

# Двигатель

Научно-технический журнал № 4 (52+243) 2007

***ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ ПОЛУЧИЛО  
НОВЫЙ ИМПУЛЬС.  
ПОБЕДА!?***



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.,**  
зам. ген. директора ЗАО "УК "Пермский моторостроительный комплекс" по экономике
- 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 НПО "Энергомаш", 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 ММП им. В.В. Чернышева
- Пустовгаров Ю.Л.,**  
зам. премьер-министра правительства Республики Башкортостан
- Ружьев В.Ю.,**  
первый зам. ген. директора Российского Речного Регистра
- Селезнев Е.П.,**  
ген. конструктор, ген. директор КБХМ им. А.М. Исаева
- Скибин В.А.,**  
ген. директор ГНЦ ЦИАМ им. П.И. Баранова
- Соколовский М.И.,**  
ген. конструктор, ген. директор ОАО "НПО "Искра"
- Тресвятский С.Н.,**  
ген. директор СНТК им. Н.Д. Кузнецова
- Троицкий Н.И.,**  
ген. директор ФГУП НИИ двигателей
- 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:

Александр Николаевич Медведь

Владимир Николаевич Романов

Елизавета Борисовна Кирвалидзе

### Техническая поддержка

Ольга Владимировна Лысенкова

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

А.И. Бажанова, Д.А. Боева,

А.В. Ефимова, В.А. Зрелова,

А.Н. Медведь, В.Н. Романова

### Адрес редакции журнала "Двигатель":

111116, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2.

Тел.: (495) 362-3925.

Факс: (495) 362-3925.

engine@zebra.ru

boeff@yandex.ru

aib50@yandex.ru

www.dvigately.ru

## ОЧДААЕОАЕУ 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. Журнал "Двигатель" в начале двух веков**  
А.В. Червяков
- 4. 100 лет моторам на Сечи**
- 6. "Салют" - центр газотурбостроения**  
Ю.С. Елисеев
- 14. Обработка периферии и торцов узких деталей большой длины за один установ - автоматическая контропора фирмы HERMLE**  
М.Л. Дынкин
- 16. GLOBATEX AG: многоцелевые станки фирмы UNISIGN (Голландия) для модернизации и технического перевооружения предприятий авиакосмической промышленности**  
А.Л. Смирнов, В.С. Полуянов
- 20. Проверенные технические решения для авиакосмической промышленности**
- 24. Взлетаем вертикально!**  
Александр Николаев
- 30. Новая керамика для обработки жаропрочных сплавов**  
М.П. Беляев
- 32. Сверхзвуковой пассажирский: новый взгляд, или три игрушки из одной "СУшки"**  
А.А. Гомберг
- 34. Развитие экранопланного транспорта**  
В.Г. Сергеев
- 36. Советские авиационные специалисты в послевоенной Германии**  
С.В. Кувшинов
- 40. Турбулентность плотных дисперсных потоков. Параксиальный эффект Федотова**  
Ю.М. Кочетков
- 42. Инвестиции в техническое перевооружение как средство повышения конкурентоспособности промышленного предприятия**  
А.В. Отт
- 44. Перспективы развития тепловозных дизелей нового поколения**  
В.Н. Балабин
- 48. Подводный удар**  
С.Л. Мальчиков
- 51. Давнему другу и автору нашего журнала Александру Григорьевичу Романову исполняется 90 лет**
- 52. Судостроение древних арабов. Дау**  
В.С. Шитарев
- 56. Двигатель Стирлинга с жидкими поршнями**  
И.Д. Зайцев, А.И. Раговский, Д.Б. Власенко, А.В. Ефимов
- 58. Основные принципы сохранения и накопления энергии**  
А.И. Касьян
- 62. Методика расчета экономической эффективности внедрения прогрессивного инструмента**  
М.Е. Горелик



# ЖУРНАЛ "ДВИГАТЕЛЬ" В НАЧАЛЕ ДВУХ ВЕКОВ



На Круглом столе в Политехническом музее, посвященном 100-летию выхода первого номера журнала "Двигатель" наш автор и сотрудник Андрей Викторович Червяков сделал обзорное сообщение, в котором вкратце охарактеризовал облик журнала начала XX века и сравнил его с тем, который выпускается сейчас. Имеющиеся в нашем распоряжении номера достаточно разрозненные, но и по тому, что

можно сейчас увидеть, понятно, что взгляд на пути развития техники и свое место в этом процессе у обоих коллективов редакции: начала XX века и современного, весьма и весьма близок. Как тогда, так и сейчас были времена перемен. Современный номер доступен хотя бы уже и через Интернет, поэтому - сосредоточимся на временах минувших.

ОТКРЫТА ПОДПИСКА на 1907 год

## „ДВИГАТЕЛЬ“

Журнал служить делу национализации русской промышленности, расцвёт которой неразрывно связан с распространением здравых понятий о надле-

жащем выборе вильной эксплуатации ДВИГАТЕЛЕЙ И СТАНКОВ

Сообразно с этим:

- „ДВИГАТЕЛЬ“ даёт обзор всех изобретений шестивольной в области мотор
- „ДВИГАТЕЛЬ“ знакомит читателя с новостями строительного рынка в области
- „ДВИГАТЕЛЬ“ указывает лучшие способы эксплуатации и ставит вопросы, которые должны уложиться в сознании каждого инженера
- „ДВИГАТЕЛЬ“ не оставляет без внимания всякую область техники.
- „ДВИГАТЕЛЬ“ стремится к тому, чтобы поместить материал, который был бы интересен широкой публике.

Условия подписки: за год 8 руб. пол года 4 руб. Адрес редакции и конторы: Петроград, Невский проспект, 6. Редактор Н. Кузнец

## 14-24. ВОСЬМОЙ ГОД ИЗДАНИЯ. 1911

Содержание № 14-24

Содержание № 14-24

Содержание № 14-24

## ОТ РЕДАКЦИИ

Восемнадцатый номер журнала "Двигатель" вышел в свет в начале ноября 1911 года. В этом номере мы публикуем статью о состоянии дел в области авиации, а также о новых изобретениях в области двигателей внутреннего сгорания. Мы также публикуем статью о состоянии дел в области электрификации и о новых изобретениях в области электротехники. Мы также публикуем статью о состоянии дел в области механики и о новых изобретениях в области механики.

Сегодня судить о том, каким изначально задумывался журнал "Двигатель" его создателями, мы можем только исходя из "Объявления об открытии подписки на двухнедельный, популярный, научно-технический журнал "Двигатель" на 1907 год". К сожалению, мы не располагаем другими материалами о том, как выглядел журнал на протяжении последних трех лет своей жизни (с 1907 по 1910 г.).

Но уже о наполнении журнала 1910 г. мы знаем гораздо больше. Хотя не все номера до нас дошли в целости, в последнем "Двигателе" за этот год помещен список статей всех 24 номеров этого года. Вследствие этого мы знаем, что в журнале были тематические разделы, посвященные отдельным проблемам двигателестроения: описание конструкции, эксплуатация, автомобильно-авиационный отдел (напомню читателю: это - 1910 г., всего седьмой год от полета братьев Райт!), судовые установки, энергетика и электрификация, топлива и масла, железнодорожный транспорт, выставки. Нужно отметить, что в журнале напрочь отсутствовал присущий всем техническим журналам нашего времени раздел военной техники. В той или иной мере отдельные статьи в разных разделах касались оборонной тематики, но подробных статей, тем более - обзоров, обнаружить не удалось. Можно это отнести на счет неполноты комплекта, можно - строгости в вопросах режима действовавшего тогда российского законодательства.

Видно, что перечисленное охватывает практически почти весь спектр применяемых в то время энергетических приводов. Обзор тем, наполняющих разделы, показывает, что журнал всегда находился на пике последних достижений инженерной мысли. В 1910 г. конструктивно-технологические достижения современности представлялись различными конструкциями двигательных клапанов, выхлопных систем, форсунок и камер сгорания (тогда - топок, в приложении к паровым котлам разных конструкций), стационарных и транспортных двигателей самого разного назначения и принципов работы, а также - входящих в моду турбин - газовых и паровых. Часть этих статей в "первозданном виде", с поправкой лишь шрифта и отчасти орфографии мы опубликовали на протяжении трех последних лет. Приводились примеры реальной эксплуатации техники, возможностей ее применения в различных случаях. Разбирались ошибки изготовителей и пользователей.

Поскольку автомобили совсем недавно вошли в жизнь, а аэропланы и аэростаты (последние - в гораз-

до большем количестве) пока оставались элитарными спортивными игрушками, о них писалось наиболее полно. Это особенно понятно, если учесть, что основатели и хозяева журнала начала XX века были также основателями российского авиатоклуба и виднейшими в стране специалистами по всем автомобильным вопросам, а известнейшие в мире пилоты - их близкими друзьями и соратниками.

Давались характеристики, особенности конструкции и потребительские свойства судовых силовых установок. При этом стоит отметить, что многообразие конструкций для читателя начала XXI века... совершенно неожиданно, поскольку большая часть из того, что применялось и ожидалось к применению в перспективе в те времена, за сто прошедших лет накрепко забылось. Иногда - незаслуженно. Но в технике свой естественный отбор. И он не менее жесток, чем в природе.

Системы стационарной энергетики приводились в статьях 1910 г. в основном на зарубежных примерах. Стоит отметить, однако, что уже в журнале 1914 г. отмечен многократный рост производства и применения таких систем в России. К 1916 г. объем производства таких систем в России был сравним с таковым во всей остальной Европе. Конечно же, резонно заметить, что почти вся Европа была в той или иной мере театром военных действий, в отличие от нашей весьма протяженной страны.

Размещенные в журнале материалы по маслам, топливам, железнодорожному транспорту, техническим выставкам в значительной мере основывались на отечественном материале. Наиболее интересные моменты представлены достаточно подробно и все - в повествовательном стиле, понятном любому образованному человеку, тем более - образованному технически.

Наиболее полно сохранились номера журнала "Двигатель" за 1911 г. Именно из статей этого года значительная часть была, если так можно сказать, "повторно опубликована" на страницах современного варианта журнала. Надеюсь, нашим читателям они известны. Предполагаем и дальше продолжать такие публикации и призываем читателей следить за публикацией исторических статей журнала "Двигатель" в современной версии журнала.

Первая мировая война, изменившая судьбу всего мира, не могла не сказаться и на журнале, который кровно связан с техническими достижениями человечества. Далее цитируем редакционную статью, со

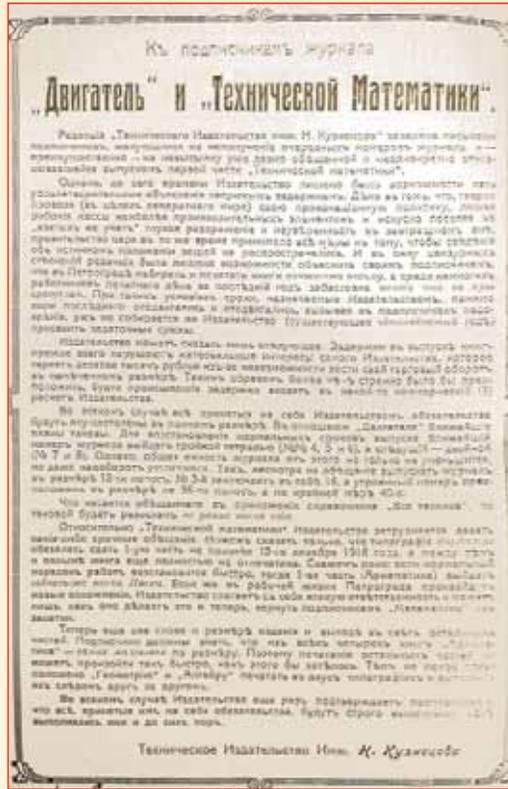
страницы, приведенной здесь: "Внезапно разразившаяся над Европой грандиозная война, внесшая массу неожиданных затруднений в культурные отправления жизни воюющих, да и не воюющих государств, не могла, конечно, не отразиться так или иначе на судьбе разных повременных специальных изданий, развивающихся у нас и в нормальное не военное время в неблагоприятной конъюнктуре. Многие издания принуждены были закрыться на неопределенное время.

Испытал, к сожалению, трения военного времени и наш журнал. Призыв состава нашей редакции и конторы в ряды действующей армии вызвал приостановку выпуска номеров "Двигателя" непосредственно по началу войны, и ряд месяцев издателью, несмотря на все старания, не удалось вновь наладить издание журнала.

Выпуская в свет настоящий сводный, увеличенный номер "Двигателя" (14-24), Редакция весьма извиняется перед подписчиками за происшедшую, не по ее вине, приостановку журнала, надеясь все же вознаградить их количеством и богатым разнообразием материала в выпусках журнала в следующем, 1915 году".

Уже в военный 1915 г. появились рубрики, которые существовали до самого последнего номера, а в ряде выпусков стали чуть ли не основными: "из практики", "станки" и "изобретения и усовершенствования". В этом смысле журнал из описательно-спортивного стал уже гораздо более промышленным и деловым. И гораздо более приближенным к тому, что имеем сейчас.

В самом последнем номере, вышедшем сразу после февральской революции 1917 г., писалось: "К подписчикам журнала "Двига-



тель" и "Технической Математики": Редакция "Технического Издательства инж. Н. Кузнецова" завалена письмами подписчиков, жалующихся на непополнение очередных номеров журнала...

Однако до сего времени Издательство лишено было возможности дать удовлетворительные объяснения творимым задержкам. Дело в том, что, твердо проводя (в целях сепаратного мира) свою провокационную политику, лишая рабочие массы наиболее производительных элементов и искусно поселяя во "взятых на учет" глухое раздражение и неуверенность в завтрашнем дне, правительство царя в то же время принимало все меры к тому, чтобы сведения об истинном положении вещей не распространялись. И в силу цензурных стеснений редакция была лишена возможности объяснить своим подписчикам, что в Петрограде набирать и печатать книги почти-что некому, а среди немногих работников печатного дела за последний год забастовка почти что не прекращалась. При таких условиях сроки, назначаемые Издательством, помимо воли последнего

отодвигались и отодвигались, вызывая в подписчиках подозрение, уж не собирается ли Издательство (существующее одиннадцатый год) присвоить задаточные суммы..."

Увы, жизнь ввела свои коррективы. Это был последний номер журнала в том виде, как он существовал. И все же, хочется закончить эту статью цитатой из того же обращения: "...Во всяком случае Издательство еще раз подтверждает подписчикам, что все принятые им на себя обязательства будут строго выполнены, как выполнялись они и до сих пор".



**ООО "Всеобщая страховая компания"**  
**Universal Insurance Company**

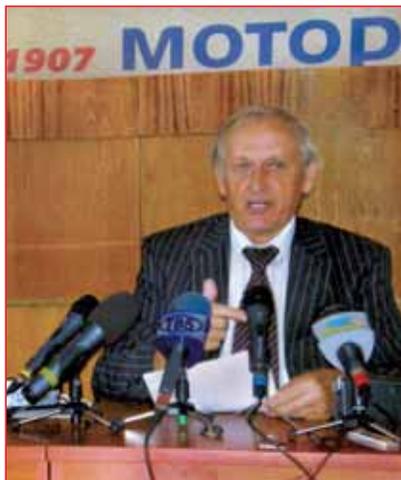
**Всеобщая  
 страховая  
 компания -  
 признанный  
 и надежный  
 партнер!**



Россия, 101990, Москва, Петроверигский пер, 4.  
 Тел./Факс: (495) 623-2102. E-mail: univac@caravan.ru

# 100 ЛЕТ МОТОРАМ НА СЕЧИ

13 июня 2007 г. в Запорожье прошла пресс-конференция президента, председателя совета директоров ОАО "Мотор Сич" Вячеслава Александровича Богуслаева, посвященная 100-летию с момента основания предприятия.



**В** Советском Союзе было два старейших авиамоторостроительных предприятия: "Гном" (ныне ОАО "ММПП "Салют" в столице России) и "Дека" в Александровске (теперь - "Мотор Сич" в Запорожье). И если москвичи в этом году будут отмечать 95-летие своего предприятия, то у украинских моторостроителей дата более круглая: их заводу ровно 100 лет.

Запорожье - мощный узел промышленности, "город будущего", созданный в годы первых советских пятилеток и восстановленный после нашествия новых варваров в середине XX века. В городе, раскинувшемся на обоих берегах Днепра, насчитывается до 800 тысяч жителей. Тут работает автозавод, есть металлургические комбинаты и самый крупный в СССР и Европе авиамоторный завод, о котором мы и ведем речь. Здесь же - слава отечественной энергетики - ДнепротЭС и остров Хортица, на котором некогда располагалась знаменитая Запорожская Сечь. Именно в память об этом факте запорожские моторостроители и решили назвать свое объединение "Мотор Сич".

Начав биографию с 1907 г. в качестве частного предприятия по выпуску сельскохозяйственного оборудования с собственным металлургическим производством, завод "Дека" (названный так по

первым буквам фамилий своих создателей и хозяев - Дюфлона и Константиновича) в 1916 г. был переименован в авиамоторный. Здесь организовали изготовление первых поршневых двигателей водяного охлаждения "Дека" М-100, предназначенных для четырехмоторного бомбардировщика "Илья Муромец". Вся последующая история предприятия связана с разработкой и поэтапным ос-



воением в серийном производстве новых двигателей, каждый из которых был значительной вехой в развитии отечественного авиамоторостроения.

Предприятие обладает редкостью не только для России и СССР, но, наверное, и для всего мира широтой диапазона выпускаемых двигателей. Помимо силовых установок для разнообразных пассажирских, грузовых и учебно-тренировочных самолетов здесь изготавливают также двигатели для вертолетов. Созданные запорожскими специалистами газотурбинные и энергетические установки на основе авиационных ГТД с успехом конкурируют с лучшими мировыми образцами аналогичного назначения.

Запорожское открытое акционерное общество "Мотор Сич" достойно представляет Украину в мировом сообществе ведущих авиодвигателестроительных фирм. В нем объединились силы нескольких предприятий, расположенных как в Запорожье, так и в других городах Украины. Помимо основной площадки в него вошли испытательная станция и Запорожский машиностроительный завод, размещенные на противоположном берегу Днепра, Снежнянский машиностроительный завод под Донецком, а также Волочиский машиностроительный завод в Хмельницкой области. В состав объединения входит и лечебно-оздоровительный санаторий-профилакторий "Надзбруччя" со своим источником лечебно-столовой минеральной воды. В ОАО есть собственная авиакомпания "Мотор Сич", созданная в 1984 г. Она располагает пассажирскими и транспортными самолетами и вертолетами, экипажи которых имеют все необходимые сертификаты и лицензии, позволяющие обеспечивать доставку людей и грузов.

Будучи по сути градообразующим предприятием, "Мотор Сич" участвует во всех без исключения аспектах жизни города. Так, завод поддержал создание прямо напротив главной проходной предприятия Свято-Андреевского кафедрального собора, под который перестроили... заброшенный кинотеатр. Для Запорожья в этом есть особый смысл. Здесь в свое время первыми отработали о полном освобождении города от религиозного дурмана: в бывшем Александровске не осталось ни одной церкви и вообще религиозного учреждения. Как в Албании, Монголии или Кампучии времен Пол Пота. Теперь силами ОАО "Мотор-Сич" один храм в городе построен. Достойный, красивый. Рядом с новым собором - памятный комплекс, посвященный покровителю Украины - апостолу Андрею Первозванному, созданный также при участии завода.

Это один из немногих заводов на постсоветском пространстве, сумевший сохранить свою целостность, номенклатуру выпускаемой продукции, хорошие отношения с КБ (территориально ЗМКБ "Прогресс" и "Мотор Сич" расположены рядом и забора с колючей проволокой между двумя предприятиями не наблюдается). Цеха, в которых собирали гордость завода - двигатели Д-18Т для крупнейших грузовиков - Ан-124 "Руслан" и Ан-225 "Мрия", сейчас находятся в состоянии "боевой готовности". Наладить выпуск новой партии моторов можно за очень короткий временной промежуток.

Для всего, что летает сейчас в гражданской и транспортной авиации у Запорожцев есть свой новый мотор. Так, для различных модификаций Ан-148 и других пассажирских и транспортных самолетов с маршевыми двигателями семейства Д-436 на ОАО "Мотор Сич" создан двухвальный вспомогательный газотурбинный двигатель АИ-450МС с эквивалентной мощностью 222 кВт. Сертифи-

кация этих двигателей успешно завершена, и 22 декабря 2006 г. оформлен сертификат типа СТ260-ВД.

Вертолетные двигатели всегда были особо значимым товаром, выпускаемым ОАО "Мотор Сич". Сейчас здесь сертифицируют и осваивают производство двигателя ТВ3-117ВМА-СБМ1В. Окончание работ предполагается в третьем квартале 2007 г. На чрезвычайном режиме мощность этого двигателя составляет 2800. Предусмотрена возможность доработки ранее выпущенных двигателей семейства ТВ3-117 в конструктивный профиль ТВ3-117ВМА-СБМ1В при проведении капитального ремонта на предприятии ОАО "Мотор Сич", а также изготовление новых двигателей.

В настоящее время основным источником поступления денежных средств для предприятия является выполнение экспортных контрактов по авиационной и наземной тематике. Завод поставляет новые авиационные двигатели, газотурбинные приводы и другую продукцию наземного применения, запасные части и комплектующие, осуществляет капитальный ремонт, послепродажное обслуживание авиационной и наземной техники и оказывает услуги в эксплуатации. В текущем году средства на предприятие поступали: из России (49,96 %), стран дальнего зарубежья (36,83 %), Украины (10,29 %), других стран СНГ (2,92 %).

С российскими авиастроителями предприятие связано весьма плотно. Производство вертолетов с Запорожскими двигателями ТВ3-117 размещено на пяти российских заводах - в Казани, Ростове, Улан-Удэ, Кумертау и Арсеньеве. В кооперации с ФГУП "ММПП "Салют" и Уфимским моторостроительным производственным объединением производятся двигатели Д-436Т1/ТП, Д-436-148, АИ-222 для самолетов Ту-334, Бе-200, Ан-148, Як-130, которые строятся в Казани, Иркутске, Воронеже, Нижнем Новгороде. Совместная программа по самолету Ан-70 предусматривает кооперацию в производстве двигателя Д-27. Совместно с Санкт-Петербургским предприятием "ОАО Климов" разработан и запущен в серийное производство двигатель ВК-2500. Совместно с этим же предприятием ведется подготовка к производству двигателей ВК-1500С для самолетов Ан-38 и Ан-3, двигателей ВК-1500ВК/ВМ для вертолетов Ми-8, Ка-60 и двигателей ВК-800 для легких вертолетов.

Для Казанского и Ростовского вертолетных заводов, Улан-Удэнского авиазавода подписаны и исполняются контракты на поставку авиадвигателей ВК-2500, ТВ3-117ВМ и АИ-9В. С Самарским авиационным заводом "АВИАКОР" ведутся переговоры о дальнейшей поставке двигателей ТВ3-117ВМА-СБМ1 и АИ9-3Б для самолета Ан-140. Подписаны и исполняются контракты на поставку изделий "95" для корпорации "Тактическое ракетное вооружение" (Королев). С российскими авиакомпаниями, у которых с ОАО "Мотор Сич" сложились длительные партнерские отношения: "Волга-Днепр", "Полет", "Авиалинии Кубани" и многими другими заключены контракты на ремонт авиадвигателей.

В 2007 г. значительно увеличилось от российских заказчиков поступления денежных средств за продукцию наземного применения. Сейчас исполняются контракты на поставку в Россию тринадцати электростанций ПАЭС-2500 (ЭГ-2500) для ОАО "Сибнефть", ООО "НОВАТЭК-Юрхаровнефтегаз", ООО "Севернефть". Заключены контракты на поставку и ремонт газотурбинных приводов АИ-20ДКЭ/ДМЭ для ООО "Ресурс" (Москва) и ОАО "Норильска-



зпром". Запорожским предприятием проводится сервисное обслуживание ранее поставленных электростанций ЭГ-6000 на Игольско-Таловом месторождении компании "Томскнефть". По результатам их успешной эксплуатации для этой компании в 2007 г. планируется поставить еще две электростанции ЭГ-6000 и ведутся переговоры о поставке четырех электростанций в 2008 г. ОАО "Мотор Сич" принимает самое активное участие в реконструкции газотранспортной системы России.

Для этих целей в текущем году поставлены три газотурбинных привода Д-336-2Т для дожимной компрессорной станции Яро-Яхинского месторождения ОАО "Газпром".

Активизировалось участие ОАО "Мотор Сич" в реконструкции газотранспортной системы Украины. Для модернизации газопроводов ДК "Укртрансгаз" планируется поставить пять газотурбинных приводов семейства Д-336: три привода мощностью 8 МВт и два привода мощностью 6,3 МВт. Запланировано изготовление и поставка четырех газоперекачивающих агрегатов мощностью 6,3 МВт.

Объединением заключены контракты на поставку трех газотурбинных приводов АИ-336-2-8 и десяти приводов АИ-20ДМЭ для Узбекистана и Туркменистана. Продолжается изготовление двух модулей МСТ-198 для Беларуси.

В целом, наличие твердых заказов и заключенных контрактов дает основания для положительного прогноза на 2007 г., однако во многом он будет зависеть от политической стабильности в Украине.

