

# Двигатель

Научно-технический журнал № 5 (53+243) 2007

Земля -  
колыбель человечества,  
но нельзя же вечно  
жить в колыбели!  
К.Э. Циолковский

04.10.1957 г

22 ч 33' 48,5"

Московское время

2007 2005 2004



Научно-техническое издание по освещению проблем в промышленности

## Редакционный совет

**Богуслаев В.А.,**  
ген. директор ОАО "Мотор Сич"

**Бондин Ю.Н.,**  
ген. директор ГП "НПК газотурбостроения  
"Зоря"-Машпроект"

**Губертов А.М.,**  
зам. директора ФГУП "Исследовательский центр  
им. М.В. Келдыша"

**Данилов О.М.,**  
ген. директор ЗАО "Центральная компания  
МФПГ "БелРусАвто"

**Дическул М.Д.,**  
Управляющий директор ОАО "Пермский  
моторный завод"

**Дмитриев В.Г.,**  
зам. председателя Технического совета ВПК

**Иноземцев А.А.,**  
ген. конструктор ОАО "Авиадвигатель"

**Каблов Е.Н.,**  
ген. директор ГНЦ "ВИАМ", академик РАН

**Каторгин Б.И.,**  
ген. конструктор ОАО "НПО Энергомаш им.  
акад. В.П. Глушко", академик РАН

**Клименко В.Р.,**  
гл. инженер ОАО "Аэрофлот - РМА"

**Кобзев С.А.,**  
начальник Департамента локомотивного  
хозяйства ОАО "РЖД"

**Коржов М.А.,**  
руководитель проекта "Двигатель"  
ОАО "АвтоВАЗ"

**Крымов В.В.,**  
директор ФГУП "ММПП "Салют" по науке

**Кутенев В.Ф.,**  
зам. ген. директора ГНЦ "НАМИ"  
по научной работе

**Кухаренок Г.М.,**  
зав. каф. ДВС Белорусского национального ТУ

**Лобач Н.И.,**  
ген. директор ПО "Минский моторный завод"

**Муравченко Ф.М.,**  
ген. конструктор МКБ "Прогресс"

**Новиков А.С.,**  
ген. директор ОАО "ММП им. В.В. Чернышева"

**Пустовгаров Ю.Л.,**  
зам. премьер-министра правительства  
Республики Башкортостан

**Ружьев В.Ю.,**  
первый зам. ген. директора Российского  
Речного Регистра

**Скибин В.А.,**  
ген. директор ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"

**Соколовский М.И.,**  
ген. конструктор, ген. директор ОАО "НПО "Искра"

**Троицкий Н.И.,**  
ген. директор ФГУП "НИИД"

**Фаворский О.Н.,**  
академик, член президиума РАН

**Чепкин В.М.,**  
первый зам. ген. директора НПО "Сатурн" по НИОКР

**Черваков В.В.,**  
декан факультета авиадвигателей МАИ

**Чуйко В.М.,**  
президент Ассоциации "Союз авиационного  
двигателестроения"

## РЕДАКЦИЯ

### Главный редактор

Александр Иванович Бажанов

### Заместитель главного редактора

Дмитрий Александрович Боев

### Ответственный секретарь

Александр Николаевич Медведь

### Финансовый директор

Дмитрий Михайлович Чекин

### Редакторы:

Александр Аркадьевич Гомберг,

Андрей Иванович Касьян,

Валентин Алексеевич Шерстянников

### Литературный редактор

Андрей Павлович Стаценко

### Художественные редакторы:

Елизавета Борисовна Кирвалидзе

Александр Николаевич Медведь

Владимир Николаевич Романов

### Техническая поддержка

Ольга Владимировна Лысенкова

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

А.И. Бажанова, Д.А. Боева,

С.В. Кувшинова, А.Н. Медведя,

В.Н. Романова, В.Г. Сергеева

С.Ю. Семенцова, С.Н. Пенькова и др.

### Адрес редакции журнала "Двигатель":

111116, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2.

Тел./Факс: (495) 362-3925.

engine@zebra.ru

boeff@yandex.ru

aib50@yandex.ru

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

### ОЧДАЕОАЕУ Е ЕСААОАЕУ

ООО "Редакция журнала "Двигатели" ©

генеральный директор Д.А. Боев

зам. ген. директора А.И. Бажанов

Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

Ответственность за достоверность информации

и наличие в материалах фактов, не подлежащих

разглашению в открытой печати,

лежит на авторах публикаций.

Мнение редакции не всегда

совпадает с мнением авторов.

Перепечатка опубликованных материалов без

письменного согласия редакции не допускается.

Ссылка на журнал при перепечатке обязательна.

### С 2002 года журнал включен в "Перечень изданий..." ВАК

Научно-технический журнал "Двигатель" ©

зарегистрирован в ГК РФ по печати

Per. № 018414 от 11.01.1999 г.

Отпечатано

ЗАО "Фабрика Офсетной Печати"

Москва

Тираж 15 000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная

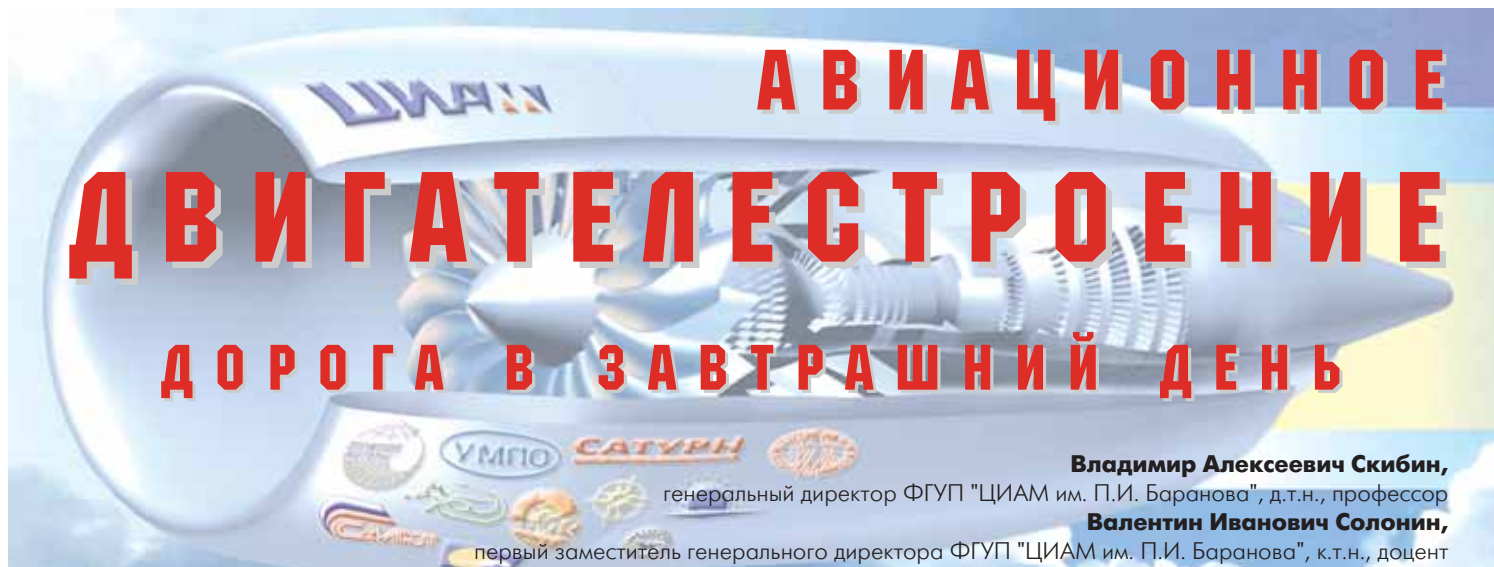




# СОДЕРЖАНИЕ

- 2. Авиационное двигателестроение - дорога в завтрашний день**  
В.А. Скибин, В.И. Солонин
- 8. Журнал "Двигатель" в начале двух веков**  
В.В. Крымов
- 12. Взлетаем вертикально!**  
Александр Николаев
- 18. Сердце самолета**
- 20. Развитие экранопланного транспорта**  
В.Г. Сергеев
- 23. Авторизованный склад "Matrix" - современное решение в инструментальном обеспечении предприятия**  
М.Е. Горелик, А.М. Хохлов
- 25. Хай живе, хай живе "Мотор Сич"!**  
В.М. Толоконников
- 26. ОКБ Туполева на благо России**
- 28. GLOBATEX AG: станкостроительная выставка ЕМО 2007 - новые станки для технического перевооружения машиностроительных предприятий**  
А.Л. Смирнов, В.С. Полуянов
- 32. Советские авиационные специалисты в послевоенной Германии**  
С.В. Кувшинов
- 37. О первых в СССР двадцатипятичасовых испытаниях опытного газотурбинного двигателя Э-3080А на открытом винтовом стенде завода № 41 МАП**  
А.Г. Романов
- 38. Эволюция конструкции камеры ЖРД для обеспечения полетов в космос**  
А.Д. Дарон, В.Ф. Рахманин
- 44. Турбулентность в хонейкомбах. Течение Павельева**  
Ю.М. Кочетков
- 46. Из глубины веков. Коч**  
В.С. Шитарев
- 51. Знаменитые пароходы на монетах**  
А.В. Барановский
- 52. Подводный удар**  
С.Л. Мальчиков
- 56. Методика контроля таможенной стоимости импортных операций в системе таможенного аудита**  
А.В. Агапова
- 58. Обращение с отходами. Особенности и проблемы**  
Г.Д. Вайнер





**Владимир Алексеевич Скибин,**

генеральный директор ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова", д.т.н., профессор

**Валентин Иванович Солонин,**

первый заместитель генерального директора ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова", к.т.н., доцент

Современный авиационный двигатель - одно из высших творений человеческого разума. По организации рабочего процесса, по сложности применяемых технических решений, по теплонепрозраженному состоянию, термодинамическому совершенству, по уникальным показателям удельной массы и объема ему (авиационному двигателю) нет равных среди других механизмов и машин. Успех создания конкурентоспособного авиационного двигателя определяется развитием более 30 отраслей науки и техники. Авиационное двигателестроение стимулирует инновационное развитие целого ряда других отраслей - металлургии, станкостроения, агрегатостроения, электроники, нефтехимии и др. Для создания двигателя требуется развитая инфраструктура высокотехнологичных отраслей промышленности, наличие многочисленных коллективов высококвалифицированных специалистов и значительные финансовые вложения. Поэтому весь цикл разработки, изготовления авиационного двигателя по силам только богатым высокоразвитым странам с высоким научно-техническим уровнем.

Для того, чтобы наиболее эффективно применять новые технические решения при создании двигателей летательных аппаратов, предварительно проводятся тщательные исследования отдельных элементов и узлов новых конструкций. Это позволяет достигнуть максимально возможного уровня технического совершенства интегрированного объекта, снизить сроки и стоимость его разработки. В рамках таких работ создаются демонстрационные газогенераторы и двигатели. Эти программы по созданию перспективных технологий имеют национальный или интернациональный характер.

Доля бюджетного финансирования работ по опережающим разработкам в различных областях техники зависит от целей конкретной программы и необходимого уровня готовности разрабатываемых технологий. В среднем она составляет примерно 50%. В авиационном двигателестроении с помощью этих программ осуществляется эффективное управление технологическим развитием, обеспечивается конкурентоспособность компаний. Основные участники программ - крупные авиадвигателестроительные компании, которые связывают работы по этим программам со своими перспективными разработками. Этим обеспечивается быстрое внедрение разработанных технологий, в том числе и в двигатели, находящиеся в эксплуатации.

Для выполнения основных направлений работ по программам создается вспомогательный уровень, охватывающий моделирование высокого уровня, работы по конструкционным материалам, фундаментальные исследования по снижению шума и эмиссии, по технологиям изготовления и методическим работам в обеспечение снижения стоимости жизненного цикла двигателя.

В создании современного авиационного двигателя роль научных исследований - определяющая. Их значимость и объем возрастает с каждым новым поколением. Так, при разработке двигателей 4-го поколения на опережающие научные исследования (по

экспертной оценке) затрачено 15...20% от объема финансирования всего проекта, а для двигателей 5-го поколения эта цифра возросла до 50...60%. Прогноз на двигатель 6-го поколения: более 70%. Каждое новое поколение двигателей ставит перед исследователем и разработчиком все более сложные задачи в области повышения экономичности, снижения шума и эмиссии вредных веществ, повышения надежности, увеличения ресурса и снижения стоимости эксплуатации. Совершенно очевидно, что, не обладая необходимым уровнем технологической готовности к воплощению новой конструкции, невозможно создать конкурентоспособные машины.

На мировом рынке авиационной техники двигатели являются самостоятельным дорогостоящим финальным продуктом с годовым оборотом более 30 млрд долл. (а с учетом ГТУ - 54 млрд долл.) Длительность создания базового двигателя нового поколения, в 1,5...2 раза превышает срок создания нового летательного аппарата. Разработка базового двигателя нового поколения занимает 12...15 лет и требует финансовых вложений в несколько миллиардов долларов. Эти сроки и цифры, однако, можно уменьшить, применяя при создании базового двигателя нового поколения отработанные заранее конструкторско-технологические решения, новые технологии и опыт.

По применяемым обычно в мире Регламентам разработки авиационного двигателя, вся работа ведется по утвержденному техническому заданию и открывается стадией демонстрации концепции, обеспечивающей подтверждение возможности получения заданных характеристик и надежной работы на всех эксплуатационных режимах при испытаниях двигателей-прототипов, в том числе в летных испытаниях. На этой стадии проводится конкурс, выбирается разработчик и уточняются технические требования к будущему двигателю. После подведения итогов конкурса начинается стадия обеспечения требований, подготовки к производству и ввода в эксплуатацию (ОТПЭ). У нас в России эта стадия называется Опытно-конструкторская разработка (ОКР). В ходе ее заказчик заключает с разработчиком двигателя контракт, в который включается также полное обслуживание летных испытаний и разработка системы послепродажного обслуживания. На стадии ОТПЭ предусматривается проведение экспертизы хода работ, чтобы снизить различные риски при разработке и сертификации двигателя.

Регламент разработки гражданского двигателя имеет некоторые отличия, обусловленные коммерциализацией проекта, необходимостью максимального удовлетворения потребностям рынка в течение длительного периода эксплуатации. На стадии демонстрации концепции двигателя проводятся широкие маркетинговые исследования, рассматриваются альтернативные решения в целях оптимизации стоимости, эффективности, эксплуатационных характеристик, оценивается риск принятия различных технических решений. Особое внимание уделяется обеспечению надежности двигателя, что достигается высокой преемственностью конструкции, применением только апробированных в испытаниях новых техни-



ческих и конструкторских решений, междисциплинарных расчетов высокого уровня на прочность с учетом запасов по основным параметрам для создания на основе базового газогенератора семейства двигателей различной тяги, подтверждения заложенной при проектировании прочностной надежности с помощью испытаний (специальные испытания узлов и деталей при предельных нагрузках, с превышением рабочих параметров, с повышенным дисбалансом и др.). Решение о начале полномасштабной разработки принимается только после получения определенного гарантированного заказа на двигатель.

Низкий уровень технического риска при вводе двигателя в эксплуатацию независимо от его назначения обеспечивает единая последовательность проведения испытаний. Целью испытаний является проверка характеристик, механической прочности, оценка напряжений и вибраций в деталях конструкции, определение характеристик во всей области эксплуатационных режимов работы. В единую последовательность обычно включается как общая система препарирования объекта различными датчиками, его тензо- и виброметрирование, так и полный спектр экспериментальных исследований: наземные испытания, испытания на выносливость и эквивалентно-циклические испытания (ЭЦИ), высотные испытания в термобарокамерах и/или летающих лабораториях, проверку ресурса "горячей" и "холодной" частей двигателя, квалификационные испытания и специальные испытания. Для проведения наземных испытаний в настоящее время используются от 7 до 10 двигателей. В результате применения указанной методологии сроки разработки и ввода в эксплуатацию двигателя, а также число двигателей, используемых в доводке, постоянно уменьшаются.

Существенное отличие вновь создаваемых авиадвигателей от всего, сделанного ранее также и то, что сейчас основные производители их стремятся стать системными интеграторами в программах создания и эксплуатации. Для этого производится перераспределение сил и устанавливаются партнерские отношения с передовыми производителями комплектующих и эксплуатантами. В современных условиях практически ни один двигатель не создается без внутренней или международной кооперации, при которой ведущие изготовители являются звеном, объединяющим все усилия. Такой подход позволяет объединить передовые технологии и разделить риски, свойственные любой программе разработки новой техники.

Такие объединения создаются на весь срок действия программы по двигателю, продолжительность которой может охватывать несколько десятилетий, начиная с первых маркетинговых исследований, и включать также разработку, изготовление, процесс продажи и послепродажное обслуживание. Причем такие работы ведутся как на базовом двигателе, так и на его модификациях. Системные интеграторы и участники объединений, несут свою долю рисков и получают свою часть доходов. Это принято сейчас именовать "RRS-партнерством". И такое распределение существенно, поскольку одни и те же специализированные на проектировании и/или производстве отдельных комплектующих (центры компетенции) компании, обладающие передовыми технологиями и технологическими процессами, одновременно сотрудничают с несколькими ведущими производителями авиационных двигателей.

Участник совместных работ получает свою долю, определенную перед началом деятельности. Величина этой доли зависит от объема продаж. Он оплачивает главному подрядчику его работу по управлению программой, обеспечению координационных связей и общению с заказчиками. Таким образом, кроме прав на долю при продаже двигателя, участник программ несет и ответственность за сроки поставок этого двигателя заказчику, а также - свою долю риска возможной неудачи программы.

При этом, если участник совместных работ не принимает непосредственного участия в какой-то их части, необходимой для общего хода дел (например, в разработке конкретного узла будущего летательного аппарата: двигателя, агрегата, планера), то он платит главному подрядчику за эту работу (пропорционально своей доле). Таким же образом оплачивается и проведение сертификации двигателя на летательных аппаратах, на которых устанавли-

вается разрабатываемый двигатель, приобретение необходимого оборудования для проведения работ и поставка запасных частей для того узла, за который он отвечает в программе.

В настоящее время четыре ведущие компании: General Electric Aircraft Engines, Pratt & Whitney, SNECMA Group и Rolls-Royce plc, на долю которых приходится почти 100 % поставок новых двигателей, предлагают заказчикам семейства современных авиационных двигателей в широком диа-

пазоне тяг для пассажирских самолетов различного назначения (от самолетов авиации общего назначения до магистральных лайнеров большой пассажиремкости). Ведущие компании являются многопрофильными структурами, объединяющими выпуск продукции с послепродажным обслуживанием (авиационных двигателей гражданского и военного назначения, энергетических установок различного применения) и оказание финансовых услуг (страхование, лизинг самолетов и двигателей, кредитование перспективных разработок и прочее). Создание семейства двигателей на основе базового газогенератора обеспечивает существенное снижение сроков и затрат на всех этапах жизненного цикла.

Стоимость продаж авиационных двигателей, энергетических установок на их основе и услуг по послепродажному обслуживанию у ведущих компаний составляет от 4 до 29 млрд долл., что соответствует от 20 до 90 % общего объема оборота фирмы. При этом доля военной продукции составляет от 2 до 25 %, доля экспорта - от 45 до 82 %, а затраты на проведение НИОКР - от 2 до 17 %. Причем доля бюджетного финансирования НИОКР у компаний изменяется от 22 (GE) до 58 % (PW и RR).

В недалеком прошлом авиационное двигателестроение нашей страны представляло мощную высокотехнологичную отрасль, способную разрабатывать и производить всю номенклатуру двигателей для военной и гражданской авиации и вертолетов. В 80-е годы доля продукции отечественного двигателестроения на мировом рынке составляла 25...30 %. В эти годы был создан совокупный научный, инженерный и технологический потенциал, позволивший разработать и производить весьма совершенные двигатели: РД-33 для МиГ-29, АЛ-31 для Су-27 и НК-32 для Ту-160, модификации которых будут верой и правдой служить долгие годы.

Изменения в экономике, произошедшие в начале 1990-х годов, привели к резкому сокращению закупок авиационных двигателей в связи с обвальным падением объемов продаж отечественных самолетов и вертолетов, "обнулением" заказов для государственных нужд при отсутствии современных механизмов продвижения на рынок серийно изготавливаемой конкурентоспособной авиационной техники (Ил-96, Ту-204, Ту-214, Ил-114 и др.)

Полное прекращение разработки новых двигателей и сокращение серийного выпуска привело к замедлению развития технологического уровня проектирования и производства, устареванию основных производственных фондов и существенным кадровым потерям. При этом ухудшался и качественный состав кадров в сфере владения современными конструкторскими и производственными навыками. Аналогичные процессы развивались и в прикладной авиационной науке в связи с кардинальным сокращением государственного финансирования НИОКР. В результате этого произошло существенное отставание отечественного авиадвигателестроения от ведущих зарубежных фирм. Более 20 лет не закладывалось ни



одного нового авиационного двигателя, создаваемый научно-технический задел в обеспечение создания конкурентоспособных на мировом рынке двигателей нового поколения не получал экспериментальной апробации.

В связи с указанными факторами авиадвигателестроение потеряло свои позиции даже на внутреннем рынке. В настоящее время российскими авиакомпаниями эксплуатируется более ста самолетов западного производства, выполняющих около 34 % объема пассажирских перевозок. Практически на всех современных отечественных самолетах и вертолетах предлагается установка двигателей зарубежного производства, в ряде случаев - на безальтернативной основе.

Системный кризис в отрасли был несколько сдмпфирован поставками двигателей по линии ВТС для самолетов военной авиации, а также услугами по их послепродажному обслуживанию, ремонту эксплуатируемой техники и ее модернизации. Расширилось производство промышленных ГТУ для перекачки газа и выработки электроэнергии. Однако экспортных доходов, получаемых с рынков ВТС, доходов от реализации промышленных ГТУ и услуг по ремонту двигателей, при минимальном бюджетном финансировании НИОКР оказалось недостаточно для преодоления кризисных явлений и начала выпуска новых конкурентоспособных двигателей гражданского и военного назначения.

В последние годы руководством страны уделяется много внимания к авиационной промышленности и авиационному двигателестроению. Особенно плотно это связывается с переводом экономики на инновационный путь развития и удовлетворением потребностей как российских Вооруженных сил в новейших авиационных комплексах вооружения, так и гражданской авиации в конкурентоспособных двигателях на мировом рынке. Правительством Российской Федерации в ноябре 2006 г. дано поручение по созданию интегрированных структур в авиационном двигателестроении и разработке стратегии его развития.

Разработан проект стратегии развития авиационного двигателестроения России на период до 2025 г., предусматривающий реструктуризацию отрасли, устранение несоответствия её организации и структуры, научно-технического и производственного потенциала задаче обеспечения технологической безопасности страны, а также восстановление позиций отечественного двигателестроения на мировом рынке. В этом проекте предусматривается увеличение выпуска ГТУ на базе авиационных двигателей для развития нефтегазового комплекса и транспортной инфраструктуры России в глобальной энергетике. Тем самым, авиационное двигателестроение приобретает межотраслевой характер.

Предполагается широкий комплекс мер, обуславливающий всестороннее решение накопившихся проблем. В него входят и государственная поддержка создания базовых двигателей нового поколения с уровнем совершенства 2010 - 2015 гг., и формирование организационной системы, способной работать в новых экономических условиях, и модернизация производства, конструкторского и научно-исследовательского потенциала авиадвигателестроения, и совершенствование системы подготовки и закрепления на предприятиях авиадвигателестроения кадров. Наконец, это внесение изменений в законодательство, снимающих существующие ограничения по реализации выбранного направления развития. В результате реализации данной стратегии в полном объеме предполагается рост объемов производства отечественной авиадвигателестроительной отрасли вдвое к 2015 г. и в 3...5 раз к 2025 г., безусловное обеспечение потребностей российских вооруженных сил, стратегическое изменение конкурентных позиций авиадвигателестроения России на мировом рынке.

В современных экономических условиях решение проблемы развития авиадвигателестроения в нашей стране возможно только при объединении усилий государства и отечественного бизнеса. Такое взаимодействие позволяет эффективно сочетать государственные возможности концентрации ресурсов на необходимых направлениях и заинтересованность частных производителей в конечных результатах бизнеса, выпуске финансовоёмкой продукции.

Финансовые ресурсы, необходимые для инновационного развития подотрасли должны обеспечиваться как бюджетным, так и внебюджетным финансированием конкретных проектов из собственных средств предприятий и их иностранных партнеров, коммерческих кредитов, стратегических и портфельных инвестиций. При этом, внебюджетная составляющая должна со временем увеличиваться, обеспечивая большую заинтересованность участников работ. Возможности государственно-частного партнерства могут обеспечить эффективное управление финансовыми ресурсами и активами только при условии вовлечения высокопрофессиональных, ответственных за свою деятельность и хорошо мотивированных менеджеров, работающих как в частном, так и в государственном секторах экономики.

При всех благих намерениях повышение уровня внебюджетного финансирования не может произойти скачкообразно. Частные инвестиции в российское авиадвигателестроение в его нынешнем состоянии еще длительное время будут оставаться высокорискованными и низкорентабельными, с длительным сроком окупаемости (не менее 12 - 18 лет), что обусловлено не только состоянием отрасли, но и объективно продолжительным циклом создания нового, конкурентоспособного двигателя. Следовательно, без государственных долгосрочных вложений в различных формах, принятых в современной мировой практике, эта система попросту неработоспособна. Развертывание масштабного выпуска высокоэффективных установок на основе освоенных в авиации технологий для других отраслей, особенно для топливно-энергетического комплекса, может уменьшить срок окупаемости инвестиций.

Конечным результатом реструктуризации должно быть создание интегрированной многопрофильной структуры, адаптированной к условиям рыночной экономики и способной обеспечить выполнение Гособоронзаказа, контрактов на поставки по линии ВТС, заказов гражданской авиации, а также заказов на ГТУ различного назначения. Эта структура должна быть способна за счет собственных ресурсов и привлекаемых средств обеспечивать создание и выпуск высокотехнологичной продукции, конкурентоспособной на мировом рынке. С позиции задач реструктуризации наиболее рациональным вариантом представляется проведение интеграции в два этапа. На первом - создание трех интегрированных структур, на втором - их слияние и образование объединенной авиадвигателестроительной корпорации.

Процесс образования интегрированных структур уже начался. Указом Президента Российской Федерации от 11 сентября 2007 г. образовано Федеральное государственное унитарное предприятие "Научно-производственный центр газотурбостроения "Салют" присоединением к ФГУП ММПП "Салют" ФГУП "Омское моторостроительное объединение имени П.И. Баранова" и ряда других предприятий. В ближайшее время, по-видимому, будут образованы еще несколько интегрированных структур.

Создание и консолидация интегрированных структур - длительный и сложный процесс. Необходимо задействовать процесс интеграции предприятий в рамках как минимум двух проектов создания базовых двигателей нового поколения для транспортной и военной авиации - "прорывных" продуктов, обеспечивающих технологическую готовность российского авиадвигателестроения к созданию конкурентной продукции на мировом рынке в 2015-2020 гг.

В качестве "прорывного" продукта для транспортной авиации необходимо принять создание базового ТРДД нового поколения в классе тяги 12 тс для перспективного БСМС и среднего транспортного самолета, а также - как основы семейства новых конкурентоспособных двигателей тягой 7...18 тс. По прогнозу, в 2020-2025 гг. двигатели такой тяги составят более 50% мирового парка двигателей магистральных и региональных самолетов. Для военной авиации таким приоритетным проектом является создание двигателя нового поколения для ПАК ФА.

Для управления проектами и активного влияния на ход их выполнения при Государственном заказе необходимо создать дирекции программ, состоящие из высококвалифицированных менеджеров, которые определяют направление работ, распределяют фи-

нансирование, осуществляют контроль выполнения программы. Следует также разработать и утвердить ряд нормативных документов, определяющих эту работу. Эти положения должны разрабатываться при непосредственном участии ведущих ученых, конструкторов и организаторов авиадвигателестроительной подотрасли.

Работы по программам следует выполнять по контрактам, заключение которых проводится на конкурсной основе. Необходимо обязательная экспертиза работ заказчиком на различных стадиях их проведения. По результатам конкурса определится генеральный разработчик (интегратор), а также предприятия - участники кооперации. На базе предприятий - участников возможно создание специализированных производств с высоким уровнем технологического оснащения.

При дирекции программы должен быть создан Технический совет, состоящий из представителей заказчика, генерального разработчика, участников кооперации, головного института. Этот Совет рассматривает ход выполнения работ и разрабатывает рекомендации по техническим вопросам.

Разработка базового двигателя ведется по приведенной в начале статьи теме, с прохождением всех стадий и этапов. Стоит помнить, что из-за отсутствия времени необходимо запараллелить процессы создания демонстрации технологической готовности, НТЗ и опытно-конструкторские работы, формирование кооперации и реорганизацию отрасли.

При реализации программы разработки базового двигателя нового поколения необходимо внедрять высокоэффективные системы проектирования на основе междисциплинарного математического моделирования, объединяющего задачи исследования параметров течения газа с учетом нестационарности, анализа теплового состояния конструкции и расчета напряженно-деформированного состояния деталей, в том числе из перспективных конструкционных материалов. По этому вопросу ЦИАМ имеет значительные успехи, признанные у нас и за рубежом.

Весьма важно освоение в полном объеме новых технологических процессов и критических технологий. Это - технологии изготовления блисков вентилятора и компрессора (в том числе с полыми лопатками), электрохимическая обработка лопаток, сварка трением, плавка высокочистых заготовок из титановых сплавов, технологии нанесения покрытий и т.п. В этих вопросах мы отстали, поэтому требуется безотлагательное ускорение этих работ с увеличением финансирования и кооперация с зарубежными специализированными предприятиями. И крайне необходима координация всех федеральных целевых программ, затрагивающих вопросы технологии, для обеспечения выполнения поставленной цели.

На стадии полномасштабной разработки двигателя проводится доводка до заданных требований, подготовка производства для выпуска серийной продукции, сертификация. При этом разрабатывается система эксплуатации двигателя и его послепродажного обслуживания. Эту стадию разработки необходимо также проводить при поддержке государства.

В результате работы по программе должны быть созданы специализированные предприятия - центры компетенции, как это делается в современном мировом двигателестроении. Они должны создаваться одновременно и даже с опережением описанного процесса интеграции. Указанные специализированные предприятия будут разрабатывать и производить отдельные узлы, детали для авиационных двигателей. В некоторых случаях специализированные предприятия будут осуществлять отдельные технологические переделы, например: нанесение специальных покрытий, термообработка и др. Для ускорения освоения новых технологий и повышения их технологической оснащенности специализированные предприятия должны создаваться с привлечением зарубежных компаний на условиях "разделения рисков" с последующим переносом производства в Россию.

Конкурентоспособность специализированных предприятий, благодаря высокому уровню их технологического оснащения и эффективности производства, обеспечит реализацию продукции и услуг как на внутреннем, так и на мировом рынках, даст им возможность выступать в качестве субподрядчиков в текущих и новых проектах.

Модернизация производственного, конструкторского и научно-исследовательского потенциала отрасли требует совершенствования системы подготовки кадров и их закрепления на предприятиях отрасли. Для адресной подготовки кадров целесообразно создать отраслевую систему прогнозирования потребностей предприятий отрасли. В том числе - за счет создания отраслевого центра по разработке методологического обеспечения предприятий. К этой работе следует привлечь отраслевые научные учреждения, создать базы данных, содержащие сведения о кадровом потенциале отрасли. Необходимо расширить государственное финансирование подготовки специалистов для целевого направления на предприятия отрасли. Одновременно с тем следует создать систему контрактных обязательств предприятий и учебных заведений со студентами о трудоустройстве и обязательной отработке на предприятии определенного количества времени. Необходимо восстановить систему распределения по предприятиям отрасли выпускников учебных заведений, обучающихся за счет средств государственного финансирования.

Разработка двигателей нового поколения по научно-техническому уровню сродни задаче создания атомной бомбы и первого космического корабля, поэтому под силу только талантливым людям. Решить эту задачу под силу кадрам высочайшей квалификации. Ведущие ВУЗы: Физтех, МГТУ, МАИ, МЭИ, МАТИ, имея кафедры при институте, готовят хороших специалистов. Министерству образования не надо мешать этому процессу.

Приоритетной задачей является обеспечение конкурентного уровня заработной платы на предприятиях отрасли, для чего должны быть предприняты специальные меры. Это - повышение производительности труда за счет увеличения инвестиций в развитие технологий, обновление основных фондов, изменение нормирования уровня заработной платы при выполнении государственных заказов, снижение уровня единого социального налога и некоторые другие. Особое внимание должно быть уделено вопросам закрепления молодых специалистов на предприятии. Решение этого вопроса должно носить комплексный характер. Это и помощь в решении жилищных вопросов (включая долевое участие государства и предприятий в оплате жилья), и пакет социального обеспечения, и отсрочка от призыва на воинскую службу, и создания логичных перспектив карьерного роста.

Реализация разработанного комплекса мер позволит обеспечить динамичное развитие российского авиадвигателестроения, даст возможность принципиально изменить стратегическую конкурентную позицию на мировом рынке, вернуть России роль мирового центра газотурбостроения. **П**





## Российская пресса о создании авиадвигателестроительного комплекса

В целях обеспечения формирования открытого акционерного общества "Объединенная авиастроительная корпорация" указом постановляется передать 100 % акций ОАО "Климов", находящихся в федеральной собственности, в хозяйственное ведение федерального государственного унитарного предприятия "Российская самолетостроительная корпорация "МиГ".

**Пресс-служба ОАО "Климов"**  
05.03.2007

Военно-промышленная комиссия в ближайшее время определит стратегию реформирования отечественного авиационного двигателестроения. Сейчас рассматриваются две концепции по консолидации двигателестроительных предприятий. Одна из них предусматривает создание двух холдингов - государственного и частного. Другая предполагает объединение всех ведущих производителей под эгидой компании "Оборонпром".

В России производство авиационных двигателей сосредоточено на четырех предприятиях: ФГУП "ММПП "Салют" (Москва), ОАО "НПО "Сатурн" (Рыбинск, 37 % акций принадлежит государству), ОАО "УМПО" (доля государства - 49,99 % акций), а также на предприятии Пермского моторостроительного комплекса (ПМК).

Реформирование должно пройти в два этапа. На первом будут созданы четыре интегрированных структуры: на базе ФГУП "Салют" (к нему присоединятся принадлежащие государству ОМО им. Баранова и ТМКБ "Союз"), НПО "Сатурн" - Уфимское моторостроительное производственное объединение (ожидается, что к ним присоединятся и пермские двигателестроительные предприятия), Санкт-Петербургское ОАО "Климов" (вместе с ММП им. Чернышева) и самарский куст во главе с СНТК им. Кузнецова (включит в себя ОАО "Моторостроитель", ОАО "КМПО" и ОАО "АМНТК "Союз").

На втором этапе эти предприятия будут объединены в две структуры: государственный холдинг во главе с "Салютом" и частный во главе с "Сатурном". Кому отойдет питерский "Климов", пока неясно.

Альтернативный вариант консолидации отрасли предусматривает объединение всех крупнейших производителей в один государственный холдинг под эгидой "Оборонпрома" ("дочка" "Рособоронэкспорта"). Партнером "Оборонпрома" может выступить АФК "Система".

Тем не менее, ряд собеседников RBC daily считают идею объединения активов в один холдинг менее привлекательной. "Авиапроизводитель должен выбирать из нескольких двигателей, а значит, заниматься авиационным двигателестроением

должны как минимум две компании", - поясняет RBC daily гендиректор ММПП "Салют" Юрий Елисеев. А президент ассоциации "Союз авиационного двигателестроения" (АССАД) Виктор Чуйко вспоминает, что ранее и вовсе рассматривался вариант создания трех холдингов. В Объединенной авиастроительной корпорации говорят, что нет разницы, сколько будет холдингов, главное, чтобы авиационные предприятия получали конкурентоспособную по качеству и цене продукцию.

**Газета RBC Daily 10.08.2007**

Президент РФ подписал Указ о создании интегрированной структуры на базе ФГУП "ММПП "Салют" в целях создания авиадвигателей нового поколения.

В рамках реализации данного указа Правительству РФ поручается реорганизовать ФГУП "ММПП "Салют" путем присоединения к нему ОМО им. Баранова. Также в уставной капитал новой структуры будут переданы государственные акции ряда предприятий, в частности, НПО "Эга" (Москва) - 25,5 %, КБ "Электроприбор" (Саратов) - 38,0 %, "Агат" (Гаврилов-Ям) - 25,5 %, НИИТ (Уфа) - 38,0 %. В соответствии с указом ФГУП "ММПП "Салют" должен быть переименован во ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют". Указ фактически расширил существующую интегрированную структуру на базе ФГУП "ММПП "Салют", в которую к моменту подписания Указа входили: ВМЗ "Салют", МКБ "Гранит", МКБ "Горизонт", НТЦ НИИД, ОАО "Топаз" (Кишинев), "Прибор" (Бендеры).

**Пресс-служба ФГУП "ММПП "Салют"**  
11.08.2007

Московское машиностроительное производственное предприятие (ММПП) "Салют" и ОАО "Научно-производственное предприятие "Аэросила" заключили меморандум о взаимном сотрудничестве в области авиадвигателестроения, сообщил журналистам гендиректор "Салюта" Юрий Елисеев на международном авиасалоне "МАКС-2007".

**РИА "Новости" 22.08.2007**

На "МАКС-2007" состоялась презентация новейшей разработки Пермского моторостроительного комплекса. Презентация провел генеральный конструктор ОАО "Авиадвигатель" Александр Иноземцев. По его словам, двигатели нового поколения смогут стать на крыло как отечественных, так и зарубежных самолетов вместимостью от 70 до 350 пассажиров и грузоподъемностью от 18 до 50 тонн. Базовым двигателем семейства является турбореактивный двухконтурный двигатель ПС-12 для перспективных 130-210-местных самолетов семейства МС-21, транспо-

ортного Ил-214 и нового поколения зарубежного узкофюзеляжных самолетов. По своим техническим характеристикам ПС-12 будет относиться к пятому поколению авиадвигателей и составит конкуренцию перспективным аналогам ведущих западных фирм, которые поступят в эксплуатацию в 2008-2010 гг.

**Пресс-служба Пермского моторостроительного комплекса 22.08.2007**

В рамках VIII Международного авиационно-космического салона "МАКС-2007" ведущие российские производители НПО "Сатурн" и ОАО "УМПО" подписали меморандум о стратегическом партнерстве, предусматривающий конечной целью создание единой компании, являющейся национальным лидером в области газотурбинных двигателей.

Для начала реализации процесса интеграции предприятий на паритетных началах создано ЗАО "Управляющая компания "Сатурн-УМПО", которой будут переданы функции единоличного исполнительного органа. Генеральным директором ЗАО "Управляющая компания "Сатурн-УМПО" назначен Юрий Ласточкин, председателем Совета директоров - Александр Артохов.

До момента завершения интеграции за каждым предприятием сохраняются права и обязанности по ранее заключенным контрактам.

**Пресс-служба НПО "Сатурн"**  
**Пресс-служба ОАО "УМПО"**  
23.08.2007

Правительство РФ приняло решение о реорганизации ФГУП "Омское моторостроительное объединение им. П.И. Баранова" путем присоединения к ФГУП "Московское машиностроительное производственное предприятие "Салют". В уставный фонд ФГУП "ММПП "Салют" вносятся следующие находящиеся в федеральной собственности акции ОАО: Гаврилов-Ямский машиностроительный завод "Агат" (Ярославская обл.) - 25,5 %; КБ "Электроприбор" (Саратов) - 38 %; московское Научно-производственное предприятие "Темп" им. Ф. Короткова (бывшее Научно-производственное предприятие "ЭГА") - 25,5 %; Институт технологии и организации производства (Уфа) - 38 %

**ПРАЙМ-ТАСС 04.09.2007**

Правительство РФ распорядилось переименовать Федеральное государственное унитарное предприятие "Московское машиностроительное производственное предприятие "Салют" ("ММПП "Салют") после его реорганизации и увеличения уставного фонда во ФГУП "Научно-производственный центр газотурбостроения "Салют".

**ПРАЙМ-ТАСС 25.09.2007**



GRIND-X

# Okamoto

OKAMOTO PRECISION SYSTEMS

## ПРЕЦИЗИОННЫЕ ШЛИФОВАЛЬНЫЕ И ДОВОДОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

### От высокоточных инструментальных решений до нанотехнологий



**70 лет  
инноваций и  
лидерства**



Группа "СодикоМ-Элиском"  
[www.okamoto-euro.ru](http://www.okamoto-euro.ru)  
tel.: +7 495 786-9841, 787-0970  
725-3603, 614-9801  
fax: +7 495 786-9842, 614-1842  
[info@sodick.ru](mailto:info@sodick.ru), [tc@sodick.ru](mailto:tc@sodick.ru)



# ЖУРНАЛ "ДВИГАТЕЛЬ" В НАЧАЛЕ ДВУХ ВЕКОВ

Редакция "Двигателя" продолжает публикацию выступлений участников Круглого стола, состоявшегося в апреле этого года и посвященного 100-летию журнала. Сегодня "слово" предоставляется **Валентину Владимировичу Крымову**, директору по науке ФГУП "ММПП "Салют", д.т.н.

