно из преимуществ линейных двигателей - отсутствие сложных механизмов преобразования энергии в движение и, следовательно, отсутствие зазоров. Нет зазоров - нет мертвых ходов и т.п. Однако продавцы станков с ШВП-приводами утверждают, что их ШВП - беззазорные.

Эти утверждения противоречат как законам физики, так и здравому смыслу. И если здравый смысл не всегда доступен, то уж физику никто не отменял!

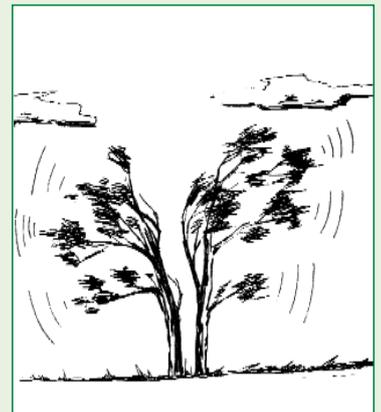
Без зазора нет движения. И не может быть. Так называемые "беззазорные ШВП" - это рекламное название ШВП с уменьшенным зазором. Такие ШВП изготавливают, как говорят, "внатяг". В результате, зазор уменьшается. Но растет трение. Результат: нагрев, большая неравномерность подач и повышенный износ.



Продавцы станков с ШВП-приводами утверждают, что линейные приводы не точные, а точность им дают измерительные линейки. Так ли это?

У этих господ-интеллектуалов ветер дует, потому что деревья качаются. "Линейка" - неотъемлемая часть линейного привода, но движение она не создает, это лишь контролирующий орган. Линейка только "сообщает" ЧПУ (управляющему органу), куда привод (исполнительный орган) на самом деле подал то, что приводится. Пороки приводов, если они есть, линейка не исправляет.

В линейном приводе движение создается взаимодействием магнитных полей. Без множества промежуточных звеньев. **Линейный привод - это не только самый прямой путь преобразования энергии в движение, но и самый короткий.** Вот в этом и есть причина точности. Сравните сами: любой электромеханический привод с ШВП - это множество промежуточных звеньев (шкивы, ремни, зубчатые колеса, винт ШВП, шариковая гайка и т.д.). Отсюда врожденные конструкционные пороки (зазоры, резко меняющееся трение во множестве сопрягаемых деталей, погрешности в шаге винта).



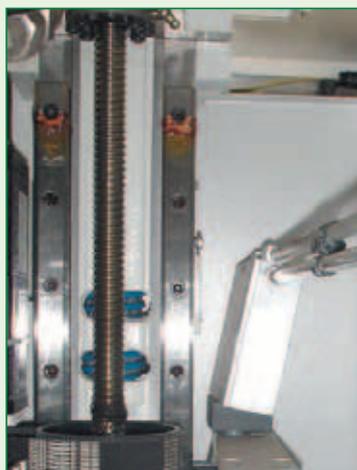
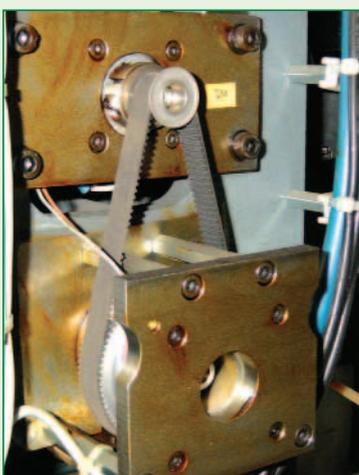
*Правда ли, что "СОДИК" ставит измерительные линейки обратной связи только на дорогие станки?*

Измерительные линейки с дискретностью 0,01 мкм (10 нм) устанавливаются на все линейные электроискровые станки "СОДИК".

До апреля 2002 г. на всех проволочно-вырезных линейных станках "СОДИК" использовались линейки SONY, а на прошивочных - HEIDENHAIN. При этом дискретность линеек была 0,1 мкм. С апреля 2002 г. на все станки устанавливаются только линейки HEIDENHAIN с дискретностью 0,01 мкм.



*Некоторые утверждают, что ШВП при изготовлении станков юстируются лазером, и все погрешности шага винта вводятся в память для последующих коррекций подач. Действительно ли таким образом могут компенсироваться неравномерности подач?*



**С таким же успехом можно "юстировать" расстояние от станка до ближайшей стенки.**

Речь идет, как правило, о станках с редукторными приводами, где погрешности ШВП суммируются с еще большими погрешностями и потерями движения в ременных или зубчатых редукторах. Учесть погрешности в таких редукторах по понятным причинам невозможно.