За счет собственных средств предприятие содержит мощную социальную инфраструктуру, которая охватывает практически все существующие виды социальной защиты человека. Внимание к "социалке" - источник уверенности руководства предприятия в его бесперебойной работе. К услугам моторостроителей - оборудованная на самом современном уровне медсанчасть, современный спортивный комплекс, детские дошкольные учреждения, заводской дом культуры с многочисленными кружками и секциями для занятий детей и взрослых, детские оздоровительные лагеря, профилакторий, дома и базы отдыха в живописных днепровских плавнях и на берегу Азовского моря, пансионат в Крыму.

Комбинат питания располагает цехами по производству молочных, колбасных, кондитерских и хлебобулочных изделий. Вся продукция изготавливается с применением современного оборудования и технологий. Благодаря высокому качеству и отсутствию стабилизаторов, красителей и консервантов она пользуется большим спросом как у заводчан, так и у остальных жителей города.

За счет прибыли предприятия за пять месяцев текущего года оказана благотворительная помощь учебным, медицинским, культурным, правоохранительным учреждениям и организациям на сумму 1,4 млн гривен. Основные направления благотворительности: возрождение центров национально-культурного наследия Украины, помощь учебным и медицинским учреждениям, общественным организациям.

Кроме того, предприятием предоставлены различные виды помощи ветеранам Великой Отечественной войны и труда, инвалидам, неработающим пенсионерам предприятия, малообеспеченным и многодетным семьям на сумму 1,5 млн гривен.

В преддверии 100-летнего юбилея, ожидаемого осенью этого года, коллектив предприятия работает стабильно, у него надежные перспективы. И это позволяет уверенно смотреть в завтрашний день. 



# “САЛЮТ” - ЦЕНТР ГАЗОТУРБОСТРОЕНИЯ

11 августа 2007 г. президент Владимир Путин подписал указ о создании на базе московского двигателестроительного предприятия ФГУП “ММП” “Салют” новой структуры.

**Юрий Сергеевич Елисеев,**  
генеральный директор ФГУП “ММП” “Салют”

Не вызывает никаких сомнений, что устойчивое функционирование предприятия невозможно без создания новых видов продукции. Было бы неоправданной беспечностью считать, что иностранные клиенты будут закупать один и тот же двигатель, первые образцы которого появились четверть столетия назад. Для того, чтобы предложить потенциальным заказчикам конкурентоспособную продукцию необходимо модернизировать производство, наладить новые, надежные и всесторонние связи с предприятиями, задействованными в создании и изготовлении газотурбинных двигателей. В связи с этим, параллельно с решением производственных задач, были предприняты меры по развертыванию интегрированной производственной структуры, основной целью создания которой стала тщательная увязка всего цикла работ по разработке, производству, обеспечению эксплуатации, ремонту газотурбинных двигателей, их систем и агрегатов как для военной и гражданской авиации, так и для других отраслей промышленности.

Необходимость создания интегрированной структуры обусловлена не только расширением спектра производимой продукции, недостатком квалифицированной рабочей силы в Москве и сравнительно низкими затратами на производство компонентов двигателей на предприятиях, находящихся вдали от центра. Немаловажно и то, что на этих предприятиях сохранились высококвалифицированные рабочие. В современном мире экономически оправдан перенос производств на периферию, что, в конечном итоге, снижает себестоимость и повышает конкурентоспособность выпускаемой продукции.

В этих условиях неумолимая экономическая логика диктует следующее направление развития для “Салюта”: основное московское подразделение должно сосредоточиться на разработке конструкции, новых технологий и изготовлении наиболее сложных деталей. Именно здесь целесообразно производить сборку и испытания готовой продукции. Все остальные элементы производственного цикла рационально вынести за пределы столицы, передав соответствующие технологии филиалам. Создание интегрированной структуры призвано решить еще одну ключевую проблему современности - сокращение цикла от разработки до вне-

дения в серийное производство новой техники в условиях резкого обострения конкурентной борьбы.

В интегрированную структуру вошли собственно завод “Салют” в качестве головной организации, а также ряд научных, конструкторских коллективов и промышленных предприятий. Некоторые из них функционируют на правах филиалов, это:

- ВМЗ “Салют” (Воскресенск);
- НТЦ МКБ “Гранит” (Москва);
- НТЦ НИИД (Москва);
- ОКБ “Горизонт” (Дзержинск, Московская обл.);
- ГП “Прибор” (Бендеры);
- ФГУП “ОМО им. П.И. Баранова” (Омск).

Другие элементы интегрированной структуры работают на правах акционерных обществ, среди них:

- КБ “Электроприбор” (Саратов);
- ГМЗ “Агат” (Гаврилов-Ям);
- “Топаз” (Кишинев);
- “НИИТ” (Уфа).

“Салют” стал головной организацией не только потому, что от него исходила инициатива создания такой структуры, но, главным образом, из-за того, что это предприятие является одним из крупнейших в России эффективно функционирующих предприятий авиационного двигателестроения. Для него характерны высокие темпы научно-производственного и технологического развития.

В самом названии интегрированной структуры - “научно-производственный центр” - содержится указание о наличии в его работе научной составляющей, которая концентрируется на головном предприятии - московском заводе “Салют”. Главным образом здесь будут выполняться НИОКР, связанные с созданием авиационных двигателей и промышленных ГТД, осуществляться серийное производство основных узлов, деталей и окончательная сборка авиационных ГТД, реализация, обеспечиваться эксплуатация, ремонт и утилизация.

Для формирования научно-технических направлений деятельности, выбора тематики, выработки рекомендаций для разработки перспективных планов НИОКР, рекомендаций по повышению научно-технического уровня и качества изделий, оценки

результатов выполнения важнейших НИОКР сформирован научно-технический совет интегрированной структуры.

В этих условиях, когда ФГУП "ММПП "Салют" стало не только одним из членов интегрированной структуры, но и ее центром, оно само должно было измениться. С ростом числа задач, поставленных перед заводом, и повышением их сложности насущной оказалась задача реорганизации системы управления самого предприятия. Прежде всего, для повышения эффективности работ во главе каждого основного направления был назначен директор. Это позволило повысить ответственность каждого руководителя и обеспечить большую свободу при принятии решения. Последнее особенно актуально в условиях дефицита времени на принятие решения и достижение положительного результата.

В современных условиях для обеспечения приоритета в разработке газотурбинных двигателей и различных установок на их основе требуется проведение научных исследований на предприятии. На практике все научно-исследовательские, опытно-конструкторские и опытно-технологические работы сосредоточены в конструкторских бюро и научно-технологических центрах, обеспечивающих создание научно-технического задела для новых изделий, модернизации существующих ГТД, разработки современных технологий их производства.

Успешная работа этих подразделений стала основанием для появления распоряжения правительства Российской Федерации о присвоении ММПП "Салют" еще в 1999 г. статуса Федерального научно-производственного центра. Этот статус был вновь подтвержден 7 февраля 2006 г. правительственным распоряжением № 154-р. Необходимо отметить, что среди государственных предприятий авиационного комплекса страны такой статус имеет только "Салют".

Сегодня ФГУП "ММПП "Салют" включает:

- девять конструкторских бюро и проектных отделов;
- семь научно-технических центров;
- научно-исследовательский институт (филиал НИИД);
- учебный институт целевой подготовки специалистов (ИЦПС).

Для обеспечения согласованности проведения конструкторских работ все КБ (как собственно завода "Салют", так и предприятий и организаций, вошедших в интегрированную структуру) находятся в подчинении генерального конструктора. Основной задачей конструкторских бюро является создание новой конкурентоспособной техники. И эта задача успешно выполняется, несмотря на разные формы собственности организаций.

Напомним, что создание собственных конструкторских бюро, нацеленных на разработку как авиационной, так и индустриальной газотурбинной техники, стало в свое время принципиально важным решением руководства "Салюта". Многие недопонимали значения этого шага, поскольку, на их взгляд, серийному заводу опытное КБ не требовалось. Существовали ведь известные, маститые ОКБ-разработчики, и многие из них на тот момент не были загружены. Но обстановка в стране изменилась, появились предприятия с разной формой собственности, между заводами и головными ОКБ возникли особые отношения, иногда довольно противоречивые, вступающие в конфликт с государственными интересами. Иногда у одной из сторон начинали преобладать эгоистические взгляды на собственную роль в создании такой сложной продукции, как газотурбинный двигатель. Но даже не проблема раздела доходов от производства являлась самой главной. Важнее то, что сосредоточение в одних руках проектирования, подготовки производства, освоения новых технологий и собственно изготовления серийной продукции позволило резко сократить продолжительность цикла и уменьшить затраты на создание новой техники.

Именно поэтому главным направлением деятельности конструкторского бюро перспективной техники была признана разработка нового двигателя, который по удельным показателям приближается к показателям двигателя пятого поколения. Из двух концепций создания двигателя нового поколения, по одной из которых проектирование начинается с "нуля" и затем, через какой-то временной промежуток, при наличии соответствующего финансирования достигается нужный результат, "Салют" выбрал вторую, предусматривающую постепенное создание всех элементов двигателя пятого поколения и их проверку на уже существующем двигателе. Конструкторы "Салюта" разработали новый вентилятор с широкохордными лопатками, были организованы испытания новой камеры сгорания, отрабатывались новые покрытия и новые технологии производства отдельных деталей и узлов.

Для того чтобы двигатель пятого поколения состоялся, необходимо использование новых решений в газодинамике, в частности, внедрение "моноколес" - ступеней компрессора и турбины, изготовленных по технологии "блиск". Переход на новые, более высокие температуры газа и удовлетворение требованиям по массе и габаритам диктовали необходимость поиска новых материалов. Так, совместно с ВИАМ проводилась интенсивная работа по получению лумиллоидных лопаток методом высокоградиентной температурной кристаллизации. Известно, что увеличение градиента до 200 градусов на сантиметр позволяет на 20 % улучшить механические свойства лопатки при одном и том же химическом составе материала. Применение лумиллоидной лопатки, как ожидается, в перспективе позволит увеличить температуру газов перед турбиной до 2000 К. Создание лопаток со столь уникальными свойствами является необходимым элементом на пути к двигателю следующего, пятого поколения.

В 2006 г. в рамках тщательно продуманной программы поэтапного улучшения тактико-технических данных военного ТРДДФ, выпускаемого предприятием, успешно завершились стендовые и летные испытания модернизированного газотурбинного двигателя АЛ-31ФМ1. Акт Государственной комиссии о приемке его на вооружение российских Военно-воздушных сил был подписан главнокомандующим ВВС 10 октября 2006 г. Этот двигатель стал первым в стране авиационным ГТД, прошедшим государственные испытания и принятым на вооружение за последние 15 лет. Накануне нового 2007 г. из сборочного цеха Новосибирского авиационного завода выкатили новейший фронтальной бомбардировщик Су-34 с двумя такими двигателями.

Основные отличия АЛ-31ФМ1 от базового двигателя заключаются в применении компрессора низкого давления с увеличенным расходом воздуха и повышенной на 25 °С температурой газа перед турбиной. Весь комплекс доработок позволил довести максимальную тягу до 13 300 кгс.



Надо сказать, что уже проведен ряд работ по второму и третьему этапам модернизации АЛ-31Ф. Результатом работ второго этапа должно было стать увеличение тяги двигателя до 14 100 кгс. Однако уже в декабре 2006 г. на стенде была получена тяга 14 200 кгс, главным образом благодаря применению высокотемпературных турбин высокого и низкого давления с лопатками пространственного профилирования с термобарьерным покрытием и использованию новой камеры сгорания с двухстеночной жаровой трубой (разработка конструкторов "Салюта"). Второй этап модернизации должен завершиться к октябрю 2007 г.

На третьем этапе модернизации в конструкцию двигателя будет внедрен трехступенчатый компрессор низкого давления с широкохордными лопатками пространственного профилирования с повышенной степенью сжатия. Данный компрессор уже испытан на стендах ЦИАМ. Итогом всех этих работ станет появление нового двигателя АЛ-31ФМЗ, тяга которого будет доведена как минимум до 14 600 кгс.

Специалистами "Салюта" совместно с разработчиками из КБ завода им. В.Я. Климova для двигателя АЛ-31Ф создано сопло с управляемым вектором тяги (УВТ). Самолет с таким действительно "всеракурсным" соплом способен выполнять самые сложные фигуры пилотажа, например, управляемый плоский штопор, а также совершать энергичный и эффективный противоракетный маневр. Сопло с УВТ можно устанавливать на все модификации двигателя АЛ-31Ф. Летчикам остается только освоить и отработать новые элементы боевого применения своих машин.

Следует сказать и о двигателе АИ-222-25, который производится в кооперации московским заводом "Салют" и запорожским предприятием "Мотор Сич". В этом двигателе уже используются широкохордные лопатки первой ступени компрессора низкого давления. Сама ступень изготовлена по технологии "блиск". Инициатива разработки моноколеса принадлежит конструкторам "Салюта". В настоящее время заключены контракты на поставку Як-130 с этими двигателями иностранным заказчиком.

Создание новых двигателей и модернизация существующих стало возможным благодаря активному проведению научно-исследовательских работ и опытно-конструкторских разработок. Обширный цикл работ был осуществлен при создании трехступенчатого компрессора с широкохордными лопатками, изготовленными по технологии "блиск" и рабочих лопаток с улучшенным охлаждением для высокотемпературной турбины двигателей АЛ-31ФМ2 и АЛ-31ФМЗ. Для двигателя третьего этапа модернизации разработана экспериментальная камера сгорания с температурой стенок на 150 градусов ниже, чем у серийных камер.

И это только небольшая часть работ. Ежегодно выполнялось от 65 до 79 различных тем, причем практически все за счет собственных средств. Так, в 2006 г. объем финансирования составил 1150 млн руб. Всего за 2002-2006 гг. проведено 176 работ, по которым выпущены отчеты. НИР и ОКР проводились совместно как с отраслевыми институтами - ЦИАМ, ВИАМ, ЛИИ, ЦНИТИ, так и с институтами Академии наук. Среди них можно отметить московский ИВТ, уфимский ИПСМ, а также ИПВХ и ИСМАН из Черноголовки. К выполнению работ привлекались и высшие учебные заведения (МАИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, "Станкин", МАМИ, МАТИ им. К.Э. Циолковского, МИСИС и др.).

Основным компонентом стратегии развития ФГУП "ММПП "Салют" является программа создания единого информационного пространства предприятия, внедрение информационных технологий (ИТ) на всех этапах конструирования, производства и эксплуатации авиационных и промышленных двигателей. Предприятие активно развивает технологии интегрированной поддержки изделий. Цель - информационное обеспечение производства продукции в течение всего его жизненного цикла.

Программа разработки и внедрения элементов CALS-технологий на "Салюте" реализуется с 1996 г. В то время на предприятии было развернуто около 50 компьютеризированных рабочих мест, сегодня их несколько тысяч. Без использования компьютера не обходится ни одна служба завода. На всех этапах жизненного

цикла изделие сопровождается различными системами автоматизации, на этапе проектирования это системы геометрического моделирования (CAD) и системы инженерного анализа (CAE). Далее следуют системы автоматизации производства (CAM), системы планирования ресурсов предприятия (ERP) и другие. В современных условиях все эти системы интегрируются в единое информационное пространство, т.е. в ИПИ или CALS-технологии.

Роль информационных технологий многократно возрастает при создании крупного интегрированного центра газотурбостроения. Главным звеном в стратегии повышения эффективности бизнес-процессов такого центра является создание единого информационного пространства научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ и техпроцессов производства. Все основные процессы автоматизированы с помощью системы управления предприятием "ERP Салют" и системы электронного документооборота. Информационное пространство предприятия включает несколько тысяч компьютерных рабочих мест, распределенных на территории России и ближнего зарубежья.

В рамках интегрированной структуры создана единая база данных, которая содержит информацию об аппаратном и программном обеспечении рабочих станций, а также инструменты автоматического сбора такой информации и отслеживания изменений в аппаратном и программном обеспечении клиентов. Благодаря внедрению этой системы удалось существенно снизить затраты на администрирование и эксплуатацию ИТ-инфраструктуры, повысить управляемость и безопасность информационной системы в целом.

Инвестиции в новейшие технологии, современные средства вычислительной техники, коммуникационное оборудование и введение концепции единого информационного пространства показали свою эффективность. Это позволило предприятию сократить сроки разработки новой газотурбинной техники, снизить затраты на создание нового авиационного двигателя, повысить загрузку оборудования и качество выпускаемой продукции, снизить производственный брак и уровень складских запасов.

Применение современных методов проектирования дало сокращение цикла создания сложных узлов ГТД в 8...10 раз, а снижение трудозатрат только на подготовку производства в 2...3 раза.

С конца 90-х годов минувшего века "Салют" занимал первое место среди родственных предприятий по объему средств, выделенных на закупку нового оборудования. Следует подчеркнуть, что акцент делался не просто на замену старого станка новым, а на качественное совершенствование технологии, что должно было обеспечить резкий рост производительности труда. Для технического перевооружения производства закупки оборудования осуществлялись у лучших станкостроительных фирм мира из Америки, Европы и Японии.

Динамику приобретения нового оборудования "Салютом" можно проиллюстрировать следующими цифрами: в 1999 г. завод приобрел 40 станков, в 2000 г. - 120, а в 2001 г. - уже 250 единиц. В те годы предприятие ежегодно вкладывало от \$50 млн до \$80 млн в приобретение самого совершенного технологического оборудования. Обогатившись современным станочным парком, оно приобрело способность решать практически любую поставленную задачу. Цеха "Салюта" получили возможность изготавливать технологически сложные, требующие применения самых совершенных методов, детали, узлы и агрегаты. На предприятии стало использоваться новое зубообрабатывающее оборудование, современные машинные центры, участки ионной химико-термической обработки и т.д. На современном этапе практически ежегодно на развитие производства выделяется по \$40...50 млн, что позволило приобрести за последние семь лет 500 единиц самого современного оборудования, в основном с ЧПУ. В результате были сокращены сроки подготовки производства и удовлетворены повышенные требования к качеству выпускаемых изделий. Новое оборудование позволило сократить время некоторых деталей с нескольких месяцев до нескольких дней. При этом удалось существенно повысить качество.

В истекшем пятилетии продолжалась разработка новых технологий для создания современных ГТД. Цель - обеспечить сокращение в 3...4 раза сроков и стоимости разработки и освоения производства каждого двигателя. Для выполнения этой задачи произведена интеграция автоматизированных систем проектирования и технологической подготовки производства.

Новые технологии практически неразрывно связаны с новым оборудованием. Например, в перспективных изделиях применяются лопатки, имеющие сложную пространственную конфигурацию. Их изготовление требует соблюдения высокой геометрической точности при низкой жесткости конструкции лопатки, чего невозможно обеспечить, применяя традиционные методы механической обработки. Выход был найден в применении электрохимической обработки. Исследования показали, что при данном методе обработки достижимы высокая точность и высокое качество поверхности. Такой станок был создан совместно специалистами "Салюта" и Казанского моторостроительного объединения.

Специалистам ММП "Салют" удалось создать сквозную технологию литейного производства, в которой от математической модели до опытных образцов и серийной продукции затрачивается минимальное время. Широко применяется технология быстрого прототипирования, в том числе и технологической оснастки, как стержневой, так и модельной.

Впервые на "Салюте" освоено газостатическое прессование, при котором в газостате в условиях высокого давления и температуры получают детали иной структуры с более высокой плотностью. Особенно этот процесс эффективен для деталей, полученных методом литья из титана. Создан участок газостатирования на базе оборудования бельгийской фирмы, предназначенного для обработки крупногабаритных отливок из жаропрочных сплавов. Программное управление позволяет регулировать скорость охлаждения, состав технологической атмосферы и режим термообработки.

Что касается технологии изготовления турбинных лопаток, то и здесь все стадии предусматривают использование компьютерных технологий: и расчет конструкции, и разработка технологического процесса, и изготовление технологической оснастки. Даже при изготовлении такой сложной детали, как турбинная лопатка, практически нет ручного труда.

Но любое производство ничего не стоит без высококвалифицированных инженерно-технических и рабочих кадров. И на "Салюте" немало сделано для их подготовки. Так получилось, что заводские инициативы в этом направлении полностью совпали с президентской программой образования. Решением кадровых проблем на предприятии всерьез занялись еще в 2000 г., когда был создан Институт целевой подготовки специалистов (ИЦПС). Сегодня в сос-

таве ИЦПС функционируют два факультета: инженерной подготовки и подготовки рабочих кадров. Институт установил тесные связи с одиннадцатью ведущими вузами Москвы, которые взаимодействуют с ним в рамках конкретных договоров.

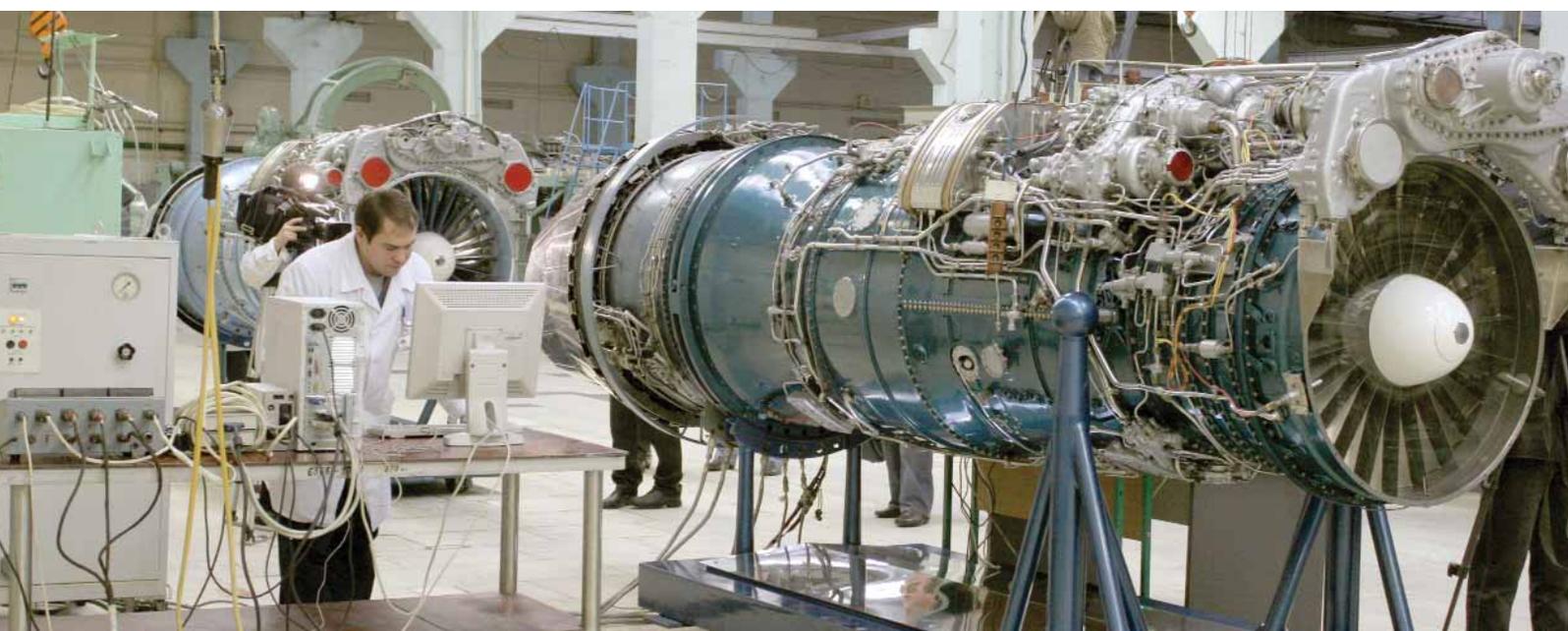
На "Салюте" созданы четыре филиала кафедр МАИ, МАТИ, "Станкина", и МИСИС, на которых используются наиболее прогрессивные формы обучения студентов. В настоящее время в ИЦПС проходят обучение 220 человек без отрыва от производства. В системе вечернего образования диплом инженера ежегодно получают 35-45 работников "Салюта", которые в дальнейшем трудятся конструкторами и технологами.

Для устранения кадрового дефицита на заводе создан Центр ускоренной подготовки рабочих. На предприятии специально для подготовки рабочих основных специальностей организован учебный цех. Завод выделил помещение, провел ремонт, закупил и установил необходимое оборудование. Здесь уже прошли подготовку несколько групп учащихся. А всего в рамках ИЦПС с момента его создания и до конца 2006 г. прошли обучение 852 инженерно-технических работника и 1445 рабочих "Салюта". Многие профильные ВУЗы стараются направить своих студентов на "Салют" для прохождения практики. Уже несколько тысяч студентов ознакомились с одним из передовых производств.

Пока законодательно не решены многие проблемы подготовки кадров, на "Салюте" находят собственные решения: так, студентам второго и третьего курсов предлагается заключить контракт о работе на заводе "Салют" после окончания института. При этом завод берет на себя обязательства по выплате дополнительной стипендии, а с началом трудовой деятельности на заводе бывшие студенты получают дополнительные денежные суммы. Молодым специалистам завод помогает с получением и оплатой ипотечных кредитов, а также ссуд для приобретения различных товаров.

Немалый вклад в решении кадровых проблем принадлежит работающим на "Салюте" 12 докторам технических наук, 36 профессорам, 100 кандидатам наук, доцентам, старшим научным сотрудникам. Помимо своих непосредственных обязанностей ими в различных печатных изданиях, на конференциях, симпозиумах и съездах опубликовано за последние пять лет свыше 300 работ. За это же время подготовлено к изданию и выпущено десять монографий и учебных пособий.