**В** начале прошлого века, буквально за год до создания заводы "Гном", в журнале "Двигатель" была опубликована статья о перспективах создания работоспособного газотурбинного двигателя. В той публикации говорилось о невозможности создания компрессора и турбины такого двигателя, и поэтому редакция обещала к теме создания ГТД больше не возвращаться. Но, как показало время, это были поспешные выводы. Сейчас ГТД работают и в воздухе, и на земле.

Московский завод "Салют" был одним из первых предприятий в нашей стране, кому поручили освоение газотурбинного двигателя. Вначале это был ТР-1, а затем РД-45, ставший одним из самых массовых реактивных двигателей. Ведь именно РД-45 устанавливался на знаменитый МиГ-15. Но это были двигатели первого поколения. Затем завод выпускал двигатели второго, третьего и четвертого поколения. Сейчас специалисты "Салюта" работают над совершенствованием двигателя АЛ-31Ф и доведением его параметров до значений, соответствующих двигателям пятого поколения.

Чем же отличаются двигатели разных поколений, особенно пятого, от его предшественников?

Анализ развития ГТД для реактивной авиации, начиная с двигателя первого поколения РД-45, показывает, что повышение параметров двигателя (как абсолютных, так и удельных) обеспечивалось постоянным ростом степени повышения давления в компрессоре и температуры газов перед турбиной и связанным с этим применением более жаропрочных сплавов, а затем и охлаждаемых турбинных лопаток.

В общем, можно сказать, что двигатель нового (пятого) поколения должен отличаться от своего предшественника следующим:

- значительным улучшением удельных параметров;
- увеличением ресурса, надежности и эксплуатационной надежности;
- снижением затрат на создание, изготовление и эксплуатацию.

Следует заметить, что эти требования не являются какими-то исключительными, они формулируются при создании каждого нового двигателя, но сейчас ситуация особая. Во-первых, удельные параметры необходимо улучшить не на единицы, а на десятки процентов. Во-вторых, в конструкции двигателя пятого поколения будут применяться совершенно новые материалы. В-третьих, необходимо остановить рост стоимости двигателя от поколения к поколению, так как при сохранении существующей тенденции двигатель не выдержит конкурентной борьбы. И, в-четвертых, из-за отставания по некоторым направлениям от западных фирм следует сокращать сроки разработки, интенсифицировать поиск новых материалов и технологий. Следует понимать, что технология - это только часть проблем, стоящих перед разработчиками при создании двигателя нового поколения. Но ей принадлежит главная, основная, ведущая роль среди всех составляющих при создании ГТД.

Сегодня широко используется вычислительная техника, созданы современные методики расчетов параметров и проектирования. На "Салюте" у конструкторов нет кульманов. Все расчеты от обвязки двигателя до расчетов газодинамического тракта выполняются на компьютерах. Можно сказать, что конструкторский труд на 100 % автоматизирован. Это позволяет в разы сократить сроки создания новых изделий и значительно снижает вероятность совершения каких-либо ошибок и принятия неоптимальных решений при проектировании узлов двигателя.

Как уже отмечалось, среди основных направлений совершенствования параметров двигателя находится повышение температуры газов перед турбиной двигателя пятого поколения до 1900...2000 К. Но лопаток, способных работать при таких температурах (а есть мнение о целесообразности еще большего ее повышения), не существует. Да и повышение температуры газов перед турбиной с одновременным ростом удельных параметров приведет к еще большим нагрузкам на отдельные элементы, детали и узлы, т.е. новый двигатель будет и более теплонапряженным.

Основными направлениями создания перспективных технологических процессов можно разделить на несколько групп. К одним можно отнести совершенствование технологий изготовления отдельных элементов конструкции двигателя, таких как: лопатки турбины и компрессора, камеры сгорания и т.д. Другие охватывают технологии, которые связаны с заготовительным производством и контролем точности. Здесь особо следует отметить роль информационных технологий, пронизывающих всю структуру производства, без которых оно уже эффективно существовать не может.

Итак, чего же удалось достичь и в каком направлении следует искать пути решения некоторых проблем?

Во-первых, главные усилия должны быть направлены на разработку новых технологий производства лопаток турбин. Из перспективных технологических процессов, обеспечивающих возможность длительной работы лопаток при высокой температуре, можно выделить метод направленной кристаллизации и монокристаллическое литье. Повышение температурного градиента на фронте кристаллизации обеспечивает получение более однородной, тонкодисперсной структуры с меньшей дендритной ликвацией, меньшей пористостью. Все это повышает усталостную прочность литейных никелевых сплавов на 15...20 %.

В конце прошлого века специалисты предполагали, что с 2005 г. удастся изготовить турбинные лопатки из интерметаллидов, но, к сожалению, эта технология так и не была реализована. Одновременно шло создание новых жаропрочных материалов, в которых в той или иной комбинации присутствовали почти все элементы таблицы Менделеева, в том числе и редкоземельные. Наиболее эффективным оказалось присутствие рения и рутения. Известно, что использование рения в качестве легирующего элемента приводит к повышению рабочей температуры лопатки ротора турбины, но при этом возможно возникновение топологически плотноупакованных фаз. Эту проблему удалось решить путем введения еще одного редкоземельного элемента - рутения. Рений-рутениевые сплавы при изготовлении турбин-



ных лопаток не только обеспечат более высокие параметры у перспективных ГТД, но и гарантируют повышение ресурса.

И все же, для выхода на более высокие температуры, требуется повышение эффективности охлаждения лопаток путем применения проникающего (транспирационного) охлаждения, что позволит увеличить температуру газа перед турбиной до 2200 К. Напомню, что лопатки двигателя первого поколения выдерживали 1100 К, второго - 1275 К, третьего - 1450 К, четвертого - 1680 К.

Еще одним направлением обеспечения ресурса охлаждаемых лопаток турбин является использование защитных покрытий, которые предохраняют поверхность внутренней полости и внешнюю поверхность от высокотемпературного окисления. Предстоит разработать новые способы комплексного легирования, обеспечивающие одностадийный процесс формирования покрытий. В настоящее время одним из таких методов является метод газовых циркуляционных покрытий, который может применяться для защиты поверхности охлаждающих отверстий лопаток с конвективно-плоскостным и проникающим охлаждением.

Другим важным направлением является совершенствование технологий производства лопаток компрессора. Например, лопатки компрессора, имеющие длину пера до 140 мм, можно штамповать "в размер". Последующей механической обработке подвергается только хвостовик лопатки на станках с ЧПУ. Это на сегодня самая дешевая технология. Альтернативой данной технологии является электрохимическая обработка пера, причем пера с большой закруткой и широким профилем. Трудоемкость изготовления лопатки по этой технологии сопоставима со штамповкой.

Третьей по значимости и нагрузке детали, от качества которой зависит ресурс двигателя, является зубчатое колесо. Точность изготовления шестерен достигла 4 и 5 степени, но надежность их работы зависит от состояния поверхностного слоя, который в основном формируется в процессе химико-термической обработки. Радикальным средством улучшения качества зубчатых колес и повышения ресурса их работы является применение новых высокоэффективных технологических процессов:

- глубинного шлифования - нового процесса зубонарезания и финишной обработки зубчатых колес;
- ионной химико-термической обработки, включающей процессы ионной цементации и нитроцементации, а также ионного азотирования. При такой обработке резко повышаются несущие свойства поверхности зубчатых колес.

Немаловажное значение при изготовлении зубчатых колес для редуктора двигателя имеет и применяемое оборудование. Раньше для изготовления одного редуктора требовалось до десяти единиц оборудования и 12 рабочих. А так как коробка имеет более 1500 мерных размеров, то здесь существовала возможность совершения ошибки. По новой технологии используется только одна единица технологического оборудования и один оператор.

Кстати, современное оборудование определяет не только технологию изготовления двигателя, но и его конструкцию. Так, наличие станка Turboblisk фирмы Liechti позволило приступить к проектированию и изготовлению моноколес нового компрессора двигателя АЛ-31ФМ.

Механическая обработка в общих трудозатратах на изготов-

ление двигателя четвертого поколения составляет более 60 %. И здесь есть резерв для повышения эффективности производства. Во многих случаях целесообразна замена механической обработки электроэрозионной или электрохимической, лазерной или плазменной. А широкое применение оборудования с ЧПУ хорошо вписывается в общую стратегию компьютеризации производства. Это обеспечивает кратчайший путь от мысли конструктора через проектно-конструкторские работы, технологическую подготовку производства непосредственно к изготовлению продукции и контролю параметров на измерительных машинах.

Сейчас остро стоит проблема поиска новых материалов. Для изготовления целого ряда деталей двигателя пятого поколения требуются новые уникальные материалы, обладающие заранее заданными свойствами, причем разными (например, по теплопроводности или твердости) в разных точках детали. Это возможно при использовании новых технологий, в том числе и самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. У этого направления хорошие перспективы, так как из материалов, полученных в результате СВС, возможно получение, например, керамических лопаток. Эти же технологии позволяют получать специальные порошки, которые при нанесении на детали могут резко повысить температурную стойкость.

В современных условиях тесно связаны новые материалы и новые виды обработки. Причем свойства и качества деталей определяются и механической обработкой, и последующей термообработкой, химико-термической обработкой, вакуумной термообработкой, ионными процессами химико-термического упрочнения детали.

Еще одним направлением получения новых свойств деталей является использование порошковой и гранульной металлургии. Перспективно внедрение специальных станков для горячей раскатки дисков. При этом получается иная структура материала диска, и повышаются его прочностные характеристики. Немаловажно и то, что при этом повышается коэффициент использования металла.

К новым методам обработки следует отнести электроэрозионные и электрохимические методы. Основным их достоинством является то, что при этом возможна обработка деталей из материалов, твердость которых практически не уступает твердости инструмента.

Вот лишь незначительная часть стоящих перед двигателестроителями проблем, связанных с освоением новых технологий при создании двигателя пятого поколения. Некоторые из них уже близки к разрешению, для решения других нащупываются пути, но есть и те, над которыми предстоит серьезно поработать. В одиночку ни одному предприятию России с этим не справиться, необходимо объединение интеллектуальных и финансовых ресурсов. Московский завод "Салют" готов к такому сотрудничеству и призывает другие предприятия и организации включиться в эту сложную, но крайне важную работу.

Только концентрация усилий предприятий и КБ, финансовых и интеллектуальных возможностей при обязательном условии поддержки государства позволит в кратчайший срок ликвидировать наметившееся отставание в создании двигателей нового поколения.

И мы благодарны коллективу журнала "Двигатель" за ту большую работу, которую он проводит по объединению всех двигателестроителей во имя укрепления России. **П**

*В этом году ФГУП "ММПП "Салют" отмечает свое 95-летие. Приступив в 1912 г. к производству поршневого авиационного двигателя "Тном", это предприятие сегодня делает газотурбинные двигатели и для боевой авиации, и для гражданских самолетов, и для энергетики. Продолжается разработка двигателей для перекачки газа, для автомобильного и железнодорожного транспорта. На базе двигателя АЛ-31Ф создана его модификация - двигатель АЛ-31ФМ1, у которого тяга повышена почти на тонну. Этот двигатель первый за последние 15 лет, который прошел полный цикл государственных испытаний и принят на вооружение ВВС РФ. Специалисты "Салюта" продолжают работать над дальнейшими модификациями этого двигателя, и готовы создавать двигатель следующего поколения. Для этого есть и научный, и производственный, и кадровый потенциалы. Мощный толчок дальнейшему развитию предприятия дал указ президента России о создании на базе "Салюта" Федерального государственного унитарного предприятия "Научно-производственный центр газотурбостроения "Салют".*

**Редакция журнала "Двигатель" поздравляет коллектив ФГУП "НПП газотурбостроения "Салют" с 95-летием и желает ему дальнейших успехов и процветания!**

**SGI устанавливает мировой рекорд в тестах производительности Oracle E-Business Suite**

8 октября 2007 г. SGI объявила о результатах тестирования, которые показали, что SGI® Altix® является самой производительной и масштабируемой Linux-системой в отрасли при работе с Oracle Database 10g. По результатам теста Oracle E-Business Suite 11i (11.5.10), также известном как Oracle Applications Standard Benchmark (OASB), система SGI Altix 450 показала вдвое большую производительность, чем предыдущий лидер, в тестах на измерение среднего времени отклика при наличии 2000 пользователей. Система SGI показала также рекордную часовую пропускную способность в бизнес-процессах, таких как управления заказами и расчетами заработной платы в терминах Oracle.

*"Заказчики SGI знают, что системы SGI Altix передают данные быстрее, чем другие серверы в этом классе, - отметил Кен Вон, директор Департамента по управлению данными предприятия SGI. - Победа SGI в этом тесте обеспечивает им и потенциальным заказчикам уверенность в работе с большими данными и комплексными бизнес-процессами".*

Тесты производительности Oracle E-Business Suite 11i демонстрируют непревзойденную масштабируемость системы Altix 450. В действительности, при использовании SGI Altix 450 повышается эффективность по мере того как число пользователей растет. При числе пользователей, равном 1400, Altix демонстрирует пропускную способность на 23 % больше, чем другие тестируемые системы. Преимущество Altix увеличивается до 36 % при 1800 пользователей и достигает 40 % при 2000 пользователей. В online-тестах система постоянно показывала малое время отклика несмотря на сотни online-пользователей. Например, при увеличении пользователей с 1400 до 2000 среднее время отклика снизилось всего на 12 %, что в три раза лучше результатов любой протестированной системы.

Конфигурация тестируемой системы включала:

- сервер базы данных: SGI Altix на базе 12 двухядерных процессоров Intel® Itanium® 2, 144 Гб памяти под управлением Red Hat Enterprise Linux Advanced Server 4 (Update 4);

- серверы приложений: четыре сервера SGI® Altix® XE240; двухядерные процессоры Intel Xeon®, память объемом 16 Гб под управлением Oracle Enterprise Linux;

- систему хранения: SGI® InfiniteStorage 4500 с двумя RAID-контроллерами и восемью дисковыми модулями, по 16 дисков (146 Гб, 15K RPM) в каждом.

Полные данные результатов тестирования и конфигураций можно посмотреть на официальном сайте:

[www.oracle.com/apps\\_benchmark/html/results.html](http://www.oracle.com/apps_benchmark/html/results.html)

**SGI InfiniteStorage NEXIS - производительность и масштабируемость с легкостью управления системой масштаба предприятия**

Для обеспечения взрывного роста бизнеса, исследовательских и государственных структур 30 октября 2007 г. SGI объявило о выходе новой серии SGI® InfiniteStorage NEXIS NAS, разработанной для более легкого управления и хранения цифровых данных. SGI InfiniteStorage NEXIS NAS основан на базе высокоэффективной файловой системы XFS® и SGI® InfiniteStorage Appliance Manager - новом графическом интерфейсе администрирования, управления и оптимизации ресурсов, позволяющем осуществить начальные настройки системы менее чем за 20 минут.

Как результат, новая система хранения спроектирована так, чтобы обеспечить эффективное масштабирование как по объему данных, так и по производительности, решая тем самым проблемы экспоненциального роста объема данных в сегодняшнем бизнесе, научных и медиа-приложениях.

*"Клиенты находятся в таком положении, что им необходимы производительность и простота в использовании NAS решений, и SGI InfiniteStorage NEXIS разработана именно для этого, - отметил Бо Эвалд, CEO компании SGI. - Сфера высокопроизводительных решений на предприятиях - это в основном сфера генерации доходов бизнеса, где компании проводят исследования и разработки, и здесь мы видим растущий спрос на высокопроизводительные решения вычислений и хранения. Однако заказчики также хотят, чтобы этими решениями можно было легко управлять. Как раз этого мы добились с новой серией SGI InfiniteStorage NEXIS".*

*"Решения SGI InfiniteStorage NEXIS NAS также удобны и просты в использовании при распределенных хранилищах", - отмечает доктор Стивен Паркер, профессор университета Юты, в котором недавно было установлено 115 Тб NAS решение SGI InfiniteStorage, чтобы студенты и специалисты-исследователи, которым часто требуется*

NEXIS NAS используется огромный опыт предыдущих поколений систем хранения SGI. Системы SGI InfiniteStorage NEXIS серий 5000 и 7000 предоставляют пользователям расширенную функциональность и позволяют поддерживать широкий список опций хранения. Для систем начального уровня разработаны SGI InfiniteStorage NEXIS серий 2000 и 500 с тем же функционалом, работающие под управлением программного обеспечения Appliance Manager, с возможностью масштабирования, предназначенные для отдельных рабочих групп и департаментов.

Решения SGI InfiniteStorage NEXIS NAS идеально подходят для различных HPC-областей, включая работу с высокопроизводительными бизнес-приложениями и базами данных, а также для научных и инженерных расчетов.

Раньше высокопроизводительные NAS-решения требовали наличия квалифицированных специалистов, способных внедрить систему и управлять ею. SGI Appliance Manager, которым оснащена каждая система, позволяет незнакомым с NAS платформой пользователям даже с уникальными характеристиками. Теперь запуск системы производится быстро и просто и занимает несколько минут. Мониторинг и управление обеспечиваются визуальным и интуитивно понятным интерфейсом SGI Appliance Manager. Такие функции как автоматический учет обнаруженных ресурсов и управление конфигурацией упрощает начальное распределение данных, а также обеспечивает возможность масштабирования в будущем.

Решения SGI InfiniteStorage NEXIS NAS особенно эффективны в случае работы с множеством операционных систем и технологий хранения, позволяя Unix-машинам, PC и ПК Macintosh совместно использовать файлы в локальной сети. В то время как другие NAS платформы теоретически предлагают консолидацию, SGI выходит на рынок с принципиально новыми возможностями:

- исключительно быстрые системы NFS и CIFS, позволяющие решениям SGI обслужить наиболее востребованные приложения;
- файловая система SGI XFS с рекордно малым временем отклика;
- дополнительные функции, такие, например, как NFS версии 4, обеспечивают высочайшие возможности всей линии NAS решений SGI.

Новая линия систем хранения данных дает возможность клиентам начать с малого. Расширяемость без необходимости замены существующих компонентов защищает первоначальные вложения и позволяет продлить жизненный цикл платформ. Снижение издержек на обслуживание, включая утилизацию процессоров, энергопотребление и потребности в охлаждении позволяют минимизировать затраты.

Более подробную информацию о продукте можно найти на сайте компании:

[www.sgi.com/products/storage/nas/nexis](http://www.sgi.com/products/storage/nas/nexis)



Блоки системы SGI Altix: NAS, Altix\_x86tall cluster nodule, NEXIS NAS

доступ к одним и тем же данным в одно и то же время, имели возможность пользоваться всей необходимой информацией.

В технологиях построения SGI Infinite-Storage



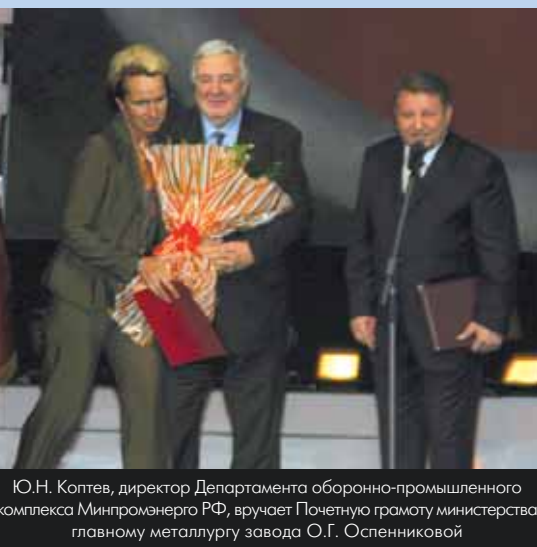


Поздравление зачитывает В.Н. Путин, первый заместитель председателя Военно-промышленной комиссии при Правительстве РФ, министр РФ



Поздравление от Президента РФ передает В.Б. Осипов, начальник управления в Администрации президента

**8 ноября 2007 года  
в Кремлевском дворце съездов  
состоялись торжественные  
мероприятия,  
посвященные 95-летию  
юбилею ФГУП "ММПП "Салют"**



Ю.Н. Коптев, директор Департамента оборонно-промышленного комплекса Минпромэнерго РФ, вручает Почетную грамоту министерства главному металлургу завода О.Г. Оспенниковой

История двигателей предприятия "Салют" - это история рекордов отечественной авиации. Каждый второй мировой рекорд в авиации установлен на самолетах с двигателями ФГУП "ММПП "Салют".

К своему юбилею, в соответствии с Указом Президента Российской Федерации В.В. Путиным от 11 августа 2007 г., "Салют" подошел уже в новом качестве - ФГУП "Научно-производственный центр газотурбостроения "Салют". Решение о создании первой интегрированной структуры в двигателестроении было принято не случайно: возможности и преимущества предприятия очевидны.

"Первый" - это во многом про "Салют"!

Первая в мире "мертвая петля" Петра Нестерова, первый исторический перелет на Северный полюс, первый беспосадочный перелет из Москвы через Северный полюс в Северную Америку Валерия Чкалова - эти рекорды установлены на самолетах с двигателями "Салюта". Только на Су-27 с двигателями АЛ-31Ф, серийное производство которых освоено на ФГУП "ММПП "Салют" с 1984 г., установлено более 30 мировых рекордов.

"Салют" всегда располагал высококвалифицированными кадрами технологов, конструкторов, инженеров, рабочих. Сегодня "Салют" из серийного завода превратился в научно-производственное объединение, где за последние годы произошли значительные перемены. Взят курс на инновационное развитие: на базе предприятия создается Технопарк.

Особо следует отметить создание на ММПП "Салют" конструкторских бюро перспективных разработок и по наземным установкам. Вообще, конструкторская мысль всегда активно и продуктивно присутствовала на предприятии. В последние

годы "Салют" не только принимает активное участие в программе модернизации существующего парка самолетов ВВС, но и участвует в создании новейших образцов техники, таких как новый учебно-боевой самолет Як-130.

Кроме того, "Салют" активно включился в решение одной из важнейших стратегических задач России - возрождения гражданского авиастроения. Совместно с украинскими партнерами - ОАО "Мотор Сич" и ГП "Ивченко - Прогресс" - разрабатываются и реализуются многие успешные проекты, одним из которых является разработка и производство двигателя Д-436.

"Салют" и люди, работающие на предприятии, гордятся тем, что не просто существовали 95 лет, а действовали, создавали и создавали, что намерены делать и в будущем.

**Первыми всегда быть не просто, но всегда достойно!**



И.Л. Шитарев, генеральный директор ОАО "Моторостроитель", поздравляет коллег с юбилеем

# ВЗЛЕТАЕМ ВЕРТИКАЛЬНО!

Александр Николаев



(Окончание. Начало в № 3, 4 - 2007)

## "Харриер"

Самолет вертикального взлета и посадки "Харриер" был создан английской фирмой "Хоукер Сиддли Эвэйшн" на основе экспериментального самолета P.1127 "Кестрел". Фирма изготовила шесть прототипов "Харриера", один из них впервые поднялся в воздух 31 августа 1966 г. Эти самолеты оснащались подъемно-маршевыми двигателями "Пекас" 6 (Mk 101) максимальной взлетной тягой 8,6 тс. Первой серийной модификацией стал "Харриер" GR.Mk 1 с такой же силовой установкой. ВВС Великобритании заказали 92 штурмовика-разведчика (в вариантах GR.Mk 1, GR.Mk 1A и GR.Mk 3), начавшие поступать на вооружение с 1968 г. Еще 15 заказанных машин представляли собой двухместные учебно-тренировочные самолеты модификаций T.Mk 2, T. Mk 2A и T. Mk 4, соответствовавшие боевым вариантам штурмовика и отличавшиеся, главным образом, типом двигателя: "Пекас" Mk 101, Mk 102, Mk 103, соответственно.

"Харриер" оказался настолько уникальным летательным аппаратом, что даже столь заносчивая авиационная держава, как США, вынуждена была вначале закупить более сотни машин для корпуса морской пехоты, а затем приобрести лицензию на право производства. Самолет AV-8A примерно соответствовал английскому "Харриеру" GR.Mk 3, но имел определенные отличия в составе оборудования и вооружения. В частности, по желанию заокеанских заказчиков "Хоукер Сиддли Эвэйшн" смонтировала на AV-8A пилоны для подвески двух ракет "Сайдвиндер". Учебно-тренировочный вариант для американцев имел наименование TAV-8A.

Пришедшее в 1966 г. к власти в Великобритании лейбористское правительство существенно сократило военные расходы и приняло решение о сдаче на слом авианосцев, требовавших огромных средств на содержание. Палубные самолеты решено было базировать на берегу. Однако лейбористы недолго придерживались пацифистских воззрений. Уже через пару лет английским военным удалось "пробить" в парламенте решение о постройке серии относительно небольших авианесущих крейсеров класса "Инвинсибл", в состав авиагруппы которых включили самолеты СВВП. В 1973 г. фирма "Хоукер Сиддли Эвэйшн" получила заказ на разработку самолета "Си Харриер" FRS.Mk 1. Устрашающая аббревиатура после наименования

означала, что помимо истребительных функций (F - fighter) машина должна была выполнять функции разведчика (R - reconnaissance) и ударного самолета (S - strike). Самолет оснащался двигателем "Пекас" Mk 103 взлетной тягой 9750 кгс, а затем - Mk 104 с рядом деталей, выполненных из сплавов, обладающих повышенной коррозионной стойкостью.

В варианте штурмовика для ВВС Великобритании и корпуса морской пехоты США "Харриер" не имел радиолокатора; истребительный же вариант получил бортовую РЛС "Блю Фокс", которая, впрочем, не обладала способностью обнаружения целей на фоне подстилающей поверхности, будь то море или земля. Максимальная полезная нагрузка машины при взлете по-самолетному составляла 2,37 т, в случае вертикального взлета она резко уменьшалась и не превосходила 800 кг. Радиус действия "Си Харриера" FRS.Mk 1 при вертикальном взлете, как и у отечественного Як-38, оказался до обидного малым - всего 135 км. Словом, на первом этапе это тоже был "самолет для обороны фок-мачты".

В мае 1975 г. министерство обороны Великобритании заказало партию из 25 машин для авиации флота, а 20 августа 1978 г. головной серийный "Си Харриер" совершил первый полет. Корабль-носители вступили в строй позднее: "Инвинсибл" в 1980 г., "Илластриес" в 1982 г., а "Арк Ройял" в 1985 г. В составе каждой из корабельных авиагрупп первоначально планировали иметь по шесть "Си Харриеров"; позднее это число удвоилось. Всего для ВМС Великобритании было построено 60 "Си Харриеров" FRS.Mk 1, в том числе три в учебной модификации.

Существенного улучшения боевых качеств палубных самолетов англичанам удалось добиться путем оснащения своих "маленьких авианосцев" (их водоизмещение не превышало 20 000 т) трамплинами с углом возвышения 7°. В этом случае взлетную массу "Си Харриера" можно было довести до 9700 кг, а радиус действия с двумя 1000-фунтовыми бомбами возрастал почти до 800 км!

Морским вариантом "Харриера" в конце семидесятых - начале восьмидесятых годов минувшего века заинтересовались индийцы. Они уже располагали одним авианосцем "Викрант" и, кроме того, приняли решение купить в Великобритании десантный вертолетоносец "Гермес" и также переоборудовать его в носитель самолетов СВВП. Всего индийский ВМФ закупил 28 "Си Харриер-



ров", в том числе четыре учебных. Из-за небольших отличий в составе оборудования и вооружения (французские ракеты R.550 "Мажик" класса "воздух-воздух") самолеты получили иные обозначения - FRS.Mk 51 и T.Mk 60, соответственно.

В ходе конфликта с Аргентиной из-за Фолклендских островов весной 1982 г. Великобритания развернула в Южной Атлантике 42 СВВП (28 "Си Харриеров" FRS.Mk 1 и 14 "Харриеров" GR.Mk 3). Ими было выполнено более 2000 вылетов, в том числе 1650 в зоне боевых действий. Налет на одну машину составлял до 6 самолетовывлетов в день. В среднем пилот совершал за сутки 3-4 вылета, что требовало примерно 10 часов пребывания в кабине. Доля технически исправных "Харриеров" на всем протяжении операции не опускалась ниже 80 %.

В воздушных боях "Си Харриерами" были уничтожены 28 аргентинских летательных аппаратов, в том числе 22 - ракетами "Сайдвиндер" 9L, для чего потребовалось произвести всего 25 пусков. За период боевых действий было потеряно 10 самолетов: шесть "Си Харриеров" FRS.Mk 1 и четыре "Харриера" GR.Mk 3, причем половина - в авариях и катастрофах (четыре и один, соответственно). Погибли четыре летчика. Фолклендский конфликт стал звездным часом в истории "Харриера". Однако далеко не всегда машина получала восторженные отзывы.

Вскоре после принятия самолетов AV-8A на вооружение корпуса морской пехоты США был проведен анализ его боевых и эксплуатационных характеристик. Специалисты пришли к выводу, что боевая эффективность СВВП чрезвычайно низка. При вертикальном взлете с нагрузкой 1360 кг боевой радиус самолета составлял всего 92 км. Увеличение боевого радиуса до 500..700 км возможно только при взлете с разбегом длиной 270-305 м. Но при этом терялись все его преимущества - ведь штурмовик "Харриер" рассматривался как средство, способное подниматься с замаскированных площадок (например, в лесу) и после выполнения задания на них же возвращаться.

В конце 1973 г. правительства Великобритании и США приняли решение о начале совместной разработки проекта AV-16A "Супер Харриер". Для руководства программой была создана смешанная комиссия, которая выработала основные требования к самолету. В частности, его боевые радиус и нагрузка должны в два раза превышать аналогичные данные прототипа. Помимо корпуса морской пехоты заказчиком выступили ВМС США, планировавшие разместить самолеты AV-16A на легких многоцелевых авианесущих кораблях SCS (Sea Control Ship). Английские ВВС намечали в 1980-х годах заменить самолетами AV-16A истребители "Ягуар", а ВМС Великобритании изучали возможность использования СВВП с собственных авианесущих кораблей.

Самолет AV-16A "Супер Харриер" представлял собой несколько увеличенный по размерам исходный самолет AV-8A "Харриер". На нем предполагалось установить крыло с суперкритическим аэродинамическим профилем, увеличенным размахом и большей площадью. В качестве силовой установки самолет должен был иметь подъемно-маршевый двигатель "Пегас" 15 взлетной тягой 11,1 тс, что позволяло увеличить взлетную массу самолета AV-16A при вертикальном взлете до 9750 кг (вместо 8700 кг у самолета AV-8A), а при взлете с коротким разбегом - до 12 700 кг.

Намеченным планам не суждено было сбыться, так как в июне 1974 г. английское министерство обороны заявило, что оно по экономическим причинам отказывается от финансирования разработки самолета AV-16A "Супер Харриер". После этого фирма "Макдоннелл Дуглас" пыталась сама продолжить работы, однако ее средств хватило только до весны 1975 г. Казалось, что судьба усовершенствованного СВВП "Харриер" решена. Но тут ВМС США предложили разработать несколько менее дорогостоящий вариант штурмовика, который по своим данным превосходил бы самолет AV-8A. Новый самолет получил обозначение AV-8B и по первоначальному плану должен был после 1981 г. поступить на вооружение корпуса морской пехоты США. Фирме "Макдоннелл Дуглас" заказали два опытных самолета YAV-8B, но так как средств не хватало, да и время поджимало, то она модифицирова-

ла два СВВП AV-8A, установив на них крыло, ранее предназначавшееся для самолета AV-16A.

Первый полет AV-8B состоялся 9 ноября 1978 г. и продолжался всего 7 мин. В феврале 1979 г. поднялся в воздух второй самолет, который, впрочем, в ноябре того же года разбился. В 1981 г. начались переговоры между США и Великобританией, изъявившей желание закупить 60 самолетов AV-8B для своих ВВС (в английских ВВС они получили название "Харриер" GR.Mk 5). Американский корпус морской пехоты запланировал приобрести 336 самолетов. Было решено организовать две сборочные линии: одну на заводе фирмы "Макдоннелл Дуглас" в Сент-Луисе, а другую - на заводе фирмы "Бритиш Аэроспейс" в Дансфолде.

Конструктивно AV-8B "Харриер" II отличается от предшественника рядом технических усовершенствований, направленных на улучшение его летно-тактических характеристик. Наиболее существенное отличие заключается в использовании крыла, которое полностью выполнено из композиционных материалов (что сделано впервые на боевом самолете вообще). В целом, на самолете доля использования композиционных материалов достигает 26 %, в результате чего удалось уменьшить массу конструкции. Самолет AV-8B "Харриер" II имеет один подъемно-маршевый ТРДД Роллс-Ройс "Пегас" 11-21Е (который в США обозначается F402-RR-406) взлетной тягой 9,87 тс (с впрыском воды).

Если английские "Харриеры" и "Си Харриеры" приняли участие в боевых действиях в Южной Атлантике во время англо-аргентинского конфликта из-за Фолклендских островов в 1982 г., то американские AV-8B спустя почти десять лет, в начале 1991 г. были задействованы в войне против Ирака. Надо сказать, что они там не снискали особой славы, так как основная тяжесть боевых операций пришлось на палубные самолеты F-14, A-6, EA-6, а также на истребители F-15, F-117 и др. Самолеты AV-8B "Харриер" II выполняли задачи по уничтожению иракских войск вблизи кувейтской границы и не удалялись слишком далеко вглубь территории Ирака.

В боях приняли участие четыре эскадрильи, базировавшиеся на сухопутных аэродромах в Бахрейне и базе морской авиации в Саудовской Аравии, а также одна эскадрилья с борта десантного вертолетоносца "Нассар". На начальном этапе операции ежедневно совершалось 20-30 вылетов, но за несколько дней до начала вторжения число вылетов было доведено до 200 и более ежедневно. Против иракских войск "Харриеры" применяли ракеты "Мейверик", напалмовые баки и объемно-детонирующие бомбы, а также неуправляемые ракеты и бомбовые кассеты. Что касается потерь, то непосредственно в боях были утрачены пять самолетов (два летчика погибли, а трое взяты в плен иракцами).



"Харриер" над морем

Впрочем, в обычных условиях с самолетом AV-8B и его английским собратом GR.Mk 5 не все было благополучно. Аварии и катастрофы преследовали их, начиная с опытных образцов, а в 1991 г., почти сразу после окончания боевых действий в Персидском заливе, на многих американских СВВП AV-8B были выявлены усталостные трещины в обшивке в зоне задних поворотных сопел ТРДД "Пегас". Затем такие же трещины были обнаружены на английских истребителях GR.Mk 5. Несмотря на это, большинство пилотов "Харриеров" II высоко оценивает свои машины. Один из летчиков, когда его попросили охарактеризовать самолет AV-8B, ответил: "Это самая великая вещь после изобретения гамбургера и "кока-колы!"

### Як-141

Апрельским (1976 г.) постановлением ЦК КПСС и Совмина СССР на Черноморском судостроительном заводе задавалась постройка двух больших крейсеров с авиационным вооружением пр. 1153. Фактически предусматривалось создание "полномасштабных" авианосцев с двумя катапультами и аэрофинишером, с самолетами "нормального", т.е. горизонтального взлета и посадки МиГ-23, Су-25, а в перспективе - Су-27. В состав авиагруппы должно было входить до 50 летательных аппаратов; дополнительно корабли вооружались двадцатью подпалубными пусковыми установками ПКРК "Гранит" и зенитно-ракетным комплексом "Ураган". Трехреакторная атомная силовая установка по проекту обеспечивала крейсеру скорость порядка 29...30 узлов. Дело шло к тому, что в перспективе на океанских просторах могли появиться корабли, сопоставимые с американскими многоцелевыми авианосцами - главным аргументом ВМС США в неядерных конфликтах.

Однако после того как осенью 1976 г. противолодочный крейсер "Киев" прошел через черноморские проливы в Средиземное море, западные средства массовой информации подняли шумиху о якобы имевшихся при этом нарушениях конвенции в Монре (1936 г.) о режиме этих проливов. В связи с этим министр обороны СССР Д.Ф. Устинов дал указание пересмотреть место строительства кораблей пр. 1153. В следующем году минсудпром предложил организовать постройку "крейсеров" в Ленинграде, но воспротивился Госплан СССР, который не смог выделить средств на переоборудование соответствующих эллингов и закупку необходимого оборудования. Так в очередной раз идея постройки советского авианосца была отложена в долгий ящик. Вместо передового пр. 1153 решили продолжить серию противолодочных крейсеров типа "Киев" (пр. 1143).

Однако крайне ограниченные боевые возможности Як-38 были уже вполне ясны, поэтому на вооружение четвертого серийного крейсера, получившего название "Баку", должен был поступить новейший сверхзвуковой СВВП Як-41. Первые про-

работки сверхзвукового вертикально взлетающего самолета-истребителя, предназначенного для обороны авианесущих кораблей от атак с воздуха, были выполнены в ОКБ А.С. Яковлева в 1974 г. Рассматривалось несколько альтернативных вариантов силовой установки, но первоначально разработчики склонялись к схеме с единым подъемно-маршевым двигателем (ПМД). В ноябре 1977 г. перед ОКБ уже вполне официально, постановлением правительства, была поставлена задача разработки сверхзвукового истребителя СВВП с предъявлением его на госиспытания в 1982 г. Одновременно задавались разработка учебно-тренировочного варианта и формирование технического предложения по созданию на базе Як-41 корабельного сверхзвукового СВВП-штурмовика.

Разработка машины велась под руководством заместителя генерального конструктора С.А. Яковлева (сына А.С. Яковлева) и выполнялась в установленные сроки. Постепенно конструкторы стали отдавать предпочтение схеме самолета с комбинированной силовой установкой по типу использовавшейся на Як-38. Но работы по машине с единым подъемно-маршевым двигателем (ПМД) не прекращались. В марте 1979 г. ОКБ завершило разработку эскизного проекта самолета с единым ПМД Р79В-300 и постройку макета машины. Одновременно на рассмотрение были предъявлены материалы по многоцелевому истребителю с расширенным составом вооружения и комбинированной силовой установкой. Оказалось, что однодвигательная машина с весьма мощным двигателем (Р79В-300 развивает на взлете тягу 15 500 кгс, в полтора раза больше нежели двигатель "Харриера") при вертикальном взлете будет иметь весьма ограниченный радиус действия и недостаточную массу полезной нагрузки. По результатам работы комиссии было дано указание ОКБ А.С. Яковлева о разработке эскизного проекта и постройке макета истребителя с комбинированной силовой установкой.

Новый вариант истребителя СВВП получил силовую установку, включающую два подъемных двигателя РД-41 тягой по 4100 кгс и один ПМД Р79В-300. При вертикальном взлете масса самолета возросла до 19 500 кг, что позволило увеличить запас топлива, расширить состав вооружения и превратить машину в конкурентоспособный образец, сопоставимый по комплексу боевых свойств с обычными палубными истребителями. Однако сроки доводки силовой установки затягивались. Кроме того, изменились взгляды на предназначение самолета в соответствии с новыми задачами корабельной авиации. В результате было разработано дополнение к тактико-техническим требованиям, предписывавшее разработку самолета-штурмовика на базе эскизного проекта истребителя Як-41. В ноябре 1980 г. года тактико-технические требования к самолету еще раз "уточнили" и потребовали обеспечить укороченный взлет с разбегом 120...130 м, взлет с трамплина и посадку с коротким пробегом.

Итак, Як-41 стал создаваться как многоцелевой - предназначенный для перехвата воздушных целей, ведения маневренного воздушного боя и нанесения ударов по морским и наземным объектам. Из-за задержки при разработке двигателей в ноябре 1983 г. Комиссия по военно-промышленным вопросам при Совмине СССР приняла решение о переносе срока начала испытаний самолета Як-41 на 1985 г., но и оно оказалось чрезмерно оптимистичным. Подъемно-маршевый двигатель Р-79В-300 подготовили для проведения натурных испытаний только в конце 1984 г.

Спустя некоторое время после смерти министра обороны Д.Ф. Устинова и ухода А.С. Яковлева на пенсию, в мае 1986 г., было принято очередное постановление о создании многоцелевого корабельного самолета Як-41М с использованием задела по Як-41. Устанавливались новые сроки предъявления на государственные испытания самолета Як-41М (1988 г., начало поставок авиации ВМФ - 1990 г.). Разработка штурмовика на базе Як-41 этим постановлением прекращалась. Вновь подверглись



Многоцелевой палубный самолет Як-141





Як-141 на испытаниях



Як-141 - экспонат музея ВВС в Кубинке

корректировке тактико-технические требования к машине: снижались максимальная скорость на высоте, практический потолок и дальность полета при вертикальном взлете; утверждались новые характеристики дальности полета с ПТБ и максимальная нагрузка при укороченном разбеге.

Ведущим конструктором по самолету был назначен Г.А. Матвеев. Для проведения испытаний построили четыре экземпляра Як-41М: один для статических испытаний, второй для оценки сил и моментов, действующих на самолет в различных режимах полета, и работы силовой установки и два летных с бортовыми номерами "75" и "77". На летных экземплярах самолета системы струйного управления имели некоторые различия. В ходе испытаний оценивалась эффективность предложенных вариантов. На самолете № 75 струйные рули устанавливались в хвосте и имели эжекторы в канале путевого управления. На самолете № 77 поворотные сопла струйных рулей были смонтированы в носовой части фюзеляжа. Объединенная трехкратно резервированная цифровая электродистанционная система управления самолетом и силовой установкой связывала отклонение цельноповоротного стабилизатора с режимом работы и углами отклонения сопел подъемных и подъемно-маршевого двигателей.