**← Ременные редукторы в приводах с ШВП известных европейских станков ("не-СОДИК")**

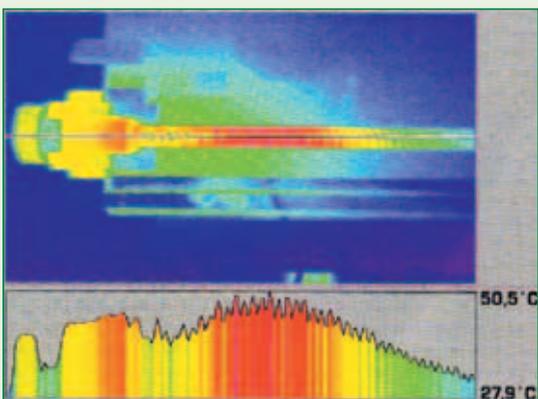
*Говорят, что линейные двигатели греются, и из-за этого снижается точность обработки. Правда ли это?*

**Все как раз наоборот! В отличие от приводов с ШВП линейные двигатели "СОДИК" практически не греются! Греются нагруженные шариковинтовые пары.**

Термограмма слева внизу, заимствованная из материалов известного производителя оптических линеек, показывает нагрев винта ШВП после 6 часов холостых перемещений в пределах 150 мм.

Нетрудно подсчитать погрешность такого привода, зная коэффициент теплового расширения стали, из которой сделан винт, и температуру нагрева.

Известно, что постоянно нагруженный привод оси Z электроискровых станков с ШВП нагревается примерно на 15°C. Напротив, нагруженный линейный привод "СОДИК" нагревается за все время работы не более чем на 2°C. В приводе Z применена эффективная принудительная система охлаждения (защищена патентами). Чтобы убедиться в том, что линейные двигатели "СОДИК" не греются, достаточно коснуться линейного двигателя или кожуха станка там, где находится двигатель, после двух - трех часов работы станка.



← Термограмма нагрева ШВП

→ Убедитесь сами - линейные приводы "СОДИК" не греются!



# ЛОЖЬ И ПРАВДА О ЛИНЕЙНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

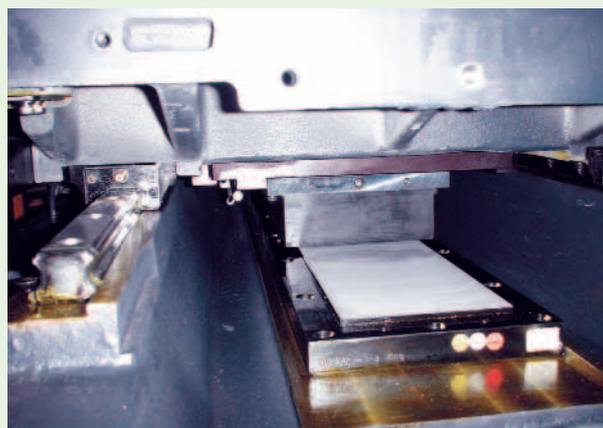
*Говорят, что линейные приводы, якобы, ненадежны. Что если линейный двигатель сломался, отремонтировать его очень трудно. Что, якобы, линейные двигатели недолговечны. Так ли это на самом деле?*

Небылиц про линейные приводы сочиняют немало. Один из интеллектуалов договорился до того, что линейные двигатели непригодны для России, т.к. их компоненты разнополярны и их нужно хранить на расстоянии 10 метров друг от друга. Вероятно спутал со способами хранения стратегической записки от жены и от тещи. А может быть школьный учебник физики не в том порядке читал.

Если же говорить о надежности, то по сути в линейном приводе нечему ломаться! Всего две части: подвижная и неподвижная. Одна часть - электромагнитный блок, другая - плита постоянных магнитов. Еще один компонент, без которого привод не будет работать, - это линейный датчик положения. Никаких передаточных механизмов, никаких ШВП, зубчатых или ременных редукторов с массой изнашиваемых частей.