Исходя из сказанного, можно заключить, что "Салют", создав крупную интегрированную структуру, в которую входят ряд конструкторских бюро и заводов, проведя техническое перевооружение головного предприятия, освоив новые прогрессивные технологические процессы, наладив подготовку кадров, готов к созданию двигателя пятого поколения.



**Сергей Иванов в УМПО**

27 июня 2007 г. с рабочим визитом ОАО "Уфимское моторостроительное производственное объединение" посетил первый заместитель председателя Правительства Российской Федерации Сергей Борисович Иванов.

С.Б. Иванов осмотрел объекты, позволяющие УМПО развивать перспективные технологии форсированными темпами - в том числе инженерный цех прототипирования (ИЦП), цех сборки газотурбинных двигателей и "Технопарк авиационных технологий".



В настоящее время доля ОАО "УМПО" в машиностроительном комплексе Башкортостана составляет 25 %. Всего за время существования предприятием выпущено более 50 базовых и модифицированных авиационных двигателей, которые устанавливались на более чем 170 типах и модификациях самолетов. На самолетах с уфимскими двигателями поставлено свыше 100 мировых авиационных рекордов. Владимир Путин назвал продукцию УМПО "гордостью России".

Объединением выпускаются двигатели для штурмовиков Су-25 и Су-39, истребителей Су-27, Су-30 и Су-35, пассажирского Ту-334, самолета-амфибии Бе-200, узлы трансмиссий вертолетов Ка-27, Ка-28, Ка-31, Ка-32, Ми-26, снегоходы, мотоблоки и другая высокотехнологичная продукция, ремонтируются ранее поставленные двигатели для самолетов семейства "МиГ". Кроме серийного производства на предприятии реализуется ряд перспективных программ. В их числе - создание двигателя переходного поколения по проектам 117/117С, двигателя пятого поколения для перспективного авиационного комплекса фронтовой авиации, многоцелевого двигателя для вертолетов "Ансат", Ка-226, Ми-54 и освоение серийного производства малоразмерного двигателя АЛ-55 для учебно-тренировочных и учебно-боевых самолетов, а также запасных частей к двигателям для вертолетов среднетяжелого класса.

**Сергей Миронов в УМПО**

30 июля 2007 г. в ОАО "УМПО" с рабочим визитом побывал председатель Совета Федерации Федерального собрания РФ Сергей Михайлович Миронов.

Он посетил сборочный цех, где ознакомился с производством авиационных двигателей и газоэнергетического оборудования. Миронову был продемонстрирован видеофильм о направлениях деятельности ОАО "УМПО". Затем глава Совета Федерации побывал в выставочном зале административного здания УМПО, встретился с коллективом уфимских моторостроителей и ответил на заданные вопросы.



# Что делает их непревзойденными в небе?



## Отличная работа на земле

ОАО "УМПО" - уникальный производственный комплекс, сконцентрировавший в себе новейшие авиационные технологии и оборудование, интеллектуальный и кадровый потенциал.

Объединение владеет пакетом лицензий и сертификатов на производство авиационной техники и обладает полным технологическим циклом производства авиадвигателей и наземной техники. На предприятии внедрена и успешно работает система качества, отвечающая требованиям международных стандартов серии ISO

ОАО "УМПО" производит капитальный ремонт двигателей с восстановлением гарантийного ресурса, срока службы и всех эксплуатационных характеристик



открытое акционерное общество  
У Ф И М С К О Е  
МОТОРОСТРОИТЕЛЬНОЕ  
ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ  
О Б Ъ Е Д И Н Е Н И Е

[WWW.UMPO.RU](http://WWW.UMPO.RU)

10 июля 2007 г. компания Silicon Graphics представила SGI Altix ICE - платформу нового поколения, привносящую все преимущества большого опыта компании в области высокопроизводительных вычислений (HPC) в высокоинтегрированное блейд-решение.

*"Мы постоянно слышим от наших клиентов, что кластеры первого поколения не обеспечивают той реальной производительности, которой следовало бы ожидать с учетом их запаса по быстродействию, - отмечает глава SGI Роберт "Бо" Эвалд (Robert "Bo" Ewald). - Это породило постоянно расширяющийся провал между пиковым быстродействием и реальной производительностью. Кроме того, организациям приходится решать проблемы сложности использования, энергообеспечения и охлаждения этих систем".*

SGI видела эти проблемы, и ее ответ - SGI Altix ICE. Это - системная архитектура нового поколения. Отчасти кластер, отчасти MPP - эта система в большей мере реализует потенциальную производительность для конечных пользователей. Специализированная для работы с HPC-приложениями и крупномасштабными задачами, она занимает меньшую площадь, энергетически более экономична и обеспечивает повышенные показатели надежности, доступности и обслуживания.

SGI® Altix® ICE 8200 является первой моделью в новой линейке блейд-серверов, специально построенных для работы с HPC-приложениями и крупномасштабными задачами. Ее сверхплотная архитектура обеспечивает до 40 % большую вычислительную производительность на единицу площади по сравнению с конкурентными блейд-системами. Одна серверная стойка SGI Altix ICE 8200 может вмещать до 512 процессорных ядер Intel® Xeon® и обеспечивать производительность до 6 TFLOPS.

Высокая вычислительная плотность новой платформы позволяет пользователям преодолеть не только проблему "разбухания серверов". SGI Altix ICE отличается революционной энергосберегающей конструкцией, позволяющей организации экономить ежегодно до \$53 тыс. при эксплуатации системы с производительностью 10 TFLOPS. Система поставляется в стиле "включил и работаешь", позволяя клиентам сфокусироваться на их работе, а не на установке и администрировании.

Новая система уже получила хорошие отзывы от клиентов, в частности, от университета города Эксетер в Великобритании и фирмы General Atomics, Сан-Диего.

*"General Atomics постоянно ищет более быстродействующие компьютеры, так как мы работаем с постоянно укрупняющимися моделями, - отметил Дэйв Вейд. - Но площади для размещения компьютеров исчерпаны, а попытка справиться с еще большим тепловыделением экономически неэффективна. SGI предоставила нам*

*быстродействующий компьютер с существенными преимуществами - исключительно малой занимаемой площадью и малыми расходами электроэнергии. SGI Altix ICE соответствует всем требованиям эффективности, и позволяет нашим ученым и инженерам решать крупные задачи за дни вместо недель".*

#### Выше плотность - меньше головной боли

SGI совместно с корпорацией Intel добилась кардинального повышения плотности, применив новую, высокоинтегрированную версию платформы "Atoka". Эта плата следующего поколения, созданная специально для рынка HPC, позволяет одному блейду SGI Altix ICE 8200 вмещать два процессора Dual- или Quad-Core Intel Xeon и до 32 Гб памяти.

Для обеспечения лучших производительности и масштабируемости, новая система также имеет поддержку (DDR) InfiniBand бэжплейнов - магистралей с удвоенной скоростью и низкой латентностью, обеспечивающих быстродействующую связь между узлами и серверными стойками, даже когда в систему входит несколько тысяч процессоров. Выводя административные функции на сеть Gigabit Ethernet, SGI освободила до 20 Гб/с для вычислительного трафика. И, для оптимальной динамической коммуникации, в новой системе используется иерархическая сетевая топология, не нуждающаяся во внешней коммутации.

Интегрированный формат блейдов также делает обслуживание и поддержку системы простой как никогда. SGI снабдила новую платформу элегантной, свободной от кабелей конструкцией шасси (IRU) и интегрированными на плате сетевыми интерфейсными карточками InfiniBand, уменьшив таким образом количество точек отказа в каждом шкафу. Шасси SGI Altix ICE 8200 оснащены дополнительными, с горячей заменой, блоками питания и элементами охлаждения.

Со своей бездисковой блейдовой архитектурой, SGI Altix ICE предоставляет также "внеблейдовую" централизацию ресурсов хранения. Выводя диски из вычислительных модулей, SGI дает клиентам возможность выбрать ту опцию хранения, которая наилучшим образом соответствует их вычислительной среде, включая решения SGI® InfiniteStorage, подобранные для удовлетворения требований конкретным задачам. Кроме того, использование этой архитектуры еще более уменьшает стоимость решения, вес и энергопотребление, одновременно повышая надежность системы.

#### Технологии энергосбережения для снижения стоимости владения

SGI воспользовалась преимуществами отлично зарекомендовавших себя новинок в области энергопотребления, разработанных для своей линейки серверов SGI Altix® на базе процессоров Intel® Itanium®. Архитектура электропитания SGI Altix ICE с ин-

теллектуальным энергорасходом позволяет достичь 90 % эффективности на уровне блоков питания, до 87 % эффективности на вычислительных блейдах, и до 76 % эффективности на уровне шкафа.

Новая модель также может быть оснащена системой водяного охлаждения третьего поколения - идеальный вариант для заказчиков, устанавливающих большие системы с высокой плотностью. Охлажденная вода уносит с собой до 95 % тепла, произведенного системой. Более 250 систем с водяным охлаждением уже были установлены по всему миру и доказали свою надежность на существующих системах SGI Altix.

Поскольку затраты на охлаждение серверов составляют до половины стоимости энергообеспечения, достигнутые результаты обеспечивают существенную экономию.

#### Производительность в стиле "включил и работаешь"

На базе опыта двух десятилетий разработки решений "power up and go" - "включил и работаешь" SGI создала систему, которая обеспечивает установку и запуск системы в работу за один день. "Система SGI Altix ICE со 128 процессорными ядрами прибыла утром, а вечером она уже работала, - отмечает Мэттью Бэйт, профессор теоретической астрономии университета Эксетер. - Все системное ПО поставляется предустановленным, что помогает сделать управление и обучение работе с системой исключительно легкими".

*"На нас произвело впечатление то, как быстро система SGI Altix ICE была установлена и сконфигурирована, - добавляет Вэйд из General Atomics. - С SGI Altix ICE мы получили запущенную в работу совершенно новую HPC-платформу практически в рекордное время".*

Добиться таких результатов SGI Altix ICE помогает программный пакет SGI® Conductor software solution stack - развитый набор системных компонент, поставляемых предустановленными с каждой системой SGI Altix ICE 8200. Пакет включает одну из двух опций программных средств управления кластерами:

- SGI® Tempo, в которой задействованы компоненты приложения с открытым кодом OSCAR, и которая позволяет администраторам гибко контролировать и управлять инсталляцией на уровне блейда, шасси, шкафа и системы;

- Scali Manage™, которая оптимизирует внедрение и текущее администрирование систем SGI Altix ICE и представляет собой наиболее полную, интегрированную и гибкую систему для управления и мониторинга кластеров, имеющуюся на рынке.

Пакет также включает: стандартный SUSE® Linux® Enterprise Server 10; ПО SGI® ProPack™ 5 Software для ОС Linux; ПО управления нагрузкой Altair® PBS Professional™ 9.0; среду InfiniBand Fabric и Subnet Management. 



# ХОРОШИЕ МОТОРЫ ДЛЯ ТЕХ, КТО ХОЧЕТ ЛЕТАТЬ

МАКС-2007  
21-26 августа, павильон «А»

**САТУРН**  
НАУЧНО-ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

**УМПО**



# ОБРАБОТКА ПЕРИФЕРИИ И ТОРЦОВ УЗКИХ ДЕТАЛЕЙ БОЛЬШОЙ ДЛИНЫ ЗА ОДИН УСТАНОВ - АВТОМАТИЧЕСКАЯ КОНТРОПОРА ФИРМЫ HERMLE

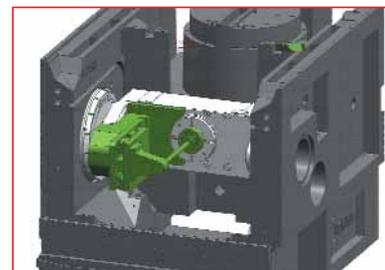
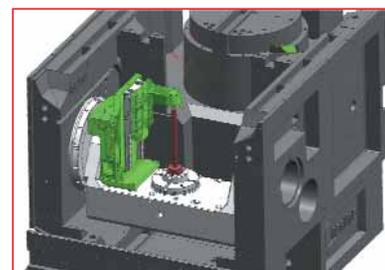
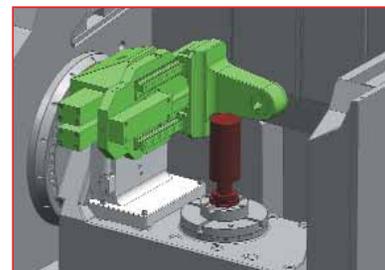
**Михаил Леонидович Дынкин**

Специально для обработки узких деталей большой длины, например турбинных лопаток, которые необходимо поддерживать с торца, фирмой HERMLE разработана автоматическая контропора оригинальной конструкции. Контропора обеспечивает обработку таких деталей как: турбинные лопатки, медицинско-технические изделия, различные инструменты и/или инструментальные державки с очень низкими предельными отклонениями.

Исключительной особенностью или "изюминкой" этой контропоры является вращающийся или "изюминкой" этой контропоры является вращающийся центр, наклоняемый автоматически при помощи управляющей программы на 90° для обработки торцов. Это позволяет дополнительно к пятиосевой проводить еще и обработку торцов, что позволяет выполнить финишную обработку без переустановки. Контропора устанавливается рядом с плитой стола на наклонно-поворотный стол с ЧПУ пятиосевого обрабатывающего центра С 30 U или С 40 U. Для фиксации детали контропора может автоматически опускать вращающийся центр на деталь (диапазон перемещений - 220 мм), обеспечивая, таким образом, оптимальную поддержку. Возможен зажим и обработка деталей длиной 420 мм с максимальным диаметром окружности 420 мм. Собственно диаметр не является существенным фактором, поскольку поддерживать необходимо, в основном,

детали узкой вытянутой формы. При наклоне контропоры возможна традиционная пятиосевая обработка крупногабаритных деталей. Таким образом, заказчик не ограничивает себя определенными рамками, а приобретает полноценный пятиосевой обрабатывающий центр высочайшей точности с автоматической контропорой в качестве опциона.

Для загрузки и разгрузки заготовок или готовых деталей возможно подключение манипулятора HERMLE HS 30 или роботизированной системы HERMLE к обрабатывающему центру. Это обеспечивает оптимизацию загрузки станка при эксплуатации в двух- или трехсменном режиме без оператора.



Примеры обработки с использованием автоматической контропоры (вверху - опора отведена)



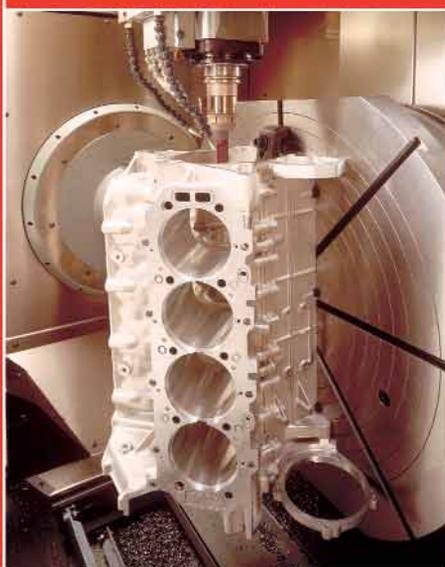
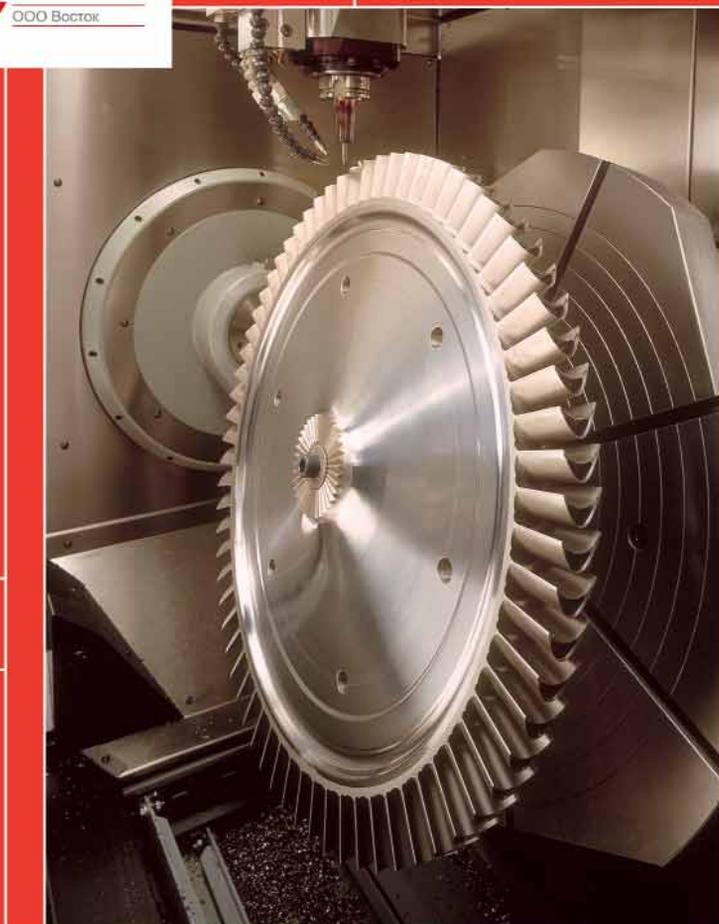
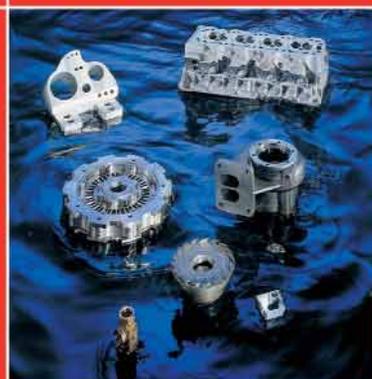
Обработка турбинной лопатки с использованием автоматической контропоры, установленной на наклонно-поворотном столе с ЧПУ станка С 30 U

**Факты:**

- контропора, управляемая от ЧПУ, с вращающимся центром, наклоняемым с помощью управляющей программы;
- обработка периферии и торцов за один установ;
- 5-осевой обрабатывающий центр со встроенным наклонно-поворотным столом с ЧПУ;
- компактная конструкция благодаря типичной для станков HERMLE модифицированной конструкции типа "Гентри";
- высокопроизводительная система управления Heidenhain iTNC 530 / Siemens S 840D;
- автоматизация путем подключения манипулятора HERMLE HS 30 или роботизированной системы HERMLE.



По материалам фирмы HERMLE AG



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

ООО "Хермле Восток":  
127018, Москва, ул. Полковная, 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)

# GLOBATEX AG:

## МНОГОЦЕЛЕВЫЕ СТАНКИ ФИРМЫ UNISIGN (ГОЛЛАНДИЯ)

### ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕООРУЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**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 переоснащение предприятий оборудованием, сертифицированным 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 фирм, а также фирм Японии. Компания предлагает станки и оборудование фирм: Roders, Германия (высокоскоростные фрезерные обрабатывающие центры - ОЦ) Zimmer + Kreim, Германия (электроэрозионные копировально-прошивочные системы и системы автоматизации станков - их загрузки/разгрузки, хранения электродов, режущих инструментов и деталей); Peter Walters AG, Германия (технологии и оборудование для прецизионной обработки поверхностей - тонкой шлифовки, доводки, притирки, плоского хонингования и снятия заусенцев), а также оборудование для наружного и внутреннего круглого шлифования - станки фирмы Voumard Machines CO SA, Швейцария, недавно приобретенной фирмой Peter Walters AG; Unisign, Голландия (вертикальные и портальные фрезерные ОЦ, в том числе со встроенными планшайбами для выполнения токарно-карусельных работ); Seibu Electric & Machinery Co., LTD, Япония (прецизионные электроэрозионные проволочно-вырезные станки); Vumotec, Швейцария (токарно-фрезерные ОЦ); Dixi, Швейцария, недавно приобретенной японской компанией Mori Seiki (горизонтально-расточные ОЦ); Rollomatic, Швейцария (профилешлифовальные станки для изготовления осевых режущих инструментов и станки для их перзаточки); Samputensili - отделения фирмы SAMP S.P.A., Италия (зуборезные и зубошлифовальные станки).

#### Обрабатывающие центры UNIVERS



UNIVERS 5



UNIVERS 6



UNIVERS 4000

#### Высокоскоростные обрабатывающие центры UNIPRO



UNIPRO 5L



UNIPRO 5P



UNIPRO 5S

#### Портальные обрабатывающие центры UNIPORT



UNIPORT 4



UNIPORT 7



UNIPORT 6000



UNIPORT 8000

#### Особенности станков UNISIGN:

- Размеры зоны обработки:  
от 1600x600x500  
до 18000x8000x600 мм
- Частота вращения шпинделя:  
6000...25 000 мин<sup>-1</sup>
- Мощность привода шпинделя:  
до 55 кВт,
- Крутящий момент:  
до 480 Н·м.

#### Вертикальные токарно-фрезерные обрабатывающие центры UNICOM



UNICOM 6000



UNICOM 8

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 приведены краткая информация о станках фирмы Unisign, рекомендуемых для внедрения на предприятия авиакосмической промышленности, и примеры их применения для обработки деталей авиационной и космической техники. Информация на русском языке о фирме Unisign и

выпускаемом ею оборудовании приведена в журналах "Двигатель" (№ 1 и 2 за 2006 г., № 1 и 2 за 2007 г.) и "Комплект: ИТО" (№ 5 за 2006 г. и № 5 за 2007 г.). Соответствующая информация на фламандском, английском, немецком и французском языках размещена на сайте <http://www.unisign.nl> фирмы Unisign.

Предлагаемые фирмой Unisign станки отличаются, как правило, их исполнением в соответствии со специальными требованиями заказчиков на базе стандартных типовых модулей.

Фирма учитывает современные тенденции рынка металлорежущих станков по обеспечению "полной механической обработки деталей с минимальным числом их установок" и "высокопроизводительной механической обработки". Надежная современная технология обработки, высокие динамические свойства и технологическая гибкость оборудования фирмы Unisign позволяет ее клиентам обрабатывать детали выпускаемых изделий конкурентоспособно, с минимальными затратами и с высокой прибылью.

В настоящее время фирма предлагает экономичные решения для гибкого производства - высокопроизводительные трех-, четырех- и пятиосевые вертикальные и порталные обрабаты-

	Обработка центры UNIVERS		
	UNIVERS 4000	UNIVERS 5	UNIVERS 6
Ось X, мм	1600	2000-18 000	2000-18 000
Ось Y, мм	600	550/750	600/800
Ось Z, мм	500	400	600
Мощность, кВт/Вращающий момент, Нм	26/100	17/480	26/650
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	12 000	6000-12 000	6000-9000
Опция: высокоскоростной шпиндель. Мощность, кВт/Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	-	55/25000	-
Количество инструментов в магазине, шт	ISO-40/HSK-63, 51	ISO-40/HSK-63, 51	ISO-50,36/52

Таблица 1

стол с ЧПУ и т.п. Такая компоновка станка с указанными возможностями крепления заготовок и столов обеспечивает беспрепятственный сход стружки в конвейер, расположенный под зоной обработки. При этом обеспечен хороший доступ к станку для установки/снятия деталей, в том числе с использованием крана.

Станки UNIVERS предлагают высокую гибкость процесса обработки деталей за меньшее время, обеспечивая их улучшенное качество и, как следствие, уменьшенное время изготовления изделия.

Краткие технические данные станков UNIVERS приведены в таблице 1.

Вертикальные обрабатывающие центры серии UNIPRO предназначены для высокоскоростной обработки. Трехосевые станки UNIPRO оснащены столами с зажимными устройствами, четырехосевые - поворотными столами и пятиосевые - наклонно-поворотными столами. Краткие технические данные станков UNIPRO приведены в таблице 2.

На станках UNIVERS и UNIPRO возможна обработка в маятниковом режиме, при котором во время обработки одной де-

тали на одной позиции (в одной рабочей зоне) осуществляется установка и наладка другой детали на другой позиции.

Станки серии UNICOM предназначены для полной обработки деталей с использованием фрезерования, сверления, а также токарной обработки (аналогично обработке на карусельных станках).

Станки UNICOM с неподвижным порталом имеют поперечные суппорты, которые перемещаются в продольном направлении по оси Y, и встроенный поворотный стол. Этот стол может быть использован как планшайба карусельного станка, так и делительно-поворотный стол с CNC-управлением (ось C). Станки могут быть оснащены системой транспортировки и смены паллет (паллеты диаметром от 1250 мм до 2500 мм).

Краткие технические данные станков UNICOM приведены в таблице 3.