В отличие от Як-38, прицельный комплекс новой машины был вполне совершенным. Он включал радиолокационную станцию М002 (С-41), нацеленную систему целеуказания и лазерно-телевизионную систему наведения, а также БЦВМ. Встроенное вооружение было представлено пушкой ГШ-301 с боекомплектом 120 снарядов, на четырех подкрыльевых пилонах Як-41М можно было подвесить боевую нагрузку общей массой 2600 кг, включая ракеты "воздух-воздух" (Р-27, Р-73, Р-77), "воздух-море" (Х-31А) и "воздух-поверхность" (Х-25МП, Х-31П, Х-35).

Первый полет на Як-41М при взлете и посадке по-самолетному был выполнен летчиком-испытателем А.А. Синицыным 9 марта 1987 г. Однако в предусмотренный постановлением срок (в 1988 г.) представить самолет на государственные испытания не удалось. При корректировке сроков проведения испытаний в очередной раз изменилось обозначение самолета, который стали называть Як-141.

Отработку режима вертикального старта с висением летчик А.А. Синицын начал в конце 1989 г., а 13 июня 1990 г. он же выполнил первый полет с вертикальным взлетом и посадкой. Уникальные характеристики новой машины обеспечивали ей лидирующие мировые позиции среди самолетов данного класса. К апрелю 1991 г. один из летных экземпляров Як-141 с комплектом контрольных грузов был подготовлен к рекордным полетам. Летчик-испытатель А.А. Синицын установил 12 мировых рекордов в классе летательных аппаратов "Н" (аппараты вертикального взлета и посадки с реактивной подъемной силой).

Активная фаза испытаний двух самолетов Як-141 на тяжелом авианесущем крейсере "Адмирал флота Советского Союза С.Г. Горшков" началась в сентябре 1991 г. Пилотировали "Яки"

летчики-испытатели ОКБ А.А. Синицын и В.А. Якимов. Были проведены оценка возможности эксплуатации самолета на корабле, спуск и подъем на подъемниках, опробованы варианты швартовки, изучены возможности размещения на ангарной палубе и в ремонтной зоне. В результате самолет практически полностью адаптировался к корабельному базированию и эксплуатации.

30 сентября 1991 г. начались испытательные полеты, вызывавшие всеобщее восхищение. Всего их было выполнено три, в том числе два - с коротким разбегом и один полет на висение с вертикальным взлетом. Все посадки производились вертикально. По мнению специалистов, взлет Як-141 с коротким разбегом выглядел более спокойным по сравнению с динамикой трамплинного взлета Су-27К и МиГ-29К.

3 октября В.А. Якимов взлетел на самолете № 77. Полет проходил нормально, но при посадке летчик допустил превышение вертикальной скорости, в результате чего произошла авария. Как показали результаты расследования, аварийная ситуация возникла на завершающем этапе полета. Сильный боковой ветер, близость корабельной надстройки и ограниченный размер палубы - все это в совокупности породило у летчика желание поскорее произвести посадку. Самолет сел грубо, основные стойки шасси пробили топливный бак, возник пожар. Летчик В.А. Якимов после неоднократных команд руководителя полетов катапультировался. Приводившегося пилота быстро подобрал спасательный катер. Пожар на самолете потушили противопожарные службы корабля с использованием штатных средств. После этого ЧП испытания Як-141 прекратили.

К концу 1991 г. работы на Саратовском авиазаводе по подготовке серийного производства Як-141 были прекращены из-за отсутствия финансирования. В сентябре 1992 г. Як-141 № 75 публично представили на авиасалоне в Фарнборо, а позднее неоднократно демонстрировали на других авиасалонах. Самолет с бортовым номером "77" после восстановления стал музейным экспонатом.

Развал СССР и последовавший кризис не позволили запустить в серийное производство Як-141. Авария послужила лишь формальным поводом для того, чтобы сначала заморозить, а затем и вовсе закрыть тематику развития самолетов СВВП в России. Однако в ОКБ еще некоторое время продолжались работы по новым перспективным проектам. Нарботки предполагалось реализовать в самолетах типа Як-201, Як-43 и др. Схемы этих машин были представлены на различных выставках и опубликованы в ряде научно-технических журналов.

При разрыве пути развития какого-либо направления неизбежно происходит торможение прогресса в области науки, техники и знаний, потеря научно-технического и технологического задела, а также подготовленных кадров ученых, конструкторов, инженеров и других специалистов. Сверхзвуковой Як-141 стоял у порога грядущих океанских походов, осуществить которые помешала изменившаяся общественно-политическая и экономическая обстановка в стране.

**JSF, он же F-35**

Программа создания истребителя JSF (Joint Strike Fighter - единый ударный истребитель) формально была начата в 1996 г., однако, как и в случае с рядом других американских самолетов, имела еще более отдаленные "корни" (ASTOLV - 1983 г., CALF - 1993 г. и ряд других). Ее важной особенностью было стремление удержать цену тактического боевого самолета в разумных пределах, для чего экономические соображения были поставлены выше летно-технических. В противном случае, как показали результаты линейной интерполяции цен истребителей за последние сорок лет, к 2050 г. ВВС США смогли бы закупить на весь свой бюджет всего один боевой самолет!

Итак, экономия прежде всего. Для этого самолет нужно производить большой серией, желательны тысячами. Но в условиях, когда США еще не имеют противников, соизмеримых по мощи авиационной группировки, американским военным стало сложнее уговорить конгресс на столь масштабные расходы. В этих условиях вновь всплыла идея "универсального" самолета, причем настолько универсального, что он может без особых переделок закупаться и ВВС, авиацией ВМФ и авиацией корпуса морской пехоты. Более того, этот самолет должен быть способен эффективно бороться как с воздушным, так и с наземным противником, т.е. заменить штурмовик, истребитель-бомбардировщик (тактический истребитель) и собственно истребитель для завоевания господства в воздухе. Кроме того, в его конструкции следует использовать технологии обеспечения малозаметности ("стэлс"), для чего вооружение должно частично размещаться на внутренней подвеске. И, наконец, по желанию командования корпуса морской пехоты, уже "привыкшего" к достоинствам СВВП "Харриер", самолет должен быть способным осуществлять короткий (вертикальный) взлет и вертикальную посадку. Впечатляющий букет требований!

Как известно, в финал конкурса на создание самолета JSF вышли фирмы "Боинг" и "Локхид Мартин", получившие задание построить по два прототипа. С целью уменьшения расходов двигатель должен был создаваться на основе уже разработанного фирмой "Пратт Уитни" ТРДД F119, которым оснащается истребитель F-22 "Рэптор". Фирма "Боинг" разродилась довольно уродливой бесхвостой X-32, в то время как "Локхид Мартин" предложила самолет X-35 вполне классического вида, хотя и со многими элементами новизны. Именно он и был объявлен победителем "демонстрационного" этапа программы. Впрочем, эта машина не обладала способностью вертикального взлета и посадки.

В дальнейшем были созданы X-35C в варианте палубного самолета с усиленным шасси и уменьшенной посадочной скоростью, а в июне 2001 г. впервые взлетел X-35B, оснащенный



Прототип самолета F-35 в полете

модернизированным двигателем F119-611. Эта машина являлась прототипом варианта, создаваемого для корпуса морской пехоты; именно она должна обладать способностью вертикального взлета и посадки. В отличие от "Харриера" с его уникальным ТРДД "Пегас", имеющим четыре сопла, X-35B получил двигатель с одним отклоняемым соплом и приводом к вентилятору, установленному позади кабины pilota. Тем самым создана "двухвекторная" схема, позволяющая парировать возмущения в канале тангажа (тяга вентилятора приложена впереди центра тяжести, тяга реактивного сопла - позади него). Для регулирования в канале крена имеются два небольших дополнительных сопла, воздух для которых отбирается от переизбытка компрессора. В 2002 г. вариант двигателя для JSF переименовали в F135.

Тяга двигателя F119 на полном форсаже составляет 15 890 кгс, а на крейсерском режиме - до 11 800 кгс. При работе F135 на режиме вертикального взлета тяга реактивного сопла достигает 8100...8200 кгс, а тяга вентилятора - 8170 кгс. С учетом действия боковых сопел, суммарная тяга силовой установки на стенде доводилась до 17 500 кгс. Вентилятор диаметром 1,27 м имеет две ступени с встречным направлением вращения. С помощью редуктора и разобщительной муфты вентилятор соединяется с валом турбины низкого давления. Сообщалось, что на режиме полного форсажа в горизонтальном полете двигатель F135 развил тягу 18 160 кгс.

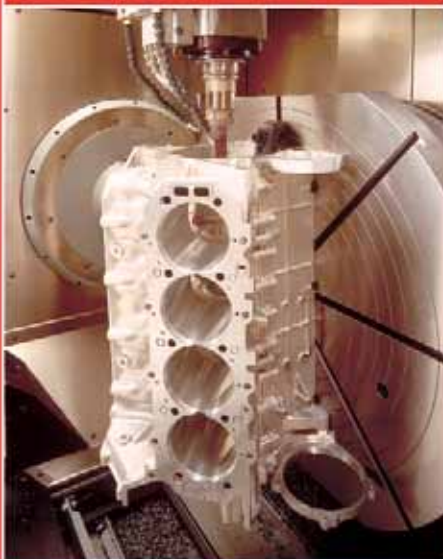
Вариант двигателя для самолета с горизонтальным взлетом и посадкой отличается меньшей массой. Первоначально сообщалось, что он будет оснащаться соплом с управляемым вектором тяги в вертикальной плоскости, но затем упоминания об этом свойстве исчезли из рекламных материалов "Локхид Мартин". Фирма "Дженерал Электрик", проигравшая "Пратт Уитни" в конкурсе на создание двигателя для истребителя F-22, не оставила намерений получить свой кусок пирога от военных заказов. Совместно с английской "Роллс-Ройс" она создала более простой и дешевый двигатель F136, который по узлам установки и связям полностью взаимозаменяем с F135. В дальнейшем предполагается, что часть парка истребителей F-35 будет оснащаться этим двигателем.

Серийное производство F-35 планируется начать в 2008 г. Объемы заказов впечатляют: флот США уже заказал 480 палубных машин, а корпус морской пехоты - еще 609 самолетов в варианте СКВВП по цене \$36-38 млн. Великобритания планирует приобрести 150 самолетов F-35, часть из которых будет базироваться на двух новых больших авианосцах, запланированных к постройке. Заинтересованность в закупках американской новинки проявили другие страны, включая Норвегию и Турцию. Полагают, что после 2010 г. F-35 станет самым востребованным тактическим боевым самолетом в мире и перекроет успех F-16, выпущенного многотысячным тиражом и поступившим на вооружение ВВС десятков стран.



Одно из важных преимуществ F-35 - наличие внутренней подвески оружия





**Станки, которые Вас не подведут,  
и партнер, которому Вы можете доверять -  
сегодня и завтра!**

ООО "Хермле Восток":  
127018, Москва, ул. Полковая, 1, стр. 4.  
Тел.: (+7 495) 221-8368.  
Факс: (+7 495) 221-8393.  
E-mail: [md@hermle-vostok.ru](mailto:md@hermle-vostok.ru)  
[www.hermle-vostok.ru](http://www.hermle-vostok.ru)

# СЕРДЦЕ САМОЛЕТА



Огромная доля аэрокосмической отрасли – это производство двигателей для всевозможных летательных аппаратов. Важность этого направления очевидна, ведь двигатель – это сердце самолета. Он должен быть надежным, функциональным и максимально дешевым. Понимая эти задачи, производители металлорежущего оборудования и инструмента постоянно работают над созданием новых, более эффективных инструментальных решений и технологий для авиастроения. О современных тенденциях и технологических решениях в этой области рассказывает Крис Миллз (Chris Mills), старший менеджер Sandvik Coromant по технологиям применения режущего инструмента в авиационной отрасли.

Многие детали современных авиадвигателей, чтобы соответствовать высоким эксплуатационным требованиям, изготавливаются из цельных заготовок большого размера. Припуски на обработку у подобных деталей велики, что требует продолжительной механической обработки, состоящей из нескольких этапов. Задача режущего инструмента – отделить от заготовки большой припуск металла. И чем быстрее это будет сделано, тем лучше. Также от инструмента, технологии его применения и возможностей оборудования зависит окончательная форма, точность и качество законченной детали.

Применение современных инструментов и методов обработки позволило значительно усовершенствовать технологию изготовления деталей авиадвигателей. Прежде всего, весь процесс производства детали предлагается разделить на стадии, которые отличаются условиями применения режущего инструмента. Таких стадий выделено три. И для каждой из них подбирается наиболее эффективное решение.



Рис. 1. Лопатка турбины из жаропрочной стали, обработанная фрезой SogoMill® 300

Применение современных инструментов и методов обработки позволило значительно усовершенствовать технологию изготовления деталей авиадвигателей. Прежде всего, весь процесс производства детали предлагается разделить на стадии, которые отличаются условиями применения режущего инструмента. Таких стадий выделено три. И для каждой из них подбирается наиболее эффективное решение.

## Предварительная обработка

Первоначально начинают обрабатывать грубую заготовку, обычно поковку, с которой нужно удалить корку, убрать неровности и эксцентриситет. Данный этап производится до термической обработки. Основное требование к технологии на этой стадии – максимальная производительность. Качество поверхности и её геометрическая точность на данном этапе не столь



Рис. 2. Точение детали из жаропрочной стали, пластинами Xcel

важны, поскольку форма детали еще далека от окончательной. Обычно обработка выполняется на универсальных или программно управляемых токарных станках инструментом, оснащенным пластинами большого размера. Применение таких пластин обуславливается их способностью работать со значительными глубинами резания. Специально для предварительной обработки в Sandvik Coromant разработаны пластины с геометрией SR.

## Промежуточная обработка

Второй этап изготовления детали самый долгий, поскольку с заготовки будет удаляться основной припуск. Большая продолжительность обработки означает большие затраты, поэтому высокая производительность инструмента чрезвычайно важна. Цели технологии на этой стадии – обеспечить максимальную скорость съема металла при сохранении безопасности и надежности процесса обработки.

Для достижения высокой производительности и надежности Sandvik Coromant предлагает выбирать решения для промежуточной обработки в зависимости от величины главного угла в плане при максимальной глубине резания. Так, если у инструмента главный угол в плане  $(90 \pm 5)^\circ$ , то для этих условий рекомендуется применять только твердые сплавы с покрытием PVD (износостойкое покрытие, полученное методом физического осаждения из пара). Такие пластины обладают максимальной стойкостью к образованию износа в виде проточки. Если же у инструмента главный угол в плане  $45^\circ$  или применяется круглая пластина, то износ в виде проточки практически исключается благодаря конфигурации инструмента, поэтому в качестве инструментального материала могут применяться твердые сплавы с покрытием CVD (износостойкое покрытие, полученное при водородном восстановлении газообразных химических соединений) или керамика. В Sandvik Coromant разработаны новые геометрии пластин – круглая – SM, – SR, Xcel-SM для достижения максимальной эффективности применения сплава S05F с покрытием CVD.

## Окончательная/чистовая обработка

От качества исполнения зависит ресурс и надежность детали, поэтому выбор технологии окончательной обработки производится в соответствии с техническими требованиями к готовому изделию. Понимание того, как режущий инструмент влияет на состояние поверхностного слоя детали, позволяет подобрать правильный инструмент и режимы резания.

Примером нестандартного подхода к чистовой обработке является расчет скорости резания по спиральному пути резания. При большой жесткости системы СПИД (Станок – Приспособление – Инструмент – Деталь) рекомендуется применять пластины из





Рис. 3. Обработка G-образной канавки диска инструментом CoroCut со специальной пластиной



Рис. 4. Острогрочные, шлифованные по периферии твердосплавные режущие пластины из сплава GC1105

подходом было использование твердого сплава без покрытия при скорости резания 30 м/мин на всех операциях.

♦ **Точение титановых сплавов.** Химическая активность титана при высоких температурах заставляет использовать для его обработки твердые сплавы без покрытия. Однако новые геометрии режущих пластин позволяют увеличить производительность и в таких сложных условиях. Кроме того, Sandvik Coromant обладает передовой технологией Jetbreak, которая заключается в работе инструмента с подачей СОЖ в зону резания под высоким давлением. Управляемый гидравлический клин направляется в область между стружкой и передней поверхностью инструмента, что позволяет замедлить процесс износа инструмента и, следовательно, увеличить скорость резания. Технология Jetbreak также эффективно решает проблему эвакуации стружки из зоны обработки.

♦ **Точение жаропрочных материалов.** Новейшие разработки в этом сегменте заключаются в применении специализированных твердых сплавов и керамики. Изучение процесса резания и развития износа пластины привело к созданию набора сплавов, применимых для любых условий обработки. Данный набор включает сплавы с покрытиями PVD- и CVD-типов и несколько вариантов керамики, позволяющие значительно увеличить скорость съема материала благодаря высокой износостойкости поверхности инструмента.

♦ **Фрезерование титановых сплавов.** Уменьшение температуры в зоне резания является залогом большой стойкости инструмента и высокой производительности работы.

♦ **Фрезерование жаропрочных материалов.** Возможно, это самая трудная операция в авиационной отрасли. Для ее выполнения с приемлемой производительностью рекомендуется применять инструменты, оснащенные пластинами круглой формы. Для достижения лучших результатов Sandvik Coromant предлагает фрезы CoroMill 300 позитивного исполнения в комбинации с пластинами из твердого сплава GC2040. Кроме того, предлагаются фрезерные инструменты, оснащенные керамическими пластинами, которые обеспечивают фантастическую скорость резания - 1000 м/мин, в то время как возможности



Рис. 5. Специальная G-образная пластина для точения внутренних канавок

твердого сплава S05F с геометрией MF или пластины Corocut с геометрией RO. Для тонкостенных нежестких деталей, когда нужно уменьшить усилия резания, правильным выбором является использование сплава GC1105 с PVD-покрытием и шлифованных по периферии острогрочных режущих пластин.

### Новые решения для авиастроения

Жаропрочные материалы и титановые сплавы являются основными материалами для изготовления деталей авиадвигателей. Их особенность заключается в чрезвычайной труднообрабатываемости. Современные инструментальные разработки нацелены на улучшение и ускорение процесса обработки в конкретных условиях на конкретных операциях. Ранее обычным

инструментов из твердых сплавов ограничены величиной, не превышающей 50 м/мин.

Sandvik Coromant постоянно работает над совершенствованием инструментальных решений для авиации, однако инструмент работает эффективно только тогда, когда применяется правильно. Поэтому инженеры нашей компании уделяют пристальное внимание не только разработке новых инструментов, но и созданию эффективной технологии их применения. Проводится множество испытаний, связанных с обработкой элементов деталей авиадвигателей, которые изготавливаются как из широко применяемых, так и из новых перспективных материалов. Эти знания жизненно важны для дальнейшего развития технологий, а также для информационного обеспечения технических специалистов Sandvik Coromant, работающих с производителями двигателей для летательных аппаратов.

В первую очередь, при разработке технологического проекта определяются основные характеристики детали: материал, заготовка, окончательная форма, точность и качество поверхности, количество в партии. После этого создается техпроцесс - методы обработки отдельных элементов детали, инструменты, программирование, режимы резания. Проверка нескольких вариантов технологии позволяет выявить и рекомендовать оптимальное решение. Такие решения предлагаются потребителю, а также ложатся в основу специализированных технических семинаров для заказчиков и технических руководителей Sandvik Coromant.

Совместная работа промышленности и науки жизненно важна для перспективных разработок. В Исследовательском центре Университета Шеффилда создана прекрасная партнерская атмосфера для заинтересованных производителей, субподрядчиков, представителей правительства и академической науки. Целью Центра является создание производственных технологий будущего, которые смогут значительно продвинуть авиационную отрасль вперед. Партнерские отношения с Центром позволили компании Sandvik Coromant понять и оценить свои возможности, многому научиться и повлиять на будущее авиастроения. П



Рис. 6. Точение детали из жаропрочной стали инструментом, оснащенным пластиной из режущей керамики CC6065

**Sandvik Coromant** - компания, являющаяся мировым лидером в производстве токарного, фрезерного, сверлильного инструмента и инструментальной оснастки для различных видов промышленного оборудования. Более 7000 сотрудников Sandvik Coromant занимаются продажей инструмента и сервисной поддержкой потребителей в 60-ти странах. Кроме того, компания имеет широкую дилерскую сеть. 20 Центров Эффективности Металлообработки, расположенные по всему миру, обеспечивают заказчиков и сотрудников Sandvik Coromant знаниями о самых современных решениях и методах для увеличения производительности.

ООО "Сандвик" 127018, Москва, ул. Полковная, 1  
 тел.: (495) 916-7191, 956-5080  
 факс: (495) 689-7124, 689-8343  
 coromant.ru@sandvik.com  
 www.coromant.sandvik.com/ru

**SANDVIK**  
Coromant

# РАЗВИТИЕ ЭКРАНОПЛАННОГО ТРАНСПОРТА

Виктор Георгиевич Сергеев

(Продолжение. Начало в № 4, 5 - 2007)

## Часть 2. Физика экранного эффекта

Перед началом рассмотрения физики экранного эффекта на примере обтекания профиля двумерным потоком (рис. 1) поясним и проиллюстрируем основные используемые в дальнейшем понятия и определения.



Рис. 1. Обтекание профиля двумерным потоком

Известно, что аэродинамическая сила  $R_A$  на профиле (контуре крыла в продольном сечении) возникает за счет разности давлений в потоке, обтекающем верхнюю ( $P_B$ ) и нижнюю ( $P_H$ ) поверхности профиля. Разность давлений на верхней и нижней поверхностях профиля создается вследствие возникновения циркуляции при обтекании профиля потоком воздуха, которая, как известно, равна:  $\Gamma = \int [(V_{\infty} + u_B) - (V_{\infty} - u_H)] dx$ , где  $V_{\infty} + u_B$ ;  $V_{\infty} - u_H$  - скорости воздуха вблизи соответственно верхней и нижней поверхностей профиля,  $x$  - текущая координата хорды профиля. Взаимодействие циркуляции с обтекающим профилем потоком создает аэродинамическую силу  $Y$ , равную (согласно теореме Н.Е. Жуковского) произведению циркуляции  $\Gamma$ , скорости  $V_{\infty}$  и плотности  $\rho_{\infty}$  невозмущенного потока:  $Y = \rho_{\infty} V_{\infty} \Gamma$ . При безотрывном обтекании профиля в вязкой жидкости возникает разгонный вихрь  $\Gamma_1$ , равный по величине разгонному вихрю  $\Gamma$  на профиле и вращающийся в противоположную сторону:  $\Gamma = -\Gamma_1$ . Разгонный вихрь  $\Gamma_1$  создает на задней кромке профиля угол  $\epsilon$  скоса потока, равный углу между вектором скорости  $V_{\infty}$  невозмущенного потока и вектором скорости  $V_1$  на задней кромке профиля (и крыла), индуцированного разгонным вихрем  $\Gamma_1$ .

Изменение эпюры скоростей от поверхности профиля  $V_{\Gamma} = 0$  до скорости невозмущенного набегающего потока  $V_{\infty}$  происходит в пограничном слое, толщина которого при обтекании воздухом в 100...1000 раз меньше длины хорды профиля  $b$  (отрезка прямой, соединяющего наиболее удаленные точки на передней и задней поверхностях профиля). Создаваемое скоростями на верхней и нижней поверхностях давление в аэродинамике выражают через коэффициент давления  $C_p$ , равный отношению разности статического давления на поверхности профиля  $P_{\Gamma CT}$  и в невозмущенном потоке  $P_{\infty CT}$  к скоростному напору невозмущенного потока  $q_{\infty} = \rho_{\infty} V_{\infty}^2 / 2$ :  $C_p = (P_{\Gamma CT} - P_{\infty CT}) / q_{\infty} = 1 - (V/V_{\infty})^2$ . Распределение давления на профиле представляют в виде эпюры коэффициентов давления по длине хорды. Произведение суммы коэффициентов давления на нижней и на верхней поверхностях профиля на скоростной напор и хорду равно аэродинамической подъемной силе.

Главный вектор аэродинамической силы  $R_A$  приложен к профилю в центре давления  $X_D$ . В скоростной системе координат ось  $OX_A$  направлена вдоль вектора скорости  $V_{\infty}$ , ось  $OY_A$  перпендикулярна оси  $OX_A$ . Момент силы относительно выбранной точки (за которую, как правило, на летательных аппаратах принимается центр масс  $X_{CM}$ , а на профиле - его самая передняя точка, т.е. носок профиля) называется моментом тангажа  $M_z$ . Проекция вектора силы  $R_A$  на ось  $OY_A$  называется подъемной силой  $Y_A$ , на ось  $OX_A$  - силой лобового сопротивления  $X_A$ . Угол между вектором скорости  $V$  и хордой профиля называется углом атаки  $\alpha$ , угол между горизонтальной плоскостью и хордой профиля - углом тангажа  $\nu$ . Вблизи естественного экрана - водной поверхности - вектор невозмущенного потока  $V_{\infty}$ , параллелен горизонтальной поверхности, поэтому вблизи экрана используется угол тангажа  $\nu$ .

Сила лобового сопротивления  $X_A$  профиля, или сила профильного сопротивления  $X_p$ , равна сумме силы сопротивления трения  $X_f$  и силы сопротивления давления  $X_D$ . Сила сопротивления трения  $X_f$  создается касательными силами, возникающими на поверхности тела при обтекании его вязкой жидкостью, и не зависит от высоты над экраном. Сила сопротивления давления  $X_D$  представляет собой проекцию на ось  $OX_A$  аэродинамических сил, нормальных к поверхности тела, обтекаемого потоком, и зависит от угла атаки. Подъемная сила и сопротивление связаны собой соотношением  $X_A = Y_A \operatorname{tg} \varphi$ , где  $\varphi$  - угол между векторами аэродинамической силы  $R_A$  и подъемной силы  $Y_A$  (рис. 1).

Вместо аэродинамической подъемной силы и лобового сопротивления используются соответствующие коэффициенты  $C_{YA}$  и  $C_{XA}$ , равные отношению подъемной силы и лобового сопротивления к произведению невозмущенного скоростного напора и площади крыла  $S$ , (а для профиля - длине хорды профиля):  $C_{YA} = Y_A / S \cdot q_{\infty}$ ,  $C_{XA} = X_A / S \cdot q_{\infty}$  для крыла и  $C_{YA} = Y_A / b \cdot q_{\infty}$ ,  $C_{XA} = X_A / b \cdot q_{\infty}$  для профиля.

Используя введенные понятия, физику экранного эффекта можно представить следующим образом.

Эпюра давления на профиле, движущемся вблизи опорной поверхности (экрана), по сравнению с обтеканием вдали от экрана на верхней поверхности профиля изменяется незначительно, а на нижней поверхности профиля - существенно, начиная "наполняться" и на малой высоте  $h = H/b < 0,1$  становясь более равномерной и приближающейся к прямоугольной (рис. 2). "Наполнение" эпюры коэффициента давления на малой высоте происходит вследствие торможения потока между нижней поверхностью профиля и поверхностью экрана. При торможении потока возрастает статическое

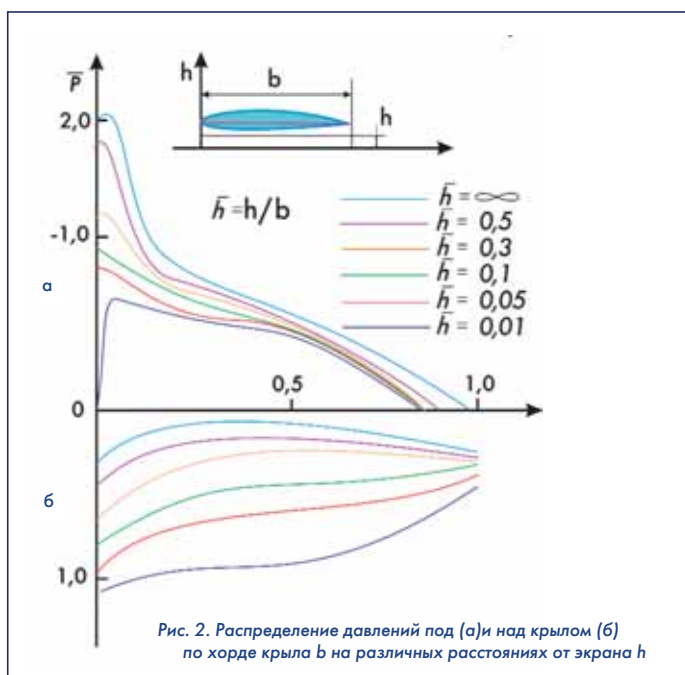


Рис. 2. Распределение давлений под (а) и над крылом (б) по хорде крыла  $b$  на различных расстояниях от экрана  $h$



давление, равное разности между полным давлением и скоростным напором ( $P_{ст} = P_0 - \rho \infty$ ), что обеспечивает устойчивость профиля по высоте: при приближении профиля к экрану статическое давление и, следовательно, подъемная сила увеличивается, а при удалении от экрана - уменьшается.

Выходящий из области повышенного давления поток имеет более высокую скорость по сравнению с обтеканием профиля вне экрана, что приводит к уменьшению угла скоса  $\epsilon$  потока за профилем. При этом подъемная сила  $Y_A$  возрастает, а сила сопротивления давления  $X_A$  уменьшается. В результате аэродинамическая сила  $R_A$  увеличивается, а угол  $\phi$  между векторами подъемной силы  $Y_A$  и  $R_A$  уменьшается, а аэродинамическое качество  $K=Y_A/X_A$  увеличивается. Уменьшение угла  $\epsilon$  скоса потока за профилем (и крылом) вблизи экрана является благоприятным в крейсерском полете, но снижает коэффициент максимальной подъемной силы оснащенного самолетной механизацией профиля и крыла ( $C_{Y_{Аmax}}|_{ВЗЛ}$ ). Поэтому отношение коэффициента максимальной и крейсерской подъемной силы в зоне действия экрана (2,5...3,0) меньше, чем на больших высотах вне зоны действия экрана (5,0...6,0):  $[(C_{Y_{Аmax}}|_{ВЗЛ}/(C_{YA})_{KP})]_h < [(C_{Y_{Аmax}}|_{ВЗЛ}/(C_{YA})_{KP})]_{h=\infty}$ .

Перераспределение давления на профиле вблизи экрана приводит, как показано на рис. 3, к росту производной коэффициента подъемной силы  $C_{YA}$  по углу тангажа  $\nu$  вплоть до превышения теоретически возможной величины  $\partial C_{YA}/\partial \nu$  в идеальной жидкости в бесконечном потоке (вдали от экрана), равной  $2\pi$ . Это является результатом участия в создании подъемной силы профиля не только циркуляции  $\Gamma$ , но и давления  $P_{ст}$ , обусловленного торможением потока между нижней поверхностью профиля и экраном.

На малой высоте движения профиля над экраном возникает движение воздуха и у поверхности экрана. На рис. 4 показана полученная экспериментально эпюра скоростей между движущейся пластиной и поверхностью твердого экрана. Возникновение пограничного слоя на поверхности экрана, обусловленного как статическим давлением, так и присоединенной (увлекаемой профилем) массой воздуха, приводит к увеличению потерь энергии потока. Это выражается в увеличении сопротивления, которое, как показано в [2], может составить 30 % профильного сопротивления  $X_0$ . При касании задней кромкой профиля поверхности экрана происходит полное заклинивание потока, и циркуляция исчезает. Подъемная сила, создаваемая только статической составляющей полного давления, уменьшается, и аэродинамическое качество профиля снижается. Эффект заклинивания потока начинается до касания крылом экрана на высоте, равной в первом приближении сумме толщин пограничного слоя на нижней поверхности крыла и на экране.

Кроме того, при углах малых величинах тангажа ( $\nu = -1...3^\circ$ ) между нижней поверхностью профиля и экраном возникают условия, при которых реализуется эффект Вентури: увеличивается скорость потока между нижней поверхностью и экраном, а вместе с этим уменьшается статическая составляющая полного напора. При указанных углах тангажа, как показано на рис. 3, подъемная сила снижается и становится отрицательной. Иначе говоря, профиль начинает прижиматься к экрану. Данное явление определяется, в основном, формой нижней поверхности профиля и проявляется практически вплоть до высоты, равной двум хордам профиля, когда прирост подъемной силы за счет экранного эффекта становится уже пренебрежимо малым.

Эффект Вентури проявляется в узком диапазоне углов тангажа и коэффициента подъемной силы. При этом каждой высоте соответствует свой угол тангажа  $\nu^*$ . Назовем критическими угол тангажа  $\nu^*$  и соответствующий ему коэффициент подъемной силы  $C_{Y^*}$ , при которых начинается быть заметным действие эффекта Вентури, производная коэффициента подъемной силы по высоте  $h = H/b$  становится равной нулю и пропадает устойчивость профиля по высоте.

Существенное перераспределение давления на нижней поверхности профиля приводит к перемещению центра давления в сторону задней кромки профиля, положение которого зависит как от высоты над экраном, так и от угла тангажа. Для учета влияния перемещения положения центра давления на моментные характеристики и анализа характеристик устойчивости профиля вблизи экрана до-

полнительно к аэродинамическому фокусу по тангажу  $X_{fv}$  введено понятие аэродинамического фокуса по высоте.

Аэродинамическим фокусом по высоте  $X_{fh}$  называется точка, в которой отсутствует приращение аэродинамического момента по тангажу  $M_z$  при изменении высоты  $h$  над экраном на постоянном угле тангажа:

$$X_{fh} = \partial M_z / \partial C_Y = 0 \text{ при } \nu = \text{const.}$$

Аэродинамическим фокусом по тангажу  $X_{fv}$  называется точка, в которой отсутствует прирост момента тангажа  $M_z$  при изменении угла тангажа  $\nu$  на постоянной высоте над экраном:  $X_{fv} = \partial M_z / \partial C_Y = 0 \text{ при } h = \text{const.}$

Устойчивость профиля, движущегося вблизи экрана, то есть способность возвращаться на прежнюю траекторию движения после прекращения возмущающего воздействия, складывается из устойчивости в периодическом и аperiodическом движениях. При устойчивом продольном движении амплитуда колебаний (складывающихся, как правило, из длиннопериодических и короткопериодических) постепенно уменьшается, а траектория движения возвращается на траекторию до начала действия возмущающего воздействия. При неустойчивом продольном движении траектория движения после прекращения возмущающего воздействия удаляется от ее исходного положения (aperiodическая неустойчивость), и/или амплитуда колебаний увеличивается. Необходимым условием аperiodической устойчивости, впервые обоснованным в работе [4], является расположение аэродинамического фокуса по высоте  $X_{fh}$  впереди аэродинамического фокуса по тангажу  $X_{fv}$  и аэродинамического фокуса по тангажу - позади центра масс  $X_{cm}$ . Иначе говоря,  $X_{fh} < X_{fv}$ ;  $X_{cm} < X_{fv}$ .

Положение аэродинамического фокуса по тангажу  $X_{fv}$  значительно изменяется при изменении высоты и угла тангажа. Положение аэродинамического фокуса по высоте  $X_{fh}$  существенно зависит как от угла тангажа  $\nu$ , так и от высоты  $h$  над экраном, и при критических величинах  $\nu^*$  и  $C_{Y^*}$  имеет разрыв, так как в этой точке подъемная сила не зависит от высоты профиля над экраном:  $\partial C_Y / \partial h = 0$  и  $(\partial M_z / \partial h) / (\partial C_Y / \partial h) = \pm \infty$ .

В работе [5] показано, что форма средней линии профиля влияет на характер разрыва. Если средняя линия имеет вид дужки (с одной вогнутостью) или прямой (симметричный профиль), то при увеличении угла тангажа и приближении к критической точке  $\nu^*$  фокус по высоте  $X_{fh}$  стремится к  $-\infty$ , а при приближении к критической точке  $\nu^*$  и  $C_{Y^*}$  с уменьшением угла тангажа  $-\nu \rightarrow +\infty$ . Необходимое условие аperiodической устойчивос-



Рис. 3. Зависимость коэффициента подъемной силы симметричных профилей от угла атаки и расстояния до твердой стенки

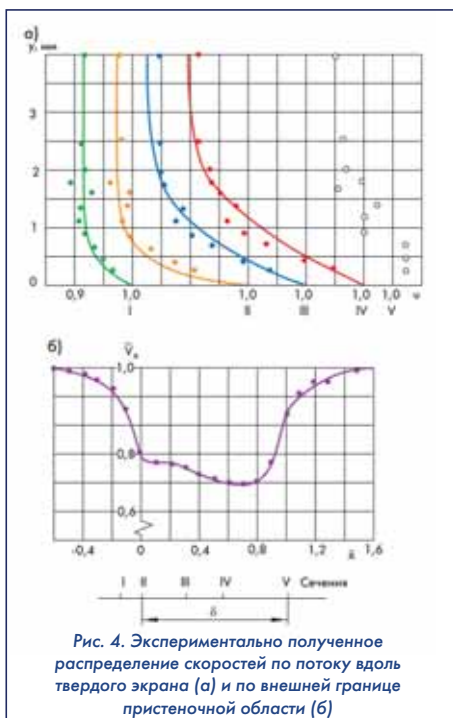


Рис. 4. Экспериментально полученное распределение скоростей по потоку вдоль твердого экрана (а) и по внешней границе пристеночной области (б)

ти, как показано на рис. 5 [5], соблюдается в области докритических углов тангажа и коэффициентов подъемной силы:  $v_{уст} < v^*$  и  $C_{Yуст} < C_Y^*$ .

При S-образной средней линии профиля (с двумя вогнутостями) при приближении к критической точке с увеличением угла тангажа фокус по высоте  $X_{fh}$  стремится к  $+\infty$ , а с уменьшением угла тангажа - к  $-\infty$ , и необходимое условие аperiodической устойчивости, как показано на рис. 5 [5], соблюдается в области закритических углов тангажа и коэффициентов подъемной силы:

$v_{уст} > v^*$  и  $C_{Yуст} > C_Y^*$ . Иначе говоря, в некотором диапазоне углов тангажа и коэффициентов подъемной силы профиль обладает собственной аperiodической устойчивостью. С увеличением высоты положение аэродинамического фокуса по высоте  $X_{fh}$  стабилизируется вблизи центра давления статической составляющей полного напора на нижней поверхности, но в связи с уменьшением величины статической составляющей величины изменений подъемной силы и момента тангажа становятся пренебрежимо малыми. Необходимое условие аperiodической устойчивости при этом не выполняется. Это означает, что в зоне высот со слабым проявлением экранного эффекта, когда  $H = (0,7...2) \cdot b$ , в диапазоне практически используемых углов тангажа и коэффициентов подъемной силы профиль аperiodически неустойчив, и для коррекции траектории движения при действии внешних возмущений требуется соответствующее управляющее воздействие.

Все сказанное выводилось для профиля или крыла бесконечного удлинения, на котором отсутствует перемещение воздуха вдоль крыла. На реальном крыле конечного размаха описанные свойства сохраняются. Распределение давления в средних сечениях крыла близко к распределению давления на профиле, однако в сечениях, расположенных ближе к концам крыла, характер эпюры давления изменяется вследствие перетекания воздуха из зоны повышенного давления на нижней поверхности в зону разрежения на верхней поверхности. Возникающий при этом присоединенный вихрь увеличивает угол  $\epsilon$  схода потока за крылом, что приводит к уменьшению подъемной силы и увеличению лобового сопротивления. Но благодаря повышению статического давления под нижней поверхностью крыла присоединенный вихрь перемещается за пределы размаха крыла. В результате угол схода потока уменьшается по сравнению с самолетными высотами, на которых расстояние между центрами присоединенных вихрей меньше размаха крыла. Поэтому величина подъемной силы и аэродинамического качества крыла вблизи экрана больше, чем вне зоны действия экранного эффекта. Уменьшение перетекания в концевых частях крыла и, следовательно, увеличение подъемной силы и аэродинамического качества обеспечивается установкой концевых аэродинамических шайб.

Таким образом, можно определить следующие теоретические пределы экранного эффекта:

1. Максимальное аэродинамическое качество ( $K_{MAX}$ ) превышает "самолетное" и может достигать 300...400 единиц.
2. Высота, на которой не соблюдается критерий аperiodической устойчивости без вмешательства в управление, соответствует диапазону  $0,7 < H/b < 1,5...2$ .
3. Аппараты, использующие экранный эффект, ограничены по максимальной скорости полета и величинам коэффициента подъемной

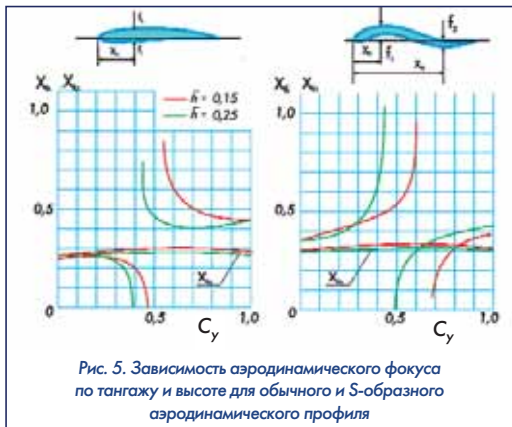


Рис. 5. Зависимость аэродинамического фокуса по тангажу и высоте для обычного и S-образного аэродинамического профиля

силы в районе "критической" точки  $v^* = -1...3^\circ$  и  $C_Y^* = 0,1...0,3$ , в которой производная подъемной силы по высоте равна нулю.