**Линейный привод - это не только самый короткий путь преобразования энергии в движение, но и самый надежный!**

В линейном приводе есть также стопорный тормоз и кабельная гусеница. Но стопор - это аварийное устройство, которое срабатывает только при отключении питания. При нормальной работе стопорный тормоз никак не задействован и не изнашивается.



## Опять "пара"!



**Срок службы линейных сервоприводов определяется "жизнью" постоянных магнитов. В линейных приводах "СОДИК" используются редкоземельные неодим-ферро-боровые (Ne-Fe-B) магниты. Долголетие таких магнитов на испытаниях в лабораториях "СОДИК" превысило 15 лет. Те же, кто эти магниты создают, испытывают их уже более 20 лет и оценивают долголетие в 30 лет и более.**

О поломках линейных двигателей "СОДИК" можно услышать разве только от тех, кто торгует станками с электромеханическими приводами. Но, даже если представить, что такой привод по какой-то случайности сломался, более ремонтпригодную конструкцию трудно вообразить: всего 3 легко заменяемые части! Двигатель меняется не весь, а - что намного дешевле - по частям. Это гораздо проще, чем замена электромотора и ремонт ШВП.

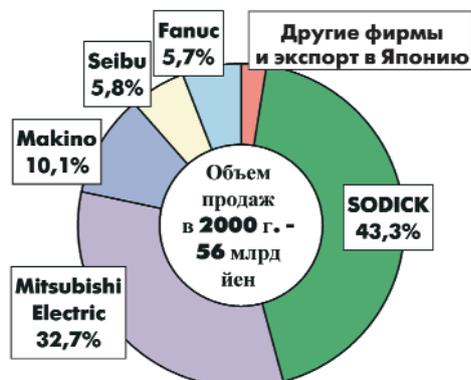
Чтобы заменить электромагнитный блок, нужно открутить, а затем закрутить всего 6 - 8 болтов. Чтобы демонтировать плиту постоянных магнитов, - 10-12 болтов. Спросите у опытного заводского механика, сколько нужно труда, чтобы заменить изношенную шариковинтовую пару или ременный редуктор.

# СПЕЦИАЛИСТЫ ВЫБИРАЮТ "СОДИК"



В Японии продается больше электроискровых (электроэрозионных) станков, чем в любой другой стране - 3000 в год. Японцы знают толк в электроэрозии. Открытые в России почти 65 лет назад технологии незаменимы как при обработке сложных деталей, так и для изготовления уникальных штампов и прессформ. Здесь Япония впереди планеты всей! Японский рынок электроискровых станков не только самый емкий, но и самый разборчивый и требовательный. Последние десятилетия японские специалисты неизменно выбирают "СОДИК". **Почти половина электроискровых станков в Японии - Sodick!** А в микрообработке это три четверти всего парка ЭИ станков!

Продажи ЭИ станков в Японии по данным Toyo Keizai (май 2001 г.)