	Вертикальные токарно-фрезерные обрабатывающие центры UNICOM		
	UNICOM 6000	UNICOM 6000-HV	UNICOM 8
Размеры паллеты, мм	Ø1250/Ø1600/Ø1800	Ø1250/Ø1600/Ø1800	ДоØ1800
Мощность, кВт/Вращающий момент на планшайбе (паллете), Нм	70/25000	70/25000	80/30000
Частота вращения планшайбы (паллеты), мин <sup>-1</sup>	450/350/315	450/350/315	280
Мощность, кВт/Вращающий момент на шпинделе, Нм	36/720	40/137	36/1800
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	6000/9000	12000	6000
Ось X, мм	1425	2300	2750
Ось Y, мм	2200	2000	3000
Ось Z, мм	800/1000	1000	1600
Количество инструментов в магазине, шт.	ISO-50/HSK-100, Capto 79-156	HSK-63A, 80	HSK-100/HSK-125, 300

Таблица 2

Таблица 3

Таблица 4

	Портальные обрабатывающие центры UNIPORT				
	UNIPORT 4	UNIPORT 7	UNIPORT 6000	UNIPORT 6000-P	UNIPORT 8000
Ось X, мм	2000-12 000	4000-18 000	3000-18 000	3000-6000	4000-18 000
Ось Y, мм	1000-2000	2000-4000	1500-3000	1500-2500	3100-4600
Ось Z, мм	400	1000/1200	800/1000	800/1000	1250/1600
Мощность, кВт/Вращающий момент, Нм	17/480	36/1350	36/720	36/720	42/1600
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	6000-12 000	4000-6000	6000-9000	6000-9000	6000
Опция: высокоскоростной шпиндель, Мощность, кВт/Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	55/25 000	-	-	-	-
Количество инструментов в магазине, шт.	ISO-40, HSK-63, 51/75	ISO-50, 61-190	ISO-50, HSK-100, 36-107	ISO-50, HSK-100, 36-107	HSK-100, 34-155
Длина подвижного стола, мм	-	-	2000-8000	-	2000-8000
Ширина подвижного стола, мм	-	-	1500-2500	-	2000-3500

Станки серии UNIPORT предназначены для многосторонней обработки крупногабаритных деталей и предлагаются в различном исполнении: с подвижным порталом и неподвиж-

ным столом, а также с неподвижным порталом и подвижным столом. Эти станки могут быть выполнены в трех вариантах: с одним подвижным столом, с двумя столами или же со сменными паллетами.

Краткие технические данные станков UNIPORT приведены в таблице 4.

В таблице 5 указаны области применения станков фирмы Unisign, поставленных в страны Западной Европы, Азии, Южной Африки, в США и Канаду.

На рис. 1 приведены наиболее характерные примеры деталей, обработанных на станках фирмы Unisign и являющихся составной частью конструкции летательных аппаратов, в том числе элементов крыльев, деталей двигателей, шасси и т.п.

Одними из типовых деталей из всего многообразия, производимых компанией, являются детали секций крыльев самолетов, которые изготавливаются из цельных алюминиевых блоков (рис. 2).

Таблица 5

	Области обрабатывающих центров фирмы UNISING				
	Машиностроение. Металлообработка	Авиакосмическая промышленность	Автомобильная промышленность	Транспортное машиностроение	Нефтегазовая промышленность
	Обработка деталей штампов и пресс-форм, деталей машин (черновая и чистовая обработка)	Детали турбин, двигателей, крыльев и корпусов летательных аппаратов	Изготовление деталей автомобилей: двигателей, блоков цилиндров, коленвалов, тормозных дисков	Обработка сварных деталей корпусов ж/д техники, строительной и подъемно-транспортной техники	Обработка роторов генераторов, корпусов и деталей компрессоров, насосов
UNIVERS	+	+	+	+	+
UNIPRO	+	+	-	-	-
UNIPORT	+	-	+	+	+
UNICOM	+	+	-	-	+



Рис. 1

Эти детали имеют боковые стенки, наклоненные под некоторым углом к базе деталей, что требует применения пятиосевой обработки с использованием режущих инструментов, располагаемых в процессе обработки под различными углами к поверхности детали в соответствии с траекториями обработки. Для обеспечения больших окружных скоростей инструмента при обработке алюминиевых сплавов и высокого качества поверхности деталей требуется применение широких диапазонов частоты вращения шпинделя станка. В то же время, для обеспечения высокой скорости съема материала требуется мощный привод шпинделя.



Рис. 2

Этим требованиям отвечает вертикальный обрабатывающий центр UNIVERS 6 (рис. 3) с электрошпинделем с максимальной частотой вращения 25 000 мин<sup>-1</sup> и двумя наклонно-поворотными столами, позволяющими осуществлять пятиосевую обработку при маятниковом режиме работы станка (обработка на одной позиции и загрузка - на другой). При таком режиме практически обеспечивается 100-процентное использование шпинделя станка.

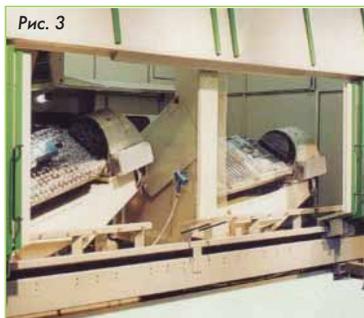


Рис. 3



Рис. 4

На примере процесса изготовления крыльевой нервюры (рис. 4) следует отметить следующие преимущества обработки на станке UNIPRO 5P фирмы Unisign:

- одновременная по пяти осям быстрая и мощная (высокопроизводительная) обработка;
- сокращение времени выполнения заказа;
- черновая и чистовая обработка детали за одну (максимум - две) установку;
- скорость съема материала - до 10 000 см<sup>3</sup>/мин;
- быстрая смена инструмента с предварительным его выбором;
- отличные режимы обработки и условия удаления стружки;
- быстрая смена зажимных устройств в виде куба с зажимами;
- высокая точность обработки.



Рис. 5

На примере процесса изготовления корпуса реактивного двигателя (рис. 5) следует отметить следующие преимущества обработки на станке на станке мод. UNCOM 6000-NV:

- пятиосевая обработка;
- улучшенное качество обработки благодаря уменьшению числа установок

при обработке, применению шупа измерительного датчика, устанавливаемого на ползуне для обеспечения требуемого качества токарной обработки без смены инструмента, применению малогабаритной (узкой) поворотной шпиндельной головки для обработки сопряженных под заданным углом поверхностей;

- сокращение времени обработки за счет полной обработки и использования устройства смены паллет;

- удобное управление станком с хорошим обзором зоны обработки при совершенной системе

защиты и удобном доступе к станции загрузки паллет;

- максимальный диаметр заготовки - 2000 мм;

Особенности обработки детали корпуса крылатой ракеты (рис. 6) на станке UNIVERS 6:

- полная обработка корпуса ракеты за две установки (первая установка как фиксированная, вторая установка - на оси А поворотного стола с задней бабкой). Благодаря ограниченному количеству установок обеспечивается повышение качества обработки и сокращение времени изготовления изделия;

- многосторонняя обработка с использованием угловой шпиндельной головки и оси А;
- применение угловой шпиндельной головки специальной конструкции (узкая) для обработки менее доступных мест (поверхностей) включая головки, автоматически сменяемые на станке;
- полностью автоматическая система;
- отличные условия удаления стружки;
- обработка в маятниковом режиме для повышения производительности оборудования.



Рис. 6



Учитывая огромный опыт, накопленный фирмой Unisign в области технологической оснастки для металлорежущих станков, следует отметить важную особенность - возможность поставок фирмой оснастки для крепления на станках заготовок и деталей малой жесткости.

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.

**Globatex AG**



**Тел.: (+7-495) 739-0376.**

**Факс: (+7-495) 232-3625.**

**www.globatex.ru**

# ПРОВЕРЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

THINK **MILLING**,  
THINK **KENNAMETAL...**

Одним из ключевых направлений деятельности Kennametal (KM) в области разработки и выпуска инструментальной оснастки является авиационная и космическая промышленность. В концерне постоянно ведется поиск передовых инструментальных технологий механической обработки любых компонентов из алюминия и титана. KM давно и плодотворно сотрудничает с такими авиастроительными гигантами, как:

- BOEING, вместе с которым решаются проблемы, связанные с изготовлением обшивки, лонжеронов, стоек шасси и многих других узлов и агрегатов;

- PRATT&WHITNEY, которому KM поставляет инструмент для производства различных элементов авиационных двигателей;

- BOMBARDIER, выбравший компанию KM как разработчика и изготовителя инструмента для производства различных элементов не только планера, но и двигателя.

В качестве примера можно привести созданную инженерами KM технологию обработки материала ИНКОНЕЛЬ 718 для выпуска различных элементов авиационных двигателей. Базой данной технологии стал разработанный и испытанный KM специальный инструмент с повышенным ресурсом стойкости. Применение данной технологии на практике позволило снизить время простоя оборудования, уменьшило количество технологических операций и привело к экономии более 400 000 долларов в год!

## СТАНДАРТНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СЛОЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Позвольте нам доказать это.  
[www.kennametal.com](http://www.kennametal.com)



Режущий блок KM WIDAFLEX  
с пластиной ISO  
с геометрией передней  
поверхности RP  
для черновой обработки



Режущий блок KM WIDAFLEX  
с пластиной TOP NOTCH



Кукурузная фреза NGE  
С внутренним подводом СОТС  
для черновой обработки

Чистовой расточной  
инструмент ROMICRON®  
Регулировка 1мм на радиус



Расточная борштанга  
KM WIDAFLEX  
с пластиной ISO, с геометрией  
передней поверхности MP



Kenclamp  
Токарная державка



Державка  
с пластиной из вискеризованной  
керамики со стружколомом



Компания Kennametal основана в США, в 1938 году. За 70 лет своего существования она превратилась в концерн, являющийся одним из мировых лидеров в области разработки и выпуска всей гаммы инструментальной оснастки - от сменных пластин для токарной обработки до алмазного вращающегося инструмента, в том числе и для глубинного бурения.

Подразделения концерна, в которых трудится более 14 тысяч сотрудников, представлены в 60 странах мира компаниями по продажам, а также сервисными и технологическими группами.

В настоящее время производственные мощности KM располагаются в пяти странах, из которых основная доля приходится на США и Канаду, где находится штаб-квартира концерна, а также 19 заводов. Европейская штаб-квартира располагается в Швейцарии, а всего в Европе насчитывается 14 заводов концерна.

Тенденции быстрого и динамичного роста рынков Юго-Восточной Азии отразились в создании ряда производств в Индии и Китае, где KM располагает тремя заводами и одним совместным предприятием.

Годовые продажи KM достигают 2,3 миллиарда долларов, при этом 44 % данного объема составляют инновационные продукты, "возраст" которых не превышает 3-5 лет.

# THINK MILLING, THINK KENNAMETAL...

Инструмент фирмы Kennametal позволяет решить проблемы чистовой обработки конструктивных элементов авиационных двигателей из титана: максимально увеличить скорость и точность обработки. В результате сокращается время обработки, а общие накладные расходы значительно снижаются.

Так, при изготовлении одного из элементов авиационного двигателя из титана на обрабатывающем центре K&T с применением четырехзаходной специальной фрезы Kennametal 3/4" (19,05 mm) с твердосплавными режущими кромками получено:

- удвоение скорости подачи от 18 до 36 м/минуту;
- тройное увеличение скорости резания от 76 до 548 мм/минуту;
- уменьшение общего времени обработки на 180 часов.

Технология современного уровня позволяет получить максимальную производительность. Годовой экономический эффект составил более \$85 000!



Технические особенности специальной фрезы Kennametal с твердосплавными режущими кромками

Размер	3/4" (19,05 mm)
Количество заходов	4
Материал	TiAlN
Марка	KC633M
Скорость подачи, м/мин	36
Глубина реза, мм/зуб	0,22
Максимальная глубина обработки, мм	68,6
Ширина радиуса при отрезе, мм	1,02
Длина отреза, мм	8534

#### Особенности:

- Профиль канавок (запатентовано!) позволяет проводить чистовую обработку с минимальными допусками!
- Совмещение чистовой и черновой обработок!
- Великолепное качество обработанных поверхностей, даже при больших скоростях резания!
- Легкость перенастройки!



Конструкции, работающие в сложных условиях, например - элементы авиационных двигателей, требуют особого внимания производителей. По оценке экспертов, разработки фирмы Kennametal для аэрокосмической промышленности позволяют уменьшить производственные затраты при сохранении высокого качества работы.

#### Особенности:

- Разделение режущих элементов увеличило устойчивость и уменьшило вибрацию!
- Максимальная степень удаления снятого металла при обработке труднообрабатываемых материалов!
- Использование при резке изломанных под 90° режущих кромок, образованных отдельными элементами, разделенными проточками, составленными в многозаходный инструмент!
- Длинные режущие кромки позволяют осуществлять обработку с большой глубиной резания!

Технические особенности пальцевой фрезы Kennametal NGE-B с твердосплавными режущими кромками

Размер	2" (50,8 mm)
Количество заходов	6; 8; 10
Марка	KC725M
Частота вращения, об/мин.	286
Осевая глубина врезания, мм	50,8...101,6
Радиальная ширина реза, мм	6,35...10,16
Стойкость инструмента, мин.	166



Толчком к разработке компанией Kennametal необходимого инструмента являются технологические проблемы, встающие перед аэрокосмическими фирмами. Так, у одной из них на черновую обработку титанового узла крепления требовалось свыше двух часов станочного времени, что и стало узким местом рабочего цикла. Для решения этой проблемы фирма Kennametal разработала пальцевую фрезу NGE-B со вставками KC725M, позволившую максимально увеличить скорость черновой обработки элементов авиационных двигателей из титана и его сплавов.

В результате время черновой обработки детали из титана марки 737 на центре Cincinnati T 20 с помощью данной фрезы сократилось с 2 часов 13 минут до 41 минуты, а годовая экономия при производстве составила \$204 600.

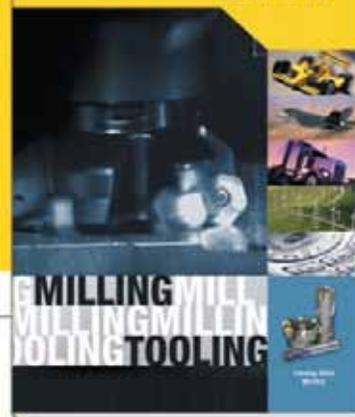


119334, Москва, ул Вавилова, 5,  
корп. 3, офис 214  
Тел.: (495) 411-5386  
Факс: (495) 411-5488.  
www.kennametal.com



THINK **MILLING,**  
THINK **KENNAMETAL... Новый фрезерный каталог**  
Скоро - на русском языке!

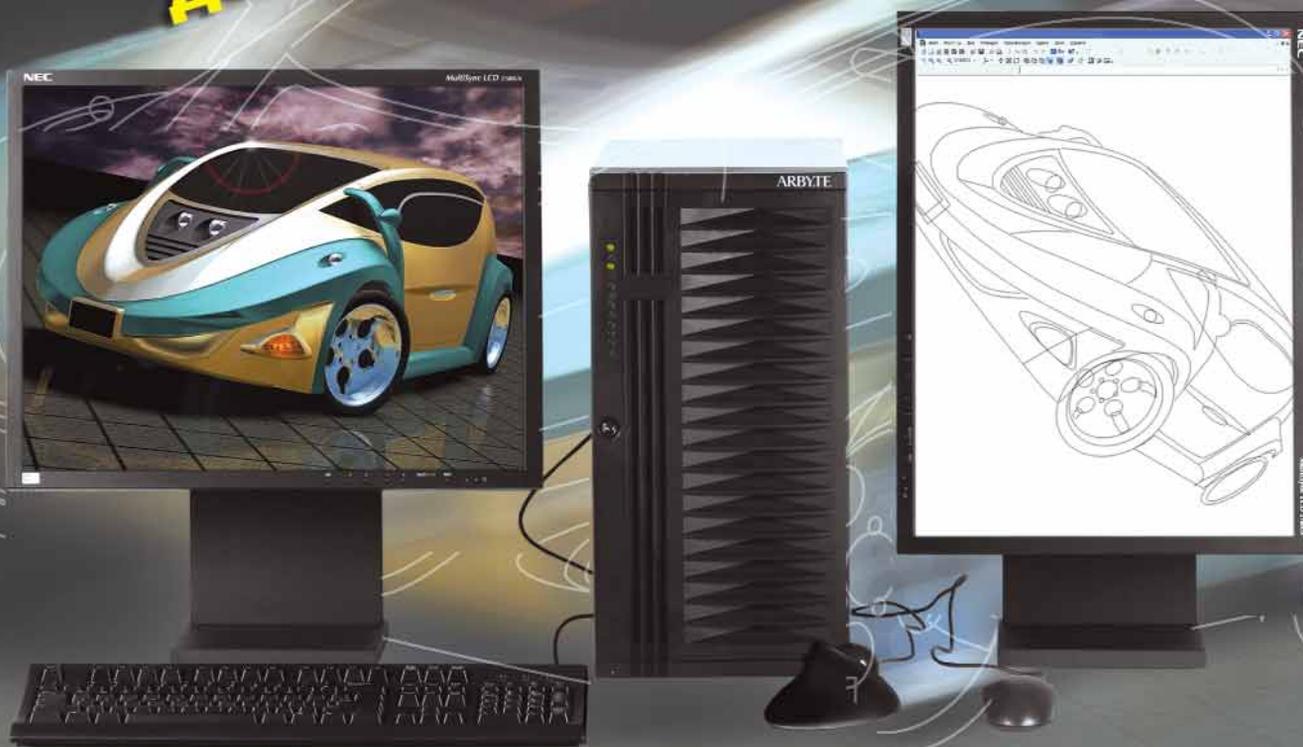
KENNAMETAL



	<p><b>Фрезы KSOM и KSOM Mini</b> Крепление пластин без прихватов Каждая пластина имеет 8 режущих кромок.</p>
	<p><b>Фрезы KSHR Dodeka</b> Каждая режущая пластина имеет 12 режущих кромок. Три геометрии режущих пластин и пять марок твердого сплава позволяют подобрать инструмент для фрезерования большинства обрабатываемых материалов. Конструкция обеспечивает стабильный процесс фрезерования.</p>
	<p><b>Фрезы AluMill с алмазными резцами</b> Самая производительная обработка алюминия. Гарантированное увеличение производительности от 20 %. Отличные показатели качества обработанной поверхности.</p>
	<p><b>Новая конструкция резьбовой фрезы TM25</b> Одна фреза для обработки наружной и внутренней резьбы. Обработка резьбы длиной/глубиной до 25 мм за один проход. Большой выбор режущих пластин для различных стандартов, профилей и типоразмеров резьбы.</p>
	<p><b>Фрезы KSRM</b> Применяются для тяжелых условий обработки с большими глубинами резания. Лучшее решение для черновой обработки титана. Высокая надежность обработки на больших вылетах инструмента.</p>
	<p><b>Дисковые фрезы KSSM</b> Высокоэффективная экономичная конструкция с фиксированными посадочными гнездами. Трех- и двустороннее фрезерование.</p>
	<p><b>Фрезы Mill 1</b> Высокая производительность обработки. Один инструмент для фрезерования плоскостей и уступов, для наклонного врезания, фрезерования с винтовой и круговой интерполяцией и профильного фрезерования. Максимальная глубина резания от 14 до 25 мм.</p>
	<p><b>Торцово-цилиндрические фрезы KSSM.</b> Уникальная геометрия стружечных канавок, препятствующая пакетированию стружки.</p>

**Экономия  
рабочего  
времени  
до 49%\***

**ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО  
НИЗКИЙ УРОВЕНЬ  
ШУМА (менее 35dBA)**



Товар сертифицирован.

## Исключительная производительность для высокопроизводительных вычислительных систем

Графические станции ARBYTE® CADStation оптимизированы под приложения САПР ведущих производителей ПО: **UGS, Autodesk, Dassault Systemes, PTC, АСКОН.**

**CAD**  
оптимизировано

Графические рабочие станции ARBYTE® CADStation на базе процессоров Intel® Xeon™ – выдающееся соотношение цена/производительность для решений в области высокопроизводительных вычислительных систем.

\*В сравнении с неспециализированными ПК аналогичной конфигурации. По методике, опубликованной в журнале "САПР и графика" №11 2004, №3 2005.

# ARBYTE®

Москва ARBYTE  
(495)- 725-8008  
www.arbyte.ru

Альметьевск	Белфорт (8553) 31-87-71
Благовещенск	Си Групп (4162) 37-22-22
Владимир	Электрон-сервис (0922) 33-80-01
Волгоград	VOGS'S (8442) 37-75-76
Воронеж	Криста-Офис (0732) 71-84-75
Екатеринбург	Делкам-Компьютер (343) 214-46-77
Калуга	Пи 8 Плюс (0842) 56-48-88
Казань	Стандарт (8432) 92-10-55
Киров	ВИТ (8332) 64-04-10
Кострома	Стэл (4942) 54-15-35
Курск	КОС (0712) 53-15-06
Липецк	Регард-Тур Электроникс (0742) 22-05-55

Минск	Белфорт (017) 234-20-54
Набережные Челны	Белфорт (8552) 39-65-25
Нижний Новгород	Онлайн (8312) 18-46-46

Новосибирск	Арбайт Компьютерз Сибирь (3832) 12-57-79
Оренбург	Белфорт Коликкомпани (3532) 70-90-64
Орск	Контакт Плюс (3537) 25-05-98
Санкт-Петербург	Симета Плюс (812) 235-17-75
Смоленск	Коликкомпани (0812) 55-50-39
Улан-Удэ	ИАЦ г. Улан-Удэ (3012) 43-62-25
Уфа	Белфорт (3472) 25-37-77
Чебоксары	Копир-Сервис (8352) 74-11-00



Обозначения Celeron, Celeron Inside, Centrino, Centrino logo, Core Inside, Intel, Intel Core, Intel logo, Intel Inside, Intel Inside logo, Intel SpeedStep, Intel Viiv, Intel Xeon, Itanium, Itanium Inside, Pentium и Pentium Inside являются товарными знаками, либо зарегистрированными товарными знаками, права на которые принадлежат корпорации Intel или ее подразделениям на территории США и других стран.



# ВЗЛЕТАЕМ ВЕРТИКАЛЬНО!

Александр Николаев

(Продолжение. Начало в № 3 - 2007)

## Советские экспериментальные и опытные самолеты КВП

В конце пятидесятих годов минувшего века резко увеличившаяся скорость фронтовых (тактических) самолетов при взлете и посадке привели к серьезному росту потребной длины ВПП, а увеличение массы летательных аппаратов - к необходимости наращивания толщины бетонного покрытия аэродромов. Строить многочисленные бетонные полосы длиной в полтора-два километра было накладно для экономики. Кроме того, сосредотачивать военную авиацию на ограниченном числе аэродромов военное командование не считало возможным, памятью об уроках Второй мировой войны, когда именно с внезапного удара по самолетам противника на земле начинались многие операции. Главнокомандующий ВВС маршал авиации К.А. Вершинин настойчиво добивался от авиационной промышленности решения возникшей проблемы: по его мнению, все фронтовые самолеты должны были обладать способностью взлетать и садиться на грунтовую ВПП, при этом длина разбега/пробега не должна была превосходить 600...800 м.

Это требование вступало в противоречие с тогдашними достижениями в области аэродинамики: самолеты, рассчитанные на выполнение полета с максимальной скоростью порядка  $M=2$ , в "обычной" конфигурации уже не могли садиться на грунт. Впрочем, длину пробега удалось резко сократить благодаря применению тормозных парашютов. Уменьшить же взлетную дистанцию поначалу попытались с помощью стартовых ускорителей, но затем подоспело, казалось бы, более перспективное решение: подъемные двигатели! В 1962 г. ОКБ-36 (Рыбинск) получило задание на разработку легкого малоразмерного ТРД с удельной тягой более 10 кгс/кг, масса которого не должна была превосходить 200 кг. На удельный расход топлива особых ограничений не накладывалось, ведь работать такой двигатель должен был всего несколько минут за полет. Первоначально подъемный ТРД проектировался двухрежимным: малый газ и номинал, что упрощало конструкцию. В 1964 г. "малютку", получившего обозначение РД-36-35 довели до уровня, который позволил начать летные эксперименты.

В ОКБ-155 А.И. Микояна и ОКБ-51 П.О. Сухого были спроектированы экспериментальные самолеты, предназначенные для изучения поведения летательных аппаратов и их комбинированных силовых установок на взлетно-посадочных режимах. Для проведения экспериментов микояновцы переоборудовали истребитель МиГ-21СМ, а специалисты ОКБ-51 - перехватчик Су-15, носивший также "несекретное" наименование Т-58. В фюзеляже самолета МиГ-21ПД размещались маршевый турбореактивный двигатель Р13Ф-300 тягой 6490 кгс и два подъемных двигателя РД-36-35 тягой 2350 кгс в районе центра масс самолета, а сопла немного наклонены назад.



Экспериментальный самолет МиГ-21ПД

Для установки подъемных двигателей пришлось установить в фюзеляж вставку длиной 900 мм за кабиной пилота, кроме того, заметно увеличилось миделевое сечение фюзеляжа из-за необходимости "огибания" отсека с РД-36-35 воздуховодами маршевого ТРД. Воздух к подъемным двигателям подводился через поворотные створки с приводом, открывавшимся при взлете и посадке. Переделка центральной части фюзеляжа заставила отказаться от убирающихся основных стоек шасси; заодно зафиксировали и переднюю. Первый вылет на МиГ-21ПД выполнил П.М. Остапенко 16 июня 1966 г., затем на самолете летал Б.А. Орлов, который завершил программу заводских испытаний в 1967 г.

Экспериментальный истребитель с укороченным взлетом и посадкой, разработанный в ОКБ П.О. Сухого в соответствии с приказом МАП от 6 мая 1965 г., получил обозначение Т-58ВД (вертикальные двигатели). Для размещения трех подъемных двигателей РД-36-35 тягой по 2540 кгс пришлось также переделывать фюзеляж. Подъемные ТРД монтировали между воздушными каналами маршевых двигателей в ряд под углом  $10^\circ$  к вертикали. В верхней части фюзеляжа предусмотрели две открывающиеся створки воздухозаборника: переднюю для одного, а заднюю для двух двигателей. В нижней части фюзеляжа установили профилированные управляемые жалюзи, которые имели два рабочих положения и обеспечивали отклонение струи газов.