4. Вблизи экрана уменьшается отношение коэффициента максимальной подъемной силы  $(C_{Y_{Amax}})_{взл}$  при использовании механизации крыла к коэффициенту подъемной силы  $(C_{YA})_{кр}$ , оптимальной по дальности или продолжительности полета на заданной высоте до величин  $[(C_{Y_{Amax}})_{взл}/(C_{YA})_{кр}]_h = 2,5...3,0$  (для самолетов данный показатель  $C_{Y_{взл}}/C_{Y_{кр}}$  достигает 5...6).

Зависимость индуктивного сопротивления от подъемной силы крыла, согласно [6], можно представить в первом приближении формулой Прандтля с поправкой Визельсбергера:

$$C_{xi} = (1 - \sigma)C_Y^2 / \pi \lambda,$$

где  $\sigma$  - поправка, которая учитывает уменьшение сопротивления крыла при приближении к экрану;

$$\lambda = L^2/S - \text{удлинение крыла};$$

$L$  и  $S$  - размах и площадь крыла;

$$(1 - \lambda) = \eta = 1 - \exp[-2,48(h/L)^{0,768}].$$

Здесь  $h$  - расстояние до экрана от точки, соответствующей  $0,25$  средней аэродинамической хорды крыла  $B_A$ .

Для исследованных прямоугольных крыльев значения  $(1 - \sigma)$  с погрешностью 5...10 % совпадают с его теоретическим значением при удлинении крыла  $\lambda > 1,5$ . Выражение для угла схода потока, выраженного в градусах, имеет вид:  $\epsilon = 18,24 \cdot C_Y \cdot (1 - \sigma) / \lambda$ , что позволяет оценить изменение схода потока за крылом при приближении к экрану.

Расчетная оценка, выполненная Эшиллом для случая применения шайб на концах крыла, свидетельствует об уменьшении индуктивного сопротивления с ростом отношения высоты шайб к длине крыла. Для крыла без шайб результаты Эшилла и Визельсбергера совпадают. В работе [6] даны зависимости для основных аэродинамических характеристик крыла вблизи экрана:

$$K_{max} = 0,5 \cdot (C_{X0} \cdot A \cdot \eta) - 0,5; C_{Y_{kmax}} = (C_{X0} \cdot A \cdot \eta)^{0,5},$$

где  $A = (1 - \sigma) \cdot \partial C_X / \partial C_Y^2$  - коэффициент отвала поляры в зоне действия экрана;

$\partial C_X / \partial C_Y^2 = 1 / \pi \lambda$  - коэффициент отвала поляры вне зоны действия экрана;

$(K_{max})_h / (K_{max})_{h=\infty} = \eta^{0,5}$  - отношение величин максимального аэродинамического качества вблизи экрана и вдали от экрана, характеризующая увеличение максимальной продолжительности полета у экрана;

$(C_{Y_{kmax}})_h / (C_{Y_{kmax}})_{h=\infty} = \eta^{0,5}$  - отношение коэффициента подъемной силы при максимальном качестве вблизи экрана и вдали от него;

$(V_{kmax})_h / (V_{kmax})_{h=\infty} = \eta^{0,25}$  - отношение скоростей полета при максимальном качестве вблизи экрана и вдали от него;

$(KV)_{max\epsilon} / (KV)_{max\ h=\infty} = \eta^{0,25}$  - параметр максимальной дальности полета вблизи экрана и вдали от экрана;

$V_{(KV)max} / V_{(KV)max\ h=\infty} = 3^{0,25} = 1,32$  - отношение скоростей полета на максимальную дальность и максимальную продолжительность.

Представленные в [1] и [5] сведения позволяют выполнить расчетную оценку аэродинамики и устойчивости экраноплана, которые в дальнейшем необходимо уточнять путем проведения экспериментов в гидроканале, аэродинамических трубах и других установках. ▲

(Окончание следует)

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Маскалик А.И., Колызаев Б.А., Жуков В.И. и др. Экранопланы. Особенности теории и проектирования. - С-Пб: Судостроение, 2000, с. 46
2. Басин М.А. и Шадрин В.П. Гидроаэродинамика крыла вблизи границы раздела сред. - С-Пб: Судостроение, 1980, с. 72-75
3. Басин М.А. и Шадрин В.П. Гидроаэродинамика крыла вблизи границы раздела сред. - С-Пб: Судостроение, 1980, с. 101
4. Иродов Р.Д. Критерии продольной устойчивости экраноплана. - Ученые записки ЦАГИ, том 1, № 4, 1970
5. Архангельский В.Н., Коновалов С.И. Расчетное исследование влияния параметров профиля на его аэродинамические характеристики вблизи экрана. - Труды ЦАГИ, вып. 2304, депонированная статья Д05841, 1983, с. 12...21
6. Жуков В.И. Особенности аэродинамики, устойчивости и управляемости экраноплана. - М.: Издательский отдел ЦАГИ, 1997



# АВТОРИЗОВАННЫЙ СКЛАД "MATRIX" - СОВРЕМЕННОЕ РЕШЕНИЕ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

ООО "Искар СНГ":

**Горелик Михаил Евсеевич,**

технический консультант;

**Хохлов Алексей Михайлович,**

менеджер коммерческого отдела, ответственный за внедрение систем MATRIX

В условиях современного производства, автоматизация управления инструментальным обеспечением становится всё более актуальной для каждого предприятия.

Компания CTMS, входящая в группу компаний IMC Group (ISCAR) предлагает заказчикам современное модульное, компактное решение удобное в эксплуатации автоматизированного инструментального склада MATRIX (рис. 1), имеющего ряд преимуществ перед другими предложениями.



Рис. 1. Инструментальный модуль системы Matrix

За последний год обладателями системы MATRIX стали сотни различных предприятий в 25 странах мира, как в Европе, так и в Америке, среди них Rolls-Royce, Pratt&Whitney, Ford, Hyundai, KIA Motors, Daewoo, Philips и многие другие.

Среди прочих аналогичных систем CTMS предлагает наиболее прогрессивную конструкцию инструментального склада и программного обеспечения, разработанного при непосредственном участии специалистов Microsoft Inc.

Система инструментального обеспечения MATRIX предназначена для бесперебойного обеспечения предприятия необходимой номенклатурой инструмента и уменьшения затрат на инструментальное обеспечение.

**Система инструментального обеспечения MATRIX предназначена** для бесперебойного обеспечения предприятия необходимой номенклатурой инструмента и уменьшения затрат на инструментальное обеспечение.

**Система инструментального обеспечения MATRIX позволяет:**

- осуществлять текущий контроль за реальным наличием инструмента на предприятии в режиме "on-line";
- контролировать оборот инструмента на предприятии в режиме "on-line";
- осуществлять потоковую (бесперебойную) закупку инструмента в автоматическом режиме, либо автоматически формировать заказ на недостающий инструмент;
- снижать себестоимость производства деталей благодаря уменьшению издержек связанных с поиском, приобретением, доставкой, размещением, хранением и учетом инструмента в условиях предприятия.

**Преимущества системы MATRIX:**

- снижение времени простоев по причине отсутствия инструмента. Система гарантирует наличие минимально необходимого запаса инструмента;
- снижение расходов на управление (сокращение персонала)

и на инструмент (уменьшение складских запасов и уменьшение объёма "замораживаемых" средств);

- возможность оплаты инструмента только после его изъятия из инструментального шкафа MATRIX;
  - гибкость складской системы MATRIX;
  - возможность управления несколькими участками (цехами);
  - создание отчетов о потреблении инструмента (по цехам, по изделиям, по отдельным пользователям, за период времени и т.д. - всего более сотни стандартных отчетов);
  - возможность поддержки и управления виртуальным складом (контроль за инструментом и инструментальной оснасткой, хранящимися вне инструментального шкафа MATRIX);
  - надёжная сохранность инструмента. Исключение несанкционированного изъятия инструмента. Контроль доступа пользователей с помощью групп авторизации и бюджетов;
  - возможность автоматического размещения заказа на инструмент;
  - возможность хранения инструмента различных производителей;
  - возможность хранения инструмента различного размера;
  - возможность использования системы, как на малых, так и на крупных предприятиях;
  - система двойного запираения (ячеек и полок);
  - надёжность конструкции (антивандальное исполнение);
  - техническая поддержка со стороны специалистов ISCAR;
  - интерфейс пользователя на русском языке;
  - возможность удаленного доступа.
- Matrix-TM разработана с использованием новейших технологий Microsoft.NET 2005 Visual Studio:
- эргономичный дизайн;
  - простота эксплуатации;
  - простота обучения.

**Система MATRIX состоит из:**

- инструментального Master-модуля со встроенным компьютером с большим сенсорным экраном и, при необходимости, дополнительных Add on-модулей (рис. 2);
- пакета программного обеспечения Matrix-TM, состоящего из двух приложений:
  - Manage - комплексное приложение, установленное на компьютере управления системой MATRIX и позволяющее контролировать



Рис. 2. Общий вид системы MATRIX



Рис. 3. Полка модуля MATRIX

оборот инструмента на предприятии;  
 - Touch - приложение, установленное непосредственно на компьютере Master-модуля для работы с сенсорным экраном (Touch Screen) и позволяющее производить выдачу, возврат, а так же инвентаризацию инструмента

хранящегося в инструментальном модуле MATRIX.

Каждый инструментальный модуль состоит из выдвигающихся полок (рис. 3), разделенных на отдельные закрывающиеся ячейки (рис. 4).

Полки могут выполняться высотой 50, 75 или 100 мм, и иметь до 98 ячеек на одной полке. Существует стандартная комплектация модуля, состоящая из 8 полок, с общим количеством ячеек - 461. В зависимости от задач, поставленных заказчиком, конфигурация модуля может быть разработана индивидуально для него.

**Нововведения системы MATRIX**

- \* Надежная (двойная) система защиты, предотвращающая несанкционированную выемку инструмента.
- \* Возможность легкого просмотра и определения местонахождения хранящегося инструмента, в т.ч. через внутреннюю локальную сеть предприятия.
- \* Простота настройки и обслуживания благодаря удобному расположению электронных компонентов системы.
- \* Удобство транспортировки модуля.
- \* Наличие автономного источника питания, позволяющего не прерывать работу даже при перебоях с электроснабжением.
- \* Наличие устройства считывания штрих-кода для более быстрой и надежной работы.

**Основное преимущество при эксплуатации - гибкость системы MATRIX**

Гибкость - это основной параметр складской системы MATRIX. Система MATRIX - это большое разнообразие инструментальных модулей, представляющих собой легко трансформируемую систему, которая позволяет добавлять и/или убирать инструментальные модули, по мере изменения используемой номенклатуры инструмента.

Инструментальные модули, установленные на разных участках (цехах) могут иметь общую базу данных, что позволит оперативно получать информацию о наличии необходимой позиции инструмента на всем предприятии.

Доступ к системе MATRIX контролируется специальным программным обеспечением согласно установок администратора MATRIX.

**Возможности программного обеспечения Matrix-TM**

- \* Контроль наличия и оборота инструмента на любом участке предприятия и доступ ко всей информации по расходу инструмента с рабочего места администратора.
- \* Автоматическое формирование перечня израсходованного инструмента, необходимого для пополнения запаса.



Рис. 4. Различные конфигурации ячеек системы Matrix

- \* Автоматическое формирование заказа (по желанию заказчика);
- \* Сохранение полной истории операций, производимых с инструментальным модулем (Кто? Что? Когда? Для чего? Сколько брал?)
- \* Создание статистики потребления инструмента для лучшего планирования и анализа снижения себестоимости производства деталей;
- \* Создание (в процессе поиска) комплекта инструментов;
- \* Для удобства работы содержит изображения используемых инструментов;
- \* Учет оборота инструмента, подлежащего переточке;
- \* Создание отчетов и графиков, которые могут быть просмотрены с помощью Excel или Web-браузера;
- \* Создание плановых отчетов в разнообразных форматах: PDF (Adobe Acrobat) и XLS, XML, CSV (Excel), которые автоматически могут быть либо отправлены по электронной почте, либо сохранены на жестком диске, либо интегрированы в другие системы;
- \* Наличие средств для управления базой данных;
- \* Возможность интеграции с ERP-системами, в том числе SAP.

**Особенности размещения заказа системой MATRIX**

Информация о наличии инструмента на предприятии хранится на сервере базы данных заказчика. Изъятие инструмента из автоматизированного инструментального склада фиксируется с помощью программы Touch, установленной на компьютере доступа к складу (встроенный в Master модуль системы MATRIX), и передается по внутренней локальной сети на сервер базы данных.

Программа Manage, установленная на компьютере управления складом, отслеживает изменения количества позиций, используя информацию, хранящуюся на сервере базы данных заказчика. Так же программа Manage позволяет установить минимальное и максимальное количество для каждой позиции инструмента хранящегося на складе, и при необходимости сформировать заявку на позиции, количество которых достигло минимума. Данная заявка может быть автоматически отправлена по внутренней локальной сети заказчика в отдел инструментального хозяйства, либо через Интернет по электронной почте непосредственно поставщику инструмента (рис. 5).



Рис. 5. Схема работы системы MATRIX

**Техническая поддержка ISCAR**

Став клиентом CTMS, заказчик получает возможность пользоваться технической поддержкой специалистов ISCAR, что подразумевает:

- проведение анализа существующих технологических процессов с целью выявления резервов по повышению производительности и качества обработки;
- разработку новых технологических процессов, обеспечивающих минимальную трудоёмкость обработки;
- проведение расчётов экономической эффективности применения предлагаемых нововведений;
- проведение производственных испытаний;



- внедрение наиболее эффективных технических решений.  
Работая с ISCAR, заказчик может быть уверен, что уровень его производства будет постоянно поддерживаться на самом высоком уровне.

**Технические характеристики MATRIX**

- \* Вес модуля: около 630 кг (зависит от конфигурации).
- \* Инструментальный модуль имеет площадку для монтажа на фундаменте.
- \* Высота полок: 50 мм, 75 мм, 100 мм.
- \* Максимальное количество полок в одном модуле - 6-9 (в зависимости от высоты полок).
- \* Максимальный вес инструмента, хранимого на одной полке - 50 кг.
- \* Скорость открытия полки - 1 секунда.
- \* Master-модуль (основной модуль) поставляется вместе с PC, 15" монитором Touch Screen, блоком питания, источником бесперебойного питания UPS, считывателем штрих кодов и программным обеспечением.

- \* Add on-модуль (дополнительный модуль) соединяется с Master-модулем сетевым кабелем и кабелем питания 12 В.
- \* К одному Master-модулю можно подключить до 6 Add on-модулей.
- \* Электропитание 220 AC (+/-20 %) 2,2 А или 110 AC (+/-20 %) 4,6 А.
- \* Изготавливается из оцинкованной стали.
- \* Изготовлен по лучшим промышленным стандартам с соблюдением стандартов ISO 9001-2000.
- \* Имеет CE сертификат.



**ИСКАР СНГ:**  
109554, Москва, ул. Малая Андроньевская, 20/8.  
Тел./Факс: +7(495) 232-3362, +7(495) 956-4776.  
E-mail: info@iscar.ru

# Хай живе, хай живе "Мотор сич"!

К столетию основания завода

Валентин Михайлович Толоконников  
11.09.2007 г. Москва-Запорожье

*Где Днепр бросался на пороги,  
Стремясь к морским просторам,  
Открылись новые дорожки  
Российским авиаторам*

*Мы помним, как верзаясь в Землю  
Вы правый берег оседлали,  
И как традиции приеменя,  
"D-18" в срок давали.*

*Создал команду Кононенко-  
Мост "Мотор Сич" - Москва- столица  
Достоин высшей мосты оценки  
Ведь мы не чувствуем границы.*

*Дебют "Салюта" подхватив,  
В сложнейшем новом деле,  
Создать моторовцев коллектив,  
Вы на Днепре сумели.*

*Был мощный трудовой накал  
И стал заводом фирмал.  
"Омельченко" вам имя дали  
Чтобы с него пример вы брали.*

*И нас не разделят препоны  
Тламжни, разные замки,  
Антинародные законы  
И - вдруг взведенные куфки...*

*А начинали с малосильных  
Движков- сил в сотню лошадей,  
И сердце дали вы для крыльев,  
Дорогу в небо для людей.*

*Пример служения народу,  
Самоотдаче в каждом деле,  
Мотор надежный самолетам  
Давать, и в том вы преуспели.*

*Да, будут разные погоды,  
Цвета всей радуги набор,  
Но мы ведь братские народы  
И строим общий наш мотор.*

*Вам чертежи давал Урман,  
Тюманский, Ивченко, Изотов.  
И мудро вел дела Лукин,  
Движки давая самолетам.*

*Нередко я у вас бывал,  
Не для разносов строгих-  
Знамена Красные вручал  
За лучшие итоги.*

*Давно сложилось наше братство,  
И наших душ родной настрой,  
И это - главное богатство,  
Каким бы ни был в странах строй.*

*Затем Омельченко эпоха,  
Ваш развивался интеллект,  
Он тридцать лет вас вел дорогой!  
Успехов трудовых, побед...*

*Ведет нас ныне Богуслав,  
И крепнет связь с Уфой, "Салютам",  
Он храмы строит, делом правит,  
Границ превозмогая пути.*

*Столетье ваше отмечая,  
И завершая этой спич,  
Поржественно провозглашаем:  
"Хай живе, хай живе "Мотор Сич!"*



## ОКБ ТУПОЛЕВА НА БЛАГО РОССИИ



22 октября 2007 г. отмечается 85-летие со дня образования конструкторского бюро А.Н. Туполева, созданного одним из самых известных в мире авиаконструктором и организатором авиационной промышленности Андреем Николаевичем Туполевым.

За годы существования КБ разработало около 300 проектов различных типов летательных аппаратов, аэросаней и малых судов, из которых около 90 были реализованы в опытных образцах и более 40 строились серийно. Многие образцы самолетов, созданных в туполевском КБ, становились своеобразными визитными карточками отечественной авиации.

В начале тридцатых годов мировую известность получили гигантские по тем временам тяжелые бомбардировщики ТБ-1 и ТБ-3 конструкции Туполева, оснащенные двигателями М-17 (позднее - АМ-34). В числе первых отечественных боевых самолетов столкнулся в небе Испании с германскими и итальянскими истребителями знаменитый скоростной бомбардировщик СБ с моторами М-100, получивший в этой стране наименование "Катюша". Широкую известность во всем мире получили самолеты АНТ-25 с моторами АМ-34, на которых экипажи В.П. Чкалова и М.М. Громова в 1937 г. совершили беспосадочные перелеты в США через Северный полюс.

В годы Великой Отечественной войны наши пилоты высоко оценивали фронтовой бомбардировщик и разведчик Ту-2, оснащенный двумя моторами АШ-82Ф. Во второй половине сороковых годов минувшего столетия коллектив туполевцев разработал первый отечественный носитель ядерного оружия - тяжелый бомбардировщик Ту-4 с двигателями АШ-73ТК. Еще более грозными машинами стали первые туполевские реактивные самолеты - фронтальной бомбардировщик-торпедоносец Ту-14 с реактивными двигателями ВК-1 и дальний бомбардировщик Ту-16 с парой самых мощных в то время в мире ПТД типа АМ-3.

Следующим шагом конструкторского бюро на пути к созданию военно-стратегического паритета между СССР и США явился уникальный стратегический бомбардировщик Ту-95, для которого были созданы невиданные по мощности турбовинтовые двигатели НК-12. Переход к сверхзвуковым скоростям ознаменовался появлением дальнего бомбардировщика Ту-22 с двигателями ВД-7, установленными необычно - по бокам киля. Тогда же, в начале шестидесятых годов создавался дальний перехватчик Ту-128 с двумя двигателями АЛ-7Ф. До появления более совершенных машин следующего поколения авиационные полки, оснащенные такими самолетами, надежно прикрывали наши северные границы.

В настоящее время на вооружении 37 ВА ВГК - наследницы Дальней авиации - имеются многорежимные дальние бомбардировщики Ту-22М3 с двигателями НК-25, стратегические ракетоносцы Ту-160 (четыре двигателя НК-32) и Ту-95МС (четыре двигателя НК-12МВ).

Еще до Великой Отечественной войны туполевским КБ были выпущены пассажирские и почтовые самолеты АНТ-35, ПС-40 и ПС-41, созданные на основе бомбардировщика СБ. Всю вторую половину XX века в "Аэрофлоте" и ряде зарубежных компаний наиболее массовыми машинами были именно самолеты с маркой "Ту". Первым в этом ряду стал магистральный пассажирский лайнер Ту-104 с двигателями АМ-3. Выбранная

при его создании концепция "минимального технического риска" (самолет создавался на базе бомбардировщика Ту-16) впоследствии была повторно использована при разработке четырехдвигательного дальнемагистрального лайнера Ту-114 с двигателями НК-12, созданного на основе Ту-95. Успех первых туполевских реактивных

машин стимулировал появление ближнемагистральных самолетов Ту-124 с двухконтурным ПТД Д-20, а позднее - Ту-134 с двигателями Д-30. В шестидесятых годах прошлого века в ОКБ был разработан среднемагистральный Ту-154, пришедший на смену отечественным реактивным пассажирским самолетам первого поколения Ту-104, Ил-18 и Ан-10. При создании первого отечественного сверхзвукового пассажирского самолета Ту-144 с двигателями НК-144 конструкторам ОКБ пришлось решить ряд сложнейших научно-технических задач. Накопленный опыт позволил в свое время разработать весьма совершенные сверхзвуковые боевые комплексы Ту-22М и Ту-160, а их существование явилось надежным фундаментом при проектировании пассажирских самолетов второго поколения (СПС-2).


ОАО "Туполев" разработало не имеющие мировых аналогов технологии использования сжиженного природного газа и водорода для двигателей, которые обеспечили первые полеты самолета Ту-155 и Ту-156 на альтернативных видах топлива. Это важнейшее направление работы не только "Туполева", но и главное направление научно-технического развития авиапрома.

В последнее время ОАО "Туполев" провело большой объем работ по развитию семейства магистральных самолетов Ту-204/214. В настоящее время в серийном производстве и в эксплуатации находятся сертифицированные среднемагистральные пассажирские самолеты Ту-204-100 и Ту-214 с отечественными двигателями ПС-90А, а также Ту-204-120 с британскими двигателями и их грузовые модификации - Ту-204С и Ту-204-120С. В 2005 г. был получен сертификат типа на средне-дальнемагистральный самолет Ту-204-300. В ближайшие годы ОАО "Туполев" предполагает передать в серийное производство и эксплуатацию улучшенные версии самолетов Ту-204-100СМ и Ту-204-300СМ.

С учетом требований зарубежных заказчиков подготовлены новые варианты грузовых самолетов семейства Ту-204/214 - Ту-204-120СЕ и Ту-204СЕ, с модернизированным оборудованием и "английской" кабиной. Ту-204-120СЕ в 2007 г. получил сертификат Китайской Народной Республики и начинаются его поставки в КНР. В этом же году начались поставки самолетов Ту-204СЕ на Кубу.

В настоящее время разворачивается серийное производство сертифицированного в 2003 г. ближнемагистрального пассажирского самолета Ту-334-100 с двигателями Д-436Т-1, которые будут производиться совместно российскими и украинскими авиадвигательными заводами. В последние годы были проведены большие работы по проектам развития Ту-334 как в пассажирском варианте с различной пассажиреместимостью, дальностью полета, оборудованием и типами двигателей, так и в грузовой модификации.

В секторе региональных самолетов ОАО "Туполев" предлагает потенциальным заказчикам семейство пассажирских самолетов Ту-324/414 в различных вариантах, способных удовлетворить самых взыскательных эксплуатантов.

Сегодня коллектив ОАО "Туполев" продолжает работать над новыми самыми передовыми проектами - как в области гражданской, так и военной авиации, используя на благо России свой без малого столетний опыт и мощный научно-технический потенциал. 







В культурно-выставочном центре "Сокольники", павильон № 3, 3.1 одновременно будут проводиться крупнейший мировой инновационный форум - Московский международный Салон промышленной собственности "Архимед", и выставка торговых знаков "Trade mark Leader 2008". Их смогут посетить десятки тысяч заинтересованных людей со всего мира и ознакомиться с товарами и услугами, представленными под разными торговыми марками.



С 1 по 4 апреля 2008 года в Москве пройдет XI Московский международный Салон промышленной собственности "АРХИМЕД". Его участники - промышленные предприятия из разных регионов России [www.archimedes.ru](http://www.archimedes.ru)



- 100 типов авиадвигателей и ВГТД
- 40 типов воздушных винтов
- 50 типов агрегатов трансмиссий
- Изделия гражданского и военного применения, созданные в России и Украине за последние 30 лет
- Технические, экономические и ресурсные характеристики
- Адресно-телефонный справочник по 100 предприятиям бывшего СССР, специализирующимся на разработке, производстве и ремонте авиационных силовых установок
- 400 фотографий и схем
- Два варианта одной книги
- Цветная электронная версия на CD
- Скидка на комплект "книга + CD"
- При покупке четырех книг пятая выдается бесплатно
- Специальное предложение для учебных заведений

**Новая книга по  
АВИАЦИОННЫМ ДВИГАТЕЛЯМ  
вышла в издательстве  
"АЭРОСФЕРА"**

Вариант книги № 1:  
Генеральный спонсор - Pratt&Whitney (США).  
Страницы: 320 ч/б + 24 цветных  
(справочник по двигателям Pratt&Whitney).  
Цена: 550 рублей (с диском 850 рублей).

Вариант книги № 2 (специальное юбилейное издание):  
Генеральный спонсор - ОАО "Мотор Сич" (Украина).  
Страницы: 320 ч/б + 8 цветных  
(поздравления руководителей авиапрома России и Украины).  
Цена: 500 рублей (с диском 800 рублей).

Издательство "АЭРОСФЕРА":

125040, Россия, Москва, Ленинградский проспект,  
дом 24-А, строение 2, офис 315.  
Телефоны: (495) 614-4240, 956-7940 (10.00 - 19.00, пн-пт).  
Факс: (495) 956-7941 (круглосуточно).  
E-mail: [dvigateli@aerosfera.ru](mailto:dvigateli@aerosfera.ru)  
Интернет-магазин: <http://shop.aerosfera.ru>  
Сайт авиатехнической литературы: <http://avia.aerosfera.ru>



**АВИАЦИОННЫЕ  
ДВИГАТЕЛИ**



**АВИАЦИОННЫЕ  
ДВИГАТЕЛИ**

# GLOBATEX AG:

## СТАНКОСТРОИТЕЛЬНАЯ ВЫСТАВКА ЕМО 2007 - НОВЫЕ СТАНКИ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕООРУЖЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Алексей Львович Смирнов, к.ф.-м.н.  
Владимир Сергеевич Полуянов, к.т.н.

Модернизация и техническое перевооружение предприятий являются необходимыми условиями их выживания и рентабельности в современных условиях жесткой конкуренции. Компания Globatex AG работает на рынке СНГ более 15 лет (прежнее название фирмы Charmilles & Mikron Diffusion), обеспечивая поставки нового оборудования, сертифицированного в соответствии с Европейскими стандартами. За это время предприятиям СНГ поставлено более 1000 высококачественных станков. Компания Globatex AG основное внимание уделяет поставке новых технологий на основе использования высокопроизводительных прецизионных станков, нового оборудования и программных продуктов европейских и японских фирм. Globatex AG предлагает станки и оборудование германских фирм: Rädgers (высокоскоростные фрезерные обрабатывающие центры (ОЦ), Zimmer + Kreim (электроэрозионные копировально-прошивочные системы и системы автоматизации станков - их загрузки/разгрузки, хранения электродов, режущих инструментов и деталей), Peter Wolters AG (технологии и оборудование для прецизионной обработки поверхностей - тонкой шлифовки, доводки, притирки, плоского хонингования и снятия заусенцев, оборудование для наружного и внутреннего круглого шлифования - станки швейцарской фирмы Voumard Machines CO SA, недавно приобретенной фирмой Peter Wolters AG), голландской Unisign (вертикальные и порталные фрезерные ОЦ, в том числе со встроенными планшайбами для выполнения токарно-карусельных работ); японской Seibu Electric & Machinery Co., LTD (прецизионные электроэрозионные проволочно-вырезные станки); швейцарской Bumotec (то-

карно-фрезерные ОЦ); швейцарской Dixi, недавно приобретенной японской компанией Mori Seiki (горизонтально-расточные ОЦ); швейцарской Rollomatic (профилешлифовальные станки для изготовления осевых режущих инструментов и станки для их перезаточки); итальянской Samputensili - отделения фирмы SAMP S.P.A. (зубо-резные и зубошлифовальные станки). Некоторые предлагаемые компанией Globatex AG станки могут быть объединены в гибкие производственные системы с использованием предлагаемых ею средств автоматизации процессов смены инструментов и деталей, их транспортировки и хранения (системы автоматизации станков фирмы Zimmer + Kreim, Германия).

В настоящей статье приведена краткая информация о новых станках, представленных большинством из перечисленных выше фирм на Международной станкостроительной выставке ЕМО 2007, состоявшейся с 17 по 22 сентября 2007 г. в Ганновере, Германия. Международные выставки ЕМО, проводимые один раз в два года поочередно в Ганновере (Германия) и Милане (Италия), являются самыми крупными и наиболее значительными выставками по металлообработке.

Фирма Unisign предлагает экономичные решения для гибкого производства - высокопроизводительные трех- и пятикоординатные вертикальные и порталные обрабатывающие центры серий UNIVERS, UNIPENT, UNIPRO, UNIPORT и UNICOM с размерами зоны обработки от 1600x600x500 мм до 18 000x800x600 мм.

Фирма использует типовой модульный дизайн. Более 90 % деталей станков изготавливаются на самой фирме. Серия UNIVERS включает вертикальные многоцелевые станки с компьютерным управлением с подвижной по оси X колонной. Большая поверхность крепления с практически неограниченной длиной поверхности в направлении оси X (до 18 000 мм) идеальна для установки длинных деталей или для многосторонней обработки в двух ячейках.

Вертикальные обрабатывающие центры серий UNIPENT и UNIPRO предназначены для высокоскоростной обработки деталей. На станках серии UNICOM возможно изготовление деталей с использованием фрезерования, сверления и токарной обработки аналогично процессам на карусельных станках.

Станки серии UNIPORT способны выполнять многостороннюю обработку крупногабаритных деталей. Портальные обрабатывающие центры



Рис. 1

Таблица 1

Фирма	Представленные на ЕМО 2007 экспонаты
UNISIGN	UNIPENT 4000 / Siemens Sinumerik 840D
	UNIPORT 4000 / Siemens Sinumerik 810D
	UNIPORT 6000 / Siemens Sinumerik 840D
	UNIVERS 4000 / Siemens Sinumerik 840D
RÖDERS	RXP500DS
	RXP500
	RHP500
	RXP 800
	RXP1200
ZIMMER & KREIM	Genius 1000 "CUBE"
SEIBU	M 500S MM 500S
ROLLOMATIC	Rollomatic Nano6
	GrindSmart 620Xi
	Rollomatic ProfileSmart
BUMOTEC	S-191 Linear
DIXI (MORI SEIKI)	JIG 1200
VOUMARD (PETER WOLTERS)	VOUMARD VM 300 CNC
	VOUMARD VM 130 TWIZ



предлагаются в различном исполнении: с подвижным порталом и неподвижным столом, а также с неподвижным порталом и подвижным столом. Эти станки могут быть выполнены в различных вариантах: с одним подвижным столом, с двумя столами или же со сменными паллетами. Фирма Unisign предлагает экономичные решения по созданию гибких производственных систем.

При создании станка портального типа Unipent 4000 использован более чем 30-летний опыт разработки и изготовления вертикальных и порталных фрезерных станков Unisign. Станок сочетает в себе возможности производительной пятиосевой обработки с высокими динамическими свойствами и высокой точностью.

Привод портала выполнен сдвоенным - с отдельными синхронизированными приводами перемещения его стоек по оси Y. Шпиндельная головка установлена на подвижном по оси X ползуне. Перемещения по осям X, Y, Z равны соответственно 1000, 900, 500 мм. Расстояние от поверхности стола до торца шпинделя 160...660 мм.

Передняя часть станка имеет наклоненную под углом 45° к горизонтальной плоскости базовую плоскость, на которой установлен наклонно-поворотный стол для пятиосевой обработки и позиционирования деталей сложной формы. Наклонная поверхность станка облегчает удаление стружки и СОЖ.

Устройство смены инструментов оснащено магазином на 69 инструментов, установленным по центру по оси X станка непосредственно за зоной обработки.

Станок укомплектован всем необходимым ПО для обеспечения высокой динамики и точности станка. Максимальные ускорения - 10 м/с<sup>2</sup>, скорости перемещений - 60 м/мин по всем линейным осям.

Максимальная частота вращения поворотного стола (ось C) станка равна 32 мин<sup>-1</sup> (опция - 52 мин<sup>-1</sup>). Высокая точность перемещений по всем линейным осям обеспечивается с помощью оптических линейных датчиков (по оси Y используются два линейных датчика для каждой из двух стоек портала). Мощность привода шпинделя 36 кВт, частота вращения 12 000 или 16 000 мин<sup>-1</sup>.

Для высокоскоростной обработки используется электрошпиндель мощностью до 100 кВт с максимальной частотой вращения 25 000 мин<sup>-1</sup>. Станок может быть укомплектован системой смены паллет. Имеется система CNC-управления типа SIEMENS Sinumeric 840D с TFT экраном 15 дюймов. Альтернативной может быть система CNC-управления фирмы Heidenhain.

Станок Unipent 4000 эффективно используется для многосторонней обработки корпусных деталей, например, для обработки деталей самолета, деталей пресс-форм и литейных форм.

Станки моделей RXP500, RXP500DS, RXP 800 серии RXP и RHP500 серии RHP фирмы Roeders описывались ранее (журнал "Двигатель" - № 1 за 2006 г. и № 2 за 2007 г.). Впервые представленный на выставке ЕМО 2007 станок мод. RXP1200 (рис. 2) отличается высокой точностью, динамикой и отличным качеством обработанных трехмерных поверхностей. Высокие скорости подачи - до 60 м/мин при контурной обработке в процессе обработки (при движении по всем трем осям) обеспечивают быстрый съем обрабатываемого материала.

Станок имеет жесткую порталную конструкцию. Вакуумная система уравновешивания шпиндельной головки (противовес) по оси Z отличается отсутствием в ней какого-либо трения.

Благодаря низко-

му уровню вибраций и высокой жесткости станка обеспечивается большая стойкость режущих инструментов.

Станок может использоваться для черновой и чистовой обработки стали (в т. ч. закаленной), меди, алюминия и графита. По отдельному заказу станок комплектуется системой измерения трехмерных поверхностей деталей без их снятия со станка.

Система CNC управления типа RMS6 (с 17-дюймовым экраном сенсорного типа), специально разработанная фирмой для высокоскоростных станков, обеспечивает наибольшую точность и минимальное время обработки. По отдельному заказу возможна установка на станке высокоточного бесконтактного датчика для компенсации температурной деформации (удлинения) шпинделя.

Предусмотрено охлаждение элементов линейных электроприводов и шпинделя станка для обеспечения высокой точности обработки. Возможна обработка в масляном тумане или с подачей СОЖ.

Удаление стружки обеспечивается в бак, установленный под станком, или (по отдельному заказу) с помощью конвейера для удаления стружки. Станок имеет относительно небольшие размеры (в сравнении с размерами его зоны обработки). Окно из безопасного стекла кабины станка обеспечивает хороший обзор рабочей зоны. Возможна загрузка станка с использованием крана.

Основные технические данные станка мод. RXP1200:

Размеры рабочей зоны - 1200x1000x500 мм;

Максимальная высота (просвет) - 600 мм (при использовании фрезы с державкой с общей длиной 115 мм).

Размеры стола: 1300x1100 мм.

Шпиндель: стандартный - с частотой вращения 36 000 мин<sup>-1</sup>, 17 кВт, HSK E50, максимальный диаметр инструмента - 20 мм.

Устройство автоматической смены инструментов: 30 позиций (опция - 52) с встроенным лазерным устройством для измерения длины, диаметра и контура инструмента.

Масса заготовки: до 3000 кг.

Габариты: 3625x4960x3520 мм.

Масса станка: около 25 т.

Станина - из синтетического минерала.

Новый электроэрозионный копировально-прошивочный мод. Genius 1000 фирмы Zimmer + Kreim (рис. 3) отличается большой жесткостью станины, выполненной из синтетического минерала. Станок имеет высокие технические показатели в сочетании со сбалансированными соотношениями размеров. Максимальная высота уровня диэлектрической жидкости над поверхностью стола, равная 500 мм, является необычной для станка этого размерного ряда.

Станок спроектирован как станок полупортального типа с двумя синхронизированными цифровыми приводами по оси X. Оси станка оснащены оптическими линейными датчиками. Встроенная ось C станка отличается высоким моментом инерции. Станок оснащен надежным генератором серии genius, разработанным фирмой Zimmer + Kreim и определяющим в значительной степени гарантию успеха.

Станок имеет большие возможности по обработке габаритных деталей сложной формы, а также для автоматизации процессов загрузки и разгрузки станка. В конструкции станка нашли отражение наиболее целесообразные решения в области автоматизации, отражающие взгляды фирмы Zimmer + Kreim.

Рис. 3



Рис. 2



Параметр	
Высота, мм	3030
Ширина, мм	1600
Глубина, мм	3010
Масса, кг	6000
Стол: длина x ширина, мм	900 x 700
Масса обрабатываемой детали, кг	1500
Уровень диэлектрика над столом, мм	500
T-образные пазы: кол-во x ширина, мм	6 x 12
Расстояние: стол - шпинд. головка без патрона макс./мин., мм	150 / 650
Максимальные перемещения по осям X x Y, мм	700 x 500
Максимальное перемещение по оси Z, мм	500
Разрешающая способность по осям X, Y, Z, мм	0,001
Разрешающая способность по оси C, °	0,001
Скорость быстрого перемещения по осям X, Y, мм/мин	10 000
Скорость быстрого перемещ. по оси Z, мм/мин	18 000
Масса электрода без вращения, кг	100
Масса электрода с вращением, кг	50
Объем диэлектрика, л	420
Число блоков фильтров	2
Тип генератора	genius

Станок оснащен проверенным и надежным генератором серии Genius, разработанным фирмой Zimmer + Kreim и определяющим в значительной степени гарантию успеха.

Система управления может быть использована для одновременного управления шестью осями для осуществления электроэрозионной обработки. Такое решение встречается редко, но оно облегчает обработку крупногабаритных деталей.

Система транспортировки, установки и снятия деталей предусматривает возможность использования робото-технического комплекса Nemeleon собственной разработки фирмы для смены электродов и деталей, а также крана для смены деталей. Станок может быть использован для обработки различных крупногабаритных деталей с высоким качеством и с новыми технологическими возможностями.

Рабочая ванна станка выполнена подъемной (опускаемой). Она постоянно заполнена диэлектрической жидкостью (при этом отпадает необходимость сливать жидкость и терять на это время). Станок может быть использован для обработки как больших, так и небольших по размеру деталей, он удобен в работе и в обслуживании. По мнению разработчиков станок высоко эффективен и может быстро окупаться. Его основные технические характеристики приведены в таблице 2.

Электроэрозионные проволочно-вырезные станки моделей M 500S и MM 500S относятся соответственно к сериям M и MM погружных станков фирмы Seibu. Серия M высокоскоростных и высоко точных станков включает модели M 350S, M 500S и M750S. Серия MM станков, обеспечивающих ультравысокоточную вырезку, включает модели MM 350S и MM 500S.

Станок модели M 500S фирмы Seibu обеспечивает высокую точность обработки. Максимальные отклонения межцентровых расстояний вырезанных отверстий с заданными расстояниями 300, 150 и 100 мм равны +1 мкм, минимальные -1 мкм. Некруглость вырезан-

ных отверстий диаметром 10 мм - не хуже 0,89 мкм, шероховатость поверхности - 0,05 мкм Ra. Станки оснащены генератором с антиэлектролизным блоком для бездефектной обработки материалов, содержащих кобальт, титан и другие элементы. Режимы вырезки устанавливаются автоматически по данным о материале детали, ее высоте, диаметре проволоки и форме вырезаемого контура. Станки имеют совершенную систему управления вырезкой участков контура детали с углами. Автоматическая заправка проволоки осуществляется первоначально в стартовое отверстие, а в месте ее случайного обрыва - в вырезанный паз на траектории ее движения. Поскольку проволока не возвращается в стартовую позицию для заправки, обеспечивается практически непрерывная обработка детали с высокой эффективностью. Устройство автозаправки проволоки, осуществляемой с ее предварительным отжигом и натяжением во время отжига, обеспечивает надежность заправки, близкую к 100%. Благодаря указанным мероприятиям проволока сохраняется прямой, заправляется точно и надежно. Отпадает необходимость слива жидкости из рабочей ванны и последующего ее наполнения. Заправка осуществляется без использования струи жидкости.

По отдельному заказу станки серии MS комплектуются устройством для электроэрозионной прошивки стартовых отверстий, устанавливаемым на станке менее чем за 1 мин. Позиционирование по осям X и Y осуществляется вручную с пульта управления.