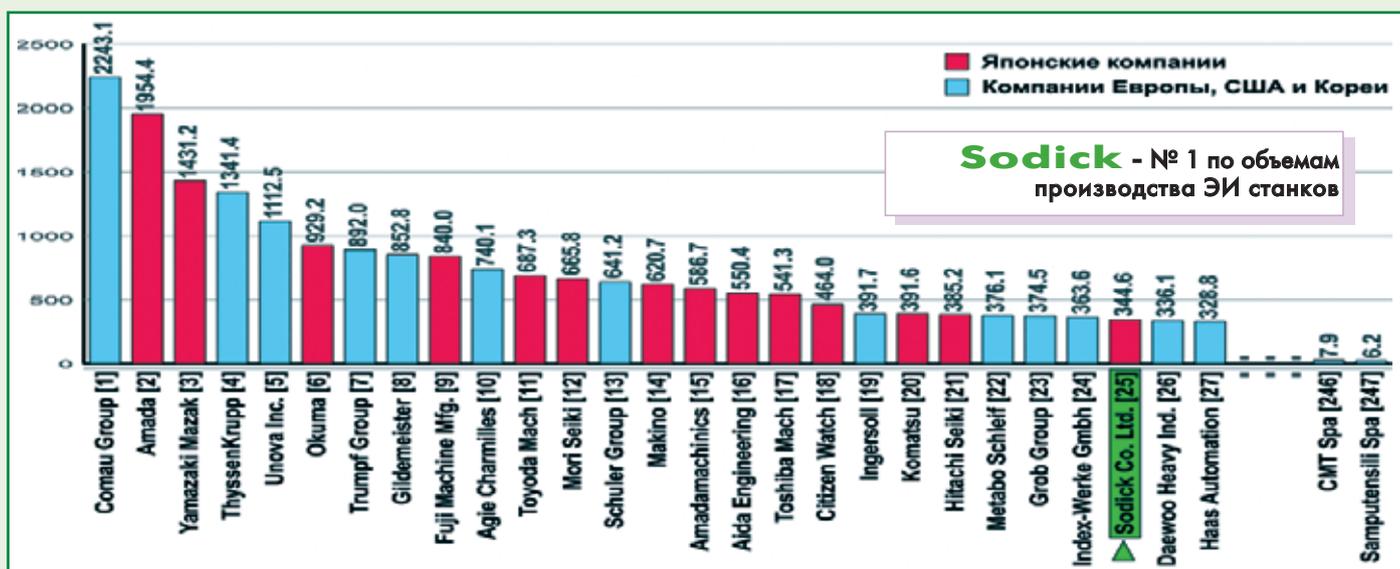
**ПЕРВЫЕ В МИРЕ  
ЭЛЕКТРО-  
ИСКРОВЫЕ  
СТАНКИ  
С ЛИНЕЙНЫМИ  
ПРИВОДАМИ!**



**Sodick** - самое рентабельное вложение в электроискровую обработку. Станки, работающие на Вашу прибыль. Гарантия - 2 года.

## Sodick среди лидирующих мировых станкостроительных компаний

(Объемы продаж крупнейших мировых станкостроительных фирм в миллионах долларов из ежегодного отчета Blue Bulletin журнала American Machinist [публикация сентября 2001 г., данные за 2000 г.]



По данным American Machinist объем продаж компании SODICK в 2000 году составил 344,6 млн долларов США (рост на 19% по сравнению с 1999 г.). По данным официального финансового отчета самой компании SODICK за период с 1 апреля 1999 по 31 марта 2000 года (японский финансовый год) объем продаж составил 359,7 млн. долларов. SODICK занимает 25-е место в рейтинге American Machinist среди 247 станкостроительных фирм и первое место по объемам продаж как независимый изготовитель ЭИ оборудования, при этом SODICK продает только продукцию собственного производства.

Среди производителей электроискровых станков по объемам продаж только холдинг AGIE-Charmilles опережает компанию SODICK. Однако холдинг состоит из 5 компаний - AGIE, Bostomatic, Charmilles, Mecatool и Micron, - а также группы фирм Intech Group EDM. К электроискровым станкам имеют отношение только титульные фирмы, общий объем продаж которых - менее 500 млн. долларов. Продажи каждой из этих фирм по отдельности - меньше продаж компании SODICK, при этом в объемы продаж входит не только их собственная продукция.



# Universal Insurance Company Всеобщая Страховая Компания

ЗАО "Всеобщая страховая компания" работает с физическими и юридическими лицами. Основным видом деятельности компании является защита имущественных интересов крупных промышленных предприятий в сфере недвижимости, страхование грузов.

В течение многих лет страховыми полисами Всеобщей страховой компании защищены интересы таких крупных промышленных предприятий России, как Уфимское моторостроительное производственное объединение, Московское машиностроительное предприятие им. В.В. Чернышева, ФГУП "ММПП "Салют", Ульяновский автозавод, Горьковский автомобильный завод, Омское объединение "Иртыш", Внешторгбанк России и др.

Всеобщая страховая компания - участник военно-технического сотрудничества и включена в соответствующий перечень Министерства финансов Российской Федерации. Почти десять лет Всеобщая страховая компания является страховщиком по контрактам спецэкспортеров РФ.

Деятельность Всеобщей страховой компании основывается на обеспечении первоклассного страхового покрытия. Качество предоставляемых услуг гарантируется механизмом перестраховования: большие и ответственные риски перестраховываются на лондонском рынке. Страховые полисы Всеобщей страховой компании давно известны во многих странах Европы, Азии и Африки.



**ЗАО "Всеобщая страховая компания"**  
101990, Москва, Петроверигский пер., 4  
Тел./Факс: (095) 923-2102  
E-mail: [univic@caravan.ru](mailto:univic@caravan.ru)