Т-58ВД построили в декабре 1965 г., после чего началась отработка на специальном стенде - площадке с металлическим покрытием, к которой швартовался самолет. Двигатель НК-12, установленный перед площадкой в качестве вентилятора в некоем подобии



Экспериментальный самолет Т-58ВД

аэродинамической трубы, создавал воздушный поток со скоростью около 400 км/ч. В апреле 1966 г. самолет перевезли на аэродром. Ведущим летчиком был назначен Соловьев. В июне он совершил несколько рулежек и подлетов с включением подъемных двигателей. Первый полет на Т-58ВД с включенными РД-36-35 летчик Е.С. Соловьев выполнил в конце июля. Всего до конца года состоялось 37 полетов. Было установлено, что при включенных подъемных двигателях взлетная скорость уменьшилась с 390 до 285 км/ч, а посадочная - с 315 до 225 км/ч, длина разбега сократилась с 1170 до 500 м, а пробега - с 1000 до 560 м. Поведение самолета со включенными подъемными двигателями на взлете практически не отличалось от поведения обычного Су-15. Однако посадку, выполняемую на меньших скоростях, существенно затруднял значительный кабрирующий момент, поэтому приходилось не запускать передний РД-36-35. В марте 1967 г., готовясь к испытаниям опытного Т-6-1, на Т-58ВД выполнил

три полета летчик-испытатель В.С. Ильюшин. Впоследствии экспериментальная машина эпизодически поднималась в воздух, а в 1976 г. была передана в МАИ для использования в качестве учебного пособия, но уже в 1980 г. ее сдали в металлолом.

Планами минавиапрома на следующем этапе работ предусматривалось создание серийных машин с подъемными двигателями: истребителя 23-01 (МиГ-23ПД) в ОКБ А.И. Микояна и тяжелого штурмовика Т-58М в ОКБ П.О. Сухого.

В микояновском ОКБ разрабатывавшийся боевой самолет назывался МиГ-23УВП (укороченный взлет и посадка). Параллельно с ним создавался истребитель 23-11 с крылом изменяемой стреловидности (будущий серийный МиГ-23). Постройка 23-01 началась в 1965 г. Среднерасположенное крыло машины представляло собой увеличенную копию крыла самолета МиГ-21. В средней части фюзеляжа под небольшим углом к вертикали размещались два подъемных двигателя РД-36-35 тягой по 2350 кгс. На этапах взлета и посадки при помощи силового цилиндра открывалась расположенная в верхней части фюзеляжа поворотная крышка - люк с жалюзи, обеспечивая питание подъемных двигателей. Расположенные под фюзеляжем выхлопные сопла снабжались поворотными решетками. Они действовали как устройства реверса тяги при посадке, а на взлете, наоборот, позволяли суммировать тягу всех трех ТРД.



Опытный истребитель МиГ-23УВП

Посадочная дистанция составляла всего 300...350 м. Маршевый двигатель Р27-300 максимальной тягой 5200 кгс и форсажной тягой 7800 кгс располагался в хвостовой части фюзеляжа. Как и МиГ-21, машина 23-01 оснащалась системой сдува пограничного слоя с крыла в районе закрылков. Еще раз подчеркнем: это был полноценный боевой самолет с оружием, состоявшим по проекту из двустольной пушки ГШ-23 и двух ракет К-23.

3 апреля 1967 года летчик-испытатель П.М. Остапенко впервые поднял в воздух 23-01. Затем началась серия комплексных испытаний, в которых принял участие второй испытатель ОКБ А.В. Федотов. Впрочем, этот опытный самолет имел очень короткую жизнь и совершил всего 14 полетов. Область полетных режимов практически изучить не удалось, проверили только взлетно-посадочные характеристики. Вскоре после начала испытаний опытной машины 23-11 с изменяемой стреловидностью крыла, которую в то время считали чрезвычайно перспективным техническим решением, летные испытания 23-01 прекратили.

Аналогичная судьба постигла и тяжелый штурмовик Т-58М, проектировавшийся в ОКБ П.О. Сухого с 1965 г. Впрочем, обо всем по порядку. После завершения испытаний летающей лаборатории Т-58ВД, которые сочли вполне успешными, было принято решение о разработке ударного самолета укороченного взлета и посадки. Первое время они проводились как бы в продолжение темы Т-58, хотя речь шла о совершенно новой машине. После утверждения задания правительством индекс разработки сменился на Т-6.

Компоновка первого варианта тяжелого штурмовика во многом повторяла Т-58ВД - треугольное крыло малого удлинения, комбинированная силовая установка: маршевые двигатели в хвостовой части фюзеляжа плюс подъемные двигатели в районе центра масс самолета. Первую опытную машину, получившую обозначение Т-6-1, построили летом 1967 г. Силовая установка самолета включала два маршевых двигателя Р27Ф2-300 форсажной тягой по 7800 кгс и четыре подъемных двигателя РД-36-35 тягой по 2350 кгс. Подъемные двигате-

ли устанавливались в фюзеляже с наклоном вперед, попарно по обе стороны силового шпангоута крепления основных опор шасси. Впервые для отечественного фронтового ударного самолета спроектировали кабину экипажа, в которой летчик и штурман-оператор располагались рядом. Все три стойки шасси монтировались на фюзеляже и имели спаренные колеса, что теоретически позволяло эксплуатировать самолет с грунтовыми ВПП. Бомбардировщик



Опытный тяжелый штурмовик Т-6-1

имел шесть узлов подвески вооружения: два подфюзеляжных и четыре крыльевых. Максимальная взлетная масса самолета по проекту составляла 26 100 кг.

2 июля 1967 г. шеф-пилот ОКБ В.С. Ильюшин впервые поднял в воздух новую опытную машину. В 1968 г. двигатели Р-27Ф2-300 были заменены разработанными в ОКБ А.М. Люлька более мощными АЛ-21Ф с форсажной тягой по 11 200 кгс. Для улучшения путевой устойчивости законцовки крыла отогнули вниз и установили подфюзеляжные аэродинамические гребни. Однако вскоре, в связи с изменением взглядов командования ВВС на облик "тяжелого штурмовика", работы по Т-6-1 были прекращены, и ОКБ сконцентрировало усилия на разработке фронтового бомбардировщика с крылом изменяемой стреловидности (будущего Су-24). Т-6-1 в дальнейшем использовали как летающую лабораторию для отработки систем и оборудования создаваемого бомбардировщика (до 1974 г. на нем выполнили более 320 полетов). В настоящее время самолет экспонируется в музее ВВС в Монино.

В июле 1967 г. на авиационном параде в Домодедово были продемонстрированы три из четырех созданных в СССР машин с подъемными двигателями: оба "МиГа" и Т-58ВД. Самолет Т-6-1 показывать не решились, поскольку его первый полет состоялся менее чем за месяц до указанного праздника.

### Первая отечественная экспериментальная "вертикалка"

По воспоминаниям сотрудников ОКБ, А.С. Яковлев заинтересовался созданием самолета вертикального взлета и посадки задолго до того, как он смог осмотреть английский Short SC-1. Первые проработки по теме "Як-В" датируются концом пятидесятых годов; силовая установка машины должна была включать два двигателя Р11-300. Для отработки режимов висения и силовой установки перспективных самолетов ВВП предполагалось создание летающего стенда по теме "Зоркий". На аппарат намечали вертикально установить двигатель Р-25-26. В 1960 г. А.С. Яковлев подписал эскизный проект самолета Як-104 с двумя подъемно-маршевыми двигателями Р19-300 тягой по 1600 кгс и одним подъемным Р19-300 тягой 900 кгс. Проектом предусматривалось, что при полетной массе 2800 кг и запасе горючего 600 кг Як-104 сможет летать с максимальной скоростью 550 км/ч, подниматься на высоту 10 000 м и иметь дальность 500 км.

Затем (в 1960-1962 гг.) в ОКБ на основе Як-28 прорабатывался проект вертикально взлетающего бомбардировщика Як-28ВВ с двумя подъемно-маршевыми двигателями Р27-300АФ и четырьмя подъемными двигателями Р39П-300. По проекту самолет с

взлетной массой 18 000 кг был способен доставлять к цели до 1200 кг бомб; его максимальная скорость должна была превышать 1500 км/ч, а потолок - 18 км.

В яковлевском ОКБ прорабатывались также одноместный истребитель-бомбардировщик с двумя подъемно-маршевыми двигателями Р21М-300 и штурмовик с двумя ТРД Р11В-300, оснащенный турбовентиляторными агрегатами. Последние представляли собой комбинацию ТРД и вентиляторов в крыле, приводимых в действие газовой струей подъемно-маршевых двигателей. Кроме того, существовал проект Як-30В, в котором в качестве базовой машины выступал известный учебно-тренировочный самолет.

К практической реализации приняли проект, получивший сначала обозначение "Як-В", "изделие В", а впоследствии Як-36. Проект постановления правительства о разработке одноместного истребителя-бомбардировщика с двумя двигателями Р21М-300 тягой по 5000 кгс подготовили в апреле 1961 г. Самолет должен был обладать максимальной скоростью 1100..1200 км/ч на высоте 1000 м при взлетной массе, не превышающей 9150 кг.

Разработка Як-36 велась под непосредственным руководством С.Г. Мордовина, ставшего впоследствии заместителем главного конструктора. В связи с неготовностью двигателей Р21М-300 пришлось строить силовую установку машины на основе подъемно-маршевых ТРД Р27-300 с поворотными соплами; максимальная тяга каждого составляла 5300 кг при собственной массе двигателя 950 кг. Сопло с шарниром шаровидной формы позволяло отклонять вектор тяги на угол, превышавший 90°.

Двигатели расположили в носовой части фюзеляжа для того, чтобы их сопла оказались вблизи центра масс машины. Очевидно, что "одновекторная" схема самолета ВВП принципиально неустойчива, поэтому в хвостовой части самолета и на концах крыла установили струйные рули, а носовой струйный руль для увеличения управляющего момента пришлось вынести вперед на длинной штанге (забавно, но впоследствии некоторые западные журналисты предположили, что эта штанга предназначена для выполнения... таранных ударов по самолетам противника).

Компоновка силовой установки в сочетании с консервативными традициями ОКБ (самолеты семейства Як-25 - Як-28 имели шасси велосипедной схемы) обусловили применение аналогичного шасси с одноколесной носовой и двухколесной задней опорой. Вспомогательные подкрыльевые опоры убирались против направления полета в обтекатели.

Разрабатывая машину, ее создатели не знали, как она поведет себя в полете. При отказе одного из двигателей самолет мог довольно быстро накрениться, что гарантированно приводило к аварии. Чтобы обезопасить пилота в нестандартных ситуациях в состав системы спасения ввели устройство принудительного катапультирования. Имела машина и систему автоматического управления на околонулевых скоростях полета.

Для проведения испытаний на опытном заводе яковлевского ОКБ построили четыре машины. Весной 1963 г. на первом самолете с бортовым номером "36" начались исследования средств защиты двигателей от попадания на их вход отраженной струи и ресурсные испытания. Вскоре машину доработали; установили два газоотражающих щитка, один в носовой части фюзеляжа, а другой - перед соп-

лами ТРД. Не менее сложной оказалась проблема защиты искусственного покрытия ВПП. Особенно это касалось бетонных полос, подвергавшихся сильнейшей эрозии при воздействии высокоскоростных и горячих реактивных струй.

На второй машине с бортовым номером "37" отрабатывались взлеты и посадки, сначала на привязи до полуметровой высоты, а затем на режиме свободного висения на высоте до 5 м. 25 июня 1963 г. машина потерпела аварию: при вертикальной посадке с боковым ветром подломилась стойка шасси. На третьем самолете (бортовой номер "38") проходили проверку на кабель-экране доработанные струйные рули, автопилот и перекомпонованные органы управления в кабине летчика.

Испытания проводили довольно осторожно, стараясь не рисковать. Бывало, многотонная машина раскачивалась над аэродромом как маятник, почти не поддаваясь воле пилота. Лишь опытным путем, нащупав необходимые соотношения между дачей органов управления и расходом воздуха в струйных рулях, испытатели приступили к первым свободным полетам. 27 июля 1964 г. на третьей машине летчик-испытатель Валентин Мухин выполнил первый полет с разбегом и пробегом, ведь еще никто не знал, как самолет поведет себя в воздухе. После этого полета доработали все три машины, установив по два подфюзеляжных кила.

Два месяца спустя состоялось первое свободное висение. Дело дошло до того, что Мухин иногда бросал ручку управления самолетом, и "Як" висел в воздухе, как вкопанный. 7 февраля 1966 г. Мухин, взлетев вертикально, выполнил полет по кругу и произвел посадку по самолетному, а 24 марта состоялся полет по кругу с вертикальными взлетом и посадкой. Эту дату можно считать днем рождения отечественного вертикально взлетающего самолета.

В июле 1967 г. в московском аэропорту Домодедово тысячи людей впервые смогли увидеть своими глазами самолет с уникальными свойствами. Во время тренировок к параду летала машина с бортовым номером "37", а в день показа - с номером "38". На пилонах под крылом Як-36 внимательные зрители могли наблюдать подвешенные блоки УБ-16. Но это было бутафорское вооружение, поскольку на самолете отсутствовали прицел и органы управления оружием. Да и малая грузоподъемность не позволяла использовать Як-36 в этом качестве, хотя подобные проработки проводились.

### Палубный штурмовик

После успешного показа Як-36 А.С. Яковлев обратился в правительство с предложением о постройке серии из 10-12 таких машин. Однако его отвергли, поскольку самолет не обладал реальной боевой ценностью. Заместитель главного конструктора С.Г. Мордовин вместе с ведущим инженером О.А. Сидоровым в начале лета 1967 г. приступил к предварительному проектированию нового боевого СВВП с комбинированной силовой установкой, состоящей из двух подъемных двигателей и одного подъемно-маршевого двигателя. Осенью 1967 г. к этой работе подключился ведущий инженер В.Н. Павлов, который впоследствии стал главным конструктором СВВП в ОКБ А.С. Яковлева.

27 декабря 1967 г. вышло постановление ЦК КПСС и Совмина СССР № 1166-413 о создании легкого штурмовика ВВП Як-36М. Этим же постановлением предусматривалось создание учебно-боевого варианта и, в перспективе, истребителя. 25 января 1969 г. главнокомандующий ВВС К.А. Вершинин утвердил тактико-технические требования "к легкому штурмовику ВВП Як-36М с подъемно-маршевым двигателем Р-27В-300 и подъемными двигателями РД-36-35ФВ". Предварительно требования согласовали с командующим авиацией ВМФ.

В соответствии с требованиями, машина предназначалась "для авиационной поддержки боевых действий сухопутных войск в тактической и ближайшей оперативной глубине расположения противника (до 150 км от линии фронта), а также при базировании самолета на кораблях проекта 1123 для уничтожения надводных кораблей и береговых объектов в морских операциях и ведения визуальной воздушной разведки".



Экспериментальный самолет Як-36

# МАКС 2007

INTERNATIONAL  
AVIATION AND SPACE SALON  
MOSCOW REGION  
ZHUKOVSKY

МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ  
ЖУКОВСКИЙ  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
АВИАЦИОННО-  
КОСМИЧЕСКИЙ  
САЛОН

21-26  
АВГУСТА



ЗАКАЗ БИЛЕТОВ  
+7 495 730-1100  
[www.aviasalon.com](http://www.aviasalon.com)



ROSOBORONEXPORT



ОБЪЕДИНЕННАЯ  
АВИАСТРОИТЕЛЬНАЯ  
КОРПОРАЦИЯ



КОНЦЕРН ПВО  
АЛМАЗ-АНТЕЙ



МОСКОВСКОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
КОМПАС



Российские  
железные дороги



РОССИЙСКОЕ АГЕНСТВО  
МЕЖДУНАРОДНОЙ  
ИНФОРМАЦИИ



РОССИЙСКАЯ  
ГАЗЕТА



ОАО «АВИАСАЛОН»  
ФГУП «ЛИИ им. М.М. Громова»  
Московская область, г. Жуковский, 140182, Россия

Тел.: (495) 787-6651  
(495) 556-7786  
Факс: (495) 787-6652  
(495) 787-6654

E-mail: [maks@aviasalon.com](mailto:maks@aviasalon.com)  
[expofor@aviasalon.com](mailto:expofor@aviasalon.com)  
[www.aviasalon.com](http://www.aviasalon.com)



# AEROSPACE TESTING RUSSIA АВИАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ 2007



**25-27** СЕНТЯБРЯ / SEPTEMBER

СК «ОЛИМПИСКИЙ», МОСКВА, РОССИЯ  
OLIMPIYSKIY SC, MOSCOW, RUSSIA

4-я Международная выставка испытательного  
оборудования, систем и технологий  
авиационно-космической промышленности



[www.aerospace-expo.ru](http://www.aerospace-expo.ru)

ОРГАНИЗАТОР:



Тел.: +7 (495) 935 7350 (доб. 4155)  
Факс: +7 (495) 935 7351  
E-mail: [aero@lte-expo.ru](mailto:aero@lte-expo.ru)

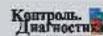
ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



ГЛАВНЫЙ  
ИНФОРМАЦИОННЫЙ  
ПАРТНЕР:

**AVIA.RU**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ:



Основной задачей самолета определялось "уничтожение подвижных, неподвижных наземных и морских объектов противника в условиях визуальной видимости". Кроме того, самолет мог использоваться "для борьбы с воздушными целями типа военно-транспортных самолетов и вертолетов, а также для борьбы с самолетами и вертолетами ДРЛО и противолодочными самолетами".

В сентябре 1968 г. яковлевское ОКБ приступило к эскизному проектированию и постройке макета самолета, который представили макетной комиссии миавиапрома в начале марта 1970 г. Через месяц под председательством заместителя командующего авиацией ВМФ Наумова состоялось заседание макетной комиссии ВВС и ВМФ, которой были представлены одновременно макет самолета и первый экспериментальный экземпляр Як-36М № 01, законченный постройкой 15 апреля 1970 г. В протоколе замечаний комиссии отмечались необходимость замены катапультного кресла КЯ-1М унифицированным креслом К-36 (согласились оставить КЯ-1М лишь на первых десяти машинах) и улучшения бокового обзора из кабины.

Испытания первого опытного самолета Як-36М начались 15 мая 1970 г. 22 сентября летчик-испытатель Валентин Мухин выполнил первое свободное висение.

Испытания второго опытного экземпляра (бортовой номер "25") проходили на специальном стенде сил и моментов, служившем для снятия характеристик струйного управления, исследования явлений рециркуляции и подсоса выхлопных газов, возникавших на высотах менее 2 м. Измерения показали, что неблагоприятная газодинамическая картина вызывает потери тяги порядка 800 кгс. Для уменьшения рециркуляции на фюзеляже были установлены газоотводящие направляющие ребра, а сопло переднего подъемного двигателя повернуто на 15° против направления полета. 24 ноября 1970 г. на втором опытном самолете Мухин выполнил скоростную рулежку, через три дня - подлет по-самолетному, а 2 декабря 1970 г. - первый полет с взлетом и посадкой по-самолетному.

Постройка третьего прототипа Як-36М (бортовой номер "55") была закончена в марте 1971 г. 30 июля на пробеге этот самолет опрокинулся и три месяца находился в ремонте. В ходе работ колею шасси увеличили с 2,2 до 2,75 м, изменив конструкцию основных стоек, а в хвостовой части фюзеляжа разместили тормозной парашют площадью 13 м<sup>2</sup>.

25 февраля 1972 г. летчик-испытатель М.С. Дексбах на втором Як-36М впервые совершил полет "по полному профилю": вертикальный старт, горизонтальный полет и вертикальная посадка. 20 марта подобный полет состоялся на первом прототипе, а 1 августа - на третьей машине, оснащенной пушечным контейнером УПК-23-250. Этот самолет в дальнейшем использовали для испытаний систем вооружения. В апреле 1972 г. заводские испытания были закончены. Затем производился этап "А" государственных совместных испытаний, продолжавшийся до сентября 1974 г. По его итогам самолеты Як-36М было рекомендовано допустить к эксплуатации в строевых частях и проведению государственных испытаний тяжелого авианесущего крейсера проекта 1143 ("Киев"). Решение о запуске Як-36М в серийное производство на Саратовском авиазаводе состоялось в 1973 г., и уже в следующем году там собрали первые три серийные машины.

После контрольных облетов каждый из выпущенных самолетов направлялся на специальные испытания, связанные с развитием конструкции, либо передавался в тренировочный центр пилотов авиации ВМФ в городе Саки. В ходе серийного производства самолет постоянно совершенствовался. К примеру, подъемные двигатели заменили более мощными РД-36-35ВФР. Расширялся состав вооружения самолета. Вначале в качестве встроенного оружия в фюзеляже предусматривалась двустольная пушка ГШ-23, однако затем такие пушки разместили в подвесных контейнерах на пилонах под крылом. Для уничтожения морских и наземных целей предназначались управляемые ракеты Х-23 с комплексом наведения "Дельта" в специальном контейнере. На внутренние крыльевые пилоны можно было подвесить две-четыре ракеты Р-60 класса "воздух-воздух".

Для проведения морской фазы летных испытаний Як-36М флот выделил противолодочный крейсер "Москва". В центре его вертолет-



Палубный штурмовик Як-38

ной палубы смонтировали площадку размером 20x20 м, изготовленную из 10-мм стали и покрытую теплоустойчивыми плитами АК-9Ф. 18 ноября 1972 г. летчик Дексбах произвел первую посадку на "Москву", а 22 ноября он выполнил "полный профиль" с палубы. Присутствовавший при этом маршал авиации И.И. Борзов дал указание командиру ПКР "Москва" капитану второго ранга А.В. Довбне произвести запись в вахтенный журнал: "День рождения палубной авиации".

Первая посадка двух самолетов Як-36М на крейсер "Киев" состоялась 18 мая 1975 г. Серийный самолет № 0201 пилотировал летчик-испытатель ЛИИ МАП О.Г. Кононенко, а опытный № 04 - летчик-испытатель НИИ ВВС полковник В.П. Хомяков. 20 мая 1975 г. О.Г. Кононенко продемонстрировал в воздухе возможности Як-36М министру обороны А.А. Гречко и главнокомандующему ВМФ С.Г. Горшкову.

В 1974 г. на авиабазе в Саки началось формирование учебного центра авиации ВМФ, задачей которого была подготовка летчиков Як-36М. На аэродроме оборудовали специальные площадки для отработки вертикальных взлетов и посадок, а рядом с основной ВВП построили дополнительную, с металлическим покрытием и контуром полетной палубы крейсера "Киев". Первыми строевыми летчиками, освоившими полеты на новой технике, стали Ф.Г. Матковский, Ю.Н. Козлов и Г.Л. Ковалев. К маю 1976 г. допуск к полетам получили уже шесть летчиков.

Государственные совместные испытания Як-36М на крейсере "Киев" завершились 24 октября 1975 г. После этого третий прототип был передан в ВВИА им. Н.Е. Жуковского для отработки отвода горячих газов двигателя, а четвертый опытный Як-36М служит наглядным пособием для студентов МАИ.

16 июля 1976 г. "Киев", имея на борту пять Як-36М и одну "спарку" Як-36МУ, начал переход на Северный флот. 18 июля он вышел в Средиземное море, где у острова Крит состоялись первые за пределами СССР полеты Як-36М. Всего во время перехода за семь летных смен летчики авиации ВМФ Ф.Г. Матковский, В.Н. Ратненко, В.Ф. Саранин, В.М. Свиточев, В.И. Колесниченко, В.И. Дмитриенко и В.И. Кучуев выполнили 45 полетов с общим налетом 22 часа. Переход, вызвавший широкий международный резонанс, завершился 10 августа. 11 августа 1977 г. постановлением ЦК КПСС и Совмина СССР №644-210 самолет Як-36М был принят на вооружение авиации ВМФ под обозначением Як-38.

Всего в 1974-1989 гг. построили 231 самолет Як-38 различных модификаций. Штурмовик базировался на авианесущих крейсерах "Киев", "Минск", "Новороссийск", "Баку". В случае необходимости для базирования могли использоваться сухогрузы и контейнеровозы со специально оборудованной площадкой 20x20 м на палубе (испытания проводились в сентябре 1984 г. на борту контейнеровоза "Агостиньо Нетто"). Разрабатывался вариант базирования на специальном автомобильном прицепе. Несмотря на свои ограниченные возможности, Як-38 дал богатый опыт практической эксплуатации самолета на корабле. Весной 1980 г. четыре Як-38 в рамках операции "Ромб" принимали участие в боевых действиях в Афганистане (произведено 107 боевых вылетов).

(Окончание в следующем номере)

# НОВАЯ КЕРАМИКА

**SANDVIK**  
 Coromant

## ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ

**Максим Петрович Беляев**, руководитель отдела технической поддержки Sandvik Coromant Россия

В последнее время мировые авиаперевозчики остро нуждаются в расширении парка самолетов и замене машин, выработавших свой ресурс.

Высокий спрос на новые машины сохраняется во всех сегментах рынка от малогабаритных региональных самолетов до трансатлантических авиалайнеров. Но, несмотря на это, для производителей авиационной техники это рынок жесткой конкуренции, где выигрывает тот, кто может поставить конкурентоспособные авиалайнеры в нужном количестве и в сжатые сроки.