Конструктивно станок модели MM 500S аналогичен станку M 500S. Высокая точность станков обеспечивается благодаря применению технологии KISAGE обработки базовых поверхностей узлов станка с использованием тщательной шабровки, позволяющей получать отличное качество поверхности. Увеличенная точность резки позволяет изготавливать детали сверхточных штампов последовательного действия (прогрессивных штампов) с использованием совершенных устройств автозаправки проволоки.

О высокой точности обработки на станках серии MMS свидетельствуют результаты измерений обработанной на станке модели MMS 500S матрицы штампа высотой 20 мм, предназначенной для изготовления рамки интегральной схемы с внешними выводами,

имеющей отверстия, расположенные точно по шагу 50 мм: по оси X - восемь отверстий и по оси Y - шесть отверстий. Обработка велась проволокой диаметром 0,2 мм, число проходов - семь. Максимальная и минимальная погрешности по оси X составили +1 мкм и -0,7 мкм, соответственно. Минимальная погрешность по оси Y составила 0,8 мкм, а максимальная погрешность +0,7 мкм.

Фирма Rollomatic, специализирующаяся на производстве станков для изготовления инструментов, представила на EMO 2007 станки моделей: Rollomatic Nano6, GrindSmart 620Xi с роботом и Rollomatic ProfileSmart.

Станок Rollomatic Nano6 предназначен для изготовления осевых микро - и нано - инструментов (рис. 4).



Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6



Станок мод. GrindSmart 620Xi (рис. 5) - новый шестиосевой станок с CNC-управлением для шлифования и заточки вставок стандартного и специального назначения любых типов, в том числе вставок, представленных на рис. 6.

Шестиосевой станок модели Rollomatic ProfileSmart предназначен для правки шлифовальных кругов, используемых на станках фирмы Rollomatic для изготовления инструментов.

Фирма Rollomatic также продемонстрировала на выставке программное обеспечение для наладки инструмента и для предварительной установки шлифовального круга, а также рабочее место программирования наладки инструмента и предварительной установки круга.

Представленный на выставке токарно-фрезерный обрабатывающий центр S-191 Linear фирмы BUMOTEC (рис. 7) обеспечивает полную высокоточную обработку деталей из прутка и из отдельных заготовок. Станок имеет модульную оригинальную конструкцию с использованием до трех шпинделей и до семи осей.

Основные особенности обрабатывающего центра: максимальные линейные ускорения до 11 м/с<sup>2</sup>, скорости перемещений до 50 м/мин, применение линейных электроприводов, увеличение частоты вращения с 0 до 30 000 мин за 1,5 с, магазин устройства смены инструментов с хвостовиками HSK40 на 60 позиций, высокая точность, цифровая техника, обработка с одновременным управлением по пяти осям (рис. 8), высокое качество обработанной поверхности, технологическая гибкость, уменьшенные по времени циклы обработки.

Поворотная ось В инструментального шпинделя и "синхронные" опции для токарных и фрезерных операций обеспечивают уникальные возможности шестисторонней обработки деталей сложной формы из любых материалов.

Потребитель может выбрать нужную конфигурацию станка мод. S-191 Linear из набора модулей-опций, позволяющих наилучшим образом решать свои текущие и будущие задачи по обработке.

Предлагаемые модули:

- шпиндель главного движения и ось С с проходным отверстием для прутков диаметром до 32 или 42 мм;
- неподвижный стол (поверхность стола размерами 500x300 мм; обеспечивается возможность установки одного или нескольких зажимных устройств, в т.ч. С-оси (опция));
- поворотный контрошпиндель, обеспечивающий возможность полной токарной и фрезерной обработки;
- поворотный блок для перестановки (перехвата) детали;
- зажимные устройства для контрошпинделя, позволяющие обеспечи-

вать максимальную гибкость по обработке сбоку и с торца деталей сложной формы;

- зажимные устройства для блока перестановки деталей.

Горизонтально-координатно-расточной станок мод. JIG 1200 фирмы Dixi (Mori Seiki), выпускаемый с 2004 г., предназначен для выполнения координатно-расточных, координатно- и контурно-шлифовальных операций, фрезерования и др. Сборка станков фирмы осуществляется в производственном помещении площадью 3000 м<sup>2</sup> с точностью поддержания температуры в пределах 1 °С.

В станках серии JIG обеспечивается оптимальное регулирование подачи при обработке деталей для получения наибольшей точности обработки. Возможна обработка тяжелых деталей массой до 5 т. Разрешающая способность измерительной системы станков - 50 нм, точность позиционирования (по нормам ISO) менее 990 нм, дискретность программируемого перемещения 100 нм.

Фирма Dixi является основным поставщиком прецизионных станков для аэрокосмической промышленности, в том числе компаниям Aerospatiale, SNECMA (Франция), Boeing Aircraft, Lockheed (США), Rolls-Royce (Великобритания) и др.

Представленный на выставке фирмой VOUMARD станок модели VOUMARD VM 300 CNC является универсальным круглошлифовальным станком, впервые оснащенный функциональным модулем для наружного шлифования.

Станок модели VOUMARD VM 130 TWIZ, предназначен для комбинированной обработки, включающей твердое точение закаленных материалов и шлифование.

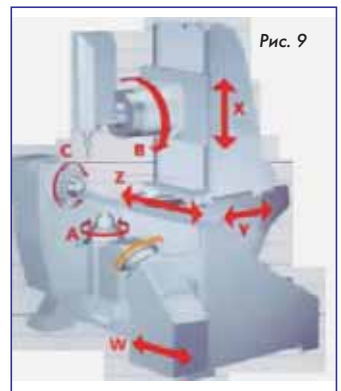
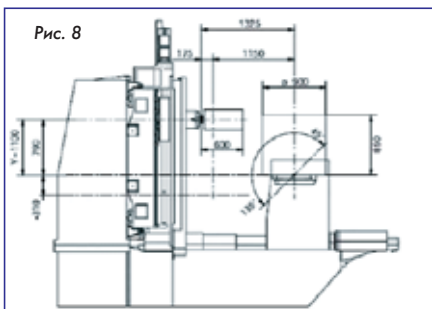
Станки, приведенные в статье, будут предложены компанией Globatex AG для модернизации и технического переоснащения предприятий РФ и стран СНГ наряду с другими станками перечисленных и иных фирм.

Специалисты фирмы GLOBATEX AG готовы ответить на вопросы о приобретении предлагаемых станков, условиях их поставки, монтажа и пуска в эксплуатацию.

**Представительство фирмы Globatex AG в России:**  
129223, Москва, пр. Мира, д. 119, стр. 69.

**Тел.: (+7-495) 739-0376.**  
**Факс: (+7-495) 232-3625.**  
**www.globatex.ru**

Параметр	JIG 1200
Максимальные перемещения по осям X, Y, Z, мм	1200x1100x1100
Максимальный размер обрабатываемых деталей, мм	1200 x 1200
Характеристики шпинделя	34 кВт, SK 50 или HSKA 100, 12 000 мин <sup>-1</sup>
Подача, мм/мин	0...10
Скорость быстрых перемещений, мм/мин	20
Максимальное ускорение, м/с <sup>2</sup>	2,5
Точность позиционирования (ISO 230-2), мкм/мм (с перемещениями в двух направлениях)	990
Повторяемость R (ISO 230-2), мкм/мм	900
Разрешающая способность при измерениях, мкм/мм	50
Дискретность программируемого перемещения, мкм/мм	100
Поворотный стол	Имеется
Подача, м·мин <sup>-1</sup>	0...10
Быстрое вращение, мин <sup>-1</sup>	40



# СОВЕТСКИЕ АВИАЦИОННЫЕ СПЕЦИАЛИСТЫ В ПОСЛЕВОЕННОЙ ГЕРМАНИИ

**Сергей Викторович Кувшинов,**

директор Института новых образовательных технологий РГГУ, к.т.н.

(Продолжение. Начало в № 3, 4 - 2007)

Темами работ по самолетам в конструкторском бюро под руководством доктора Бааде были: разработка реактивного штурмовика Ю-126 с пульсирующим воздушно-реактивным двигателем; доводка реактивного скоростного бомбардировщика Ю-131; проектирование реактивного скоростного бомбардировщика Ю-132 (параметры этих самолетов уже рассматривались в статьях, посвященных А.А. Микулину, в журнале "Двигатель" № 2-6 2002 г., поэтому в этой публикации мы их описание опускаем. - Ред.)

Для ознакомления с работами по освоению немецкой реактивной техники была создана правительственная комиссия, в заключении которой о самолете Ю-126 говорилось следующее: "...слабое вооружение самолета, отсутствие брони и недостаточный запас горючего затрудняют использование "Ю-126" в качестве массового штурмовика, но эти самолеты могли бы быть использованы для решения таких технических вопросов как: отработка пульсирующего двигателя ЮМО-226 ("Аргус"); проверка взлетно-посадочных свойств на одноплыжном шасси и отработка техники катапультного взлета".

В июле 1946 г. на заводе работала макетная комиссия под председательством генерал-лейтенанта С.Ф. Ушакова, которая утвердила макет самолета Ю-131, внесла в него ряд изменений, которые затем были внедрены в производство. Самолет представлял для ВВС СССР интерес, так как мог быть использован для исследования и освоения техники пилотирования на больших скоростях и высотах, а также приобретения опыта эксплуатации реактивного бомбардировщика, вследствие особой новизны его конструкции. По заключению правительственной комиссии создание скоростного бомбардировщика с турбореактивным двигателем, с бомбовой нагрузкой 4 т представлял большой интерес, особенно если бы удалось осуществить проектную дальность около 4000 км. С учетом этого самолет мог бы стать первым стратегическим реактивным бомбардировщиком.

По самолету Ю-132 был создан эскизный проект, который был отправлен для рассмотрения в экспертной комиссии и на заседании Ученого Совета Министерства авиационной промышленности в Москву. Детальная проработка всех вариантов самолета Ю-132 двумя главными конструкторами доктором Бааде и доктором Шайбе позволила создать все необходимые условия для разработки проекта тяжелого реактивного бомбардировщика взлетным весом более 80 000 кг и максимальной скоростью свыше 950 км/ч.

В августе 1946 г. заместителем министра авиационной промышленности СССР генерал-майором ИАС М.М. Лукиным был подписан приказ

№ 1/195, согласно которому уполномоченному министерства авиационной промышленности полковнику Г.А. Потемкину по провинции Мекленбург следовало привлечь немецких специалистов фирмы "Хейнкель" для работ по заданию министерства, организовав специальное конструкторское бюро.

Созданное конструкторское бюро работало на правах филиала ОКБ-1 в Варнемюнде. Руководил филиалом полковник Г.А. Потемкин. Работы в Варнемюнде начались с того, что Г.А. Потемкиным в июле 1946 г. были собраны и организованы

в конструкторское бюро немецкие специалисты по конструкциям катапульт. Всего было привлечено 149 специалистов бывшей фирмы "Хейнкель". Фирма "Хейнкель" начала заниматься вопросами взлета самолетов с кораблей с 1925 г., а системами аварийного покидания летчиком самолета с 1941 г. и к концу войны достигла больших результатов по этим направлениям.

Работы по системам спасения в филиале ОКБ-1 не были единственными, существовало еще несколько тематик: ветряные двигатели; водяной канал для испытаний (протасок) моделей частей самолета и судна; катапульты для сидений летчика; изготовление порохов; вспомогательные средства взлета. Начальником производства филиала ОКБ-1 был назначен Филипп Грефф, бывший директор завода "Хейнкель".

В результате работы бюро к октябрю 1946 г. были спроектированы: пиротехническая катапульта и пневматическая катапульта для аварийного покидания экипажем самолета; катапульта повышенной мощности для покидания самолета на сверхзвуковых скоростях; 15-киловаттный ветряной двигатель; стартовая катапульта для самолетов с взлетным весом 4 т (работы были выполнены только на 75 %); начал разрабатываться проект гидроканала для протаскивания моделей и частей самолета.

Работа немецких специалистов в ОКБ-2 была посвящена доводке турбореактивных двигателей типа БМВ-003 и началась после занятия Штасфурта и его окрестностей советскими войсками 1 июля 1945 г. Неофициальной датой начала конструкторских работ считается 1 октября 1945 г., а официальной - 17 апреля 1946 г. Начальником Особого конструкторского бюро

№ 2 был утвержден инженер-подполковник А.И. Исаев, а его заместителем - Ф.Г. Квасов. До своего прибытия в Германию 20 мая 1945 г. А.И. Исаев работал начальником цеха на заводе № 500.

Главная и основная специализация ОКБ - изготовление и доводка опытных образцов турбореактивных двигателей фирмы "БМВ". ОКБ располагалось в городе Штасфурте, куда в начале 1945 г. был переведен из Шпандау завод фирмы "БМВ". По сос-



Конструкторская группа Бааде



Осмотр германского подземного завода советскими специалистами



тоянию на 5 июня 1946 г. в ОКБ числилось 1828 работников. Среди них: советских специалистов - 10 человек, немецких специалистов - 345 человек, немецких рабочих - 611 человек и вспомогательный персонал - 862 человека. По техническому оснащению:



BMW-003 (современная фотография)

на предприятии имелось 279 металлорежущих, специальных станков - 41, аппаратов и приборов - 81. Советские специалисты для работы по направлению ОКБ-2 прибыли в Германию: первая группа - в мае 1945 г., она и организовала ОКБ, и вторая группа (4 человека) прибыла в феврале, а остальные - в апреле 1946 г. До командировки в Германию часть из них работала в ЦИАМ, остальные - на заводах № 476, 500, 381, 119.

В соответствии с приказом № 228сс МАП работы в ОКБ-2 велись по следующим направлениям: постройка турбореактивного двигателя БМВ-003с с тягой на земле до 1050 кгс; создание турбореактивного двигателя БМВ-018 с тягой на земле 3400 кгс и с возможностью форсажа до 4000 кгс. Работы планировалось закончить в октябре 1946 г.

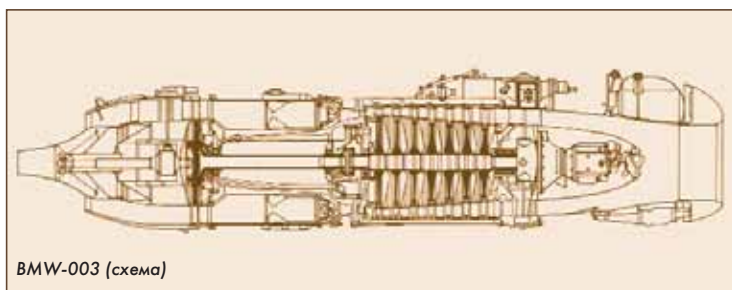
Руководил всей конструкторской, доводочной и производственной деятельностью бывший сотрудник фирмы "БМВ" дипломированный инженер Перстель.

Первый двигатель БМВ-003с был собран 15 июня 1946 г., и на стенде была проведена обкатка в течение 1 ч 39 мин. После устранения выявленных дефектов двигатель поставили на испытания для снятия характеристик. После ряда экспериментальных испытаний в конструкцию двигателя был внесен ряд серьезных изменений. Позднее был собран и поставлен на испытания четвертый двигатель со всеми отработанными изменениями. По плану для всей отработки программы было запущено в производство пять двигателей.

В ОКБ велись работы над двигателем БМВ-018, который представлял собой дальнейшее развитие двигателя типа БМВ-003, в котором была сохранена только общая принципиальная схема. Определенные сложности в работе ОКБ-2 были связаны с перебазированием основных цехов завода "БМВ", находившихся в шахте № 7 на глубине свыше 400 м, на завод "Империял" в Штадсфурте.

В июне 1946 г. прорабатывалось техническое задание для немецких специалистов, работавших по двигателям в ОКБ-1 и ОКБ-2 по созданию турбореактивных двигателей нового поколения.

Проматривались варианты создания двухконтурных форсажных (с дожиганием топлива во втором контуре) экономичных двигателей на базе ЮМО-004, БМВ-003, ЮМО-012 и БМВ-018; на базе двигателей ЮМО-012, БМВ-018 - создание турбовинтовых двигателей с регенерацией тепла и удельным расходом топлива 200 г/л.с.; варианты газотурбинных двигателей (винтовых и реактивных) с тягой от 6000 до 10 000 кгс у земли при скорости полета 800 км/ч для тяжелых транспортных самолетов и бомбардировщиков со взлетным весом от 100 до 200 т.



BMW-003 (схема)

Главная специализация ОКБ-3 - реактивное самолетостроение. Деятельность по созданию реактивного сверхскоростного самолета началась в августе 1945 г., официальной датой начала считается 17 апреля 1946 г. Начальником ОКБ-3 был утвержден инженер-подполковник Н.И. Власов, а его заместителем - А.Я. Березняк. Главным конструктором был назначен инженер Г. Рессинг. По состоянию на 6 июня 1946 г. в ОКБ числилось 1151 работник. Среди них: советских специалистов - 13 человек, немецких специалистов - 343 человека и немецких рабочих - 795 человек. По техническому оснащению: на предприятии имелось 130 металлорежущих станков, 22 специальных станка, 21 аппарат и прибор. Советские специалисты для работы по направлению ОКБ-3 прибыли в Германию также в мае 1945 г.

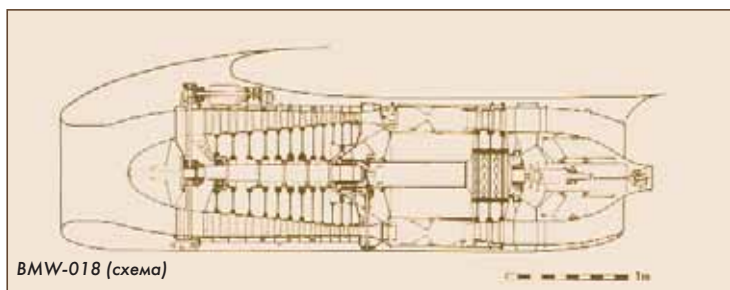
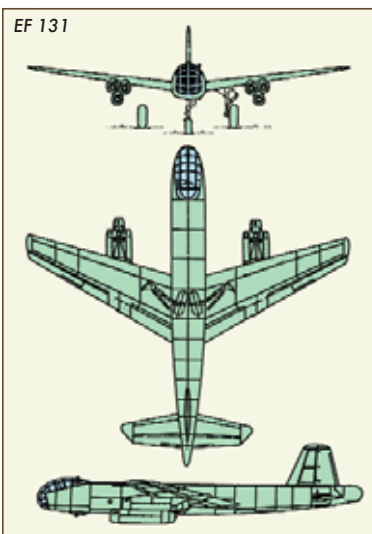
В соответствии с приказом № 228сс МАП работы в ОКБ-3

были связаны с созданием экспериментального реактивного самолета "Зибель-346" с двумя жидкостными реактивными двигателями "Вальтер" с целью достижения сверхзвуковых скоростей (скорость 2500 км/ч на высоте 20 км, продолжительность полета 2 минуты).

Самолетный и двигательный отделы ОКБ-3 работали по комплексным планам, которые должны были быть завершены в октябре 1946 г.

Дадим краткое описание работ самолетного отдела по экспериментальному самолету "Зибель-346", в основу которого был положен проект немецкого сверхзвукового самолета-разведчика DFS 346, разработанный в конце войны в Немецком исследовательском институте планерных полетов (Deutsches Forschungsinstitut für Segelflug или, сокращенно, DFS). DFS 346, в свою очередь, являлся развитием дозвукового высотного разведчика DFS 228, рассчитанного на применение ЖРД "Вальтер" 109-509. Этот разведывательный самолет был построен в 1943 г. и испытывался без двигателя, как планер. В отличие от DFS 228, DFS 346 должен был иметь стреловидное крыло. Самолет "Зибель-346" был рассчитан на достижение максимальной скорости, вдвое превышающей скорость звука ( $M = 2$ ). Высота полета могла изменяться в пределах от 10 000 до 30 000 м, однако после достижения этой высоты самолет уже не имел горючего для горизонтального полета и должен был планировать. Самолет был оборудован герметической кабиной, которая в случае аварии могла быть спущена на землю на специальном парашюте.

К 15 июля 1946 г. рабочее проектирование, расчеты на прочность и аэродинамику, а также проектирование технологических приспособлений были закончены. Самолет был собран



BMW-018 (схема)

29 сентября и передан на наземные испытания. В Германии было закончено изготовление первого летного экземпляра и экземпляра для статических испытаний, второй летный экземпляр был изготовлен лишь на 40%. В октябре 1946 г. первый экземпляр был отправлен СССР для проведения натурных продувок и летных испытаний, кроме того, были изготовлены четыре комплекта ЖРД для этого самолета. После переезда в СССР работы по этому аппарату проводились в специально организованном для этих целей ОКБ-2 опытного завода № 1. Работы также возглавлял Г. Рессинг, а его заместителем был А.Я. Березняк.

Конструкторское бюро работало также над созданием тренировочного планера - модификацией самолета "Зибель-346" с целью проверки и последующего улучшения его управляемости и безопасности при переходе через волновой кризис и при посадке.

Велись и предварительные изыскания по проектированию новых образцов самолетов аналогичного типа, которые должны были явиться последующим развитием самолетов типа "Зибель-346". Параллельно ОКБ-3 работало над рядом вспомогательных проблем, которые должны были обеспечить проведение необходимых исследований, как-то: прибор для измерения скорости полета в закритической и сверхзвуковой области - махомер; наземная установка для измерения скорости и высоты полета самолета; мессдозы и прочее оборудование для замера аэродинамических нагрузок на различные части планера самолета.

Кроме этого, при ОКБ-3 работа группа специалистов, по изучению обтекания плоских тел в докритической и закритической областях методом световой интерференции, а также над созданием новой конструкции интерферометра.

В заключении Правительственной комиссии о работах в ОКБ-3 было отмечено, что самолет был "очень сырой", для изучения аэродинамики сверхзвуковых скоростей летные испытания были крайне рискованными, но совершенно необходимыми. Кроме того, задача эта была еще сложна из-за скудности сведений по аэродинамике такого самолета, которыми располагала наука в то время. "Несмотря на недостаточную обоснованность проекта самолет представляет большой интерес как попытка быстрее проникновения "наугад" в область сверхзвуковых скоростей, тем более что летчик завода изъявил желание производить испытания этого сугубо экспериментального самолета."

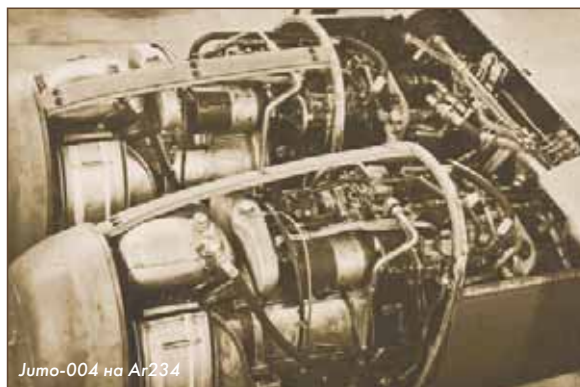
Двигательный отдел ОКБ-3 работал по следующему тематикам: работы по двигателям "Вальтер" 109-509 тягой 1700 кгс и 2000 кгс; работы по двигателю БМВ-3395 (дополнительный ракетный двигатель для БМВ-003) тягой 1200 кгс; работы по двигателю БМВ 3390 тягой 4000 кгс.

ОКБ-4 - Особое конструкторское бюро, организованное согласно решению Совета Министров Союза ССР от 17 апреля 1946 г. в Берлине, выполняло работы по проектированию, изго-



товлению и испытанию индуктивного (динамического индуктивно-го) полного электрического автопилота системы "Аскания".

Начальником Особого конструкторского бюро № 4 был утвержден инженер-полковник Н.Н. Леонтьев. Первоначально на должность главного конструктора планировался доктор Мантейфель, но в связи с неприбытием его из союзной зоны на эту должность был назначен доктор П.К. Лертес. Для организации ОКБ, лаборатории и опытного производства было использовано помещение филиала бывшей фирмы "Аскания-Верке" общей площадью примерно 1500 м<sup>2</sup> (завод № 1) и помещение бывшей фабрики "Грау" общей площадью примерно 3000 м<sup>2</sup> (завод № 2) - для организации серийного производства. Конструкторское бюро начало свою работу 1 января 1946 г., оно состояло первоначально из 15 работников. Основными руководителями КБ, лаборатории и производства были бывшие специалисты фирмы "Аскания-Верке". Среди немецких специалистов необходимо



назвать инженеров Эверса, Баадера, Рогге, Цеймера, Темпеля. По состоянию на 17 октября 1946 г. в ОКБ числилось 692 человека. Среди них советских специалистов было всего 10 человек. Немецкий персонал: инженерно-технических работников - 101 человек, служащих - 87, рабочих на производстве - 331, рабочих для обслуживания производства - 135, вспомогательный состав - 38 человек. В ОКБ работало 8 докторов наук, 8 дипломированных специалистов, инженеров 54 и 31 техник. На предприятии имелось 120 металлорежущих станков, 11 специальных станков, 151 аппарат и прибор. Предварительная программа работ по автопилоту была разработана шеф-пилотом и шеф-инженером фирмы "Аскания-Верке" дипломированным инженером Моллером. Согласно общему плану опытные работы по проектированию, изготовлению и испытанию диндуктивного автопилота должны были быть закончены в 1949 г.

Разрабатываемый в ОКБ электрический автопилот системы "Аскания" должен был обеспечивать управление рулями и винтомоторной группой самолета при: автоматическом взлете; полете по заданному курсу, с заданной скоростью и на установленной высоте; разворотах и виражах; автоматической посадке на аэродромах, оборудованных соответствующей радиоаппаратурой. Автопилот разрабатывался с учетом всех новейших технических достижений в этой области, с широким применением бесконтактных индуктивных электрических элементов на переменном токе. Ожидаемая точность стабилизации самолета была значительно выше, чем в других системах. Проект прибора был закончен в сентябре 1946 г.

(Окончание в следующем номере).









**Двигатели -  
энергия успеха!**



15-19 апреля 2008 г.  
г. Москва

Устроитель салона



Ассоциация "Союз авиационного двигателестроения"

Россия, 105118, Москва, пр-кт Буденного, 19

- Авиационные и космические двигатели
- Двигатели для автомобилей, тракторов, судов, подвижного состава
- Двигатели для газо- и нефтеперекачивающих агрегатов
- Двигатели для энергетических установок
- Электродвигатели, ветродвигатели
- Микродвигатели для спорт. моделизма
- Системы автоматического управления двигателем
- Перспективные научные и инвестиц. проекты
- Двойные технологии
- Компьютерные разработки
- Станкостроение
- Металлургия
- Топлива, масла, смазки
- Подшипники
- Ремонт и сервисное обслуживание

В рамках салона проводится научно-технический конгресс по двигателестроению с широким привлечением специалистов авиац., космической, автомоб., тракторной и судостроительной промышленности, эксплуатантов двигателей и представителей экологических организаций.

**Двигателестроение было и остается ведущей отраслью машиностроения России. Мы вместе прошли годы кризиса и падения, вместе вышли из этого пике, и сейчас, несмотря на все трудности, уверенно смотрим в будущее.**

**Лучший показатель пройденного пути, своеобразный смотр наших достижений - выставка «Двигатели-2008», которая в десятый раз пройдет в Москве 15-19 апреля 2008 г. Юбилейная выставка и проходящий в ее рамках научно-технический конгресс - логическое продолжение и развитие предшествующих салонов, начиная с самого первого «Авиадвигателестроение-90», состоявшегося в 1990 г.**

**Само время подсказало идею проведения салонов и единственный выход для развития двигателестроения - объединение через интеграцию. Несмотря на трудности объединительного процесса, бурных дискуссий о дальнейших путях интеграции, прошедшие и, я надеюсь, будущий салон показывают, что наша сила - в единстве.**

**Надеюсь, что это единство, вкупе с демонстрацией высокого уровня продукции предприятий-участников салона, станет основой как для успешной работы на выставке, так и для дальнейшего процветания двигателестроителей.**

**Ждем Вас на Салоне «Двигатели-2008»**

**Генеральный директор Салона «Двигатели»**

**Президент Ассоциации «Союз авиационного двигателестроения»  
В.М. Чуйко**



• тел. (495) 366-80-48  
• тел. (495) 366-09-16  
• факс (495) 366-43-88

• e-mail: [essad@essad.ru](mailto:essad@essad.ru)  
<http://essad.ru>



**Мы продолжаем публикацию воспоминаний старейшего газотурбиниста в России, сотрудника группы В.В. Уварова - создателя в 1939 году первой в мире газотурбинной установки. Вернувшись с войны, автор статьи организовывал и проводил испытания для госприемки наиболее совершенной модификации этого двигателя Э-3080А.**

## **О ПЕРВЫХ В СССР ДВАДЦАТИПЯТИЧАСОВЫХ ИСПЫТАНИЯХ ОПЫТНОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ Э-3080А НА ОТКРЫТОМ ВИНТОВОМ СТЕНДЕ ЗАВОДА № 41 МАП**

**Александр Григорьевич Романов,**  
ведущий научный сотрудник ЦИАМ

Страна Советов готовилась встречать очередной послевоенный Новый год - 1948. К этой дате готовился и коллектив завода № 41 МАП, но по-своему. Дело в том, что в связи с началом работ по реактивной технике в июле 1946 г. этот завод был переведен с серийного производства маломощных авиационных двигателей М-11 на освоение новых опытных турбинных двигателей с воздушным винтом. Поэтому потребовалось разрабатывать не только принципиально новые двигатели, но и новые стенды. И как уже было принято, все, в том числе и испытания, нужно было завершить к концу года.

С большим напряжением сил, специалистами и рабочими завода были изготовлены испытательные стенды, разработанные "Гипропромом", в их числе и открытый стенд для испытания силовой установки газотурбинного двигателя с винтом. Четырехлопастный винт для этих испытаний специально спроектировали и изготовили в ОКБ С.Ш. Бас-Дубова. Объектом испытаний был газотурбинный двигатель Э-3080А конструкции профессора В.В. Уварова, изготовленный на заводе № 41 по чертежам своего ОКБ. Все элементы стенда и двигателя были допущены к испытаниям приемной комиссией во главе со старшим военпредом Н.П. Глаголевым. Программу 25-часовых непрерывных испытаний, которая также утверждалась военным представителем и руководством ОКБ и завода, составили по аналогии с приемными стендовыми испытаниями серийных поршневых двигателей. Предусматривалось проведение пяти этапов часовых испытаний с чередующимися непрерывными режимами циклов.

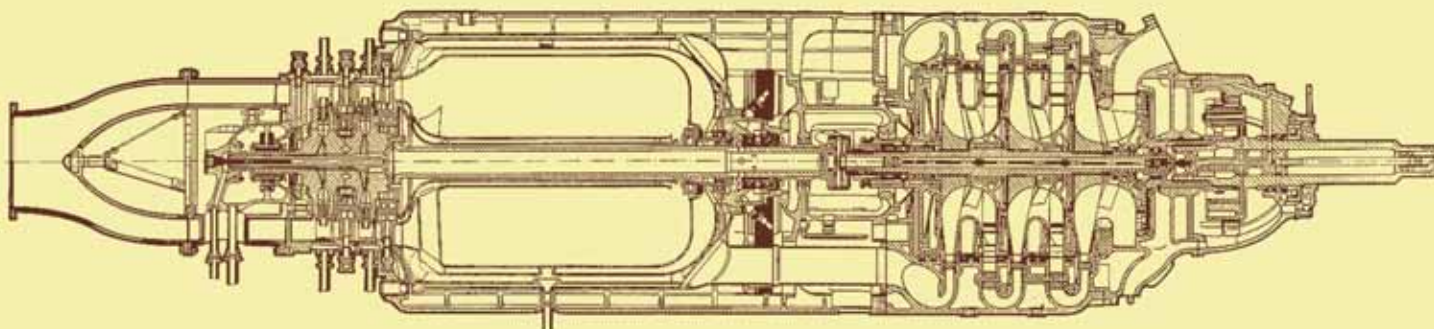
Подготовку и монтажные работы осуществляли механики под руководством начальника цеха испытаний Лифанова. Испытание вела бригада исследователей экспериментально-исследовательского отдела во главе с автором настоящей статьи - тогда ведущим конструктором ОКБ завода № 41.

...Испытания начались как раз под новый 1948 год. Шум от работающего двигателя распространялся на окружающий район и был слышен в поселке домов сотрудников завода. Жителями (они же - сотрудники завода № 41 и их семьи) эти испытания были восприняты, как успех завода в освоении новой техники.

Торжественная встреча Нового года на заводе проходила неподалеку от предприятия - в заводском клубе. На встрече присутствовали главный конструктор профессор В.В. Уваров и директор завода генерал-майор А.А. Завитаев. В полночь в пультовой комнате стенда раздался звонок. А.А. Завитаев спросил, как идут дела с выполнением программы и, узнав, что половина программы испытаний отработана, попросил ведущего поздравить всех работающих на стенде с Новым годом. От имени профессора В.В. Уварова и от себя лично передал экспериментаторам пожелания успешного завершения испытаний.

Успех испытаний способствовал заметному повышению качества изготавливаемых на заводе изделий, улучшению трудовой дисциплины во всех подразделениях завода и росту авторитета руководителей ОКБ. Программа была успешно выполнена с небольшими отступлениями по расходу охлаждающей воды в системе паровоздушного охлаждения турбины. В последующих экземплярах двигателя конструктором В.А. Зотовым был разработан новый узел подвода охлаждающей воды к двигателю (горячая часть этого ГТД, в том числе - диски и лопатки турбины - охлаждались оборотной проточной водой) и отвода влажного пара к радиаторам, а также передачи тепла воздуха окружающему пространству. В первой половине января был составлен специальный отчет об этих испытаниях, направленный в МАП СССР. Коллектив сотрудников был готов к дальнейшим исследованиям на эту тему, но программа по газотурбинным установкам В.В. Уварова дальнейшего развития, к сожалению, не получила. □

Э-3080М с шариковым подшипником перед трехступенчатой турбиной, последняя модификация двигателя Э-3080



# ЭВОЛЮЦИЯ КОНСТРУКЦИИ КАМЕРЫ ЖРД ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ В КОСМОС

**Анатолий Давидович Дарон,**  
ветеран НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко, д.т.н., профессор,  
конструктор первой паяной камеры с медной стенкой, ведущий конструктор двигателей ракеты Р-7  
**Вячеслав Федорович Рахманин,**  
главный специалист НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко,  
действительный член Российской академии космонавтики им К.Э. Циолковского, к.т.н.

**В статье изложена история создания конструкции камеры сгорания ЖРД первой в мире космической ракеты Р-7 ("Спутник"). Отдавая должное важности создания конструкции всех ракетных систем и ракеты Р-7 в целом, авторы отмечают, что приоритетной научно-технической разработкой, позволившей создать первую космическую ракету, является ее ЖРД, а в нем – новая паяно-сварная конструкция камеры. Эта фундаментальная конструкция используется в отечественной ракетной технике до сих пор и позволяет создавать ЖРД практически на любую тягу и давление в камере сгорания в пределах энергетической увязки параметров двигателя.**



**В** 2007 г. отмечаются сразу три юбилея, имеющих непосредственное отношение к открытию человечеством космической эры: 150 лет со дня рождения К.Э. Циолковского – основоположника космонавтики, 100 лет со дня рождения С.П. Королева – руководителя работ по созданию первых космических комплексов, в том числе ракеты Р-7, первой ракеты обеспечившей полеты в космос, и 50 лет со дня запуска первого рукотворного спутника Земли.

Современная космическая ракета состоит из ряда систем, каждая из которых является неотъемлемой частью всего ракетного комплекса. Не будем строить их иерархию по сложности или важности, рассмотрим эти системы по времени их появления. При таком подходе следует признать первым появление ракетного двигателя, а среди его агрегатов и элементов наиболее "древней" является камера сгорания. Здесь и доказательств не требуется, достаточно вспомнить старинные рисунки пороховых фейерверочных или сигнальных ракет. Но не только этим интересен этот агрегат. При исследовании эволюции его конструкции оказалось, что самый древний агрегат был и ключевым элементом в прогрессе технических характеристик жидкостных ракет. Немаловажно отметить, что в работах К.Э. Циолковского из всех элементов космической ракеты наиболее подробно рассмотрена камера ЖРД как агрегат, не только создающий реактивную тягу, но и как конструкция, технически трудно реализуемая с учетом экстремальных условий ее работы.

К важнейшим заслугам Циолковского следует отнести то, что он понял и объяснил людям в своих статьях и книгах реально существующую возможность преодоления силы притяжения Земли и осуществления полетов в космос. В опубликованном в 1903 г. труде "Исследования мировых пространств реактивными приборами" Циолковский предложил аппарат для полетов в космос – ракету с ЖРД. В этой же работе он вывел формулу, носящую теперь его имя, из которой следует важнейший вывод о том, что высота и дальность полета аппарата, запускаемого ракетой, определяются двумя основными характеристиками: скоростью истечения продуктов сгорания из сопла ракетного двигателя и логарифмом отношения

стартовой и конечной масс ракеты. Иными словами, ракетный двигатель должен обеспечивать максимально возможную тягу при сжигании каждого килограмма топлива (отношение тяги двигателя к расходу топлива за одну секунду принято называть удельным импульсом тяги), а конструкция самой ракеты должна обеспечивать максимальную величину отношения массы ракеты, заправленной топливом, к массе конструкции ракеты. В последующих работах Циолковский определил, что эффективность ракеты, выводящей полезную нагрузку, увеличивается при наличии двух и более двигательных ступеней. Кроме изложенного, он первым предложил и научно доказал эффективность использования в качестве компонентов ракетного топлива жидких химических веществ, теплотворная способность которых существенно превышает ранее использовавшиеся в ракетах пороха. Жидкое топливо позволяет получать удельные импульсы тяги, достаточные для преодоления жидкостной ракетой земного притяжения.

Немаловажным следствием опубликованных работ Циолковского является и то, что они привлекли молодых талантливых энтузиастов к практическому осуществлению идеи межпланетных полетов.

Первые практические работы по созданию ЖРД были начаты в 20-е годы прошлого века американцем Р. Годдардом и немецкими конструкторами во главе с Г. Обертом. В нашей стране к первым разработкам ЖРД приступили в 1930 г. в ГДЛ под руководством В.П. Глушко, в конце 1931 г. аналогичные работы начал Ф.А. Цандер, который по предложению С.П. Королева занялся разработкой двигателя ОР-2 для установки его на планер БИЧ-11. До середины 40-х годов минувшего века отечественные работы по созданию ЖРД велись как в сфере экспериментальной отработки конструкции и изучения внутрикамерных процессов, так и для установки на боевые баллистические и крылатые ракеты, ракетопланы, а также на самолеты в качестве реактивных ускорителей и маршевых двигателей. Все эти летающие объекты не требовали создания крупноразмерных двигателей, поэтому тяга отечественных ЖРД, а точнее, камер сгорания того периода, укладывалась в диапазон от 100 до 300 кгс. Этому



соответствовала и конструкция камер, выдерживающих давление газов до 20 атм.

По иному пути пошли немецкие разработчики ракет. Победенной в Первой мировой войне Германии по Версальскому мирному договору запрещалось иметь наступательное вооружение, в том числе авиацию и дальнобойную артиллерию. О ракетах, как боевом оружии, в договоре не упоминалось, и германский генеральный штаб привлек энтузиастов реактивного движения для разработки боевых ракет дальностью 250...300 км с боезарядом массой не менее 1 тонны. Разработанная под руководством Вальтера Дорнбергера и Вернера фон Брауна ракета А-4, более известная под пропагандистским наименованием Фау-2, использовалась в период с сентября 1944 г. по март 1945 г. для обстрела крупных европейских городов - Лондона, Антверпена и др.

Разработка А-4 стала выдающимся достижением в мировом ракетостроении. Этому способствовало решение ряда проблемных научно-технических задач. Камера ЖРД этой ракеты создавала тягу у земли 25 тс, т.е. превышала тягу других существующих в то время в Германии, СССР и США ЖРД более чем в 10 раз. Естественно, что победители фашистской Германии немедленно приступили к тщательному изучению трофейной ракетной техники и организации у себя ракетостроительной отрасли промышленности.

Руководство СССР придавало этому делу первостепенное значение, т.к. считало, что боевые ракеты - это убедительный путь лишения потенциального агрессора чувства безнаказанности и защищенности расстоянием. Организационные основы нового научно-технического и промышленного направления были заложены постановлением Совета Министров СССР "О реактивном вооружении" от 13 мая 1946 г. Среди множества мероприятий, намеченных к реализации, постановлением обязывало миноборопром и минавиапром воспроизвести на отечественных заводах и из отечественных материалов ракету А-4.

Для создания новой отрасли промышленности в СССР были организованы или выделены из ранее существовавших новые крупные конструкторские бюро с производственными базами, научно-исследовательские институты и созданы специальные организационные структуры. Были назначены руководители организаций, ответственные за разработку ракетных систем и всего комплекса в целом. При этом главным конструктором ракетных систем назначили С.П. Королева, главным конструктором ракетных двигателей - В.П. Глушко, по системам автоматического управления полетом - Н.А. Пилюгина, по стартовым комплексам - В.П. Бармина, а также ряд других. Был образован "штаб" - Совет главных конструкторов, решения которого стали практически обязательными для всех организаций, участвующих в разработке данного проекта. В ведущих высших учебных заведениях страны началась подготовка специалистов для новой отрасли.