Такая ситуация подстегивает производителей к поиску путей сокращения времени производственных циклов изготовления, как планера, так и двигателей. В случае с двигателями, это непростая задача. Постоянно ужесточающиеся требования по экономичности и шуму заставляют конструкторов все в большей степени использовать при их изготовлении высокопрочные, легкие и жаростойкие сплавы и композиты. Их высокие физико-механические свойства позволяют поднять эксплуатационные свойства изделия в целом, но одновременно с этим, новые материалы обладают худшей обрабатываемостью резанием, что увеличивает стоимость и время технологического процесса изготовления большинства деталей. Например, современные жаропрочные сплавы (HRSA) прекрасно подходят для деталей камеры сгорания и турбины реактивного двигателя, где рабочие температуры достигают величины 1000 °С, но при этом они наиболее тяжело обрабатываются резанием. Механическая обработка сопровождается значительными усилиями и выделением тепла, что приводит к быстрому изнашиванию твердосплавного инструмента.

Отличным решением для ускорения изготовления деталей горячей части газотурбинных двигателей является использование для обработки деталей из жаропрочных сплавов инструментов, оснащенных керамическими режущими пластинами. Режущая керамика обладает прекрасной стойкостью к высоким температурам и может применяться для чернового и получистового этапов обработки. Скорости резания при точении жаропрочных сплавов инструментами с керамическими пластинами варьируются в диапазоне 150...300 м/мин. Глубина резания может быть в пределах 0,2...4 мм и сильно зависит от размеров используемых пластин, жесткости оборудования и формы изделия. Но, в любом случае, это равносильно 5...10-кратному увеличению производительности обработки в сравнении с аналогичными операциями, выполняемыми твердосплавными резаками.

Sandvik Coromant предлагает несколько вариантов керамических инструментальных материалов для различных условий применения в широком диапазоне операций. Высокопрочная марка керамики CC670, армированная волокнами карбида кремния, уже давно доказала

свою эффективность при черновой обработке жаропрочных сплавов.

В настоящее время Sandvik Coromant расширяет программу инструмента, выводя на рынок керамики марок CC6065 и CC6060, которые предназначены для получистовой стадии обработки. Обе эти марки керамики построены на основе соединения Sialon. Данный тип керамики несколько уступает по прочности армированным маркам, поэтому применяется, в основном, для предварительно обработанных заготовок. Но благодаря тому, что соединение Sialon отличается более высокой термостойкостью и химической инертностью пластины характеризуются равномерным и прогнозируемым износом без проточин и выкрашиваний, удастся даже увеличить глубину резания и уровень подач по сравнению с усиленной керамикой.

Марка CC6065 является первым выбором для операций, требующих прочности режущей кромки. Например, при прямом врезании в контур. Пластины из CC6065 работают надежно и предсказуемо, и могут стать экономичной заменой режущих пластин из армированной керамики. Эту марку керамики следует предпочесть в том случае, когда имеет место износ, связанный с разрушением режущих кромок, вызванный неравномерностью припуска или изменениями направления обработки при изготовлении деталей сложной формы.

CC6060 - новая марка керамики, обладающая прекрасной стойкостью к образованию износа в виде проточки. Она может применяться при благоприятных условиях работы, когда инструмент и заготовка достаточно жесткие. Износостойкость данной марки керамики делает ее незаменимой при удалении больших объемов материала с открытых поверхностей предварительно обработанных заготовок. Керамика CC6060 обеспечивает увеличение производительности благодаря применению больших глубин резания и увеличения подачи. Однако для врезания в карманы и углубления желательнее использовать оптимизированные траектории.

Обе марки керамики могут использоваться также для фрезерования. При обработке жаропрочных сплавов используются фрезы с круглыми пластинами. Удастся достичь скоростей резания 800...1000 м/мин. при подачах на зуб 0,07...0,12 мм. Зачастую это равносильно увеличению удельного съема металла на два порядка в сравнении с твердосплавными фрезами. Обработка ведется без СОЖ, поэтому ограничением в использовании нового метода высокоскоростного фрезерования керамическими пластинами является опасность перегрева тонкой стенки или прижога обрабатываемой поверхности. Для промежуточных стадий обработки, где удаляется наибольшая часть припуска, эта технология является в настоящее время самой производительной. 



# СС6060 и СС6065

Новая керамика от Sandvik Coromant

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ

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



Your Productivity Partner

# СВЕРХЗВУКОВОЙ ПАССАЖИРСКИЙ: НОВЫЙ ВЗГЛЯД, ИЛИ ТРИ ИГРУШКИ ИЗ ОДНОЙ "СУШКИ"

Александр Аркадьевич Гомберг

Самолеты давно уже перешагнули звуковой барьер. Казалось бы, драматические события, связанные с преодолением этой ступени, остались позади. Истребители и бомбардировщики могут достаточно долго выполнять полет на "сверхзвуке". Отечественный Ту-144 и англо-французский "Конкорд" вписали славную страницу в историю пассажирской авиации. Но сегодня нет больше сверхзвуковых пассажирских рейсов через океан, как нет и вообще никаких других сверхзвуковых пассажирских самолетов (СПС). А желающие полетать быстрее "собственного визга" имеются, то есть многие люди готовы платить за такие полеты.

## 1. В чем дело?

Общеизвестно, что "Конкорд" сняли с линий после катастрофы, Ту-144 также сняли из соображений безопасности. Значит, дело в надежности? Но "Конкорд" летал более 20 лет, а законсервированный Ту-144 удалось оживить после многолетнего "отдыха". Значит, проблемы безопасности, конечно же, есть, и они требуют самого внимательного отношения, самого тщательного и комплексного подхода, но не они являются самыми главными. Экономика, то есть бизнес, важнее. Сделать полеты СПС рентабельными, коммерчески оправданными - вот в чем задача! Она оказалась сложной, и на сегодняшний день на практике нерешенной. Ведущие мировые фирмы бьются над ней, проекты предлагают. Однако что-то не сходится, и дальше картина дело не движется. А можно ли вообще сделать сверхзвуковые перелеты массовыми и недорогими?

На этот вопрос приходится давать отрицательный ответ. "Дешево и мило" пока не получается. Но если так, то, может быть, стоит подумать об "игрушке для богатых"? Такие проекты

известны, и они вполне могут быть реализованы на современном техническом уровне. Например, интересны отечественные разработки сверхзвуковых самолетов бизнес-класса, например, Ту-444 или С-21 ОКБ Сухого. Если так, то решение найдено. Казалось бы, дело за малым - найти покупателей. Интересно, что и покупатели есть, они присматриваются, но что-то не спешат заключать контракты. Что их не устраивает? Попробуем разобраться.

## 2. Чего им надо?

Потенциальные клиенты - публика избалованная, она привыкла к комфорту. Обычные дозвуковые административные самолеты широко представлены на рынке, и рынок этот постоянно расширяется. Предположим,

что покупатели взяли бы самолет с уже привычными для "Гольфстримов", "Бомбардье", "Фальконов"

и

им подобным

характеристиками, но чтобы скорость была выше вдвое или втрое. Однако

сверхзвуковой полет и объективно, и субъективно

воспринимается как "экстрим". Значит, убедить покупателя в его безопасности и реально сделать полет таким - уже

половина успеха. Попробуем сформулировать перечень требований к такому СПС:

- комфорт в салоне по сложившимся стандартам, с высоким (до 2 м) потолком и спальными местами;
- повышенная надежность;
- система спасения и аварийного покидания, работающая на всех режимах полета;
- скорость не менее 2000 км/ч;
- длина ВПП не более 1200 м;
- дальность не менее 7000 км.

		<b>СПС "ФАНСТРИМ"</b>
Размеры самолёта:		
- длина, м		28
- высота, м		6,5
- размах крыла, м		20
- площадь крыла, м <sup>2</sup>		114
Экипаж, человек		2
Количество пассажиров, человек (максимальное)		6 (8)
Количество двигателей АЛ-31Ф		4
Стартовая тяга двигателей (без форсажа) на уровне моря, кгс		30 000
Вес взлётный максимальный, кг		60 000
Вес пустого самолёта, кг		24 000
Вес топлива максимальный, кг		36 000
Коммерческая нагрузка, кг		1000
Крейсерская скорость:		
- сверхзвуковая (M=2, H=18000 м), км/ч		2125
- дозвуковая (M=0,95), км/ч		1050
Практическая дальность полета с резервом топлива (M=2), км		9000
Практическая дальность полета с резервом топлива (M=0,95), км		5000
Потребная длина ВПП, м		1200

Есть еще требования, предъявляемые к пассажирским самолетам со стороны экологов. Они, главным образом, связаны с ограничением уровня шума. С шумом двигателей на взлете бороться можно, однако в нашем случае с ним придется смириться. Шум от ударной волны также пытаются уменьшить, совершенствуя аэродинамику, однако и эта проблема остается. Придется организовывать полеты над океаном или по специальным маршрутам над сушей, в других случаях придется лететь на "дозвук", но тоже быстрее других. В конце концов, владельцы дорогих "спортивных" автомобилей в городе ездят "как все" - по правилам! Тяга некоторых богатых людей к эксклюзиву и экстриму дает хорошие шансы на успех.

### 3. Что можно предложить?

А предложить можно весьма дорогой и совершенно уникальный аттракцион под названием "сверхзвуковой пассажирский самолет" для нерегулярных перелетов и иных удовольствий! Те технические проблемы, которые пока не решены, примем как данность, и попробуем найти приемлемые компромиссы.

Чтобы обеспечить необходимую дальность полета, условимся, что будем летать на всех участках полета на бесфорсажном режиме. Форсаж сохраним для особых случаев. Наиболее подходящие двигатели - из семейства АЛ-31Ф. Они отлично зарекомендовали себя в эксплуатации, и их характеристики вполне соответствуют нашим требованиям. Ставка делается на существующие ГТД, так как проектирование самолетов под несуществующие моторы загубило не один замечательный проект. Четыре двигателя дают необходимую тягу на сверхзвуковом режиме полета и обеспечивают очень короткий взлет. Приемлемая дистанция при пробеге получается благодаря относительно низкой аэродинамической нагрузке на крыло (при штатной посадке с небольшим остатком топлива), а также реверсивно-тормозными устройствами. Для посадки с полной массой предусмотрено применение тормозного парашюта.

Герметичная пассажирская кабина полностью изолирована от остального самолета и в аварийной ситуации может отделяться от него на всех скоростях и высотах полета, в том числе и на режимах взлета и посадки. Спуск кабины и приземление (приводнение) обеспечиваются парашютной системой и пиротехническими устройствами, сходными с применяемыми для десантирования военной техники. Кроме того, пассажирские кресла и кресла пилотов снабжены индивидуальными спасательными парашютами, а кабина имеет аварийные сбрасываемые люки в пассажирском салоне и кабине пилотов. В остальном конструкция самолета и его "начинка" основаны на использовании опыта постройки современных истребителей-бомбардировщиков, таких, например, как Су-34, и не представляет существенной новизны. Топливо размещается в крыльевых и фюзеляжных баках.

Предлагаемый СПС "Фанстрим" (FanStream) предназначен, как видно, для частных и корпоративных владельцев, склонных к нетривиальным путешествиям. При полетах в Европе и Америке самолет может базироваться на военных и специальных аэродромах, где ограничения по шуму не слишком жесткие.

### 4. А что еще он может?

А еще самолет "Фанстрим" может практически без каких-либо переделок совершить стратосферный "прыжок" на высоту до 50 км, при этом у пассажира будет до двух минут невесомости, впечатляющий вид из иллюминатора на черное "космическое" небо и голубую Землю. Вот здесь-то и пригодится форсажный режим двигате-



лей. Как известно, модернизированный двигатель АЛ-31ФМЗ обеспечивает максимальную тягу на форсаже, равную 15 000 кгс! Небольшая продолжительность полета (до 1 часа), неполная заправка топливом и быстрая подготовка к следующему вылету способны сделать такие рейсы вполне рентабельными: их сможет себе позволить и человек со средними доходами.

### 5. Настоящий суборбитал!

И еще одна игрушка. О так называемых суборбитальных полетах давно говорят, и уже кое-что сделано ("Скай Берд"), есть и другие проекты "дешевого" космоса. Суборбитальным называют полет с подъемом на высоту до 100 км и приблизительно пятиминутной продолжительности состояния невесомости. Установка на самолет "Фанстрим" дополнительного кислородно-керосинового ракетного двигателя тягой от 10 до 40 тс позволит решить и эту задачу. Емкость с жидким кислородом можно разместить на месте фюзеляжных баков в гаргроте. Такие полеты могут быть достаточно частыми и производиться с аэродромов, обеспечивающих заправку самолета жидким кислородом и ремонт (замену) ракетного двигателя. Частоту рейсов рационально планировать на уровне 50 полетов в год.

### 6. Что почем?

Предварительно проект "Фанстрима" оценивается в \$1 млрд при парке, включающем 10..12 самолетов. Время выхода в первый рейс - через 4...5 лет. Ежегодный налет одного составит до 1000 ч. Срок службы (ресурс) по плану - 20 лет. Замена или ремонт двигателей - через 1000 ч. Билет для полета через Атлантику обойдется в \$30 тыс., стратосферный прыжок \$50 тыс., суборбитальный полет \$200 тыс. Не исключено также использование "Фанстрима" для запуска небольших спутников.

Гарантией успеха может служить то обстоятельство, что проект базируется, в основном, на проверенных технических решениях. Здесь могут быть использованы существующие технологии и готовые агрегаты, в первую очередь - двигатели. Применение одного типа самолета для различных целей, безусловно, привлекательно в экономическом плане.

### 7. Заключение (не эпилог!)

Поиск компромисса - процесс сложный и каждый автор решает его по-своему. Проект "Фанстрим" - это попытка вывести на рынок совершенно новое транспортное средство при жестких технических, юридических и коммерческих ограничениях и других проблемах сверхзвуковых гражданских перевозок. Можно надеяться, что реализация этого проекта станет мостиком к будущим регулярным дальним сверхскоростным перелетам, доступным для широкого круга людей.



# РАЗВИТИЕ ЭКРАНОПЛАННОГО ТРАНСПОРТА

Виктор Георгиевич Сергеев

Понятие "эканоплан" до сих пор воспринимается как какая-то экзотика. У многих эканопланы ассоциируются с огромными самолето-кораблями, некоторые вспоминают эканопланы "Орленок" и "Каспийский монстр", и немногие - легендарного Главного конструктора Р.Е. Алексеева. Для начала - упорядочим область обсуждения, введя классификацию.

## Часть 1. Классификация транспортных средств, использующих эканый эффект

В настоящее время развитие эканопланов вышло на уровень начала серийного производства гражданских эканопланов, использующих в качестве опорной поверхности природную горизонтальную поверхность воды на морских и внутренних акваториях.

Накопленный опыт работ по эканопланам позволил в 1998 г. ввести "Правила классификации и постройки легких эканопланов типа А" Российского Морского Регистра Судоходства (РМРС), на основе этих Правил в конце 2002 г. - "Временные рекомендации по эканопланам" Международной морской организации а также "Правила классификации и постройки эканопланов" Российского Речного Регистра. Согласно этим Правилам эканопланы разделяются на 3 типа:

**тип А** - эканопланы, которые могут эксплуатироваться только в зоне действия эканого эффекта;

**тип Б** - эканопланы, предназначенные для эксплуатации в зоне действия эканого эффекта и при кратковременном выходе из зоны действия эканого эффекта, вплоть до высоты 150 м;

**тип С** - эканопланы, которым разрешена эксплуатация в самолетных режимах.

Данная классификация отражает достигнутый уровень развития и регламентирует требования к конструкции и системам эканоплана, обеспечивающие безопасность эксплуатации.

Появление эканопланов было предсказано в конце 40-х годов прошлого столетия при анализе универсальной транспортной диаграммы, на которой в логарифмических координатах скорости и качества (отношения веса к сопротивлению при движении) нанесены области, освоенные разными видами транспорта. Оказалось, что на диаграмме существует область с широким диапазоном скоростей и качества, не освоенные ни одним из существовавших в то время видов транспорта. В дальнейшем при работе над проектами эканопланов Р.Л. Бартини предложил разделять эканопланы на эканодоходы, эканоплавы и эканопланы (статья "Транспорт будущего" в журнале "Советский Союз", 1970 г., вып. 12, стр. 50, 51). Такая классификация отражает возможные условия эксплуатации, а именно, над твердой, водной поверхностью, а также в воздушном пространстве. Также естественно предположить, что "освоение" зоны эканопланов на универсальной транспортной диаграмме будет осуществляться развитием соответствующего вида наземного и водного транспорта в область увеличения скоростей, и воздушного транспорта - в область увеличения аэродинамического качества. В связи с этим, на мой взгляд, правомочно ввести термин "эканопланный транспорт".

Исходя из физики эканого эффекта очевидно, что высота над эканом является важнейшим для свойств и эффективности эк-

анопланов фактором. Она определяется микрорельефом поверхности экана, причем можно выделить ровный (твердая поверхность: лед, земля, специально созданный микрорельеф), периодически меняющийся (водная поверхность с волнами) и случайно меняющийся (резкие изменения высоты, вплоть до превышения высоты действия эканого эффекта, что характерно для тундры) микрорельеф. Микрорельеф характеризует не зависящие от эканопланов условия их эксплуатации, что позволяет принять его в качестве первого основания классификации транспортных средств, использующих эканый эффект.

Анализ научно-технической и патентной информации, концепций, проектов и опытных (а теперь и серийных) образцов эканопланов позволяет по условиям эксплуатации выделить следующие классы транспортных средств, использующих эканый эффект:

**1 класс:** транспортные средства, движущиеся над поверхностью с периодически меняющимся рельефом, примером которой является водная поверхность (эканопланы-суда или эканоплавы - по классификации Р. Бартини [Р.Л. Бартини "Транспорт будущего", журнал "Советский Союз", 1970 г., вып. 12, стр. 50, 51]);

**2 класс:** транспортные средства, движущиеся над поверхностью со случайным микрорельефом, примером которой может служить тундра, пересеченная местность и т. п. (эканопланы-вездеходы);

**3 класс:** транспортные средства, движущиеся над поверхностью с неменяющимся или маломеняющимся (в том числе специально созданным) микрорельефом - эканодоходы по классификации Бартини.

При сравнении классов эканопланный транспорт видно, что транспортные средства каждого из классов могут перемещаться над любой из рассматриваемых поверхностей: самыми универсальными по условиям эксплуатации будут транспортные средства, относящиеся к классу 2, а самыми зависимыми от микрорельефа опорной поверхности - отнесенные к классу 3. При этом наивысшую эффективность, например, по аэродинамическому качеству, можно достичь у аппаратов класса 3, так как можно обеспечить условия (специально подготовленную поверхность) для выполнения полетов на очень малых высотах, с максимально возможным аэродинамическим качеством (порядка 100...200 единиц), приближающимся к теоретическому пределу. Аппараты класса 2 будут обладать самым низким аэродинамическим качеством в связи с изменением высоты полета от минимально допустимой до внеэканого полета, но их скорость будет многократно превосходить скорость существующих наземных вездеходов при существенно меньшем расходе топлива. Аэродинамическое качество аппаратов класса 1 будет средним по сравнению с аппаратами классов 2 и 3, однако у них есть явное преимущество эксплуатации над водной поверхностью. Эканопланы класса 1 в настоящее время серийно строятся и эксплуатируются.

Классификация транспортных средств, целенаправленно использующих экранный эффект		
Индекс класса	Признак классификации	Примеры
1	1 класс. Транспортные средства, движущиеся над водной поверхностью (эканопланы-суда или эканоплавы)	
1.1	Эканопланы, не теряющие связь с опорной поверхностью	
1.1.1	Суда с частичной аэродинамической разгрузкой (САР)	
1.1.2	САР с двигателем, находящимся в воде	КАГ-1, 2, 3
1.1.3	САР на подводных крыльях	"Циклон"
1.1.4	Глиссирующие САР	Катера "Формула-1"
1.1.5	Суда на динамической воздушной подушке	"Амфистар", "Акваглайд", "Волга-2"
1.2.1	Эканопланы с полной аэродинамической разгрузкой	
1.2.1.1	Эканопланы, эксплуатирующиеся только в зоне действия экранного эффекта (эканопланы типа А)	СМ-1... СМ-6, КМ, "Орленок", "Лунь", ТАВ-IV, ТАВ-7, FS-8, "Байкал"
1.2.1.2	Эканопланы, способные совершать подлеты и кратковременные полеты на высоте вне зоны действия экранного эффекта (эканопланы типа В)	X-112, X-113, X-114, ЭЛ-7 "Иволга", УТ-1 "Стриж"
1.2.1.3	Эканопланы, предназначенные в основном для полетов на большой высоте (эканопланы типа С)	ВВА-14, Бе-103, сельскохозяйственный эканолет
2	2 класс: транспортные средства, движущиеся над поверхностью со случайным микрорельефом, примером которой может служить тундра, пересеченная местность и т.п. (эканопланы-вездеходы)	
3	3 класс: транспортные средства, движущиеся над поверхностью с неменяющимся или маломеняющимся микрорельефом (эканоходы)	
3.1	Транспортные средства, движущиеся над ровной поверхностью	
3.1.1	Эканопланы-аэросани	Аэросани Т. Каарио, US3261419
3.1.2	Эканопланы-автомобили	GEM-1, 2, 3
3.1.2.1	Эканопланы-автомобили с аэродинамической разгрузкой	Автомобили на солнечных батареях
3.1.2.2	Эканопланы-автомобили с аэродинамическим прижатием (использующие эффект Вентури для увеличения сцепного веса)	Гоночные и скоростные автомобили, US4772060
3.2	Эканопланы-поезда	
3.2.1	Эканопланы-поезда, движущиеся на открытой поверхности	US3675582, US4102272, US3919944, US3845716
3.2.2	Эканопланы-поезда, движущиеся в туннеле	US3837285, GB1042753

Столь разнообразные условия эксплуатации представляют большие возможности по специализации транспортных средств для узкого диапазона условий эксплуатации. Разделение эканопланов класса 1 в зависимости от условий эксплуатации и взаимодействия с опорной поверхностью приведено в таблице.

Поскольку эканопланы класса 1 предназначены для эксплуатации в основном над водной поверхностью (с периодически меняющимся микрорельефом), то и их характеристики в значительной мере определяются амплитудой микрорельефа. В связи с ветровым волнением на море относительная высота полета построенных эканопланов класса 1 составляет, как правило, не менее 0,1 хорды крыла. Выигрыш в аэродинамическом качестве по сравнению с самолетами достаточно умеренный. Для преодоления горба сопротивления при взлете с воды тяговооруженность эканопланов (отношение тяги к взлетному весу, или взлетного веса к аэродинамическому качеству) составляет, как правило, не меньше 0,3, в то время как при полете вблизи экрана потребная тяговооруженность составляет не более 0,1. Кроме того, в связи с низкой эффективностью традиционной самолетной механизации крыла вблизи экрана соотношение между крейсерской и взлетной скоростями невысокое, что ограничивает крейсерскую скорость из-за высоких гидродинамических нагрузок на взлете. Все вместе приводит к снижению относительной коммерческой нагрузки и экономичности эканопланов класса 1.

Транспортные средства класса 2, предназначенные для эксплуатации при больших амплитудах и случайно меняющемся

портных средств, использующих экранный эффект, можно принять проблемы, от решения которых в наибольшей степени зависит реализация экранного эффекта в транспортных средствах. Таким образом, основаниями полной классификации являются:

- 1 - условия эксплуатации (микрорельеф опорной поверхности);
- 2 - аэродинамическая компоновка;
- 3 - средства взлета и посадки;
- 4 - средства обеспечения устойчивости;
- 5 - конструктивная компоновка.

Полная классификация транспортных средств, использующих экранный эффект, приведена в отчете ВНИИГПЭ (шифр 1Б347, 1989 г.), и в узкотематической глубокоиндексированной базе данных "Эканопланы В60V".

Таким образом, экранный эффект может широко использоваться в транспортных средствах, и в настоящее время созданы эканопланы, относящиеся к 1-му классу (эксплуатирующиеся над водной поверхностью с периодически меняющимся микрорельефом). В будущем возможно создание эканопланов в классах 2 и 3, облик которых представлен в патентной и научно-технической информации, а также в проектах. 

(Продолжение в следующем номере).

микрорельефе, с применением известных компоновочных решений не могут быть созданы как из-за выхода на высоты неустойчивого полета, так и из-за сильной зависимости подъемной силы и сопротивления от высоты полета. Это подтверждает правильность выделения таких эканопланов-вездеходов в отдельный класс.

Возможное деление транспортных средств, отнесенных к классу 3, представлено в таблице.

Как следует из таблицы, образцы техники созданы не во всех рассмотренных группах классификации, и не все существующие транспортные средства, использующие экранный эффект, являются эканопланами в сложившемся понимании. Однако, в патентной и научно-технической информации представлено весь спектр транспортных средств по данной классификации. Эканопланы, отнесенные к классам 2 и 3, могут появиться в случае их существенно более высокой транспортной эффективности и удовлетворения потребностей общества (например, нанесение минимального ущерба окружающей среде), которые не могут быть в достаточной мере решены существующими видами транспорта.

Оценка транспортной эффективности эканоплана класса 3.2 показывает, что использование для движения специально спроектированных направляющих позволяет создать эканопланы-поезда с очень высокой эффективностью, не уступающей самым экономичным транспортным средствам.

В качестве следующих оснований классификации классификации транс-



# СОВЕТСКИЕ АВИАЦИОННЫЕ СПЕЦИАЛИСТЫ В ПОСЛЕВОЕННОЙ ГЕРМАНИИ

**Сергей Викторович Кувшинов,**

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

(Продолжение. Начало в № 3 - 2007)

Особое внимание также было уделено реактивным и гидрореактивным двигателям для катеров, газовым турбинам для реактивных торпед, реактивным торпедам, корабельному радио-телемеханическому управлению реактивным вооружением кораблей и береговых батарей - радиолокационным станциям обнаружения и опознавания, аппаратуре направляющего луча, станциям точного определения координат цели и расстояния до снаряда и многим другим устройствам. Этими работами должен был заниматься Наркомсудпром.