С первой частью задачи, указанной в постановлении, - воспроизводством отечественного прототипа ракеты А-4 из отечественных

материалов, которая получила обозначение Р-1, - удалось справиться в сжатые сроки и с хорошим результатом: была обеспечена высокая надежность ракеты, чего так и не удалось достичь немцам, и в более короткий срок, чем это было сделано американцами. Немаловажным явилось и то, что исполнители работы подтвердили свою творческую зрелость и способность создавать и отрабатывать новую технику на вновь организованной промышленной, научной и испытательной базах.

Но как современное вооружение ракета Р-1 с ее дальностью полета до 300 км уже не представляла интереса. Поэтому в апреле 1948 г. вышло правительственное постановление о разработке в течение 1948-1950 гг. двух боевых ракет: Р-2 - дальностью до 600 км и Р-3 - дальностью до 3000 км, т.е. в 10 раз дальше, чем еще не освоенная на тот момент времени в производстве ракета Р-1.

Реализация этого постановления велась по двум направлениям:

а) дальнейшая модернизация базовой модели А-4;

б) поиск новых технических решений для создания более совершенной ракетной техники.

В русле первого направления отечественные конструкторы разработали ракеты Р-2 дальностью 600 км и Р-5 дальностью 1200 км. Изменения были внесены в конструкцию всех ракетных систем, в том числе и в двигатель. Стала иной и конструкция камеры, которая обеспечивала в ракете Р-2 тягу у земли 37 тс при давлении газов в полости сгорания 22 атм и в ракете Р-5 тягу 44 тс при давлении газов 24,5 атм. Удалось увеличить удельные импульсы тяги этих двигателей.

Указанные характеристики были получены благодаря замене струйных поясов внутреннего охлаждения на щелевую завесу горячего, что позволило ликвидировать два ряда отверстий, а также введению поясов завесы в форкамерах и организации наружного охлаждения ранее неохлаждаемого участка стенки сопла. Эти мероприятия, направленные на улучшение охлаждения, позволили поднять температуру горения топлива путем использования спирта 92-процентной концентрации, что также положительно сказалось и на тяге, и на ее удельном импульсе.

При разработке ракеты Р-3 советские конструкторы столкнулись с новыми для них проблемами. В ракетах Р-1, Р-2, Р-5 использовалась имеющаяся базовая конструкция, которую они успешно модернизировали, проявив способность творчески совершенствовать новую технику. А работы по Р-3 нужно было начинать с чистого листа. Выбранные совместно с ракетчиками ОКБ-1 технические характеристики разрабатываемой камеры двигателя Р-3 существенно отличались от достигнутых в камере двигателя ракеты Р-5: тяга - 120 тс, давление в камере - 60 атм, удельный импульс тяги у земли - 244 кгс·с/кг. Для их обеспечения требовались новые технические решения.

Одной из основных особенностей ЖРД является высокая температура продуктов сгорания топлива, превышающая температуру плав-

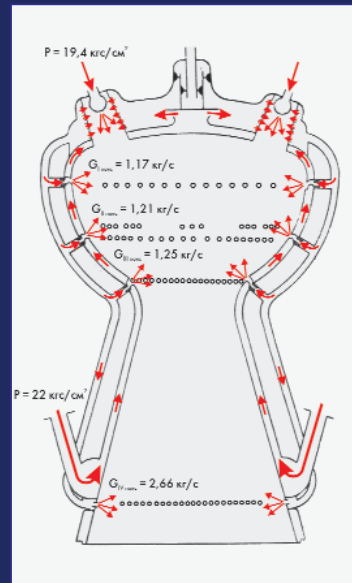


Рис. 1. Камера ЖРД ракеты А-4



Рис. 2. Камера ЖРД РД-110

ления любых конструкционных материалов. Поэтому при проектировании камер ЖРД важнейшей проблемой является разработка системы охлаждения их стенок. Немецкие конструкторы вынуждены были в свое время пойти на создание камеры двигателя ракеты А-4 (рис. 1) из стальных листов толщиной до 5...6 мм. При принятых ими компонентах топлива (жидкий кислород и этиловый спирт) охлаждение стальных стенок обеспечивалось снижением температуры газов в камере путем балластирования горючего водой на 25 % и, дополнительно, уменьшением тепловыделения за счет загущения смесеобразования - камера имела 18 форкамер со впрыском в них топлива далеко не совершенным образом, лишь бы только предохранить стенки от прогаров. Кроме того, оказалось необходимым снизить температуру пристеночных газов, что было реализовано путем впрыска горючего через отверстия в стенке. Такое решение было далеко не оптимальным и дополнительно снижало удельный импульс тяги камеры.

Дальнейшее существенное улучшение характеристик ЖРД было возможно только путем создания новой конструкции камеры, которая обеспечивала бы достаточную надежность при существенно повышенных значениях теплотворной способности топлива и давления газов в камере, при предельно реализуемой полноте сгорания. Все эти направления связаны со значительным ростом тепловых потоков и, следовательно, могли быть реализованы лишь при качественно улучшенном охлаждении стенок. Решение этой задачи составляло одну из основных трудностей при создании новых двигателей.

Прежде всего, необходимо было выбрать совместно со смежниками компоненты топлива для будущей ракеты. Как показали расчеты, такими компонентами явились жидкий кислород, уже хорошо освоенный промышленностью и эксплуатирующими организациями, и общедоступный керосин, обеспечивающий в реакции с кислородом существенно более высокую температуру сгорания, чем этиловый спирт. Однако замена спирта на керосин в качестве горючего для ЖРД приводила к серьезным осложнениям. Так, температура продуктов сгорания становится выше на 1000 °С. В то же время, керосин обладает по своим физическим характеристикам примерно в 1,5 раза худшей охлаждающей способностью, чем спирт. Кроме того, оптимальная доля его в топливе несколько меньше, чем спирта. Нужно учесть, что при использовании жидкого кислорода в качестве окислителя охлаждать стенки можно только горючим, так как криогенный компонент при докритических давлениях, реализуемых при запуске и выключении двигателя, не способен быть однофазным и обеспечивать надежное охлаждение камеры. В итоге: при переходе от спирта к керосину температура газа получается намного выше, охлаждающая способность горючего хуже, располагаемое количество жидкости для охлаждения стенок меньше, и в результате задача охлаждения стенок существенно усложняется. Без серьезной расчетной проработки и экспериментальной проверки невозможно было установить, имеет ли эта задача положительное решение, особенно в условиях выполнения требований по организации процесса сгорания, обеспечивающего высокую экономичность двигателя.

Стало ясно, что нужно базироваться на новых принципах проектирования камер. Прежде всего, материал стенок следовало выбирать возможно более теплопроводным, что означало необходимость замены стали медью и в перспективе - использования специально разработанных новых медных сплавов: жаростойких и сохраняющих высокую теплопроводность; при этом толщина стенок должна быть минимальной, вплоть до 1 мм. Для улучшения теплоотвода от стенок было использовано известное решение: наружное их обребрение. Обеспечение прочной связи внутренней стенки с силовой наружной стенкой потребовало создания новых технологических процессов высокотемпературной пайки и сварки меди со сталью и разработки соответствующей новой конструкции всех узлов камеры.

Параллельно с этим проводились проектно-конструкторские предэскизные проработки ракеты Р-3 дальностью 3000 км и двигателя для нее тягой 120 тс. Прорабатывались однокамерные варианты с охлаждением стенок как керосином, так и водой. Основным вариантом выбрали охлаждение керосином.

Успешный опыт эксплуатации двигателей в составе ракет типа Р-1 в какой-то мере оказывал давление на конструкторов при выборе формы камеры нового двигателя, которую представляли себе сферической, диаметром более 1 м, с 19-ю смесительными головками диаметром 200 мм, расположенными в центре и на двух концентрических окружностях по аналогии с расположением форкамер на камере двигателя А-4. Были проработаны схемы двигателя, эскизные компоновки агрегатов, изготовлены макеты камеры и двигателя, однако реальность конструкции оставалась сомнительной не только из-за ее необычной громоздкости, но и из-за отсутствия ясных представлений о путях организации у стенок камеры такой конфигурации стабильного пограничного слоя, необходимого для обеспечения надежного охлаждения.

Имея уже достаточный опыт создания ЖРД и, конкретно, камер сгорания и зная результаты работ коллег-конструкторов и исследователей из других отечественных КБ и НИИ, В.П. Глушко в 1948 г. принял решение приступить к разработке ряда конструкций экспериментальных камер с медными стенками, к созданию необходимого оборудования и технологии пайки и сварки медно-стальных узлов камер, к экспериментальной проверке работоспособности различных вариантов конструкции.

Первой камерой с обребренной медной стенкой, припаянной к стальной силовой стенке, стала разработанная в 1948 г. КС-50 (обозначение - камера сгорания с номинальной тягой 50 кгс при расчетном давлении в ней 60 атм; впоследствии она успешно работала до давления 100 атм). Камера состояла из цилиндра диаметром 60 мм и объемом 1 л, плоской головки с одной двухкомпонентной форсункой и конического сопла с критическим сечением диаметром 12 мм (рис. 3). Из-за малых размеров камера получила неофициальное название "Лилипут".

Все стенки и днище головки этой камеры со стороны огня изготавливались из чистой меди и охлаждались водой. На наружной поверхности медной стенки имелись выфрезерованные ребра постоянной ширины по высоте и длине. На цилиндре и сопле ребра располагались по образующим, ширина канавки между соседними ребрами не превышала 3,5...4 мм. Толщина стенки - доннышка канавок между ребрами выдерживалась в пределах 1...1,5 мм. Пайка проводилась в печах с нейтральной средой, высокотемпературный припой был создан на основе серебра. Для получения паяного соединения нужной прочности было опробовано несколько марок припоев, различные способы их нанесения на поверхность деталей, разные типы печей для пайки. Технологи совместно с конструкторами определили оптимальный зазор между деталями в местах пайки, различные способы прижатия деталей в процессе пайки и т. д.

Для соединений медных и стальных деталей на торцах каждого узла были впервые отработаны специальные режимы аргонодуговой сварки в нейтральной среде. Все эти подробности сообщаются потому, что и конструкция, и технология являлись пионерскими, а основные решения были затем использованы практически на всех последующих камерах ЖРД. Конечно, в дальнейшем, при создании камер большей тяги вносились усовершенствования, например, замена чистой меди на хромистую и другие специально разработанные бронзы, замена фрезеруемых ребер тонкими гофрированными проставками из тех же сплавов, где это позволяли профиль стенок и интенсивность тепловых потоков; ручную сварку заменила автоматическая и др.

Паяная конструкция камеры не только полностью решила проблему обеспечения надежного охлаждения, но и позволила выдерживать любое давление газов в камере в пределах увязки мощностей турбонасосных агрегатов (ТНА). С полным основанием можно утверждать, что эта конструкция камеры дала возможность создавать ЖРД практически любой тяги в пределах ее технической целесообразности и обеспечила полет ракет на любую дальность, в том числе выводить полезную нагрузку в космос.

"Лилипут" стала первой камерой нового типа. Она нормально заработала с первого же испытания, изготавливалась многие годы и использовалась для опытного подтверждения термодинамических



расчетов большого числа перспективных компонентов топлива, включая фторсодержащие окислители, разные суспензионные горючие и др. при давлении газов в камере сгорания до 100 атм. Подача компонентов в камеру была баллонной, окислитель использовался большей частью газообразным, при околокритическом перепаде давления, что обеспечивало прекрасный распыл и смешение компонентов топлива и, соответственно, полноту их сгорания.

Следующим этапом в процессе создания камеры новой конструкции стала камера ЭД140 тягой 7 тс (рис. 4). Она первоначально предназначалась для отработки отдельной смесительной головки камеры ракеты Р-3, а, по сути, стала основой для экспериментальной отработки практически всех основных элементов конструкции будущих камер отечественных ЖРД. Первые экземпляры ЭД140 появились в 1950 г. Тогда же был создан стенд для их испытаний с насосной системой подачи компонентов топлива и воды, использовавшейся для охлаждения стенок при большей части испытаний.

Камера ЭД140 предназначалась для работы при давлении газов 60 атм. Составлена она была из нескольких узлов с фланцевыми соединениями: цилиндра диаметром 240 мм, смесительной головки диаметром 200 мм и сопла. Было спроектировано, изготовлено и испытано до 20 различных типов смесительных головок, применялись сопла с различной длиной закрывающих частей и несколько вариантов остальных узлов, в том числе узел с оригинальным поясом защитной завесы из горючего с обеспечением его тангенциальной закрутки при выходе из щели.

Выбрав приемлемый вариант форсунок и конструкцию пояса внутреннего охлаждения, в ОКБ Глушко приступили к отработке конструкции камеры для Р-3, которая проводилась в ходе огневых испытаний модельных камер. Однако уже первые эксперименты выявили наличие множества сложных проблем, присущих сферической камере и вообще бесперспективность создания более мощного двигателя с камерой подобной конструкции. Еще при создании камеры двигателя ракеты Р-5 были полностью исчерпаны все возможности дальнейшего повышения энергетических характеристик. Как заметил в одном из своих писем С.П. Королев: *"...сам принцип, заложенный в основу конструкции таких двигателей, имел ограниченные возможности, т.к. не открывал пути для дальнейшего существенного увеличения тяги и особенно удельной тяги"*.

К моменту проведения этих работ выявились сложности в создании и других ракетных систем, да и сама ракета с дальностью 3000 км не решала главной стратегической задачи - иметь ракетное вооружение межконтинентальной дальности. Учитывая, что ракета Р-5 обеспечивала решение военных задач на средних дальностях, разработка Р-3 была прекращена. Этому способствовали и достигнутые успехи научно-технических исследований в ракетостроительной отрасли.

Уникальный, богатейший опыт, полученный при испытаниях вариантов конструкции ЭД140, а также результаты исследований, проводив-

шихся в других КБ и НИИ коллективами под руководством А.П. Ваничева, А.М. Исаева, М.В. Мельникова и других авторитетных специалистов, позволили сформулировать основные выводы и обобщить важнейшие результаты, полученные при конструировании основной камеры будущего двигателя, а именно:

- разработанные конструкции типовых узлов камеры с медной стенкой и технология их изготовления достаточно работоспособны и надежны; при этом, несмотря на значительное повышение давления газов и температуры продуктов сгорания, масса камер существенно уменьшилась по сравнению с немецкой конструкцией;

- наилучшей формой камеры сгорания была признана цилиндрическая с плоской смесительной головкой. Такое конструктивно несложное решение далось не просто, так как ранее предполагали, что форма камеры и расположение отдельных форкамер, или смесительных головок, могут способствовать лучшему перемешиванию продуктов сгорания. В процессе экспериментальных исследований стало ясно, что максимальное значение удельного импульса тяги обуславливается возможностью организации оптимального соотношения компонентов топлива равномерно по всему поперечному сечению камеры, а это не может быть обеспечено макроперемешиванием потоков газов от форкамер или отдельных головок из-за очень малого времени пребывания газов в камере, не более 5...7 мс, но может быть реализовано форсунками одной общей головки. При этом конфигурация корпуса камеры должна способствовать лишь организации надежного охлаждения стенок при минимальных потерях экономичности. Последнее возможно при оптимальном и стабильном пристеночном пограничном слое газа со стороны горячей поверхности стенок, реализуемом с минимальным расходом горючего для необходимого уменьшения температуры этого слоя. Таким образом, наиболее приемлемой оказалась именно цилиндрическая форма камеры, а для организации оптимального смешения и распределения компонентов топлива по ее поперечному сечению - плоская смесительная головка;

- проведенные испытания позволили отобрать наиболее эффективные варианты смесительных элементов, обеспечивающие полноту сгорания топлива, близкую к предельно возможной.

В результате были получены необходимые данные для создания принципиально новой конструкции камеры ЖРД для ракеты нового поколения.

К этому времени появилась возможность оценивать расчетным путем параметры и надежность охлаждения камеры. Методики расчета были разработаны В.М. Иевлевым, Л.Ф. Фроловым и их сотрудниками в НИИ-1 МАП, возглавлявшимся в те годы М.В. Келдышем.

В начале 50-х годов были получены первые результаты проектно-конструкторских и научных проработок, проводившихся по межконтинентальной ракете и всем связанным с ней системам в ОКБ С.П. Королева совместно со смежными организациями, в том числе в



Рис. 3. Камера КС-50



Рис. 4. Камера ЭД140

ОКБ В.П. Глушко - по двигателям. Были показаны объективные возможности создания ракеты такой дальности и принят ряд определяющих решений.

Для будущей ракеты требовалась, как минимум, двухступенчатая компоновка. В связи с отсутствием в то время достаточного опыта запуска двигателей на высоте (в пустоте) на выбранном несамовоспламеняющемся топливе была принята знакомая теперь всем оригинальная пятиблочная компоновка ракеты с четырьмя боковыми блоками первой ступени и одним центральным - второй ступени, с одновременным запуском двигателей всех блоков при старте ракеты. Это создавало возможность автоматической проверки факта запуска всех двигателей до момента старта ракеты. К достоинствам такой схемы относится и то, что создавались условия для максимальной унификации двигателей.

На начальном этапе проработок пятиблочной ракеты считалось, что двигатели будут однокамерными (рис. 5) Тяга на земле каждого двигателя задавалась равной 60 тс, оптимальное давление газов в них было определено на уровне 60 атм, поэтому экспериментальные двигатели на этом этапе создавались именно с такими параметрами камер. Внутренний диаметр цилиндра был принят 600 мм, смесительная головка - плоская со стороны огня, форсунки - двухкомпонентные, отобранные по результатам испытаний камеры ЭД140.

Итог испытаний камеры тягой 60 тс оказался неблагоприятным: никакими способами, известными двигателям в то время, не удалось обеспечить высокочастотную устойчивость процесса сгорания в камере без ухудшения его эффективности, т.е. без снижения основной характеристики - удельного импульса тяги. Спонтанное развитие высокочастотных колебаний давления газов в камере, за сотые доли секунды приводивших к большим разрушениям, - сложный процесс, который в то время только начинал проявляться и изучаться. Преодоление этих неприятностей было возможно в те годы, в основном, путем проведения экспериментальных исследований. Было выяснено, что такой тип колебаний проявляется чаще при увеличении давления в камере и ее диаметра, в большой степени зависит от системы смесеобразования и чем оно лучше и полнота сгорания больше, тем вероятнее развитие таких колебаний. Далеко не сразу было выяснено, что природа этих колебаний - в развитии ударных детонационных волн, распространяющихся со звуковой скоростью - отсюда и высокая частота. С особенностями этого явления, ставшего серьезным препятствием при создании камер большой тяги, можно ознакомиться в специальной литературе. А при создании мощных ракет в 1950-е годы разработчики были вынуждены прибегнуть к конструированию двигателей с камерами меньшего диаметра, что неизбежно приводило к переходу от однокамерного к многокамерному двигателю.

Ко времени получения такого вывода появилась необходимость увеличить стартовую тягу межконтинентальной ракеты на 25%; тогда и последовало предложение разработать блоки ЖРД не в одно-, а в четырехкамерном варианте. К заслугам проектировщиков ракеты и системы автоматического управления запуском следует отнести то, что они поняли трудности двигателистов и согласились с увеличением числа камер. Одним из обстоятельств, способствовавших такому отношению к увеличению числа камер, стало уменьшение массы двигателей из-за сокращения длины сопел камер, а это привело к сокращению длины двигателя, хвостового отсека и, соответственно, всей ракеты.

Ракета с четырехкамерными двигателями получила обозначение Р-7. Управление полетом ракеты по программируемому траекториям впервые было задумано осуществлять с помощью качающихся рулевых камер, располагавшихся по две на наружной стороне каждого бокового блока и еще четырех по периметру центрального блока, с подводом к ним компонентов топлива от ТНА основных двигателей. Таким образом, число одновременно запускаемых камер выросло до 32: 20 основных камер на пяти двигателях и 12 рулевых.

Для отработки оптимальных условий одновременного запуска всех 32-х камер в ОКБ В.П. Глушко создали специальный стенд, на котором было проведено более 1000 огневых испытаний с вы-

ходом на режим предварительной ступени, пока не была достигнута уверенность в надежности начального периода запуска и возможности его автоматического контроля. Следует напомнить, что на режиме предварительной ступени оба компонента топлива подаются в камеры самотеком под давлением наддува баков и столбов самих компонентов, зажигание обеспечивается от пороховых патронов и только после достижения стабильного горения во всех камерах подается команда на раскрутку ТНА всех двигателей и вывод их на основной режим работы.

Диаметры цилиндрических частей основных камер были выбраны равными 430 мм исходя из имевшегося опыта по оптимальной расходонапряженности - отношению расхода топлива через камеру к площади ее поперечного сечения. Были созданы экспериментальные однокамерные двигатели, на которых камера прошла предварительную проверку, включая исследование возможности проявления высокочастотной неустойчивости при работе на ожидаемых режимах. Наконец, была выбрана окончательная конструкция камеры (рис. 6). В частности, остановились на двухкомпонентных форсунках, установленных на концентрических окружностях при периферийном ряде однокомпонентных форсунок горючего для создания пристеночной защитной завесы.

Испытания показали, что интенсивность завесы определяет не только достаточность охлаждения стенок камеры, но и оказывает существенное воздействие на границы областей высокочастотной неустойчивости по давлению газов и соотношению компонентов топлива. Были выявлены две зоны неустойчивости: "нижняя" - область давлений газов, соответствующая примерно 40...70% номинального значения, и "верхняя" - с угрожающе низкой границей неустойчивости в районе 6...7% от номинала. Было определено, что увеличение расхода керосина на завесу перемещало границу неустойчивости вверх и, что особенно важно, были установлены количественные зависимости удельного импульса тяги и положения границы неустойчивости от расхода на завесу. В результате удалось выбрать оптимальный расход топлива на завесу для создания надежного охлаждения, обеспечения минимальных потерь удельного импульса тяги и гарантированно устойчивого горения.

Одновременно установили, что кажущиеся незначительными, а иногда и не контролируемые отклонения в производственном процессе изготовления камеры, и особенно - смесительной головки, могут повлиять на положение этой грозной границы. В документации были регламентированы всевозможные тонкости в части изготовления головки, такие как, например, размеры фаски на форсунках, разброс гидравлических сопротивлений отдельных форсунок, распределение форсунок по площади головки в зависимости от фактического расхода компонента топлива и др. Кроме того, важным условием для обеспечения надежной работы двигателя стало сохранение разработанной ранее системы контроля каждого экземпляра двигателя с проведением огневого стендового технологического испытания, при котором проверяется надежность во всем эксплуатационном диапазоне изменений давления газов. Уровень границы области неустойчивости оказался настолько стабильным, что на двигателе центрального блока, на котором требуемая тяга на 15% меньше, чем на боковых блоках, и давление газов в камерах соответственно ниже, стало допустимым уменьшить пристеночную защитную завесу горючего в камерах и повысить удельный импульс тяги.

После завершения отработки камеры на однокамерных экспериментальных установках были созданы двухкамерные опытные двигатели, уже со штатными ТНА и другими агрегатами, что позволило проверить их работоспособность в эксплуатационных интервалах параметров. Испытания прошли успешно. Но когда перешли к полной сборке в четырехкамерном варианте, то пришлось заняться обеспечением высокочастотной устойчивости в камерах при выходе этих двигателей на режим, а именно, в упомянутой ранее "нижней" области неустойчивости. Дело оказалось в том, что при одном и том же штатном ТНА двухкамерные двигатели запускались с примерно вдвое большим темпом нарастания давления в камерах, чем четырехкамерные, из-за чего в первом варианте камеры успевали "проскочить" через области неустойчивости, а во вто-



ром - высокочастотные колебания успевали развиться до опасных значений. Выход был найден в регламентированной задержке полного открытия клапана окислителя в процессе выхода двигателя на режим (он стал выполнять роль двухступенчатой заслонки). Это привело к росту темпа раскрутки ТНА и всего процесса выхода двигателя на режим; в результате время пребывания камер в "нижней" области неустойчивости настолько сократилось, что стало заведомо недостаточным для развития опасных процессов.

Можно подытожить, что в процессе разработки и стендовых доводочных работ удалось успешно решить такие серьезные проблемы, как создание эффективной и приемлемой по массе системы охлаждения камеры, обоснование оптимальной ее формы и типа смесительных элементов, обеспечение необходимых условий для преодоления высокочастотной устойчивости рабочего процесса во всех возможных условиях эксплуатации двигателей. Была набрана удовлетворительная статистика, позволившая приступить к стендовым испытаниям блоков ракеты, а затем ракеты в сборе, после чего - к летной отработке Р-7. Она началась в 1957 г. Первый полет Р-7 состоялся 15 мая. В августе весь мир узнал об этой ракете как первой межконтинентальной, совершившей успешный полет на расчетную дальность. А 4 октября любой житель планеты Земля, следя за полетом первого искусственного спутника, мог воочию убедиться в том, что такая ракета действительно создана, что сила тяготения преодолена и дорога в космос становится доступной.

Первый спутник был внеочередным, назывался "простейшим", имел обозначение ПС, а ракета и двигатели для нее имели такой же индекс. Для обеспечения гарантированной удачи с первого же запуска спутник имел минимально приемлемую массу, а ракета была по возможности облегчена. Двигатели применили специальные: в них защитная завеса горючего на головках камер была уменьшена и, соответственно, на 1% увеличен удельный импульс тяги, что оказалось возможным благодаря только для этой ракеты введенному ограничению форсирования не выше номиналов. Стендовые испытания подтвердили работоспособность двигателей в указанном режиме.

Более 30 лет прошло после начала полетов Р-7, и лишь после этого двигателисты решились на модернизацию смесительной головки камеры, используя накопленный за все эти годы опыт и конструкторские решения, которые были проверены на ряде успешно летающих ракет последующих поколений. Целью работ являлось повышение запаса устойчивости и, как следствие, увеличение удельного импульса тяги. Основным сдерживающим фактором для начала работ по модернизации была высочайшая надежность двигателей с первоначальной смесительной головкой. Требовались значительные затраты средств и времени на набор проверочной статистики нового варианта, чтобы подтвердить его хотя бы минимально соизмеримую надежность и решиться на его введение. В конце 1980-х годов решение было принято и двигатели с такими новыми камерами - с однокомпонентными форсунками и антидетонационными перегородками - были изготовлены и испытаны

вначале на стенде, а затем в составе ракет. После получения положительных результатов их начали изготавливать серийно. Использование модернизированных камер нашло отражение в наименовании новой модификации ракеты с такими двигателями - "Союз-ФГ".

Еще несколько слов о рулевых камерах. Разработка таких камер началась в ОКБ Королева, где под руководством М.В. Мельникова и Б.А. Соколова ранее была создана и успешно работала экспериментальная камера подходящих параметров тягой ~3 тс. Имелся также стенд для ее автономных испытаний.

Для превращения этой камеры в рулевой агрегат (РА) пришлось разработать специальные поворотные узлы подвода окислителя и горючего и совмещавшиеся с ними узлы качания, что и было выполнено. Этот РА, во многом универсальный для центрального и бокового блока ракеты, был принят за основу и применялся на начальном этапе летных испытаний, включая запуски первых спутников Земли. Затем, на стадии освоения изготовления ракеты и всех ее систем в серийном производстве, было признано резонным передать рулевые камеры и РА в целом в ОКБ В.П. Глушко, изменив при этом конструкцию на аналогичную основным камерам, а именно, на паяно-сварную с огневой бронзовой стенкой, что дало возможность усовершенствовать смеобразованием. Это существенно улучшило характеристики РА, заметно снизило их массу и подняло удельный импульс тяги на 15 кгс·с/кг, что положительно сказалось на массовых и энергетических характеристиках всей космической ракеты. И уже на пилотируемых ракетах, начиная с полета Юрия Гагарина, устанавливались РА с камерами нового типа. В них сохранилась только первоначальная конструкция узлов подвода и качания, но и они прошли серьезную доработку для исключения индивидуальной ручной подгонки при серийном производстве.

Рулевые камеры остались практически неизменными до настоящего времени. Для проверки надежности каждая из них, как и основные двигатели, проходит огневое контрольно-технологическое испытание перед поставкой.

Высокая надежность ракет типа Р-7, подтвержденная набранной статистикой полетов, позволила обеспечить их длительную эксплуатацию, ставшую рекордной для летательных аппаратов, ведь она началась 50 лет назад. За это время в летной эксплуатации находилось более 10 вариантов космических ракет, созданных на базе ракеты Р-7; при этом число испытаний самого напряженного агрегата - камеры маршевого двигателя - стало поистине "астрономическим". При числе полетов ракет, превышающих к настоящему времени 1700, включая все без исключения пилотируемые старты, число работавших в полете двигателей первой и второй ступеней составляет более 8500 экземпляров, а количество основных камер превысило 34 000. Если еще учесть технологические испытания каждого двигателя, а также партионные и проверочные, то общее число испытаний камер штатной конструкции превышает 70 000. Такой положительной статистики не имеет ни одна другая камера ЖРД в мировой практике. ▶



Рис. 5. Двигатель РД-105

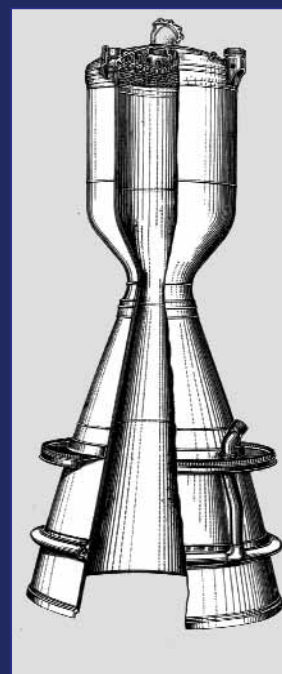


Рис. 6. Камера двигателя РД-107

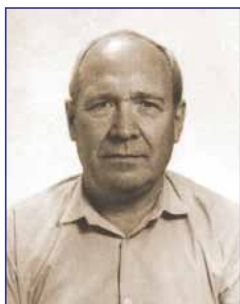
# ТУРБУЛЕНТНОСТЬ В ХОНЕЙКОМБАХ

## ТЕЧЕНИЕ ПАВЕЛЬЕВА

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

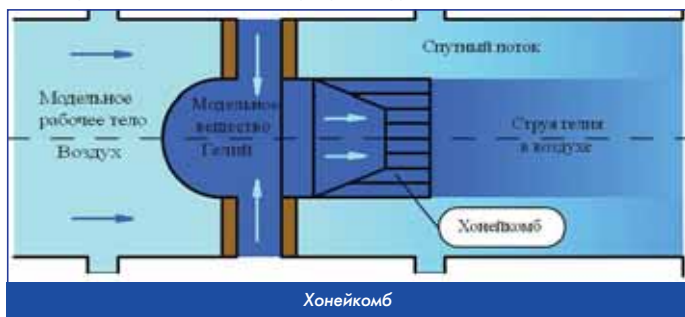
Анатолий Абрамович Павельев - известный ученый в области турбулентности. Он является автором многочисленных публикаций: статей, монографий и патентов. В его трудах изложены новые экспериментальные факты по турбулентным течениям и методы, позволяющие прогнозировать структуру турбулентных потоков. По результатам его работ созданы программы моделирования турбулентных процессов, на основе которых возможно получение точных количественных результатов для инженерных решений. В основе научного творчества А.А. Павельева были экспериментальные подходы. Им были созданы многочисленные экспериментальные установки, основанные одновременно на точных интегральных измерениях и дифференциальных термоанемометрических методах.

Наиболее значительные результаты им были получены в направлении формирования устойчивых стратифицированных турбулентных потоков. При помощи созданных им хонейкомбов он формировал входные устройства каналов, позволяющих получать практически любые профили скоростей турбулентных потоков. Течения, созданные при помощи таких устройств, долгое время оставались устойчивыми, и ламинарный режим таких течений сохранялся при достаточно высоких числах Рейнольдса. При исследовании спутных и затопленных струй им был открыт качественно новый вид течения, аналогичный потенциальному течению, при котором на достаточно продолжительном участке турбулентное перемешивание практически отсутствовало, а обмен между струей и внешней средой осуществлялся на молекулярном уровне.



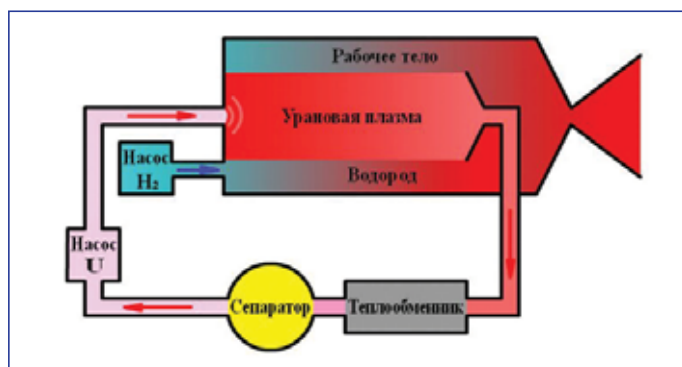
А.А. Павельев  
(1938-2007)

В настоящее время для дальних межпланетных экспедиций с особым интересом рассматриваются двигательные и энергетические установки, использующие ядерную энергию. Наиболее перспективным источником ядерной энергии для этих целей может оказаться генератор на основе газозазадного ядерного реактора. Основной принцип действия такого реактора заключается в том, что струя делящегося вещества в виде урановой плазмы ( $U^{235}$ ), выделяя огромное количество тепла, нагревает рабочее тело ( $H_2$ ) до тысяч градусов. При этом отсутствует ограничение на температуру нагрева рабочего тела, связанное с температурой плавления конструкционных материалов, так как их тепловая защита осуществляется самим же рабочим телом. Гидродинамическая схема течения компонентов



очень простая. Цилиндрическая струя урановой плазмы с заданной скоростью вытекает из выходного устройства в рабочую зону, где соприкасается со спутным потоком рабочего тела. После отдачи ему ( $H_2$ ) определенного количества тепла, струя по замкнутому термодинамическому контуру возвращается снова на вход рабочей зоны (рис. 1). Нагретый водород в зависимости от назначения аппарата поступает либо на тур-

богенератор, где вырабатывается электрическая энергия, либо непосредственно в ракетный двигатель для создания тяги. Проведенные исследования рабочих процессов в газозазадных реакторах показали, что для увеличения их эффективности и работоспособности необходимо организовать оптимальное течение рабочего тела относительно плазменного уранового ТВЭЛа (тепловыделяющего элемента) в течение всего времени работы. Другими словами, необходимо во время работы ядерной энергодвигательной установки управлять сильно стратифицированным потоком, стабильно удерживая в нём нужные рабочие параметры.



Предварительные исследования обозначили важную газодинамическую проблему создания устойчивых турбулентных стратифицированных течений при высоких сдвиговых параметрах. Как было показано ранее ("Двигатель" № 1, 2007), стратифицированное турбулентное течение имеет семь устойчивых конфигураций. При этом каждой предыдущей конфигурации соответствует более развитая последующая конфигурация в зоне перемежаемости (условно в области смешения спутных потоков). Это сопровождается увеличением размеров плазменного уранового ТВЭЛа и приводит к таким нежелательным последствиям как неконтролируемая потеря части делящегося вещества и дополнительное воздействие горячего урана на стенки реактора с возможным его разрушением. В такой постановке задача сводится к организации минимального изменения размеров ТВЭЛа в процессе работы, то есть к созданию условий, когда сопровождающие друг друга потоки являются послойными и не воздействуют друг на друга. При этом общий профиль скорости такой системы не должен иметь скачков и быть гладким. В этом случае передача тепла от ТВЭЛа к рабочему телу будет осуществляться только посредством молекулярной диффузии и радиационного теплообмена, а турбулентный теплообмен будет отсутствовать.

При этом общий профиль скорости такой системы не должен иметь скачков и быть гладким. В этом случае передача тепла от ТВЭЛа к рабочему телу будет осуществляться только посредством молекулярной диффузии и радиационного теплообмена, а турбулентный теплообмен будет отсутствовать.

При этом общий профиль скорости такой системы не должен иметь скачков и быть гладким. В этом случае передача тепла от ТВЭЛа к рабочему телу будет осуществляться только посредством молекулярной диффузии и радиационного теплообмена, а турбулентный теплообмен будет отсутствовать.



Создание таких условий предполагает применение специальных устройств, которые выравнивают потоки и приводят в соответствие сдвиговые параметры на линии соприкосновения. А.А. Павельевым были созданы специальные хонейкомбы, позволяющие управлять турбулентными потоками и создавать практически потенциальные пространственные течения на достаточно продолжительных участках с постоянными параметрами.



Рис. 2

Устройство хонейкомба основано на использовании большого числа параллельных каналов (призматических и цилиндрических трубок) различной длины. Трубки, из которых склеивались хонейкомбы Павельева, имели тонкую стенку и по диаметру выбирались таким образом, чтобы течение в них было ламинарным. Длина трубок и форма выходной части каждого отдельного хонейкомба выбиралась так, чтобы сформировать нужный результирующий профиль скорости на выходе. Другими словами, сдвиги по скоростям, плотностям, а в натуральных условиях по температурам, парировались подбором формы и размеров хонейкомба. Многочисленные экспериментальные исследования, проведенные с использованием хонейкомбов, показали их высокую эффективность. На рис. 2 и 3 (фото А.А. Павельева) приводится сравнение стратифицированных модельных потоков (спутная струя гелия в воздухе) без хонейкомба и с использованием его. На фотографиях видны развитые регулярные гидродинамические образования, связанные с интенсивным "перемешиванием" спутного потока с обычной струей, и практически однородный ламинарный поток, выходящий из хонейкомба.

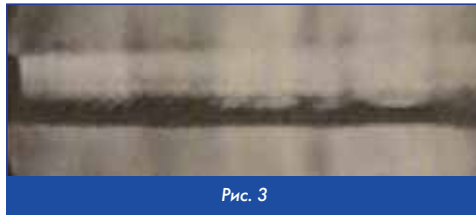


Рис. 3

При анализе этих картин течения следует ответить на резонный вопрос. Почему поток после воздействия на него турбулизующего аппарата (хонейкомба), тем не менее, становится ламинарным? Вопрос оказывается достаточно простым, если его рассматривать с точки зрения волновой теории. Волновые возмущения, формирующиеся в каналах хонейкомба, приводят к тому, что поток выстраивается в виде мелкомасштабных когерентных структур. В каналах формируются продольные жгуты течения с малой длиной волны. Такие течения приближаются к хаотическому, тепловому движению. Поэтому образовавшееся за хонейкомбами течение становится практически ламинарным. С математической точки зрения это течение близко к потенциальному. Другими словами - это вынужденное потенциальное трехмерное течение, которое сформировано техническим способом с целью получения необходимых локальных параметров. Такие течения А.А. Павельев предсказывал, а позднее получал экспериментально для широких диапазонов плотностей тока стратифицированных потоков.

Проводя некоторую аналогию и сравнивая это течение с другими известными потенциальными течениями, можно упомянуть плоские течения в лотках Хил-Шоу, где также формируются потенциальные течения в виде тонких вязких слоев.

При помощи течений в таких лотках с прозрачными стенками исследуются картины обтекания цилиндрических тел и аэродинамических профилей. К сожалению, пространственные течения, которые формируются за хонейкомбами, методами Хил-Шоу исследовать нельзя. Близкую картину течения можно наблюдать в плоском срезе на похожей гидравлической установке с мелкой сеткой. Прозрачные стенки установки позволяют выделить узкую потенциальную область течения и последующую область динамической потери устойчивости (рис. 4, фото Т. Корка и Х. Нагиба).

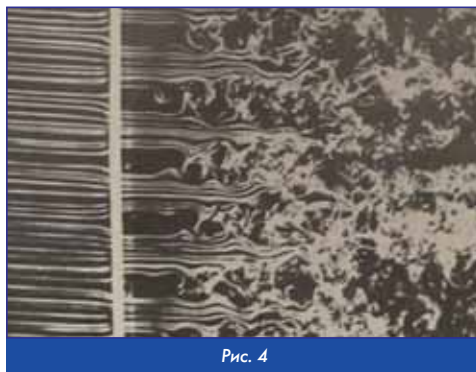


Рис. 4

Течение в лотках Хил-Шоу реализуется при достаточно низких числах Рейнольдса и может быть описано уравнением для ламинарного течения между параллельными плоскими пластинами:

$$\frac{dp}{dx} = \mu \frac{d^2 u}{dy^2}.$$

Аналитическим решением этого уравнения является зависимость, характеризующая параболический профиль скорости продольного потока:

$$u = -\frac{1}{2\mu} \frac{dp}{dx} (b^2 - y^2),$$

где  $\frac{dp}{dx}$  - продольный градиент давления;  
- расстояние между пластинами.

Аналогичное пространственное потенциальное течение Гагена - Пуазейля для прямолинейной трубки с круглым сечением также может описываться упрощенным уравнением Навье-Стокса для ламинарного течения и низких числах Рейнольдса:

$$\frac{dp}{dx} = \mu \left( \frac{d^2 u}{dy^2} + \frac{1}{y} \frac{du}{dy} \right).$$

Решение этого уравнения представлено в виде конечной зависимости для поперечного распределения скорости

$$U = -\frac{1}{4\mu} \frac{dp}{dx} (R^2 - y^2)$$

и зависимости расхода от градиента давления (закона Гагена - Пуазейля):

$$Q = \frac{\pi \cdot R^4}{8\mu} \cdot \left( -\frac{dp}{dx} \right).$$

Оба рассмотренных течения справедливы для низких чисел Рейнольдса и качественно отличаются от течения Павельева, которое, по существу, является сильно турбулизированным мелкомасштабным течением при больших числах Рейнольдса, близким к ламинарному. По структуре это течение, сформированное в хонейкомбах, выглядит как пучок многочисленных плотно упакованных тонких жгутов, отражающих единую однородную устойчивую структуру. Эта структура достаточно продолжительное время остается неизменной, что позволяет достаточно стабильно удерживать сильно разнородные смежные потоки ТВЭЛа и рабочего тела в динамическом равновесии.