Вся созданная техника должна была пройти экспериментальную летную отладку, для чего требовалось создать центральный полигон реактивной техники.

Главным же оставался вопрос подготовки собственных квалифицированных кадров по реактивной тематике. Для его решения Наркомавиапром, Наркомбоеприпасов, Наркомсудпром, Наркомвооружения и Наркомэлектропром обязывались создать в своих высших учебных заведениях специальности по реактивной технике.

Освоение новой техники путем заимствования, даже имея в своем распоряжении натурные образцы и документацию, сопряжено с решением множества технических, производственных и научных проблем. Но самой важной оказывается кадровая проблема. Где взять специалистов, которые не просто разбираются в технике и представляют себе объект исследования, а имеют глубокие знания, и, что особенно важно, имеют опыт работы по данным направлениям?

Решение этой проблемы можно было проводить различными способами, однако в конкретной исторической обстановке, при отсутствии времени на подготовку соответствующих кадров и создание работоспособных изделий, при ограниченном финансировании, выход был один - привлечь к работе немецких специалистов, занимавшихся соответствующей тематикой в Германии. Способ решения задачи государственной важности установился правительственным постановлением, где прямо указывалось - "...организовать специальное конструкторское бюро... на базе немецкого научно-исследовательского центра реактивной техники, используя в этом конструкторском бюро всех имеющихся немецких специалистов в этой области".

Наркомавиапромом в августе и сентябре 1945 г. были организованы в Германии конструкторские группы из немецких специалистов, которые работали под руководством представителей Наркомавиапрома и находившегося в Берлине заместителя наркома авиапромышленности В.П. Кузнецова. На основании проведенной работы представителей наркомавиапрома в конце ноября того же года в Москву были присланы на утверждение проектные задания на разработку и постройку силами немецких специалистов новых образцов реактивной техники. Одновременно эти же материалы были представлены на месте Г.К. Жукову. Подробно рассмотрев полученные предложения, Совет народных комиссаров СССР издал постановление об опытном производстве самолетов и реактивных двигателей силами немецких специалистов в Германии.

В документе отмечалось, что в Германии были организованы опытные конструкторские бюро из немецких специалистов со следующими производственно-экспериментальными базами для проектирования и постройки опытных реактивных двигателей, самолетов и авиационных приборов: в Дессау - на базе бывшего завода "Юнкерс"; в Унзенбурге - на базе бывшего опытного завода "БМВ"; в Галле - на базе бывшего завода "Зибель"; в Берлине - на базе бывшего филиала завода "Аскания".

Для этих конструкторских бюро были утверждены следующие задания по проектированию и постройке опытных реактивных самолетов, реактивных двигателей и авиационных приборов. Конструкторскому бюро в Дессау предписывалось довести в первом полугодии 1946 г. мощность воздушно-газотурбинного двигателя "ЮМО-004" до тяги в 1200 кгс против существующей 950 кгс; спроектировать и построить в октябре 1946 г. новый мощный воздушно-реактивный двигатель "ЮМО" для бомбардировщика с данными: скорость на высоте 7000 м - 900 км/ч, дальность полета - 2000 км, бомбовая нагрузка - 2000 кг, потолок - 12 000 м; спроектировать и построить к январю 1947 г. дальний бомбардировщик с газотурбинными воздушно-реактивными двигателями "ЮМО" с данными: скорость на высоте 8000 м - 1000 км/ч, дальность полета - 4000 км, бомбовая нагрузка - 6000 кг, потолок - 14 000 м; спроектировать к июлю 1946 г. реверсивный воздушный винт для поршневого мотора мощностью до 4000 л.с. Конструкторскому бюро в Унзенбурге: ставилась задача спроектировать и построить к декабрю 1946 г. мощный воздушно-реактивный газотурбинный двигатель с данными: максимальная тяга - 3400 кгс, номинальная тяга - 3000 кгс, вес не более - 2500 кг.

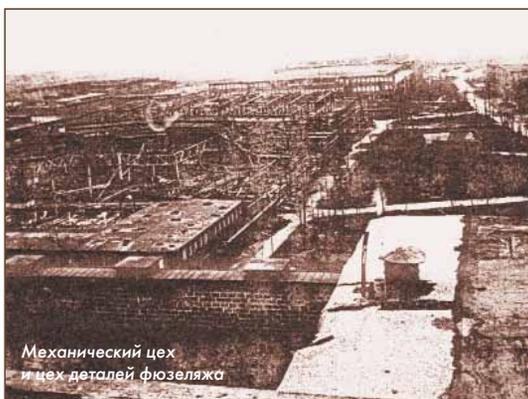
Конструкторскому бюро в Галле задавались проектирование и постройка к сентябрю 1946 г. экспериментального самолета с жидкостными реактивными двигателями "Вальтер" для изучения явлений, связанных с переходом через звуковой барьер.

Конструкторскому бюро в Берлине предписывалось спроектировать, построить и к январю 1948 г. провести летные испытания аппаратуры, выполняющей самостоятельно взлет, полет по курсу, выход на цель и посадку самолета (автопилота).

Для выполнения финансового плана столь обширных научно-производственных работ наркомфин СССР выделил наркомавиапрому для работ в Германии 5 миллионов марок в 1945 г. и 45 миллионов марок 1946 г.

Необходимы были и организационные работы по комплектованию особых технических бюро наркомавиапрома в Германии инженерно-техническим составом и квалифицированными кадрами рабочих путем перевода их с других предприятий и фирм в зоне оккупации советских войск.

Что касается продовольственного снабжения немецких специалистов и рабочих, работающих в авиационных конструкторских бюро НКАП, то для них выделялись дополнительные пайки по норме 11 на 140 человек и по норме 2 на 1400 человек.



Механический цех  
и цех деталей fusеляжа



Вдали - механический цех (разрушен), слева - старая испытательная станция, на переднем плане - новая испытательная станция

Таким образом, на территории Германии уже во второй половине 1945 года для разработки силами немецких специалистов научно-исследовательских тем и проектирования новых авиационных конструкций на базе бывших немецких научно-исследовательских

центров были созданы особые конструкторские бюро (ОКБ) с опытным строительством проектируемых объектов. Особые конструкторские бюро работали под руководством и при участии советских специалистов. Основная же часть сотрудников ОКБ состояла из немецких специалистов и рабочих. Необходимо отметить, что с самого начала советские специалисты выполняли роль не только "надсмотрщиков" и "статистов", но и пытались вникнуть в суть исследовательского процесса настолько глубоко, чтобы можно было в определенный момент прекратить работы ввиду их бесперспективности на данном уровне развития науки, техники и технологии. Что касается немецких специалистов, то для работы в конструкторских бюро, в первую очередь, были привлечены те, кто работал в данных центрах в период войны. Всего же было привлечено около 635 докторов, дипломированных инженеров и около 1500 техников и мастеров.

В соответствии с постановлением тематика работ по ОКБ была распределена следующим образом: Берлин - Особое конструкторское бюро по приборостроению; Дессау - Особое техническое бюро, в котором имелись: конструкторское бюро по моторостроению, конструкторское бюро по самолетостроению; конструкторское бюро по проектированию воздушных винтов; научно-исследовательский отдел; Галле - конструкторское бюро по самолетостроению; Унзебург - конструкторское бюро по моторостроению; Лейпциг - исследовательское бюро по авиационному литью и металлическим покрытиям; Росток - Особое техническое бюро, в котором имелось конструкторское бюро по катапультам и конструкторское бюро по ветряным двигателям.

В процессе работы советскими специалистами были обнаружены значительные количества весьма ценной технической документации во всех областях авиационной науки и техники: аэродинамика, прочность, самолетостроение, моторостроение, приборостроение и материаловедение, которые были отправлены в научно-исследовательские институты министерства авиапромышленности для детального изучения. В указанный период немецкими специалистами в Особых конструкторских бюро был выполнен обширный комплекс подготовительных работ: доклады, рефераты, отчеты, анализы конструкторских и исследовательских направлений и многое другое.

В серии докладов освещался ряд перспективных вопросов, касающихся получения сверхзвуковых скоростей, посадки скоростных самолетов. Был также представлен проект нового стратосферного сверхскоростного реактивного самолета, а также получено полное описание со всеми характеристиками всех реактивных самолетов фирмы "Юнкерс", как построенных, так и находящихся в процессе проектирования.

Силами специалистов министерства авиапромышленности проводились работы по подбору технических материалов и образцов чертежей, в основном касающихся новой техники. В результате этой работы были найдены и собраны: в Берлине (Адлерсгоф) в институте "Дефауль" и в Далеме в институте "МРА" - техническая литература и различные отчеты, были обнаружены ценные технические документы, скрытые в тайниках с датой 1945 г.; в районе Дессау

был обнаружен завод по производству реактивных двигателей фирмы "Юнкерс". Этот завод представлял большой интерес, так как им было выпущено 2700 двигателей ЮМО-004. Там же были обнаружены огромные заделы агрегатов и отдельные крупные детали этого двигателя. Завод располагал технологией производства и испытания двигателя ЮМО-004. Техническая документация, заделы и образцы по двигателю были направлены в организации миновиапрома. В Цитау удалось найти закопанные в землю чертежи опытных винтов фирмы "Юнкерс", которые также были направлены в Москву. В Бранденбурге на самолетостроительной фирме "Арадо" были обнаружены закопанные в землю документы и различные материалы по опытным работам этой фирмы. В числе их был найден комплект чертежей в кальках и синьках по самолетам Арадо-234 с воздушно-реактивными двигателями БМВ-003. Кроме этого, в распоряжение советских специалистов попали совершенно секретные материалы по различным вариантам применения этих самолетов и фотоснимки узлов и агрегатов. В городе Либерец (Чехословакия), на заводе фирмы "Контанто", были обнаружены агрегаты и чертежи радиоуправления ФАУ-2.

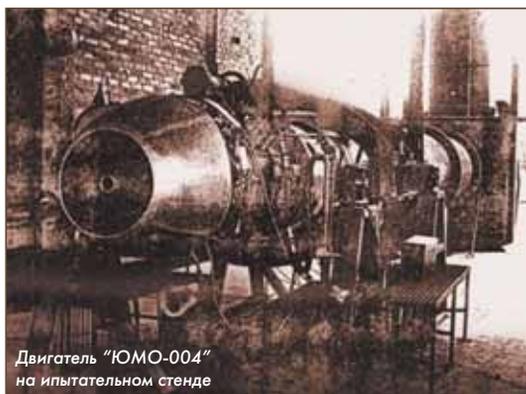
Все найденные полномасштабные образцы техники, представлявшие особый интерес, были сначала обследованы на месте, а затем отправлены в СССР. Среди них: реактивные самолеты Me-262, He-162, Me-163, Ar-234, двухмоторный истребитель He-219 с ДВС, а также самолет-снаряд ФАУ-1.

В марте 1946 года Особой правительственной комиссией под председательством заместителя министра А.С. Яковлева было произведено обследование состояния работ по освоению новой немецкой техники. В результате этого обследования правительство СССР приняло решение о дальнейшем проведении в Германии опытных работ по созданию новых конструкций реактивных двигателей и реактивных самолетов. Решением Совета Министров от 17 апреля 1946 г. № 874-366сс был утвержден план этих работ. С этой даты официально начинаются проектные работы в Особых конструкторских бюро в Германии по структуре, организации и финансированию подобно тому, как это было принято в СССР. 17 апреля 1946 г. стало официальной датой организации ОКБ-1 в Дессау, ОКБ-2 в Штрасфурте, ОКБ-3 в Галле и ОКБ-4 в Берлине.

Рубежным событием в послевоенном развитии реактивной авиации в СССР, проводимой силами немецких специалистов, стал приказ министра авиационной промышленности СССР № 228сс от 19 апреля 1946 г. В этом документе были детально определены тактические и стратегические планы СССР в деле освоения реактивной авиации, устанавливался порядок использования немецкой реактивной техники и немецких специалистов. Суть этих планов сводилась к следующему.

Учитывая особую важность работ, проведенных немецкими ОКБ, и состояние опытно-конструкторских работ в Германии, было признано необходимым обязать министерство авиационной промышленности силами немецких ОКБ выполнить в Германии, следующие проектно-конструкторские и опытные работы:

- по ОКБ в Дессау (где был главным конструктором доктор Шайбе): закончить форсирование турбореактивного двигателя ЮМО-004ф с тягой на земле 1200 кгс (вместо 900 кгс) в мае 1946 г.; закончить проектные работы и изготовление опытных образцов ЮМО-012 с тягой на земле 3000 кгс с постановкой его на стендовые испытания в ав-



Двигатель "ЮМО-004" на испытательном стенде



Испытательный стенд для "ЮМО-004"

густе 1946 г.; по авиационному дизелю ЮМО-224 полностью восстановить чертежи и приступить к постройке опытных образцов, для чего из министерства авиационной промышленности командировать специальную бригаду в 20 человек конструкторов во главе с конструктором по дизелям В.М. Яковлевым;

- по ОКБ в Дессау (главный конструктор доктор Бааде): закончить постройку реактивного бомбардировщика Юнкерс-131 с шестью двигателями ЮМО-004 с максимальной скоростью 860 км/ч, бомбовой нагрузкой 2000 кг и дальностью полета 1050 км. Срок окончания постройки опытного образца - сентябрь 1946 г.; закончить разработку технического проекта по реактивному дальнему бомбардировщику Юнкерс-132 с шестью двигателями ЮМО-012, со скоростью 950 км/ч, бомбовой нагрузкой 4000 кг, дальностью полета 2250 км; закончить постройку реактивного штурмовика Юнкерс-126 с двигателями ЮМО-226 "Аргус" (скорость 780 км/ч) и в мае - июне 1946 г. провести летные испытания на территории Советского Союза;

- по ОКБ в Унзебурге (главный конструктор доктор Престель): закончить постройку турбореактивного двигателя БМВ-003с с тягой на земле до 1050 кгс и выпустить его на стендовые испытания в июне 1946 г.; закончить чертежи и изготовление опытного образца турбореактивного двигателя БМВ-018 с тягой на земле 3400 кгс и с возможностью дальнейшего форсажа до 4000 кгс и выпустить его на стендовые испытания в октябре 1946 г.;

- по ОКБ в Галле (главный конструктор Рессинг): закончить чертежи экспериментального реактивного самолета Зибель-346 с двумя жидкостными реактивными двигателями "Вальтер" с целью достижения сверхзвуковых скоростей; изготовить опытный образец этого самолета для испытаний в сентябре 1946 г. с проектной скоростью 2500 км/ч на высоте 20 км и продолжительностью полета 2 минуты;

- по ОКБ в Берлине (главный конструктор Мантейфель): закончить в июле 1946 г. чертежи автоматической аппаратуры самолетовождения, позволяющей производить взлет самолета, полет по заданному курсу и самостоятельную посадку самолета без участия летчика.

Управление, организация и проведение всех опытных работ немецкими ОКБ в Германии было возложено на заместителя министра авиационной промышленности М.М. Лукина.

Создание конструкций немецкими специалистами должно было базироваться на советских материалах и полуфабрикатах, поэтому в постановлении специальным образом был отмечен этот технический момент.

Согласно перспективным планам министерства авиационной промышленности обвязывалось для продолжения секретных работ особой государственной важности в течение октября 1946 г. перевезти в СССР:

- на завод № 458 (Московское море): самолетное ОКБ из Дессау: инженеров и конструкторов - 150 человек, рабочих - 160 человек; самолетное ОКБ из Галле: инженеров и конструкторов - 85 человек, рабочих - 60 человек; приборное ОКБ из Берлина: инженеров и конструкторов - 15 человек; рабочих - 40 человек;

- на завод № 145 (пос. Красная Глинка Куйбышевской области): ОКБ по двигателям из Дессау: инженеров и конструкторов - 250 человек, рабочих - 240 человек; ОКБ по двигателям из Унзебурга: инженеров и конструкторов - 150 человек, рабочих - 200 человек;

- на завод № 500 (Тушино): ОКБ из Дессау по дизелям: инженеров и конструкторов - 100 человек; рабочих - 40 человек.

Всего планировалось перевести в Союз инженеров и рабочих 1400 человек, а вместе с семьями 3500 человек.

Полную подготовку к приему и размещению немецких специалистов и рабочих с их семьями на опытных заводах требовалось закончить к 1 сентября 1946 г. Организация процедуры оперативного перемещения людей и техники в течение одного месяца - октября 1946 г. возглавлялась на заместителя министра внутренних дел СССР И.А. Серова.

Работы ОКБ-1 в Германии велись с апреля по октябрь 1946 г. Начальником Особого конструкторского бюро № 1 был утвержден инженер-подполковник Н.М. Олехнович. До своего прибытия в Германию 20 мая 1945 г. Олехнович работал старшим научным



сотрудником - начальником отдела в Центральном институте авиационного моторостроения. Его заместителем, а затем и исполняющим обязанности начальника был назначен майор А.Е. Свешников, работавший ранее на заводе № 26 начальником отдела ОКБ. Главная и основная специализация ОКБ-1 - двигателестроение и самолетостроение. Конструкторское бюро располагалось в Дессау на Юнкерштрассе и было самым большим из всех организованных в Германии. Так по состоянию на 6 июня 1946 г. в ОКБ-1 работало 3325 человек, из них: советских специалистов - 32 человека, немецких специалистов - 1169 человек, немецких рабочих - 2124 человека.

По техническому оснащению предприятие было также крупнейшим. На заводе имелось 494 металлорежущих станков, 857 специальных станков, 203 аппарата и прибора. Численный состав ОКБ-1 постоянно менялся в сторону увеличения, и к началу октября 1946 г. в ОКБ работало уже 4247 человек, из них в КБ по двигателям - 583 человека, в КБ по самолетам - 548 человек, в производственных цехах - 2101 человек и в техническом отделе и вспомогательных службах - 789 человек.

Первая группа с советских специалистов прибыла в ОКБ-1 в мае 1945 г., они и организовывали ОКБ, а вторая группа, насчитывавшая 17-18 человек, прибыла в апреле 1946 г. До командировки в Германию большая часть специалистов работала в ЦИАМ, остальные в ЦАГИ, на заводах № 26, 500, 19, 156, 165, 240, 45, 155. Наряду со своими должностными обязанностями в ОКБ представители авиационных заводов, как правило, имели и специальные поручения от предприятий, командировавших их в Германию.



Работы в ОКБ-1 были организованы следующим образом: турбореактивными двигателями занималось конструкторское бюро под руководством доктора Шайбе; авиационными дизелями - конструкторское бюро под руководством инженера Герлаха (специализированное КБ по дизелям официально было организовано только в июне 1946 г.); самолетами - бюро под руководством доктора Бааде.

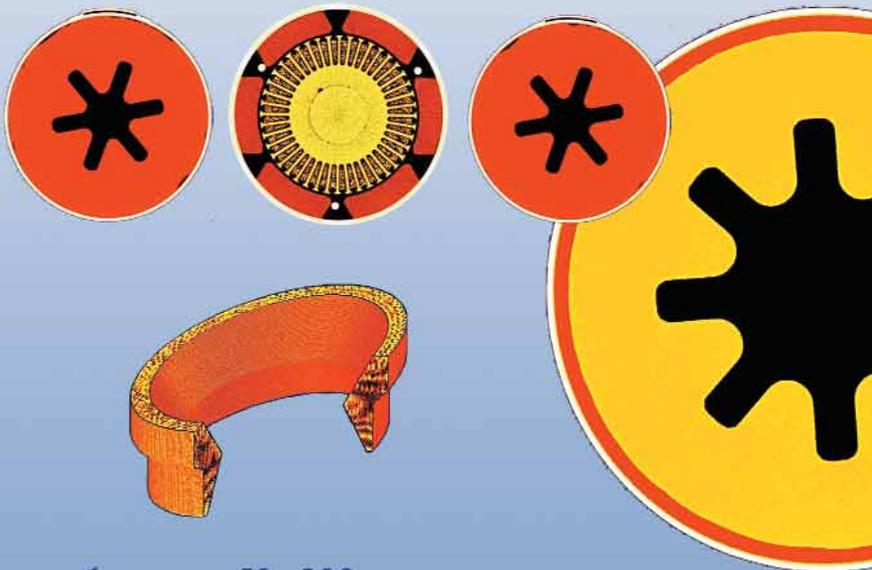
В конструкторском бюро доктора Шайбе насчитывалось 235 человек и еще 167 специалистов трудились в исследовательских лабораториях. Среди них: инженеров-докторов - 10 человек, дипломированных инженеров - 22, инженеров - 47, техников и конструкторов - 90, чертежников - 88, мастеров - 8 и рабочих и служащих - 166 человек. Всего под руководством доктора Шайбе работало 402 человека.

В конструкторском бюро доктора Бааде насчитывалось 276 человек и 157 - в исследовательских лабораториях. Среди них: инженеров-докторов - 2 человека, дипломированных инженеров - 31, инженеров - 164, конструкторов - 106, чертежников - 33, рабочих и служащих - 95 человек, а также 2 пилота. Всего под руководством Бааде работало 433 человека.

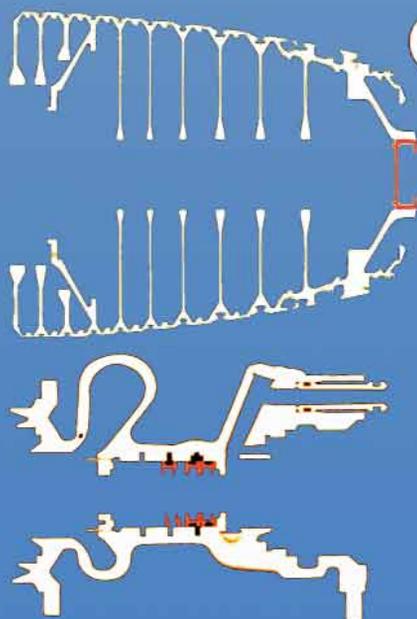
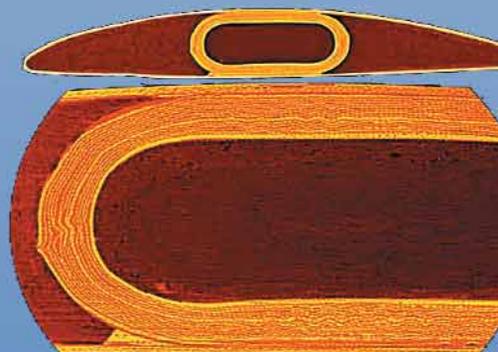
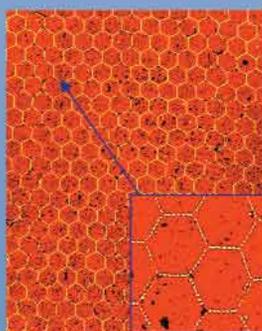
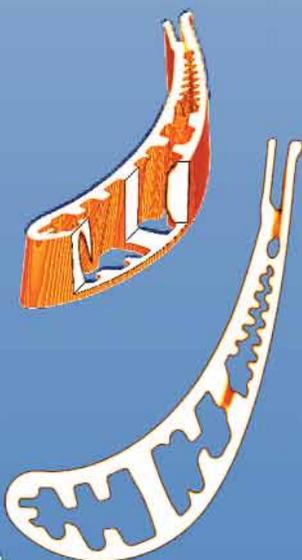
*(Продолжение в следующем номере.)*



# КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТОМОГРАФЫ "ПРОМИНТРО" - ГАРАНТИЯ КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ ОТВЕТСТВЕННЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ



Проникающая способность - от 50 - 200 мм стали  
Предел пространственного разрешения  $>50$  пер/см  
Точность измерения внутренних размеров - 20 мкм



**ПРОМИНТРО**

Тел./Факс: (7-495) 361-98-02; 361-97-33;

E-mail: indintro@vei.ru



ют на пути более мелкие. Этот процесс развивается лавинообразно. Максимум кривой плотности распределения частиц по размерам сильно сдвигается вправо, а среднemasсовый размер растет пропорционально числу столкновений.

В предыдущей статье (журнал "Двигатель", № 2 (44), 2006) было показано, что при движении двухфазных потоков в каналах и соплах турбулентность интенсифицируется при увеличении размера частиц ( $d_p$ ). При этом число Рейнольдса также увеличивается:

$$Re_p = Re \cdot \frac{d_p}{D} \cdot e^{-\sigma t}$$

Очевидно, что в процессе коагуляции турбулентность становится более интенсивной, а процессы дробления снижают интенсивность и могут приводить к ламинизации потока.

Математически увеличение (уменьшение) среднего линейного размера ансамбля частиц можно выразить посредством коэффициента коагуляции (c):

$$d_p = c \cdot d_{p0}$$

который показывает, во сколько раз увеличивается линейный размер по прошествии всех актов соударения. Количество соударений частиц фракций  $d_i$  и  $d_j$  в единице объема ( $ij$ ) вычисляется с помощью формулы:

$$\Omega_{ij} = \Xi_{ij} \cdot n_i \cdot n_j \cdot (d_i + d_j)^2 \cdot (U_i - U_j) \cdot \tau_{np}$$

где  $\Xi_{ij}$  - эффективность осаждения  $i$ -ой частицы на  $j$ -ой, и в диапазоне чисел Стокса

$$\left[ \frac{1}{5}, 5 \right]$$

она может быть вычислена по формуле:

$$\Xi_{ij} = 0,3 \ln Stk + 0,5;$$

$n$  - концентрация частиц в потоке.