В общем случае от упаковки трубочек в хонейкомбе зависит устойчивость турбулентного течения. Наиболее устойчивой является структура, полученная при упаковке квадратно-гнездовым способом. В этом случае не нарушается парность вихревых жгутов. Локальные кручения отдельных потоков упорядочены и спины ("Двигатель" № 4, 2005), сформированные от них, также устойчивы. В случае гексагонального расположения трубок парность вихревых жгутов нарушается, а устойчивость спинов теряется. При этом суммарный поток, сформированный в отдельных ячейках хонейкомба, также теряет устойчивость.

Поскольку описанное течение сформировано из множества малоразмерных жгутовых течений, то новой, более высокодифференцированной, формой устойчивости является так называемая "изотропная" турбулентность (ламинарность). С точки зрения формирования и управления стратифицированными потоками она наиболее предпочтительна и может существовать при больших числах Рейнольдса. Математически такая турбулентность может быть описана альтернативным уравнением:

$$\Delta \vec{V} + \vec{\Omega} = 0,$$

подробное описание которого дано в журнале "Двигатель" № 3 (51), 2007.



## ИЗ ГЛУБИНЫ ВЕКОВ

# КОЧ

Виктор Сергеевич Шитарев, капитан дальнего плавания

**"...Россиянам в половине XVI века все берега Северного океана были подробно известны, и, следовательно, мореходствовать по нему начали они уже несколькими веками ранее..."**  
(Федор Петрович Литке, 1797-1882)

В наши дни трудно дать однозначный ответ на вопрос - когда человечество узнало о полярных странах и начало их освоение, хотя и известно, что случилось это очень давно. В священных книгах древних индусов "Ведах", донесших до нас древние гимны и мифы, говорится, что люди на Севере жили еще за 6 - 7 тысяч лет до Новой Эры. В них имеются упоминания о полярном дне и ночи. В священной книге персов "Авесте" упоминается райская страна Айриайно-Вайей, на которую злой бог наслал холод и снег, где зима продолжалась 10 месяцев, а лето - 2 месяца. Год там казался как один день и одна ночь.

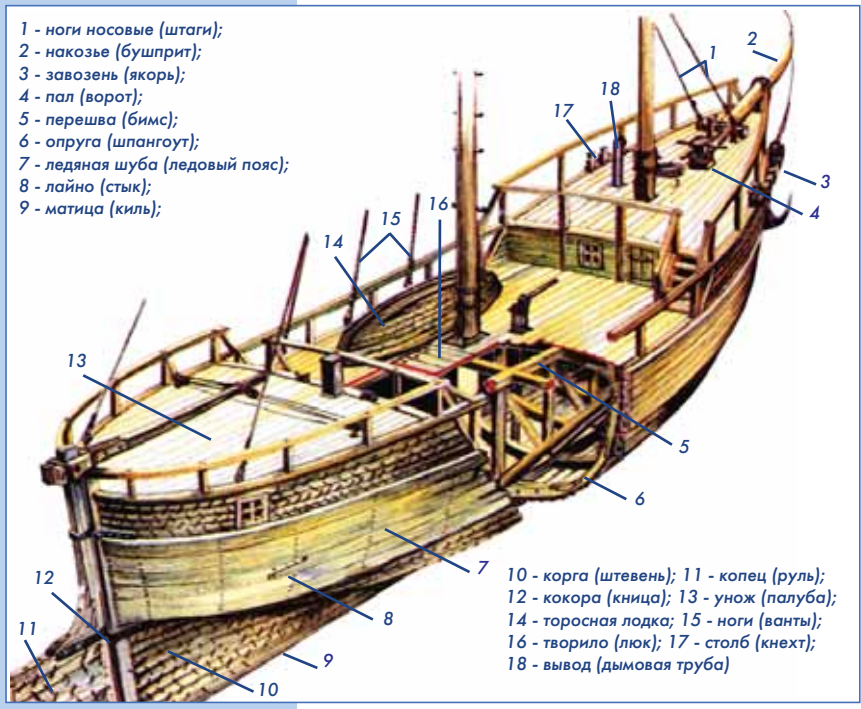
Древнегреческая поэма "Одиссея" (VIII век до н.э.) рассказывает о киммерийцах, живших в "стране туманов", в бесконечной и безотрадной ночи около океана. Про страну лэстригонов там говорится, что

день был настолько долгим, что "возвращавшийся вечером пастух мог переключиться с выходящим утром". Как видим - явное упоминание о "белых ночах". Ф. Нансен полагал, что эти рассказы о северных землях дошли до греков по русским рекам и Черному морю. Однако есть все основания считать, что великий исследователь полярных морей глубоко заблуждался. Все произошло значительно раньше.

В кинофильме о юности Михайло Васильевича Ломоносова промелькнули кадры, где он во время стоянки отцовского судна у островов Белого моря "путешествует" по высеченному на камне лабиринту. Известно, что лабиринт впервые построил на острове Крит греческий мифологический и искусный зодчий Дедал. Каким образом культ лабиринта проник на острова Белого моря - доподлинно неизвестно. Вполне возможно, что это произошло, когда древние греки на своем карабосе проникли на Беломорье. Отметим тот факт, что эти суда и сегодня строятся поморскими корабельями, тип судна называется карбасом. В общем, "карабос" и карбас - однокоренные.

Приблизительно, к 325 году до н.э. относится путешествие в северные земли выдающегося астронома и географа своего времени Пифея из Массалии (нынешний Марсель). Он вышел в Атлантику через Гибралтарский пролив, следуя вдоль западных берегов Европы на Север, обогнул Британские острова и дошел до страны полуночного солнца - Туле (румб "Север" в старину назывался "Полночь"). Видимо, Туле древние мореходы называли либо Исландию, либо Норвегию. Последнее более вероятно. По описанию Пифея, в самой северной широте его путешествия "ночь была совсем короткая и продолжалась местами два, а местами три часа", а до "свернувшегося моря" (таково было название льдов, просуществовавшее до средних веков) оставалось около одного дня пути. Это убедительная информация о существовании Северного Ледовитого океана.

В начале нашей эры передвижение европейских племен и народов, вступивших в борьбу с рабовладельческой Римской империей, стимулировало разви-



- 1 - ноги носовые (штаги);
- 2 - накозье (бушприт);
- 3 - завозень (якорь);
- 4 - пал (ворот);
- 5 - перешва (бимс);
- 6 - опруга (шпангоут);
- 7 - ледяная шуба (ледовый пояс);
- 8 - лайно (стык);
- 9 - матица (киль);

- 10 - корга (штевень); 11 - копец (руль);
- 12 - кокора (кница); 13 - унож (палуба);
- 14 - торосная лодка; 15 - ноги (ванты);
- 16 - творило (люк); 17 - столб (кнехт);
- 18 - вывод (дымовая труба)



тие судостроения. Славянские племена издавна предпочитали селиться по берегам рек, которые служили для них естественными путями передвижения. Уже предки современных славянских народов - веныды на Севере и анты на Юге были искусными и смелыми мореходами. В тридцатые годы VI века ант Доброгаст командует византийской черноморской эскадрой. Славянские племена совершают трудные морские походы по Черному и Средиземному морям на греческий город Солунь в 610 году, остров Крит в 623 году, Константинополь в 626 году и к южным берегам Италии в 642 году, чтобы отстоять от посягательств лихих гостей черноморское побережье. Черное море в те времена называлось Русским морем. Уже тогда суда руссов отличались своими высокими мореходными качествами.

Мнение некоторых историков о том, что побережье российских северных морей заселялось выходцами из Новгорода, неубедительно. Такой административный центр как Новгород, известный с 859 года, не мог возникнуть на пустом месте, он сформировался на землях к тому времени уже хорошо обжитых и освоенных местным населением. Там должны были пересекаться основные торговые пути, совершаться сделки купли-продажи, различные перевалочные операции по перегрузке с сухопутного транспорта на ластовые суда и наоборот. Но сведения о богатых северных охотничьих угодьях и морских промыслах, безусловно, будоражили умы новгородцев. В поисках новых товаров для рынка господина великого Новгорода смелые мореходы все дальше проникают на Север. Были среди них и "обычные люди", и беглые смерды, ободрившие себя поговоркой - "Есть Спас и за Сухоной". И хотя заслуги новгородцев в освоении северных земель российской Арктики несомненны, но они были не первыми.

Некоторые вполне достоверные сведения о народах северо-востока России содержатся в трудах арабских писателей X века, рассказывающие о езде на собаках, об охоте на моржей и тюленей на побережье Северного Ледовитого океана. Хаживали в Белое море викинги, знавшие где и чем можно поживиться. Заходили они и в устье Северной Двины. Там в былые времена собирались богатые ярмарки и шла интенсивная торговля. В X - XI веках здесь находились богатейшие селения с добротными рублеными домами и богатыми "красными" храмами. Пиратство викингов известно, они грабили и Лондон, и Париж, и Бонн, а также другие крупные европейские города. Поэтому их походы на русский Север легко объяснимы.

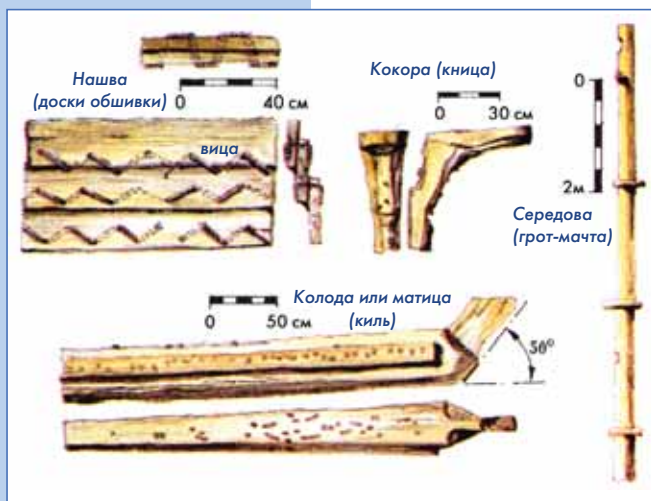
Об их лихих походах на Беломорье повествуют исландские саги. Так в 920 году в устье Северной Двины ходил Эйрик Кровавая Секира, убил множество людей, опустошил страну и взял несметные богатства. Сын его, Харальд Серый Плащ в 965 году в тех же местах "блестящий меч свой окрасил в красный цвет". Разбойничал здесь и сын Харальда - викинг Эйрик. В 1026 году викинг Торер Собака разграбил храм Иомалы, по всей вероятности находившийся на месте современного города Холмогоры. О том, сколько раз были биты поморами лихие гости, саги и руны, конечно, не повествуют, однако известно, что их походы были не безнаказанны. Русские мореходы сами выходили в море не только на промысел или торговать в близлежащие земли, они тоже любили "руку правую потешить". Так на крайнем Севере Норвегии появилась крепость Вардеуз, известная с 1307 г.; поморы называли ее Варгаев, ныне это самый северный норвежский порт Варде.

В "Повести временных лет" упоминается о посещении новгородцами Печеры и Югры в 1096 году. Ходили они и за "каменный пояс" - Уральские горы. Заволочье, расположенное по течению Северной Двины и прилежавшее к Мурманскому (Баренцеву) морю, являлось богатейшей колонией Новгорода. В числе новгородских земель упоминается также "волость Тре" - ныне это Терский берег на Кольском полуострове. В XII веке северное поморье было центром русского судостроения, где строились отличные "пригодные к морскому ходу" ластовые суда (1 ласт = 5,66 м<sup>3</sup> = 2 регистровых тонны; ласт соответствовал грузу шерсти, умещавшемуся на телеге ломового извозчика, "ластовые суда" - так на русском Севере назывались суда торгового флота). В XII веке в устье Северной Двины был основан монастырь Михаила Архангела, откуда берет свое начало Архангельск.

В эти давние времена поморским капитанам (вожам) уже были известны все земли российской Арктики. Знали они и путь на Грумант (Шпицберген), при благоприятной ледовой обстановке ходили промысливать к Земле Франца Иосифа, имели свои промыслы на Новой Земле, знали о существовании острова Врангеля и о других землях Северного бассейна. В этой связи интересно сообщение агента Английской торговой компании в Москве Френсиса Черри от 1578 года: "...со слов русских, за Обью находится теплое море". Иными словами, речь идет о том, что поморские капитаны ластовых судов прекрасно знали трассу Северного Морского Пути и могли на своих судах проходить до Тихого океана. Кстати, когда М.В. Ломоносов в 1763 году начал подготовку северной экспедиции капитан-командора Василия Яковлевича Чичагова (1726 - 1809), он показал моряку свою карту Арктики с нанесенными на ней всеми, ныне известными, землями. После смерти Михайло Васильевича эта карта исчезла вместе с его библиотекой.

Итак, успехи наших предков в торговом судоходстве по северным морям российской Арктики впечатляют. Можно также с уверенностью сказать, что они были бы невозможны без судов "пригодных к морскому ходу". И такие суда у мореходов русского Севера были, и никто во всем мире таких судов больше не строил, секретами их постройки владели только русские корабельщики. Эти суда могли свободно проходить битый лед, если судно оказывалось затертым льдами, форма его корпуса была такова, что при сжатии, судно "выжималось" на лед не получая никаких повреждений. Итак, я начинаю свой рассказ о поморском коче, судне удивительном. Его реконструкция была выполнена мною вместе с художником В.И. Барышевым по материалам





комплексной экспедиции Арктического и антарктического научно-исследовательского института Госкомгидромета СССР с участием Института археологии АН СССР в 1968 - 1970 и 1973 годах.

Как инженер, могу признаться в том, что меня поразила оригинальность и сбалансированность конструкции. Ее

прочностные элементы должно рассчитывать на самой современной ЭВМ, потому что создавать ее "методом тыка" можно бесконечно. Отсюда следует вывод о том, что этот тип судна создавался и доводился "до ума" не одним поколением. Чего стоила проверка найденных решений - трудно себе представить. Ясно, что за ошибки корабелов моряки, как правило, расплачивались собственными жизнями, и не где-нибудь, а на просторах "белого безмолвия". Однако отдадим должное уважение старинным конструкциям и их талантливим создателям.

Раскопки советских ученых названных мною институтов дают обширный материал для размышления. Им сильно повезло в том, что из земли были извлечены элементы судовых конструкций древнего коча. Мне кажется, что имея такое судно с экипажем, даже я, как профессиональный судоводитель с моим опытом ледовых походов, прошел бы трассу современного Севморпути без помощи ледоколов за одну навигацию. Однако, как говорится, ближе к делу. На морском слэнге название судна звучало по-разному - кочмара, кочмора, кочь или коча. Кто-то мог назвать судно "шитиком" - доски обшивки его корпуса сшивались "вицей", кто-то - лодья, ладья - все подходит. Трудно классифицировать эти суда, некоторые исследователи делят их на беломорские и сибирские, хотя различия между ними не столь существенны. Беломорские суда строили из сосны, основного судостроительного материала Беломорья; основным строительным материалом сибирских кочей была сибирская лиственница.

Название типа судна происходит от слова "коца" - ледовая обшивка, ее еще называли "ледовая шуба". Она крепилась к основной обшивке вгладь и предохраняла ее от ледовых повреждений. Основным материалом для ледовой обшивки служили доски из лиственницы, мелкослойные, смолистые и прочные. Они были тоньше досок (набоев) основной обшивки и при повреждениях легко заменялись на новые, к обшивке крепились деревянными гвоздями (ершами). Коца располагалась в районе переменной ватерлинии в том месте, где корпус коча мог соприкасаться со льдом, то есть - от надводного борта к скуле корпуса судна. Если кочь оказывался затертым во льдах, то при их сжатии его корпус яйцевидной формы выталкивался вверх, а льдины уходили под корпус. Так судно оказывалось на поверхности ледяного массива. В этом случае мореходы перемещали его волоком до ближайшей полыни, а затем продолжали плавание.

Наиболее справедливо суда этого типа классифицировать по их грузоподъемности. Поморы строили малые кочи, бравшие на борт от 500 до 1600 пудов груза. Они применялись для смешанного плавания, как сейчас сказали бы, типа "река - море". Для дальних морских походов строили кочи грузоподъемностью 2500 пудов. Видимо, для плавания во льдах суда больших размеров не строились по той причине, чтобы уложиться в рамки конструктивного запаса прочности дерева как судостроительного материала, в условиях ледового сжатия. Корпус должен был не разрушаться под напором полярных льдов, а оказываться на поверхности ледового массива. Кроме того, судно имеющее слишком большую массу трудно двигать на волюке.

Поморы очень бережно относились к железу, расходовали его весьма экономно, лишний гвоздь не забивали, все они были забиты только там, где это было необходимо. На постройку каждого коча уходило несколько тысяч металлических крепежных деталей - гвоздей, скоб, металлических полос (кованые кочи). На пошив большого прямого паруса расходовали 600 аршин парусины. Говорят, что на парус пришивали накладку из тонкой замшевой кожи. С замши, при обледенении, было легче удалить намерзший лед. Я с этим утверждением спорить не буду, так как мне доподлинно известно, что древние викинги для предотвращения излишнего намокания паруса обшивали его полотнищами шерстяной ткани. А что предпочтительнее, шерсть или замша - решали сами мореходы. На оснастку каждого коча уходило 845 сажень веревков, линий, тросов, которые изготавливались из пеньковой пряжи. Чтобы такелаж не гнил, его смолили.

Швы в корпусе и палубу конопатили смоленой пенькой, на каждое судно уходило 2 павозка. Павозками назывались небольшие речные баржи (лихтера). Найденный при раскопках киль судна (колода) имел длину 21,6 метра, сверху к нему крепилась резенкиль, а снизу - фальшкиль. В резенкиль врезались флортимберсы шпангоутов (упругов), их на коче было 13. Каждый шпангоут (упруг) собирался из отдельных деталей - футоксов, при этом учитывалась естественная кривизна дерева, которое шло на изготовление шпангоутов. Верхняя часть шпангоута - топтимберс, приблизительно, на 1 метр возвышалась над главной палубой, к топтимберсам крепили доски фальшборта, а на веру всю конструкцию соединял прочный брус - планшир. Фальшборт (его нижняя доска) на 10...15 сантиметров был приподнят над главной палубой, чтобы зашедшая с морской волной на палубу вода могла свободно стекать за борт.

Фальшкиль (изобретение русских корабелов) крепился к колоде снизу, он предохранял киль от повреждений при посадке судна на мель и, особенно, во время волюка. Поврежденный фальшкиль всегда и без проблем можно было заменить на новый, например, при очередном креновании судна.

К шпангоутам деревянными ершами крепилась клинкерная обшивка из толстых корабельных досок - набоев, шириной 25 сантиметров. Всего их было 30 штук, что позволяет рассчитать высоту борта коча на миделе, которая должна была достигать 3,5 метра; а это, в свою очередь, позволяет сделать вывод о том, что осадка судна в полном грузу была 1,5...1,75 метра. Так можно получить достаточную остойчивость для данного типа судов. Штевени коча имели высоту, равную приблизительно 5,5 метрам, так как судно имело носовую надстройку - полубак и кормовую - полуют. Форштевень имел наклон к плоскости горизонта око-



ло 50°; ахтерштевень был почти вертикальным с небольшим наклоном назад. В носовой надстройке располагался экипаж, там выкладывалась печь для приготовления пищи, а также спальные места для моряков. В кормовой надстройке устраивалась каюта капитана, в средней части корпуса - трюм, который обычно разделялся на отсеки - чердаки.

Доски обшивки корпуса сшивались между собой в пазах "вицей", на каждое отверстие в доске приходилось 4-5 шлагов, поэтому прочность соединения не уступала той, как если бы они сбивались деревянными ершами. Почему поморы именно сшивали пояса обшивки? Например, древние викинги скрепляли их металлическими заклепками на клинк-шайбах, так же делали и на карбасах. А дело здесь в том, что сшитые доски могли, пусть и незначительно, смещаться относительно друг друга при увеличении местной нагрузки на корпус, что позволяло распределить эту нагрузку на большей площади борта судна.

На рисунке слева показан мидель-шпангоут коча. Его бортовые ветви вверху соединяет бимс, замыкающий шпангоутную раму. В диаметральной плоскости судна под ним установлен вертикально, упирающийся в резенкиль, пиллерс, который не позволяет палубе прогнуться. Это обычная конструкция. В том же месте в резенкиль упираются два наклонных бруса (все наклонные брусья на судне называются укосинами). Вверху укосины крепятся к бимсовой книце. Получается хорошо нам известный лук, древко которого представляет бортовую ветвь шпангоута, а тетиву - укосина. Это безусловное ноу-хау древних северных корабелов. Доски обшивки у килля делались чуть толще остальных, они образовывали шпунтовый пояс; а доски в районе палубы также имели большую толщину и образовывали ширстрек (ширстречный пояс). Далее, 3-4 доски палубного настила у борта тоже имели утолщение и образовывали, таким образом, палубный стрингер.

Теперь разберемся в том, как работала получившаяся конструкция. Как известно, самая прочная продольная судовая конструкция - киль. Допустим, судно на волоке, под килем катки. Вес палубы через средний пиллерс и укосины передается на киль, на него же через укосины передается и вес бортовой обшивки от ширстрека до шпунта. О рациональности созданной конструкции говорить не приходится, и так все ясно из силового треугольника. Все корпусные элементы пропорционально загружены.

Далее, возьмем случай, когда корпус судна сдавливали полярные льды. Через ледовую шубу и обшивку давление льда передается на бортовую ветвь шпангоута. Он слегка прогибается, концы его бортовой ветви стремятся разойтись, но здесь, как тетива лука, начинает работать укосина, ей "помогает" бимс. Лед, благодаря яйцевидности корпуса, уходит под корпус, и судно оказывается "выжатым" на лед. Нам, оценивая мудрость древних корабелов, остается только снять шляпу и в пояс им поклониться.

На каждом коче была, если можно так выразиться, своя закладная доска, на которой строивший его корабельный мастер схематично изображал заложённые в судно свои конструкторские идеи. Это помогало другим мастерам выполнить качественный ремонт судна.

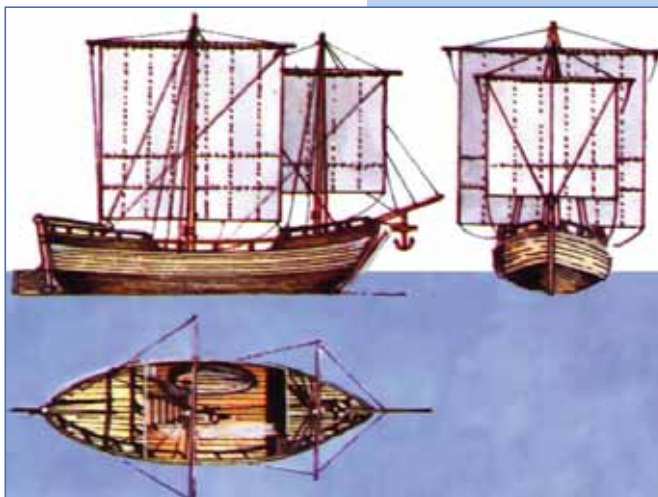
На каждом коче было по два якоря, как сегодня сказали бы, адмиралтейского типа, массой по 4,5 пуда. Это становые якоря (такой якорь назывался стоп-анкером). Еще два якоря, их называли верпами, были вполонину легче, они же использовались и как ледо-

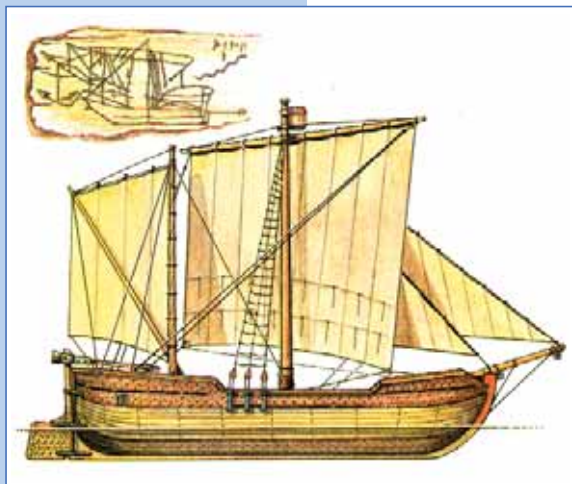
вые. Для выборки якорного каната служил шпиль (кочка), который устанавливался на полубаке. По поводу тяжелых якорей якутский воевода Приклонский писал царю: "...А 6-8-пудовые якоря на службу не годятся, потому что ...посылаются на кочи казаков по-немногу, человек по семи и по десяти. И они теми тяжелыми якорями владеть не могут". Были на коче, как минимум, два ледовых якоря. В сущности - это были те же верпы, но только с одной лапой, поэтому они были полегче.

На кочах поморы возили еще по две небольшие лодки с полозьями, та называемые лодки-ледянки. На ледянках подтаскивали к борту туши убитых животных во время зверобойного промысла. Еще их применяли при плавании во льдах. Допустим, что судно оказалось выжатым на поверхность льда, а вблизи есть полынья. Место полыньи мореходы определяли по "водяному небу", оно там было темнее, чем над поверхностью льда, над которым было "ледяное небо" (оба термина придуманы поморами). Тогда на лед спускали ледянку или, при необходимости, обе ледянки. На них укладывали ледовый якорь и якорный канат, сколько умещалось. Затем тащили ледянку в сторону водяного неба. Когда весь якорный канат оказывался на льду, во льду выдалбливали глубокую лунку и в нее вставляли лапу ледового якоря. Один конец каната крепили к ледовому якорю, а его противоположный конец брали на шпиль. И так, выбирая канат, перетаскивали судно ближе к воде. Эта процедура повторялась до тех пор, пока судно не оказывалось на краю ледового поля. Ну, а столкновение на воду большой сложности не представляло.

Надо сказать, что современная терминология классификации полярных льдов, практически, полностью заимствована у поморов - блинчатый лед, склянка, молодик, нилас, шуга, снежура, ледяной заберег, несак, пак, припай и так далее. Знали поморы и о том, как надо бороться с цингой. Известен случай датируемый, приблизительно, 1740 годом, когда поморы Алексей и Иван Гимковы, Степан Шарапов, Федор Веригин прожили робинзонами на одном из островов Груманта (Шпицбергена) 6 лет и благополучно возвратились домой. От цинги спасались тем, что пили свежую оленью кровь, знали они и о том, что сильным средством от этой болезни является, тот самый, рыбий жир, да и сама воюкса (тресковая печень) имеет не только высокие вкусовые качества, но и весьма полезна для организма, помогает лечить "куриную слепоту".

Найденные в раскопках поморские навигационные инструменты свидетельствуют об их высокой культуре судовождения. Магнитный компас (маточка), солнечные часы и другие инструменты подтверждают, что в этом отношении Беломорье не уступало Европе. Знали поморы и звездное небо, но созвездия называли по своему: Большая Медведица называлась "Лосем", Плеяды - "Утиным гнездом", Орион - "Коромыслом"





Поморский коч. В левом верхнем углу - фрагмент доски, имевшейся на каждом коче, схематически поясняющей конструктивные особенности каждого конкретного судна.

или "Граблями", Млечный путь - "Гусиной дорогой" или "Птичьей дорогой". Было у них в почете и лоцмейстерское дело - все фарватеры обставлялись вехами; на берегу устанавливались навигационные знаки - "Кресты" (по типу современных створов). Знак был деревянным или из камней, тогда он назывался гурий или гурей.

М.В. Ломоносов, работавший над подготовкой экспедиции, которой командовал В.Я. Чичагов, опираясь

на собственные знания и опыт, писал: "...в отдалении от берегов сибирских, на пять и семь сот верст, Сибирский океан в летние месяцы от таких льдов свободен, кои бы препятствовали корабельному ходу". Есть еще документ, датированный царствованием Алексея Михайловича: "Описание, чего ради невозможно от Архангельского города морем проходит в Китайское государство и оттоле к Восточной Индии" (автор неизвестен). Отметив, что северный морской путь в Китай нельзя "...проходит великих ради льдов и стужи и тьмы и мглы", автор указывает на высокоширотный более благоприятный вариант маршрута, "...пишут же землеписатели, что буде кто не близ берега морем, но далеко в акиане плавати будет, может пройти в Китай". Возможно текст взят из поморской Лоции, речь идет о Великой Сибирской польнье, существование которой предсказано М.В. Ломоносовым.

Почему же пути, проложенные отважными русскими полярными мореходами оказались напрочь позабыты потомками? Почему оказалось позабытой конструкция уникального судна - коча? Так незаметно исчезнувшего с просторов Сибирского океана. Конечно же, здесь не обошлось без царской воли. После совершения великих географических открытий, европейские мореходы начали поиск более близких путей в Индию и другие страны Дальнего Востока. Их взоры обратились к Северному Ледовитому океану, что сильно встревожило Москву. Там справедливо полагали, что заморские гости рано или поздно будут плавать до Оби минуя "корабельное пристанище" в Архангельске, приносившее государству немалый доход. Была и другая забота, русские купцы "учнуть торговати с немцы, утаясь в Югорском Шару, на Колгуеве, на Канином Носу, и государеве казне в пошлинах истеря будет".

Опасения правительства были не безосновательны, если учитывать успешное развитие европейского торгового судоходства. Морские походы европейцев были не бесполезны. Так, в 1553 году Ричард Ченслер зашел в устье Северной Двины. В Двинской летописи читаем: "Прииде корабль с моря на устье Двины реки и обослався: приехали на Холмогоры в малых судах от английского короля Эдварда посол Рыцарт, а с ним гости". Ченслер, представившись королевским послом, был принят Иваном Грозным в Москве. Между Москвой и Англией были установлены дипломатические отношения, и в том же году Ченслер вернулся в Англию.

Итак, чтобы "государеве казне в пошлинах истерии не было", в 1619 году был издан Правительственный указ о запрещении "морского хода". Основным

портом назначения в ту пору была Мангазея, являвшаяся торговым центром Сибири. Вначале поморы писали царю челобитные с просьбами "...из Мангазеи в Русь и в Мангазею с Руси ходить большим морем по-прежнему, чтоб вперед без промыслов не быть". Но в ответ последовал "казак крепкий" предписывавший, что непослушным "...быть казненными злыми смертями и дома разорити до основания" и еще "...та дорога, по государеву указу, от дальних лет в крепкой заповеди с смертной казнью належит, чтоб никакой человек тем заповедным путем из большого моря-окиана в мангазейское море, ни из мангазейского моря в большой океан никто не ходил". За выполнением указа следила стража, выставленная в Югорском Шаре, на острове Матвеевом и Ямальском волоке. Она также должна была "...проведывать про немецких людей, чтобы отнюдь в Сибирь и Мангазею немецкие люди водяным путем и сухими дорогами ходу не приискали". В 1672 году по указу царя Алексея Михайловича город Мангазея был упразднен.

Что же касается попыток европейских мореходов открыть северный морской путь в Тихий океан, то они оказались безрезультатными. В Европе не умели строить суда, способные плавать во льдах, да и ледовых капитанов там не было.

Сильный удар по ластовому судостроению на русском Севере нанес царь Петр I. В его указе от 28.12.1715 г. архангельскому вице-губернатору говорилось: "По получении сего указу объявите всем промышленникам, которые ходят на море для промыслов на своих лодьях и кочах, дабы они вместо тех судов делали морские суда галиоты, гукары, каты, флейты, кто из них какие хочет, и для того (пока они новыми морскими судами исправятся) дается им сроку на старых ходить только два года". Но по понятным причинам поморские промышленники не очень спешили выполнять этот указ. Тогда в 1719 году последовал новый указ царя: "... а старые их суды лодыи, карбусы, соймы, кочи и прочие велите переорлить и дайте им на тех заорленных (помеченных царским клеймом) доходить, а вновь отнюдь не делали б, а буде кто скажет делать после сего указу оные, тех с наказанием сылать на каторгу, а суды их изрубить".

Чем же так не понравились Петру I поморские ластовые суда? Дело в том, что царь Петр Алексеевич прилагал все силы к созданию российского ВМФ. Перечисленные им торговые суда могли нести на борту корабельную артиллерию и, в зависимости от количества пушек, легко становились бригами, бригантинами и т.п. Но "новоманерные суда" были абсолютно непригодны для плавания в полярных льдах, в чем в свое время убедились и В. Баренц, и Р. Ченслер, и др.

Так наступил "закат" ластового судостроения на Севере. Вот что писал в XVI веке английский мореплаватель Бэрроу о встрече с русским кормщиком Гавриилом на рейде реки Кола: "Пока мы стояли на этой реке, мы ежедневно видели, как по ней спускалось вниз много русских лодей, экипажи которых состояли минимально из 24 человек... В понедельник, 22 июля, мы вышли из реки Колы со всеми русскими ладьями. Однако, плывя по ветру, все ладьи опережали нас; впрочем, согласно своему обещанию, Гавриил и его друг часто приспускали свои паруса и поджидали нас...". Согласно иностранным хроникам конца XVI века на Мурманском побережье ежегодно промышляло около 30 тысяч русских на судах численностью 7400 единиц.



# ЗНАМЕНИТЫЕ ПАРХОДЫ НА МОНЕТАХ

Андрей Викторович Барановский

Если брать все монеты, выпущенные разными странами в честь самых известных пароходов, то на первом месте оказывается "Титаник". Именно он завершает серию монет, изготовленную в Сомали и посвященную судам, вошедшим в историю, и вообще истории мореплавания. Сами монеты сделаны по так называемой мультиколорной технологии - изображение на них цветное и представляет собой практически переводные картинки.

Среди монет, посвященных "Титанику", есть одна уникальная. История появления монеты такова.

В 2000 году была организована подводная экспедиция с целью поднятия на поверхность некоторых деталей судна, а также содержимого его кают и трюмов. Среди поднятого с борта оказалось немного угля для топок парохода. На аукционе, где распродавали найденное, к углю никто не проявил интереса, кроме Либерии. Она купила его за бесценок и вставила по крошечному кусочку в овалы серебряные и золотые монеты с изображением этого судна именно в то место, где находилось машинное отделение. Монеты, отчеканенные в 2005 г., пользуются бешеной популярностью среди нумизматов. Кстати, в 1998 г. эта африканская страна отчеканила 20 серебряных долларов, на которых был изображен момент гибели "Титаника" и в картуше помещен портрет его капитана. Эта же сцена повторяется на двухдолларовой серебряной монете тихоокеанских островов Кирибати.

А Сьерра Леоне также на серебряной монете достоинством 10 долларов, выпущенной в 2002 г., изобразила начало драмы - спуск на воду этого самого большого (водоизмещение 64 тыс. т) на тот момент трансокеанского лайнера.

Первый в мире пароход Роберта Фултона можно видеть на серебряной монете в 50 долларов, выпущенной островами Кука. Она входит в серию "500 лет открытия Америки". В 1807 году Фултон, а он был артистом и изобретателем, спустил на воду пароход "Клермон", который выполнял пассажирские рейсы по Гудзону между Нью-Йорком и Олбани. А первый парусно-колесный пароход, пересекший Атлантику, - американскую "Саванну" изобразил Вьетнам в 100 донгах из серебра и 10 донгах из медно-никелевого сплава.

На свой трансатлантический первый рейс в 1819 году "Саванна" затратила 27 суток и 12 часов. Справедливости ради следует заметить, что 87 % пути

судно прошло под парусами. А после этого знаменитого рейса с него сняли паровую машину, решив, что ходить только под парусами экономичнее.

Большую серию медно-никелевых монет номиналом в 1 крону посвятил развитию пароходов остров Мэн, входящий в состав Великобритании, но имеющий право чеканки собственной монеты. Серия открывается парусно-колесным "Сириусом". В 1838 году он пересек Атлантику за 18 суток и 10 часов, перемещаясь только с помощью парового двигателя. Именно с этого события началась машинная эра морского судоходства. В серию входят также плававший в 80-х годах XIX века по Миссисипи "Чаперон", и такие крупнейшие трансатлантические лайнеры как "Мавритания", "Куин Мери" и "Куин Элизабет".

Подобную, но меньшую серию из четырех монет отчеканила в 1997-98 годах и Куба. В нее входит и одна прямоугольная, сильно вытянутая по горизонтали. Именно на монете такой формы удалось разместить грузовой Hanseatic.

Франция в серии памятных золотых и серебряных монет номиналом в 1, 5 и 20 евро ("Путешествия вокруг света") отдала дань трансатлантическому лайнеру "Нормандия", жизнь которого оказалась весьма короткой. На момент постройки "Нормандия" была самым крупным лайнером мира водоизмещением 79 300 регистровых тонн и являлась предметом гордости французских судостроителей. На 11 палубах турбоэлектрохода могли разместиться 1972 пассажира, которых обслуживала команда из 1285 человек. Заметим, что корпус "Нормандии" строился по проекту русского эмигранта В. Юркевича, двигатели - по системе инженера Аршаулова, а винты - по проекту Харковича.

Как самое быстроходное судно "Нормандия" несколько лет держала почетный приз "Голубая лента Атлантики". А вот погиб лайнер совершенно нелепешим образом. В годы войны правительство США конфисковало лайнер и распорядилось переоборудовать его в военный транспорт. Но практически перед самой сдачей военным на "Нормандии", переименованной к тому времени в "Лафайет", начался пожар, который не смогли быстро затушить, и судно затонуло прямо возле причальной стенки.

В Конго выпущена серебряная 10-франковая монета с изображением крупнейшего довоенного лайнера Германии "Бремен" водоизмещением 50 тыс. т. **А**



# ПОДВОДНЫЙ УДАР

Сергей Леонидович Мальчиков

(Продолжение. Начало в № 4-6 - 2006, № 1-4 - 2007)

Союзница Германии и Италии Япония на 1 декабря 1941 г. имела 63 подводные лодки в боевом составе флота и 29 в постройке. К моменту вступления в войну японский подводный флот был больше германского. За годы войны в Японии было построено 129 подводных лодок, однако потери составили 130 лодок. Все 192 подводные лодки принимали участие в боевых действиях. Для сравнения скажем, что в боевых действиях со стороны США участвовало 190 лодок. Однако сравнение эффективности их действий далеко не в пользу Японии. Если на одну погибающую американскую лодку приходилось 98 000 брт грузоподъемности уничтоженных судов, то на одну японскую - 6000 брт, т.е. в 16 раз меньше. В действиях против боевых кораблей перевес американских подводников также значителен. Подводники японского флота потопили 34 корабля (два авианосца, два крейсера, 17 эсминцев, 11 эскортных кораблей, две подлодки) и повредили три авианосца, два линкора, два крейсера; на счету американских подводников - 176 потопленных кораблей (восемь авианосцев, линкор, 12 крейсеров, 45 эсминцев, 77 противолодочных кораблей, 10 минных заградителей и 23 подлодки) и девять поврежденных - два линкора, четыре авианосца и три крейсера.

Такое соотношение частично объясняется тем, что в основе стратегических планов японского флота была теория захвата и доктрина господства на море в расчете на активные действия крупных надводных кораблей. Совместно с ними должны были действовать подводные лодки. Для этого в Японии был создан мощный надводный флот (10 линкоров, 10 авианосцев, 38 тяжелых и легких крейсеров, 112 эсминцев), основными задачами которого являлись завоевание господства на Тихом океане, уничтожение главных сил флотов США и их союзников, поддержка армии в захвате и обороне территорий Южных морей и Юго-Восточной Азии. Японское командование рассматривало подводные лодки как средство для уменьшения сил американского флота до размеров, не способных помешать флоту Японии одержать победу в морском сражении. Подводные лодки Страны Восходящего Солнца использовались для малоэффективных поисков боевых кораблей противника, постановки минных заграждений, артиллерийских обстрелов побережья США, снабжения изолированных гарнизонов и т.д. В то же время подводные лодки не привлекались для

систематических действий на коммуникациях противника. Командующий подводным флотом вице-адмирал Мива в 1944 г. заявил: "Основное значение наших лодок - быть вспомогательными нашему надводному флоту".

При этом необходимо отметить, что большинство подводных лодок, построенных до войны, было скопировано с устаревших иностранных подлодок. Образ-

Год	Число потопленных судов	Тоннаж (брт)
1941	6	31 693
1942	133	561 472
1943	308	1 366 962
1944	548	2 451 914
1945	154	447 593
Всего:	1149	4 859 634

Таблица 1

Потери японского торгового флота от торпедного оружия подводных лодок США

цами для лодок I-1, I-68, I-121 были германские лодки времен Первой мировой войны, а RO - английские типа L. Для борьбы на коммуникациях противника могли быть использованы только 23 лодки. Из числа остальных 17 подлодок применялись как носители самолетов дальней разведки для нужд надводного флота, пять - типа I-16 предназначались для транспортировки сверхмалых подводных лодок, четыре, типа I-121 были построены как минные заградители, а 14 типа RO были пригодны лишь для действий в прибрежных районах.

Уже во время войны в Японии в основном строились подводные лодки - носители самолетов и сверхмалых подводных лодок и подводные транспорты, которые не играли существенной роли в боевых действиях на Тихом океане. В 1942 г. было решено построить 18 громадных лодок, первые из которых - I-400 и I-401 вступили в строй в январе 1945 г. Эти лодки могли транспортировать по три самолета-торпедоносца. Введенные позднее I-13 и I-14 имели по два самолета. Транспортные подводные лодки без торпедного вооружения могли перевозить 110 человек, 5 т груза внутри прочного корпуса и 20 т вне его. Попытки Германии склонить Японию к серийному строительству океанских подводных лодок по образцам немецких лодок успеха не имели.

Практически все подводные лодки, построенные до 1944 г. были весьма низкого качества. В книге М. Хасимото "Потопленные" приводится оценка японских лодок командером флота США Э. Бич, который писал: "Японские подводные лодки были слишком большими (почти в два раза больше американских), трудно управляемыми под водой, система управления была сложной и недостаточно надежной. Недостаток жилых помещений, исключительно плохие

Японская подводная лодка типа I-52





санитарные условия, сильная вибрация корпуса, плохая шумомаскировка вспомогательных механизмов были характерными для этих лодок, построенных с отступлением от общепринятых у нас норм строительства, обеспечивающих безопасное плавание в подводном положении. Удивительно, как могли японские подводники вообще плавать, и не только плавать, но и топить наши крупные боевые корабли".

Выведа из строя основные силы Тихоокеанского флота США в Пёрл-Харборе 7 декабря 1941 г., японцы захватили стратегическую инициативу и добились господства на море. Однако осенью 1942 г. Япония была вынуждена перейти к стратегической обороне, а в 1943 окончательно утратила господство на море. Таким образом, расчеты на молниеносную войну не оправдались. Американцы перешли в наступление и японцы не сумели защитить свои морские коммуникации.

Адмирал С.Г. Горшков в своей книге "Морская мощь государства" отмечал, что "борьба на морских коммуникациях в Тихом океане приняла своеобразный и в значительной мере односторонний характер. Японские подводные лодки действовали против крупных боевых надводных кораблей противника и не использовались для борьбы на его путях сообщений. Поэтому американские морские перевозки остались, по существу, без воздействия японского флота".

В то же время нельзя утверждать, что японские подводные лодки совсем не участвовали в борьбе на морских коммуникациях противника. Свой боевой счет они открыли в конце декабря 1941 г., потопив четыре судна у западного побережья США и три в районе Гавайских островов. На тихоокеанских коммуникациях действия подводного флота Японии носили эпизодический характер, поэтому достигнутые успехи не были значительными. Так, в центральной и северной части Тихого океана было потоплено 18 судов, а в юго-западной - 33 судна. Наиболее эффективными были действия японцев в Индийском океане, так как транспорты там ходили без охранения. Всего в акватории этого океана японские подводники потопили 119 транспортов, потеряв всего две лодки: I-34 и I-160.

Японские подводные лодки имели на вооружении парогазовые торпеды типа 89, калибр которых составлял 533 мм. Эти торпеды имели массу 1267 кг, из которых 300 кг приходилось на заряд ВВ, длину 6700 мм и скорость 45 уз на дистанции 5500 м. Кроме того, японские подводники располагали кислородными торпедами того же калибра и дальностью хода до 20 км.

Подводные лодки США действовали на японских коммуникациях более успешно. За годы войны они провели 4873 торпедных атаки, из которых около 28 % были успешными. На потопление одного судна расходовалось до 13 торпед. Потери японского торгового флота от торпедного оружия американских подводных лодок показаны в таблице 1. Подводные лодки ВМФ США во Второй мировой войне потопили 1149 японских торговых судов, в том числе 117 танкеров, что составляет около 64 % всех уничтоженных кораблей и судов противника. Кроме того, подводниками было спасено 504 летчика со сбитых над океаном самолетов. Всего в боевых действиях принимали участие 315 подводных лодок. 190 американских подводных лодок потопили как минимум одно судно. Потери подводного флота США составили 52 подводных лодки, при этом погибло 3505 подводников. К концу 1944 г. на Тихом океане действовали 156 американских подлодок и 60 японских.



Английский линкор типа "King George V"

В первые военные годы американские подводники были вынуждены соблюдать строгий режим экономии при расходовании боезапаса, т.к. флот не располагал необходимым количеством торпед. В то вре-



мя на вооружении подводных лодок была парогазовая торпеда Mk-14 (калибр 533 мм, длина 6250 мм, общий вес 1415 кг, масса ВВ составляла 180 кг, 4100 м преодолевались со скоростью 46 уз, а 8200 м со скоростью 32 уз, двигатель - 2-ступенчатая турбина). При этом надо отметить, что имевшиеся торпеды плохо удерживали установленную глубину хода, а взрыватели были ненадежными. Только через два го-

Японская подводная лодка типа I-16





Итальянский линкор  
"Vittorio Veneto"

да после начала войны промышленность США смогла наладить выпуск более совершенных торпед. В конце 1942 г. американцы захватили немецкую электрическую торпеду G7e, но воспроизвести ее сумели только в конце 1943 г. Наибольшей результативности добилась подлодка "Tang", которая за семь месяцев участия в боевых действиях отправила на дно 24 японских судна. Однако 24 октября 1944 г. эта лодка атаковала японский конвой, потопив несколько судов и эсминцев охранения. По последнему транспорту было выпущено две торпеды. Одна из них попала в цель, другая прошла мимо и, сделав левый разворот, угодила в подлодку. Из 66 членов экипажа спаслось лишь девять человек.

В боевых действиях в Атлантическом океане и на Средиземном море активное участие принимали подводные лодки Великобритании. Несколько лодок действовали на Тихом океане. Английские подлодки на Средиземном море нанесли значительный ущерб транспортному флоту, осуществлявшему снабжение армии Роммеля, действовавшей в Северной Африке. (см. табл. 2). Во Второй мировой войне участвовали 233 подводных лодки Великобритании и стран, находившихся в то время под ее контролем, потопившие 10 крейсеров, 368 торговых судов, 41 подводную лодку, потеряв при этом 76 подлодок. В феврале 1945 года состоялся поединок подводных лодок в подводном положении (под перископом). В этой дуэли верх взяла английская лодка "Venturer", которая потопила немецкую U-864. Всего за годы войны английские подводники произвели 1671 торпедную атаку, из которых 770, или 46% были успешными. В цель попали 1040 торпед из 5121 выпущенной. На вооружении британских подлодок состояли парогазовые торпеды Mk-IV и Mk-X. Первая из них имела калибр 533 мм, общую массу 1490 кг, в т.ч. 235 кг - заряд ВВ, длину 6950 мм и развивала скорость 35 уз на дистанции 7320 м и 29 уз -

на 9600 м, двигатель - 4-цилиндровый звездообразный. Mk-X имела тот же калибр, но была длиннее - 7193 мм и тяжелее - 1567 кг - общая масса, в т.ч заряд ВВ - 300 кг., а ее скорость составляла 47 уз на расстоянии 3000 м и 41 уз - на 5000 м, двигатель - 2-цилиндровый горизонтальный.

В годы Второй мировой войны флотами практически всех воевавших стран широко применялась торпедоносная авиация, участвовавшая во многих морских операциях. В зависимости от ситуации торпедоносцы действовали самостоятельно, а в ряде случаев - во взаимодействии с бомбардировщиками, торпедными катерами и подводными лодками. Так, 11 ноября 1940 г. английская авиация нанесла воздушный удар по главной базе итальянского флота в Таранто, чтобы обезопасить проводку ценного конвоя из Англии. На момент удара в гавани находились шесть линкоров, включая два новейшей постройки, пять тяжелых и девять легких крейсеров, 27 эсминцев и 10 подводных лодок. Для проведения этой операции англичане выделили ударную группу (авианосец "Illustrious", легкий крейсер, три тяжелых крейсера и четыре эсминца), группу оперативного прикрытия (четыре линкора, два тяжелых крейсера и 12 эсминцев), демонстрационную группу (3 крейсера и 2 эсминца) разведывательную авиагруппу на о. Мальта и авиагруппу развития успеха на аэродромах Греции. 11 ноября группа оперативного прикрытия расположилась между Таранто и о. Кефаллония, демонстрационная группа - в проливе Отранто. Ударная группа вышла на позицию в 170 милях юго-восточнее итальянской базы.

В 21.30 с авианосца "Illustrious" поднялась первая группа самолетов - шесть торпедоносцев "Суордфиш", четыре пикирующих бомбардировщика и два самолета-осветителя. Атакующие заходили с темной стороны горизонта, поэтому итальянские корабли бы-

Потопленный  
итальянский линкор  
"Conte di Cavour"



Год	Число потопленных судов	Тоннаж (брт)
1940	10	46440
1941	68	240897
1942	73	282324
1943	82	232507
Всего:	233	802168

Таблица 2

Потери итальянского и немецкого торгового флота на Средиземном море от торпедного оружия (06.1940-09.1943)



ли хорошо видны на лунной дорожке. В 23.00 самолеты-осветители сбросили восемь осветительных авиабомб в восточной части порта, после чего зажгли нефтехранилище. Торпедоносцы атаковали линкоры. Два звена по три самолета в каждом с высоты около 10 м сбросили торпеды; в линкоры "Conte di Cavour" и "Littorio" попало по одной торпедой.

В 22.30 с авианосца взлетела вторая группа - пять торпедоносцев, два самолета-осветителя и два бомбардировщика, которая достигла базы около полуночи. Эта группа действовала по тому же плану, что и первая. Одна из торпед попала в уже поврежденный линкор "Littorio", другая - в "Giulio Cesare". Также были атакованы крейсер и эсминцы, находившиеся во внутренней гавани. Атаки закончились в 3.12. Таким образом, три линкора и два тяжелых крейсера получили значительные повреждения. Англичане потеряли при этом всего два самолета.

Английская морская авиация принимала активное участие в боевых действиях на Средиземном море и в Атлантике. Если в начале 1942 г. средиземноморские коммуникации были надежно прикрыты флотом и авиацией Германии и Италии, то уже к осени английские подводные лодки и авиация, которые базировались на о. Мальта, в значительной мере пресекали морские перевозки из Германии в Северную Африку. Так, уже в сентябре 1942 г. было уничтожено 30 % всех транспортов, осуществлявших снабжение армии Роммеля, в октябре - около 40 %.

Английский линейный крейсер "Repulse"



Авиация сыграла значительную роль в борьбе с подводными лодками Германии. В годы Второй мировой войны Германия потеряла 781 подводную лодку, из них 329 (42,2 %) потопила авиация берегового базирования, 46 (5,9 %) - корабельная противолодочная авиация. Совместными усилиями авиации и надводных кораблей уничтожено 48 подлодок (6,1 %).

Действия авиации по борьбе с подводными лодками на Тихоокеанском театре военных действий были не столь эффективны, как в Атлантике и европейских водах. Из 130 потопленных японских подводных лодок на долю авиации США приходится всего 13, а еще семь было уничтожено совместно с надводными кораблями. Таким образом, на Тихом океане авиация принимала участие в 15,3 % атак, приведших к потоплению японских подлодок, т.е. в три раза меньше, чем в Атлантике и на Европейском театре военных действий.

Значительных успехов добилась торпедоносная авиация в борьбе с крупными надводными кораблями. 7 декабря 1941 г. в гавани Пёрл-Харбор на о. Оаху находились главные силы Тихоокеанского флота США: восемь линкоров, два тяжелых и шесть легких крейсеров, 29 эсминцев, пять подводных лодок, минные заградители, тральщики и другие корабли - всего 93 боевых корабля и вспомогательных судна. На аэродромах острова находились



Английский линкор "Prince of Wales"

574 самолета. В базе не было авианосцев, входивших в состав двух отдаленных одно от другого и от базы соединений. В этот день японский флот нанес удар по американской базе. В операции участвовали ударное авианосное соединение и передовое соединение. В ударное соединение входили шесть авианосцев, имевших на борту 424 самолета, линкоры, крейсера, 11 эсминцев, три подлодки и восемь танкеров. Удар наносился двумя эшелонами авианосной авиации. Первый эшелон (40 торпедоносцев, 51 пикирующий бомбардировщик, 49 высотных бомбардировщиков, 43 истребителя) за

пять минут до времени атаки кораблей нанесли бомбовые удары по аэродромам Хикэм, Уилер и базе гидросамолетов на о. Форд. В 8.00 самолетами-торпедоносцами, имевшими по одной торпедой, были атакованы линкоры, после них высотные бомбардировщики сбросили по одной 800-кг бронебойной

бомбе. Потери первого эшелона составили девять самолетов. Налет второго эшелона (81 пикирующий бомбардировщик, 54 бомбардировщика, 36 истребителей) проходил в более трудных условиях и продолжался около часа. Потери второго эшелона были более значительными - 20 самолетов. Около 12.00 ударное авианосное соединение приняло вернувшиеся самолеты и начало отходить на северо-запад. В результате этого налета было потоплено и повреждено 19 боевых кораблей, в т.ч. все линкоры, на аэродромах уничтожено 311 самолетов, 2434 человек погибли.

10 декабря 1941 г. в Сиамском заливе японские самолеты-торпедоносцы берегового базирования потопили два крупных английских корабля - линкор "Prince of Wales" и линейный крейсер "Repulse".

Авиация ВМС США 4 июня 1942 г. в сражении у о. Мидуэй потопила четыре японских авианосца и тяжелый крейсер, повредив также линкор, тяжелый крейсер, три эсминца и танкер, сбив при этом 253 самолета противника. Потери американцев составили авианосец и эсминец, а также 150 самолетов.

На морских коммуникациях Японии самолеты-торпедоносцы США за годы войны уничтожили 358 транспортов, общий тоннаж которых составил 1 329 184 брт.

(Продолжение следует)

В силу разных причин практически все крупнейшие мировые компании при производстве своей продукции вынуждены заниматься экспортно-импортными операциями. Не являются исключением и отечественные предприятия. Так, Горьковский автозавод закупает у американского "Крайслера" двигатели целиком, а ОАО "НПО "Сатурн" получает газогенератор из Франции для совместно созданного авиационного двигателя SaM146. В любом случае производители сталкиваются с таможенными проблемами.

## МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ТАМОЖЕННОЙ СТОИМОСТИ ИМПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ В СИСТЕМЕ ТАМОЖЕННОГО АУДИТА

**Анна Вячеславовна Агапова**, главный государственный таможенный инспектор Великолукской таможни, советник государственной гражданской службы РФ 3-го класса

В современных условиях, когда таможенная служба должна максимально содействовать торговле при одновременном ускорении времени выполнения таможенных процедур и таможенного оформления, для обеспечения эффективности инструментов государственного регулирования внешнеэкономической деятельности (ВЭД) при контроле таможенной стоимости предлагается использовать методы таможенного аудита.

Основная задача таможенного аудита - ускорение таможенных процедур для добросовестных участников ВЭД, сокращение потери от издержек при таможенном оформлении, т.к. проверка проводится после выпуска товара, а не при таможенном оформлении.

Предлагаемая методика основывается на проверке данных бухгалтерского учета импортера после выпуска товара с данными, заявленными при таможенном оформлении товара.

Этапы проверки:

- проверка первичных документов;
- проверка стоимости сделки (ст. 19. Закона РФ от 21 мая 1993 г. №5003-1 "О таможенном тарифе", опубликованного в "Российской газете" от 5 июня 1993 г. № 107);
- проверка дополнительных начислений к стоимости сделки (ст. 19.1 Закона РФ от 21 мая 1993 г. №5003-1 "О таможенном тарифе").

Первичные учетные документы принимаются к учету в случае, если они составлены по форме, содержащейся в альбомах унифицированных форм первичной учетной документации.

Первичные учетные документы проверяются в зависимости от вида товара: основное средство или ввезенный товар относится к категории материально производственных запасов.

Постановлением от 21 января 2003 г. № 7 Госкомстат России утвердил унифицированные формы первичной учетной документации по учету основных средств, которые распространяются на организации всех форм собственности, осуществляющие свою деятельность на территории Российской Федерации. Таковыми документами являются: форма № ОС-1 "Акт о приеме-передаче объекта основных средств", форма № ОС-3 "Акт о приеме-сдаче отремонтированных, реконструированных, модернизированных объектов основных средств", форма № ОС-6 "Инвентарная карточка учета объекта основных средств", форма № ОС-14 "Акт о приеме (поступлении) оборудования".

Для материально-производственных запасов первичные документы утверждены Постановлением от 30 октября 1997 г. № 71а Госкомстата России: форма № М-4 "Приходный ордер", форма № М-7 "Акт о приеме материалов", форма № М-17 "Карточка учета материалов".

Для подтверждения стоимости сделки необходимо проверить своевременность отражения импортных товаров в бухгалтерском учете организации, а также включение всех компонентов в фактическую себестоимость товара.

Порядок учета поступившего импортного товара определен в учетной политике предприятия, которая разрабатывается в соответствии с ПБУ 1/98 "Учетная политика организации". При изучении учетной политики определяются особенности формирования себестоимости материально- производственных запасов.

Особенностью проведения постаудита фактической стоимости импортных товаров является то, что датой совершения операций в

иностранной валюте по импорту товаров является день возникновения у организации права собственности на них. По внешнеторговому договору купли-продажи товаров обязанность продавца заключается в передаче покупателю указанного в договоре товара, документов на него, необходимых принадлежностей и права собственности. В договоре купли-продажи может быть четко указана дата перехода права собственности. В случае, если момент перехода права собственности на товар во внешнеэкономическом договоре четко не указан, следует признать датой перехода права собственности момент исполнения продавцом своего обязательства по поставке товара. Обычно этот момент связывают с переходом рисков от продавца к покупателю, который можно определять положениями ИНКОТЕРМС.

Нередко бухгалтерские работники объясняют несвоевременное оприходование импортных товаров в учете отсутствием государственной таможенной декларации, где указывается стоимость товара. В связи с этим необходимо отметить, что основание для оприходования импортного товара - первичные документы продавца: товарораспорядительные документы, счета-фактуры, на основании которых и заполняется таможенная декларация. Поэтому при наличии первичных документов от продавца у российского импортера нет оснований не отражать операцию в учете.

Стоимость имущества, приобретенного российской организацией-импортером, отражается в бухгалтерском учете в момент перехода права собственности в рублевой оценке по курсу ЦБ РФ, который действовал на эту дату, и больше не пересчитывается.

Если импортируемые товары получены до наступления момента перехода права собственности на них, то они должны быть учтены на забалансовом счете 002 "Товарно-материальные ценности, принятые на ответственное хранение".

Возможен вариант, когда в контракте дата перехода права собственности определена как момент оплаты товара, т.е. после получения оплаты, а не в момент перехода рисков; в таком случае покупатель получает имущество, которое ему не принадлежит, а значит, согласно ст. 492 ГК РФ он не может отчуждать товар до момента перехода права собственности, если в договоре не оговорено иное. В таком случае предприятие не должно отражать полученные на таких условиях товары на счетах до момента перехода права собственности. Исходя из этого, НДС, уплаченный при ввозе товара на таможне, не может быть поставлен покупателем в зачет, а расходы российского предприятия по таможенному оформлению импортного имущества могут быть признаны налоговыми органами затратами иностранного контрагента.

Кроме того, до момента оплаты российское предприятие-импортер не имеет права реализовать товар, т.к. не является его собственником.

Импортные товары и затраты по их приобретению могут учитываться на счетах бухгалтерского учета: 01 "Основные средства", 04 "Нематериальные активы", 07 "Оборудование к установке", 08 "Вложения во внеоборотные активы", 10 "Материалы", 15 "Заготовление и приобретение материальных ценностей", 41 "Товары". При этом необходимо помнить, что счета 08 "Вложения во внеоборотные активы" и 15 "Заготовление и приобретение материальных ценностей" являются калькуляционными, а остальные счета относятся к инвентарным. В рабочем плане счетов могут быть предусмотрены в составе названных счетов субсчета, например, по счету



41 "Товары" - субсчет "Импортные товары", по счету 15 "Заготовление и приобретение материальных ценностей" - субсчет "Заготовление и приобретение импортных товаров".

Если ввезенный импортный товар относится к категории материально-производственных запасов, то в соответствии с ПБУ 5/01 проверяется включение в фактическую себестоимость контрактной стоимости и затрат, связанных с приобретением товара (п. 6 Приказа Минфина РФ от 9 июня 2001 г. № 44н "Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету "Учет материально-производственных запасов" ПБУ 5/01").

Если ввезенный товар является основным средством, то в соответствии с п. 7 ПБУ 6/01 "Учет основных средств" основные средства принимаются к бухгалтерскому учету по первоначальной стоимости. Первоначальной стоимостью основных средств, приобретенных за плату, признается сумма фактических затрат организации на приобретение, сооружение и изготовление, за исключением НДС и иных возмещаемых налогов.

При проверке включения всех компонентов в фактическую себестоимость основных средств необходимо помнить, что фактическими затратами на приобретение, сооружение и изготовление основных средств признаются затраты, указанные в п. 7 ПБУ 6/01, которые должны быть включены в первоначальную стоимость основных средств.

Учет расходов на приобретение импортного основного средства ведется на счете 08 субсчет "Приобретение объектов основных средств". Первоначальная стоимость импортного основного средства отражается по дебету счета 01 после ввода его в эксплуатацию.

Для подтверждения стоимости сделки необходимо проверить факт оплаты иностранному поставщику. Для этого запрашиваются: контракт, грузовые таможенные декларации, счета-фактуры, товаротранспортные накладные, страховые полисы, счета транспортных организаций, выписки банка, главная книга, журналы-ордера № 2, 6, 10, 13. В случае расхождений в данных необходимо выяснить причины.

Факт осуществления платежа за ввозимый товар после установления даты платежа проверяется по счетам 51 "Расчетный счет", 52 "Валютный счет", 60 "Расчеты с поставщиками и подрядчиками", данные которых сверяются с выписками банка.

В журнале-ордере № 6 ведется аналитический и синтетический учет по счету 60. В нем отражаются данные об оплате, поступлении материалов, товаров или оказанных услугах, суммы НДС.

Проверка счета 60 заключается в проверке соответствия оплаты за товары условиям договора (срок, сумма) и в проверке наличия фактической оплаты за расходы, указанные в ст. 19.1 Закона "О таможенном тарифе".

В случае обнаружения данных перечислений запрашиваются первичные документы (договора, счета-фактуры, платежные поручения), которые направляются в отдел контроля таможенной стоимости для проведения корректировки таможенной стоимости.

Далее проверяется включение всех дополнительных начислений к цене, фактически уплаченной или подлежащей уплате, предусмотренных ст. 19.1 Закона РФ от 21 мая 1993 г. № 5003-1 "О таможенном тарифе" в таможенную стоимость товара.

Для проверки расходов на выплату вознаграждений агенту (посреднику) выявляется наличие договоров с агентами (посредниками). В бухгалтерском учете такие расходы отражаются в зависимости от принятой учетной политики и вида товара на счетах: 08 "Вложения во внеоборотные активы", 10 "Материалы", 15 "Заготовление и приобретение материальных ценностей", 41 "Товары"; кредит счета 76 "Расчеты с прочими дебиторами и кредиторами". Таким образом, запрашиваются вышеуказанные счета и исследуются на наличие перечислений агентам (посредникам). Если расходы имеют место и не включены в таможенную стоимость, то она определена неверно и необходима корректировка.

Для проверки расходов на тару и упаковку сначала проверяется, включены ли в стоимость сделки расходы на тару и упаковку, если для таможенных целей они рассматриваются как единое целое с товарами, включая стоимость упаковочных материалов и работ по упаковке.

Данные расходы отражаются в зависимости от принятой учетной политики и вида товара на счетах 08, 10, 15, 41.

Для проверки расходов на платежи за использование объектов интеллектуальной собственности сначала проверяется наличие таких платежей в качестве условия продажи таких товаров в размере, не включенном в цену, фактически уплаченную или подлежащую уплате, при условии, что такие платежи относятся только к ввозимым товарам. Данные расходы также отражаются в зависимости от принятой учетной политики вида товара на счетах 08, 10, 15, 41.

Далее, затраты, включенные в себестоимость продукции, сопоставляются с условиями контракта на предмет выявления расходов, подлежащих возмещению иностранному контрагенту. В случае, если в себестоимость товара включены затраты, подлежащие возмещению иностранному контрагенту, и не включенные в таможенную стоимость, указанные в ст. 19.1 Закона "О таможенном тарифе", то они должны быть включены в таможенную стоимость товара (при условии применения метода 1) и, следовательно, необходимо провести корректировку таможенной стоимости.

Для проверки расходов по перевозке (транспортировке), расходов по погрузке, выгрузке или перегрузке товаров до места прибытия товаров на таможенную территорию Российской Федерации проверяют, какие расходы должен был понести покупатель в соответствии с базисными условиями поставки ИНКОТЕРМС, предусмотренными контрактом.

Транспортные расходы до границы РФ включаются в таможенную стоимость (в случае, если не были включены в нее в соответствии с условиями поставки ИНКОТЕРМС) и являются базой для исчисления таможенных пошлин и налогов. Однако возможны случаи, когда российский импортер сам платит за перевозку товара и при этом указаны неверные условия поставки, т.е. имеет место недостоверное декларирование товаров.

Далее необходимо проверить, что расходы по доставке товара до места их прибытия на таможенную территорию РФ правильно отражены в зависимости от принятой учетной политики и вида товара на счетах 08, 10, 15, 41, в случае если они не были включены в стоимость сделки.

Для проверки расходов на страхование в связи с международной перевозкой товаров запрашиваются страховые полисы, договора на страхование в связи с международной перевозкой товара, исследуются страховые платежи. Факт осуществления расходов на страхование в связи с международной перевозкой товаров проверяется по счетам 51 "Расчетный счет", 52 "Валютный счет", 60 "Расчеты с поставщиками и подрядчиками" и 76 "Расчеты с прочими дебиторами и кредиторами". Кроме того, в страховом полисе отражается стоимость сделки, поскольку в случае гибели товара страховая компания обязана выплатить сумму, указанную в страховом полисе.

Проверка реализации товара на внутреннем рынке РФ также подлежит контролю. Этой операции подвергаются материально-производственные запасы, т.к. основные средства не предполагают их перепродажу.

Запрашиваются договора, счета-фактуры, карточка счета 62 "Расчеты с покупателями и заказчиками", информация по счету 41 "Товары" в виде карточки счета. На основании этих документов выявляются контрагенты на внутреннем рынке РФ. При проведении встречных проверок хозяйствующих партнеров участника ВЭД на внутреннем рынке РФ выявляется цена реализации товара и точное количество ввезенного на таможенную территорию РФ товара.

Таким образом, предложенная методика позволит проводить таможенный аудит заявленной таможенной стоимости ввезенных товаров и может быть использована импортерами товаров для предупреждения нарушений таможенного законодательства. **А**



# ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ

Григорий Дмитриевич Вайнер, аспирант МГТУ "Станкин"

**Утилизация отходов сегодня является острой социальной, экологической и политической проблемой. Отходы загрязняют атмосферный воздух, засоряют почвы, воздействуют на поверхностные водные объекты, растительный покров и в связи с этим негативно влияют на здоровье человека. Определить механизмы решения данной проблемы – одна из важнейших задач общества на сегодняшний день**

В начале второй половины XX века общество, в первую очередь в промышленно развитых странах Запада, признало факт загрязнения рек сточными водами, поступающими с мусорных свалок, а также вредное воздействие взвешенных в воздухе частиц над свалками на людей, живущих с ними по соседству. В исследовании, в основу которого легли данные, полученные в Швеции, было высказано предположение о том, что мусорные свалки являются крупнейшим источником высокотоксичных канцерогенов - диоксинов, в основном из-за воздушной дисперсии и в результате возгораний. При проведении эпидемиологических исследований у населения, проживающего по соседству с мусорными свалками, были выявлены повышенная заболеваемость разными формами рака, повышенная частота рождения детей с врожденными дефектами, снижение веса у новорожденных и замедленное развитие детей.

Установлено, что мусорные свалки - это крупные источники метана, одного из основных парниковых газов. В среднем на свалки приходится более четверти общего объема вырабатываемого метана. По всему Евросоюзу этот показатель в 2004 г. составлял 32 %. Метан, выделяющийся в процессе разложения органических отходов на мусорных свалках, создает (в дополнение к своему вкладу в изменение климата) опасность локального загрязнения и взрыва. С другой стороны, на свалках находится свыше ста тысяч разновидностей химических веществ, в которых нуждается современное производство, но которые в процессе окисления, биологического разложения, и выщелачивания превращаются в опасные соединения.

Наиболее опасны те токсичные терраполлютанты (загрязнители почвы), которые и геохимически, и биохимически достаточно подвижны и могут попасть в питьевую воду или в растения, служащие пищей для человека и сельскохозяйственных животных. Это, в первую очередь, соединения тяжелых металлов, некоторые производные нефтепродуктов и соединения типа диоксинов, а также разнообразные синтетические яды - биоциды. По токсичности, присутствию в окружающей среде и вероятности попадания в живые организмы выделена приоритетная группа тяжелых металлов: свинец, ртуть, кадмий, мышьяк, таллий, висмут, олово, ванадий, сурьма. Несколько меньшее значение имеют хром, медь, цинк, марганец, никель, кобальт, молибден и селен. Все эти металлы, по крайней мере по отношению к высшим животным и человеку, токсичны. Они попадают в организм с пищей, водой, при вдыхании загрязненного воздуха и, в зависимости от химической формы их соединений, с той или иной скоростью выводятся из организма. И хотя только незначительная их часть задерживается в органах и тканях, вступая в соединение с биогенными элементами и радикалами, но т.к. эти соединения не участвуют в нормальном обмене веществ, и для большинства из них характерны длительные периоды полувыведения (от месяцев до десятков лет), происходит постепенное их накопление, ведущее к различным поражениям и тяжелым хроническим заболеваниям.

С развитием нефтехимии, оргсинтеза, производства и применения пестицидов связано появление в окружающей среде

еще одной группы крайне ядовитых веществ - диоксинов. Один из диоксинов - 2, 3, 7, 8-тетра-хлорбензопарадиоксин (ТХДД) занимает пятое место среди самых сильных известных ядов. Предполагается, что максимальная недействующая доза этого вещества для человека не превышает  $10^{-6}$  мкг/кг. Известно около 200 сходных сверхтоксичных соединений, относящихся к классам полихлорированных дибензодиоксинов и дибензофуранов. Диоксины очень стойки: в почве они сохраняются 10...20 лет; период полувыведения у человека - несколько месяцев. Известны случаи заболеваний и гибели людей, связанные с диоксидами.

При совместном захоронении различных видов отходов происходят всевозможные физико-химические процессы, в результате которых в среду поступают не только известные токсины, но и совершенно новые вещества, воздействие которых на человека и экосистемы непредсказуемо. Например, установлено, что в шламах азотного производства при некоторых условиях образуется целый букет нитроаминов - сильнейших мутагенов и канцерогенов. Помимо этого, в местах скопления отходов вблизи промышленных зон под воздействием аэрогенных выпадений образуются техногенные геохимические аномалии, в которых накапливаются многие металлы и полициклические ароматические углеводороды.

В Российской Федерации количество образующихся отходов производства и потребления растет из года в год. По данным доклада "О состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2005 г." в 2002 г. объем отходов составлял 2034,9 млн т, а в 2004 г. - уже 2613,5 млн т. Степень же использования и обезвреживания образовавшихся отходов в 2006 г. составила 33,1 %, а в ряде ресурсоемких отраслей промышленности и того меньше: в электроэнергетике - 3,4 %, в химической промышленности - 15,8 %. По данным Росстата на территории страны в отвалах, свалках, полигонах, хранилищах накоплено порядка 80 млрд. т твердых отходов, в том числе около 2 млрд. т опасных отходов (1 - 4-й классы опасности). По статистике доля производственных отходов в общем количестве образующихся отходов колеблется от 73 до 87 %, остальное представляют собой твердые бытовые отходы.

Промышленные предприятия приносят основную массу токсичных отходов в окружающую среду. Именно поэтому владельцам предприятий необходимо реализовывать различные методы управления отходами, как с целью сокращения объема их образования и поступления в окружающую среду, так и снижения класса опасности и вовлечения во вторичное использование, внедрение новейших систем проектирования продукции и технологических процессов с учетом экологических факторов.

Несмотря на то, что к настоящему моменту разработано большое количество технологий вторичного использования отходов, их безопасной утилизации, извлечения полезных компонентов (переплавка металлов, использование резиновой крошки для покрытия баскетбольных площадок, отходов ТЭЦ для производства строительных материалов, полное или частичное восстановление отработанных масел, кислот, щелочей и пр.),



внедрение всего этого экологического инструментария не происходит. И даже более того, несмотря на общее падение производственных мощностей, количество отходов, как было показано, растет.

Что же мешает отечественным предприятиям внедрять безопасные для окружающей среды и здоровья человека системы управления отходами, сокращать поступление отходов в окружающую среду, внедрять малоотходные технологии и проводить открытую природоохранную политику.

Первый фактор, считающийся основным - это **нестабильная экономическая ситуация в стране**, существовавшая до недавнего времени. В среде промышленников по этому поводу даже появилась интерпретация известной фразы, звучавшая как "экология не делается на пустой желудок". Экологической проблемой отходов во всем мире стали серьезно и всесторонне заниматься с середины 70-х годов прошлого века. В это время обратили внимание на огромный ущерб, наносимый отходами и начали разрабатывать различные концепции, которые должны были стабилизировать данную проблему. В 80-е и 90-е годы развитые страны провозгласили экологическое направление одним из наиболее приоритетных. Тогда же появились нормативные акты как в отдельных государствах, так и в Евросоюзе в целом, создающие благоприятные условия для развития природоохранной составляющей. Западная промышленность стала разворачиваться в сторону экологизации, сокращение отходов и общего негативного воздействия превратились в значимые составляющие рейтинга предприятий. К концу тысячелетия в развитых странах Европы, Северной Америки, Японии был обобщен накопленный двадцатилетний опыт интенсивного регулирования обращения с отходами и были поставлены достаточно жесткие, но выполнимые требования по уровню вторичного использования, селективного сбора, и снижению вредного воздействия отходов.

Наша страна в это время переживала глубокий экономический и производственный кризис. Для того, чтобы остаться "на плаву", предприятиям приходилось экономить каждую копейку, при этом любые лишние затраты (а экология считалась именно лишней!) не допускались ни под каким видом. К тому же природоохранные мероприятия в самом начале своей реализации требуют достаточно емких финансовых и материальных затрат. Европейские нормы были просто неприменимы для нашей страны, российская экономика не обладала ресурсом для их воплощения.

Второй фактор - это **достаточно низкая экологическая культура**, корни которой находятся в общей природопокорительской позиции, ставшей базовой для всего прошлого века. Человек был венцом творения, и все вокруг служило одной единственной задаче - удовлетворению его постоянно растущих потребностей. Бытовавшее представление о том, что "мы не можем ждать милостей от природы, взять их у нее - наша задача", приводило к противопоставлению человека окружающей среде. Подразумевалась необходимость изъятия как можно большего количества полезных ресурсов без какой бы то ни было компенсации природе (об этом даже не задумывались). Впрочем, такая идеология была до определенного момента популярной и во всем мире. Немалую роль в ее укреплении сыграла ресурсная и географическая величина нашей страны. Россия - самая большая и самая богатая в ресурсном плане страна в мире, и это всем известный факт. Отсюда, к сожалению, появилась иллюзия, что сколько не возьми - еще останется, сколько не засори - места еще много. Такой расточительный подход определял и продолжает еще определять соответствующее отношение к окружающей среде.

Третий фактор - это **отсутствие государственной поддержки природоохранной деятельности**. Несмотря на то, что декларируемая государственная политика в области обращения с отходами носит достаточно выраженный экологический подтекст, большинство принципов так и не было практически реализовано. Например, в законодательстве страны определены позиции по

экономической поддержке предприятий, осуществляющих природоохранные мероприятия в виде снижения налогов, но данные нормы так и не были разработаны до уровня реального воплощения и остались лишь благими намерениями.

Четвертым фактором, логически вытекающим из предыдущих, можно назвать **слабое общественное экологическое движение**. Люди, привыкшие к соответствующему отношению к окружающей среде, неохотно проявляют свое гражданское самосознание в этом вопросе. Какое-то недовольство проявляется при строительстве нового дома на месте дворового садика, но оно имеет очень узкий локальный и временный характер, к тому же часто не приводящий ни к какому результату. Кроме того, при современном уровне централизации власти, организация местного самоуправления находится в большинстве регионов России в зачаточном состоянии.

Несмотря на стабилизацию экономики в стране проблемам экологии по-прежнему уделяется крайне мало внимания. И хотя с передачей части полномочий на местный уровень, в том числе в области отходов, понемногу активизируется местная экологическая общественность, но при отсутствии разработанной нормативной базы ее активность носит скорее внешний, показательный характер. А государство в большинстве случаев ограничивается применением фискальных мер и наложением санкций. Реальной поддержки природоохранной деятельности по-прежнему нет. В области повышения экологического образования также видны некоторые сдвиги, учебный предмет экологии введен в программы практически всех высших учебных заведений; тем не менее, преподавание экологии как научной дисциплины пока не привело к повышению экологической культуры.

Для реального осуществления природоохранной составляющей в нашей стране в первую очередь необходимо определить государственную политику в данном вопросе и подобрать инструменты для ее эффективной реализации. Можно сказать, что в нашей стране путь к экологизации общества только начат, и всем нам предстоит преодолеть громадную инерцию потребительского мышления, прежде чем эти проблемы прочно войдут в повседневную жизнь. **□**



Газификатор, составная часть мусоросжигающего завода, разработанного ФГУП "ММП "Салют"

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕНЯЮТ МИР

22-25 апреля 2008 г.

Россия, Москва,  
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»  
павильон Форум



BT XXI  
2008



МОСКВА-2008



High technologies change the world

IX Международный форум  
The 9<sup>th</sup> International Forum

# ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ HIGH TECHNOLOGY OF XXI ВЕКА

## ПРОГРАММА:

- IX Международная выставка «BT XXI - 2008»
- Международная конференция «Высокие технологии – стратегия XXI века»
- Конкурсная программа

## ОРГАНИЗАТОРЫ:

- Министерство промышленности и энергетики Российской Федерации
- Департамент науки и промышленной политики города Москвы
- ООО «ЭКСПО-ЭКОС»
- Российский Фонд развития высоких технологий
- Московская торгово-промышленная палата
- Московская ассоциация предпринимателей
- Министерство промышленности и науки Московской области
- ОАО «Московский комитет по науке и технологиям»
- ЗАО «Экспоцентр»

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



Правительства  
Российской Федерации



Правительства  
Москвы



Форум проводится под патронажем  
Торгово-промышленной палаты Российской Федерации

**ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОДРОБНОЙ ИНФОРМАЦИИ,  
ПОЖАЛУЙСТА, ОБРАЩАЙТЕСЬ:**

ООО «ЭКСПО-ЭКОС»

Тел.: (495) 332-35-95, 331-05-01, 331-23-33;

Факс: (495) 331-05-11, 331-09-00;

E-mail: vt21@vt21.ru; arena@vt21.ru;

http://www.vt21.ru; www.expoecos.com



[www.VT21.ru](http://www.VT21.ru)



# Spice UP Milling

## MINI-HELITANG

### 4 режущие кромки



Новая разработка ISCAR - тангенциальные пластины с 4 режущими кромками длиной 8 мм.

Небольшие размеры пластины T490 LMNX 0804 PN-R и тангенциальный принцип крепления в гнезде позволяют увеличить сердцевину корпуса инструмента и его прочность по сравнению с классическим вариантом размещения гнезд.

Внедрение пластин T490 E90LN создает новое семейство концевых фрез. Наименьший номинальный диаметр - 16 мм с 2 пластинами, а наибольший - 40 мм. Для каждого диаметра возможны варианты исполнения с мелким и крупным угловым шагом. На всех инструментах

предусмотрены отверстия для подачи СОЖ. Концевые фрезы T490 E90LN с успехом применяются и для обработки уступов, причем профиль стенки не искажается, когда фрезерование уступа большой глубины ведется пошагово. Спиральная кромка и положительный главный угол обеспечивают мягкое резание и чистую поверхность. Малый инструмент пригоден и для фрезерования по методу осевой подачи.

Тангенциальное размещение гнезд, прогрессивные методы прессования и выбор соответствующего твердого сплава гарантируют высокую стойкость инструмента.

Member IMC Group  
**ISCAR**

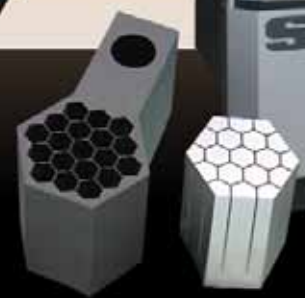
109544, г. Москва,  
ул. Малая Андроньевская, 20/8.  
Тел./факс: +7 (495) 956-4769, 956-4776



www.sodick.ru // 787-09-71 // 725-36-03, 614-98-01 // (495) 787-09-70, 786-98-41 (многоканальный) // факс: 787-09-71 // www.sodick.ru // sodick.com@sodick.ru

# Самые покупаемые в мире - линейные электроискровые станки

- ▶ Сверхточные и ультрамоментные прямые **ЛИНЕЙНЫЕ СЕРВОПРИВОДЫ!**
- ▶ Линейки 10 нано!
- ▶ **Керамическая рабочая зона!**
- ▶ Встроенная 3D CAD/CAM!
- ▶ Наноимпульсные генераторы, рекордно-малый износ электрода и наилучшая производительность!



## Sodick

# Пионер и лидер нанотехнологий в металлообработке