Считается, что любое столкновение частиц приводит к коагуляции.

При этом увеличивается линейный размер и коэффициент коагуляции выражается в виде:

$$c^3 = 1 + \Omega_{ij} \frac{d_i^3}{d_j^3}$$

На практике обычно пользуются экспериментальными коэффициентами ( $\Phi$ ), характеризующими увеличение массы мишеней. Эти коэффициенты называют эффективностями взаимодействия. Математическая запись коэффициентов  $\Phi$  обычно представляется в виде критериальной зависимости, например:

$$\Phi = 1 - 0,247 \cdot Re^{0,434} \cdot Lp^{-0,133} \cdot \bar{d}^{0,273}$$

где  $Re = \frac{d_c \Delta U \rho}{\mu}$  - число Рейнольдса;

$$Lp = \frac{\sigma p d_c}{\mu} - \text{число Лапласа};$$

$\bar{d} = \frac{d_m}{d_c}$  - масштабный фактор;

$d_m, d_c$  - диаметр мишени и снаряда;

$\Delta U$  - разность скоростей мишени и снаряда;

$\rho, \sigma, \mu$  - плотность, поверхностное натяжение и вязкость жидкости.

При этом, соответственно, величина

$$\Phi = \frac{\Delta m_M}{\Omega \cdot m_c}$$

Здесь  $\Delta m_M$  - прирост массы мишени;

$m_c$  - масса снаряда;

$\Omega$  - количество ударов снарядов о мишень.

Процесс укрупнения частиц всегда приводит к интенсификации турбулентности, так как:

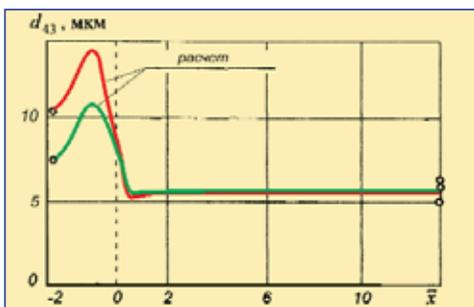


Рис. 2. Изменение среднemasсового диаметра частиц по длине сопла (o - опыт)

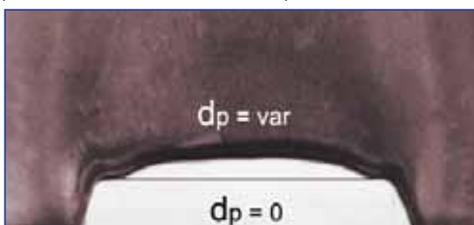


Рис. 3. Картина уноса материала

частиц как вблизи стенок, что приводит к осаждению частиц, так и вдоль оси двигателя. Эффект образования концентрированных потоков вблизи оси камеры сгорания называется параксиальным эффектом (в простонародии - эффект жгутования). При этом траектории значительной массы всех частиц параллельны оси. Экспериментально такой эффект исследовался на сверхзвуковых двухфазных потоках, вытекающих из сверхзвукового сопла небольшого РДТТ с кривым профилем дозвуковой части сопла (рис. 3, фото В.И. Кондратенко). После экспериментов сравнивался унос массы с фторопластовых пластин при воздействии на них продуктов сгорания металлизированного и безметалльного твердых топлив. Эффект был получен, но он оказался достаточно слабым. Область значительных концентраций частиц получилась размазанной в отличие от ожидаемой пикообразной. Максимальная интенсивность турбулентности в критическом сечении и, как следствие, резкое снижение размеров жидких капель за счет интенсивного их дробления не только в осевом направлении, но и поперечном, приводила в процессе экспериментов выравниванию по сечению спектра частиц и их концентрации.

Принципиально новый научный результат был получен В.Б. Федотовым на плазмотроне, работающем в дозвуковом режиме истечения плотных дисперсных потоков из сопла. Поскольку процессы дробления частиц в дозвуковых потоках малы по сравнению с процессами коагуляции, в экспериментах были найдены условия достижения критических концентраций, при которых происходило тотальное слияние частиц вблизи оси сопла плазмотрона. Высокие концентрации и размеры частиц привели к образованию жидкого сплошного жгута, занимающего ~10 % площади проходного сечения. Удачно подобранные режимы истечения позволили держать его устойчивую форму вплоть до затвердевания. В процессе работы плазмотрона независимо от величины скорости газового потока в том же направлении происходило медленное выдвигание отмеченного образования в направлении от среза сопла (рис. 4). Одновременно образовавшийся жгут совершал внутри сопла поперечные движения, иногда прислоняясь к стенке.

Этот красивый параксиальный эффект - эффект, при котором множество жидких частиц сливается практически в одну сплошную изотропную струю, является ярким примером перехода дискретного двухфазного течения в течение чистого газа. Эффект имеет большое онтологическое значение. Он показывает единство дискретного и сплошного, а также естественность перехода одного в другое.

Очевидно, что при переходе к новому течению, то есть к течению практически без частиц, рассматриваемый вопрос о турбулентности упрощается. Он по-прежнему может рассматриваться как сложная динамика четырех независимых движений: поступательного, волнового, вихревого и торсионного ("Двигатель" № 3 (51), 2007).



Рис. 4. Параксиальный эффект

# ИНВЕСТИЦИИ В ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕООРУЖЕНИЕ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Александр Викторович Отт**, начальник экономического бюро  
ОАО "Арзамасское научно-производственное предприятие "ТЕМП-АВИА"

Анализ состояния одного из типичных представителей машиностроительного комплекса - авиаприборостроения - показал, что предприятия отрасли вышли из стадии глубокой депрессии, обусловленной революционными преобразованиями отечественной экономики в 90-е годы прошлого века, и медленно, но уверенно восстанавливают свои позиции на товарных рынках.

Российское авиаприборостроение сегодня представлено двумя крупными холдингами: концерн "Авионика" и корпорация "Российский авиаприборостроительный альянс".

Авиаприборостроение - горизонтально-интегрированная отрасль. Предприятия отрасли объединены между собой сложной системой научно-производственных связей, взаимными кооперационными поставками комплектующих и материалов, совместными научными разработками.

Российские производители авионики между собой практически не конкурируют. Однако, в силу глобализации отрасли, постоянно сталкиваются с жесткой конкуренцией со стороны французских, американских, израильских и других авиаприборостроителей.

Появление новых игроков на российском рынке авиаприборов маловероятно, чего нельзя сказать о мировом - здесь в недалеком будущем возможна активизация новых сильных конкурентов из Китая, Японии, Южной Кореи, Индии, Польши, Чехии - которые уже сегодня пытаются налаживать собственное самолетостроение.

Очевидно, что продукция российских авиаприборостроителей по-прежнему востребована. Потенциальный объем спроса исчисляется миллиардами рублей.

Обращает на себя внимание обострение конкуренции, как на российском, так и на международном рынках, что требует повышения потребительского качества, снижения себестоимости и увеличения объемов выпускаемой продукции.

Добиться указанных целей без соответствующего оборудования и качественной технологической подготовки невозможно.

Несмотря на отдельные позитивные моменты в использовании технологий (снижается энергоемкость продукции, удельный расход энергии) предприятиями авиаприборостроения, технологический уровень отрасли в целом нуждается в пристальном внимании со стороны руководства предприятий и требует внесения кардинальных изменений (растет себестоимость продукции).



Детальное рассмотрение состояния парка оборудования предприятий авиаприборостроения свидетельствует, что технологическое оборудование

предприятий отрасли выработало свой физический ресурс и морально устарело.

Техническая и технологическая составляющие производственного процесса не отвечают требованиям времени; особенностями отечественного машиностроительного комплекса на современном этапе являются высокий накопленный износ основных производственных фондов (более половины оборудования эксплуатируется свыше 20 лет), оснащенность, в основном, морально устаревшими моделями оборудования, критический дефицит квалифицированных рабочих кадров, диктующие необходимость серьезных инвестиционных вливаний именно в техническое переоснащение предприятий отрасли, что позволит заложить фундамент для дальнейшего успешного развития.

Кроме этого, техническое и технологическое отставание предприятий машиностроения способно затормозить экономическое развитие других отраслей экономики страны, поскольку именно машиностроение является "становым хребтом" российской промышленности.



Таким образом, наблюдается, с одной стороны - ужесточение конкуренции на товарных рынках; возможность появления новых сильных игроков; относительная немногочисленность потребителей продукции и тенденции к их слиянию, и, следовательно, усиление их власти; высокая взаимозависимость предприятий отрасли от кооперационных поставок материалов и комплектующих; выход отрасли в фазу подъема - все это свидетельствует о потенциальном росте спроса на авионику и об усилении конкуренции в отрасли в ближайшей перспективе, а с другой стороны - недостаточно совершенные технологии и изношенное физически и морально оборудование.

Между тем, техническая и технологическая оснащенность является одним из основных внутренних свойств предприятия, определяющих его конкурентоспособность.

Из этого следует, что одной из первоочередных задач на современном этапе развития российской экономики представляется техническое перевооружение действующих машиностроительных предприятий, направленное на повышение качества продукции, снижение ее себестоимости, увеличение объемов выпуска. Реализация этого направления потребует переадресации масштабных инвестиционных ресурсов на обозначенные цели и, соответственно, проработанных методических подходов к обоснованию необходимости инвестиций в техническое перевооружение, оценке их эффективности, выявлению зависимостей между инвестиционным процессом и изменением уровня конкурентоспособности.

Под конкурентоспособностью понимается экономическая характеристика объекта рыночных отношений, отражающая уровень его рыночной силы. Она представляет собой совокупность свойств объекта, позволяющих ему занять определенное место в системе рыночных отношений.

Подобно прочим характеристикам объектов конкурентоспособности нуждается в оценке.

Анализ используемых на сегодняшний день методов оценки конкурентоспособности показал, что большинство из исследованных методов однонаправлены: одни рассматривают конкурентоспособность как лучшее, чем у конкурентов производство; другие делают упор на каналах распределения; третьи за основу оценки конкурентоспособности предприятия берут конкурентоспособность производимой и реализуемой ими продукции.

В результате автором разработан комплексный балльный метод оценки конкурентоспособности. Он обеспечивает достаточно объективную оценку конкурентного положения предприятия; исключает проблему различия единиц измерения показателей финансово-хозяйственной деятельности предприятия; минимизирует субъективность при оценке; учитывает весомость вклада в общий результат ключевых факторов успеха, единичных и частных показателей конкурентоспособности предприятия.

Кроме того, конкурентоспособность в этом случае приобретает вполне конкретную количественную оценку (баллы).

Расчет коэффициента конкурентоспособности предприятия производится по формуле:

$$K_{кп} = \sum (KФУ_i \times \alpha_i)$$

где:  $K_{кп}$  - коэффициент конкурентоспособности предприятия;

$KФУ_i$  - ключевой фактор успеха (в баллах);

$\alpha_i$  - коэффициент весомости  $i$ -го КФУ.

Расчет значений ключевых факторов успеха предприятия производится по формуле:

$$KФУ_i = \sum (\Pi_i \times a_i)$$

где:  $\Pi_i$  - значение  $i$ -го единичного показателя (в баллах), раскрывающего  $i$ -й КФУ предприятия;

$a_i$  - коэффициент весомости  $i$ -го единичного показателя.

Если более высокое значение показателя является предпочтительным, наивысший из сравниваемых показателей принимается за 10 баллов. Балльная оценка конкурентного показателя рассчитывается по формуле:

$$\Pi_i = \frac{b_j \times 10}{b_j}$$

где:  $b_i, b_j$  - значение показателя  $i$ -го и  $j$ -го (лучшего) предприятия соответственно;

10 - оценка (в баллах) показателя  $j$ -го предприятия ( $\Pi_j$ ).

Если более низкое значение показателя является предпочтительнее, наименьший из сравниваемых показателей принимается равным 10 баллам. Балльная оценка конкурентного показателя рассчитывается следующим образом:

$$\Pi_i = \frac{b_j \times 10}{b_i}$$

Перечень КФУ предприятия, коэффициенты  $\alpha_i$  устанавливаются комиссионно, утверждаются руководителем и закрепляются в стандарте предприятия.

Исходными данными для расчета единичного показателя, раскрывающего КФУ предприятия, являются основные показатели финансово-хозяйственной деятельности предприятия. При этом берутся показатели, по меньшей мере, двух предприятий или показатели по одному предприятию за разные периоды.

В случае, когда единичный показатель конкурентоспособности включает в себя ряд частных показателей, балльная оценка единичного показателя ( $\Pi_j$ ) рассчитывается как среднее арифметическое балльных оценок частных показателей.

Результаты расчетов сводятся в таблицы.

Поскольку целью технического перевооружения предприятий является повышение уровня конкурентоспособности, возникает необходимость оценки влияния инвестиционного процесса на изменение конкурентоспособности предприятия. Ни один из традиционных показателей оценки эффективности инвестиций (такие как: чистый дисконтированный доход, внутренняя норма доходности, модифицированная внутренняя норма доходности, срок окупаемости, рентабельность) не отражает непосредственного влияния инвестиционного процесса на изменение уровня конкурентоспособности, отсюда необходимо дополнить рассмотренные показатели оценки эффективности следующими:

1. Абсолютное изменение конкурентоспособности предприятия после внедрения мероприятий в баллах (при балльном методе оценки конкурентоспособности), который рассчитывается как разность между конкурентоспособностью после внедрения мероприятий и конкурентоспособностью до внедрения мероприятий.

2. Ресурсоемкость конкурентоспособности. Рассчитывается по следующей формуле:

$$PE_K = \frac{I}{K_1 - K_0}$$

где:  $PE_K$  - ресурсоемкость конкурентоспособности;

$I$  - инвестиции;

$K_0$  и  $K_1$  - уровень конкурентоспособности предприятий до и после внедрения мероприятий, соответственно.

3. Конкуренторентабельность - показывает, сколько баллов конкурентоспособности приходится на рубль инвестиций. Рассчитывается по формуле:

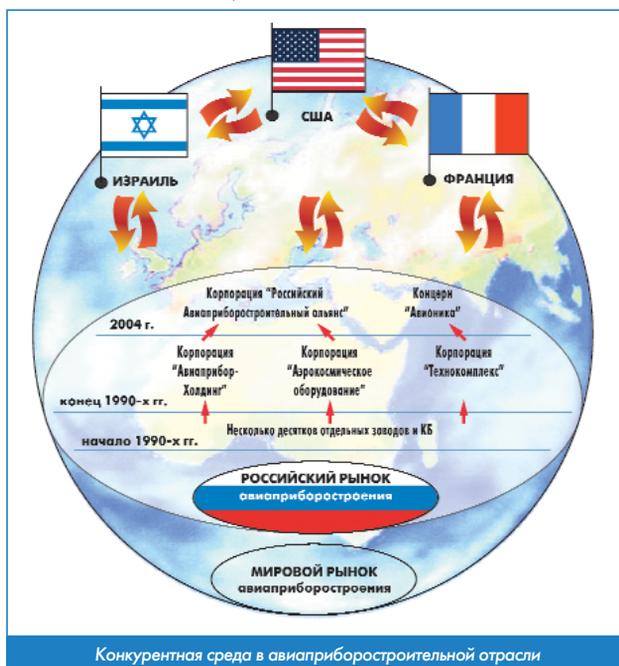
$$PK = \frac{K_1 - K_0}{I}$$

где:  $PK$  - конкуренторентабельность.

Эти показатели позволяют: во-первых, увидеть изменение уровня конкурентоспособности по каждому из рассматриваемых проектов; во-вторых, оценить относительные затраты, связанные с внедрением мероприятий и оценить эффективность вложений с позиций влияния на изменение уровня конкурентоспособности.

Предполагается, что необходимость технического перевооружения возникает при неадекватности технико-технологического состояния предприятия спросу на выпускаемую им продукцию, то есть на начальном (предварительном) этапе для обоснования необходимости технического перевооружения машиностроительного предприятия следует проанализировать систему показателей, характеризующих, с одной стороны, спрос на продукцию предприятия, с другой - технико- и технологическое состояние предприятия.

Рассмотренные положения в комплексе позволяют: применить структурированный подход к инвестированию технического перевооружения машиностроительных предприятий, используя количественные методы оценки обосновать необходимость инвестиций в техническое перевооружение, отследить изменение уровня конкурентоспособности предприятия, увидеть вклад инвестиционного процесса в изменение уровня конкурентоспособности.



# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

**Валентин Николаевич Балабин**, доцент Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), к.т.н.

**В России большое внимание уделяется разработкам мероприятий по повышению топливной экономичности транспортных двигателей на эксплуатационных режимах и повышению автоматизации систем управления. Анализ мировых тенденций развития двигателестроения показал, что, начиная с середины 80-х годов, углубляется расхождение между прежде подобными группами транспортных двигателей.**

Решение многих проблем, возникающих при эксплуатации тепловозным двигателям потребовало новых подходов. В практике двигателестроения стало развиваться новое направление: электронное управление системами двигателей тепловозов. Появилась возможность оптимизации управления топливоподачей и процессами газообмена в них при управлении его работой. Именно максимальное использование микропроцессоров в системах управления тепловозных дизелей определило следующую ступень развития - двигатели IV поколения. По определению специалистов ОАО ХК "Коломенский завод" тепловозный двигатель нового поколения (ТДНП) - двигатель с комплексной адаптивной системой управления, позволяющий реализовать широкий спектр эксплуатационных услуг [1].

Один из основных факторов, определяющих качества двигателей - его экономичность. Для двигателя железнодорожного транспорта характерна длительная эксплуатация на частичных и переходных режимах, вызываемых возмущающими и управляющими воздействиями. При этом наблюдается тенденция к смещению продолжительности работ в сторону меньших скоростей [2].

Для нового V12 дизель-генератора 21-26ДГ форсированного до мощностей 2500...2650 кВт характерно уменьшение удельного эффективного расхода топлива со 197 до 194 г/кВтч с перспективой дальнейшего уменьшения до значений 191...188 кВтч (в диапазоне эксплуатационной мощности 0,6...1 от номинальной этот параметр составляет 204...207 г/кВтч).

Для сокращения затрат на железнодорожном транспорте, важнейшая задача - повышение эффективности эксплуатации тепловозного двигателя, путем совершенствования конструкции их элементов.

У ТДНП мощностью 1000...3500 кВт необходимо увеличить межремонтные пробеги не менее, чем в два раза, при условии выполнения жестких экологических норм по введенным дизельным стандартам ГОСТ Р. ОАО "РЖД" требует увеличить пробег локомотивов с ТДНП с 2 млн до 3 млн км.

Вообще, требования, которым должны отвечать тепловозные дизели нового поколения, можно разделить на два направления: запросы основного заказчика - ОАО "РЖД" - и общие отраслевые тенденции развития мирового дизелестроения.

На совещаниях любого уровня специалисты по созданию транспортных двигателей с одной стороны и конструкторы тепловозов с другой едины в том, что создание ТДНП - сложная техническая проблема. Основные причины этого в том, что новые решения должны быть максимально адаптированы к уже имеющемуся парку тепловозов и сопутствующей инфраструктуре. Кроме того, появление нового поколения двигателей транспортного назначения и последующее успешное продвижение его на весьма насыщенном рынке, требуют дополнительных денежных вложений в соответствующие НИР и обучение персонала.

Со стороны научных структур ОАО "РЖД" должны быть ясно сформулированы результаты проведенного маркетинга по потребностям в типах и мощностях тепловозов для каждого отдельного региона применения. Они должны максимально учитывать требова-

ния перевозочного процесса. Региональные требования, это одно из важнейших направлений создания ТДНП и соответствующих им тепловозов, (которое в нашей стране никогда серьезно не рассматривалось). Здесь приходится учитывать не только климатические отличия, но и разнообразные особенности местных требований к тяговому подвижному составу и строящимся унифицированным типажированным тепловозам.

Не следует проводить модернизацию локомотивных энергетических установок просто ради абстрактного "улучшения экономических или экологических показателей". Все этапы модернизации и, главное, последующая эксплуатация на сети железных дорог должны приносить ощутимый технический и экономический эффект, особенно с учетом затрат остающегося жизненного цикла и дополнительных расходов, связанных с потребностями в более частом выполнении ТО и ТР.

Следует активно применять не только серийные, но и новые проверенные технологии.

## **Концепция перспективного тепловозного дизеля**

Известно, что мощность, надежность и экономичность двигателей железнодорожного транспорта определяет эффективность автономной тяги. Опыт эксплуатации диктует необходимость придерживаться некоторых известных требований, главное из которых: ТДНП по мощностным параметрам должны перекрывать весь перспективный ряд новых тепловозов.

Предлагается шире использовать в конструкции нового тепловозного двигателя новейшие достижения мирового двигателестроения и смежных отраслей отечественной и зарубежной науки и техники (металлургии, электроники, химии и др.). Вместе с тем, одним из наиболее важных концептуальных требований к ТДНП должно стать использование апробированных технологий с низкой степенью риска, а также гарантированное исключение возможности отклонений рабочих процессов за допустимые пределы по механическим и тепловым нагрузкам, характерным у форсированных дизелей. Только в этом случае можно прогнозировать достижение требуемой надежности конструкции.

Технико-экономические показатели транспортных двигателей, их эксплуатационная топливная экономичность в значительной степени зависят от расхода топлива на основных эксплуатационных режимах. В их число следует включить режимы холостого хода, а также и переходные режимы. Поэтому вопросы совершенствования газообмена на нагрузочных, переходных режимах и холостом ходу необходимо отнести к отдельному приоритетному направлению исследований [3].

Следует активно применять не только серийные, но и новые проверенные технологии. Ниже рассмотрены некоторые из мероприятий, требующих исследований и последующего внедрения.

Рациональная схема рабочего процесса ТДНП должна предусматривать:

- создание системы альтернативного немеханического привода клапанов газораспределения;

- отключение на режимах холостого хода и малых нагрузок части цилиндров по топливоподаче и газообмену.

Переход от фиксации ресурса ТДНП в моточасах или километрах пробега тепловоза к оценке индивидуального суммарного расхода топлива. Тепловозный дизель значительную часть работает на холостом ходу (40...80 % общего времени работы), а в реальной практике эксплуатации этот режим не учитывается как полезная работа. Для ТДНП необходимо непрерывно контролировать расход топлива с помощью бортовых высокоточных ролико-лопастных расходомеров, созданных в МИИТ.

Продолжить исследования по термофорсированию топливоподачи. Следует вспомнить опыт и результаты исследований, начатые в МИИТ в 70-х гг. Система предварительного подогрева топлива на линии высокого давления дизеля типа Д100 резко снизила период задержки воспламенения, уменьшила темп подъема давления (жесткость процесса). Активный период сгорания топлива сместился ближе к ВМТ.

Использование на ТДНП симметричной одноступенчатой схемы полигазотурбонаддува. Применение импульсного наддува с высокой форсировкой до  $P_e = 1,9...2,5$  МПа и парциальным подводом газов к турбине от индивидуальных группы отсеков цилиндров. Полученный вариант регистрового наддува позволит реализовать необходимую мощность на всех точках скоростной характеристики при высокой экономичности, как на номинальном режиме работы, так и на частичных нагрузках.

Целесообразно создание схемы полигазотурбонаддува (ПГТН), состоящей из четырех турбокомпрессоров при секционировании коллекторов и ресиверов.

Индивидуальное микропроцессорное управление органами топливоподачи с одновременным адаптивным регулированием газораспределения позволит выбирать наиболее экономичную работу каждого турбокомпрессора на частичных и переходных режимах.

Система ПГТН обеспечивает высокие динамические качества разгона роторов турбокомпрессоров, что позволит отказаться от подкрутки, подобной электротурбокомпрессору.

Схема системы ПГТН V12 ТДНП представлена на рис. 1.

Здесь реализованы следующие основные схемы:

- использование импульсного наддува 4 групп из 3 цилиндров;
- использование наддува при постоянном давлении 2 групп из 6 цилиндров (симметрично можно использовать другую группу ТК);
- применение наддува при постоянном давлении 2 групп из 3 цилиндров (симметрично можно отключать другую группу цилиндров).

Интегрированные в тепловоз вспомогательные системы ТДНП. Модульный принцип конструирования ТДНП должен плавно распространиться на весь локомотив. Так, топливная система низкого давления может быть сосредоточена непосредственно в районе или внутри топливного бака, что позволит сократить время экипировки, путем полной блочной замены бака с проверенными системами фильтрации, насосами и предохранительными устройствами. Работу по повышению механического к.п.д. серийных дизелей следует проводить в направлениях снижения потерь на трение, на привод вспомогательных механизмов и насосных потерь.

По приводу вспомогательных механизмов предлагается идея тесной кооперации дизелестроителей с конструкторами тепловозов. Расчеты показывают, что самостоятельный дизель-агрегат, как автономная единица, проигрывает установке, интегрированной в систему тепловоза. Можно передать некоторые вспомогательные функции с дизеля на тепловоз, установив моноблоки централизованных насосов с регулируемым асинхронным электроприводом. Это позволит сделать производительность насосов независимой от частоты вращения коленчатого вала. На рис. 2 показана схема расположения интегрированных блоков вспомогательного оборудования ТДНП.

На существующих локомотивах примерно поровну распределяются функции вспомогательных систем тепловоза и дизеля. При создании ТДНП необходимо выполнить перераспределение, передав до 80% функций обеспечения дизеля непосредственно тепловозу. Все фильтры, охладители теплоносителей, насосы, предохра-

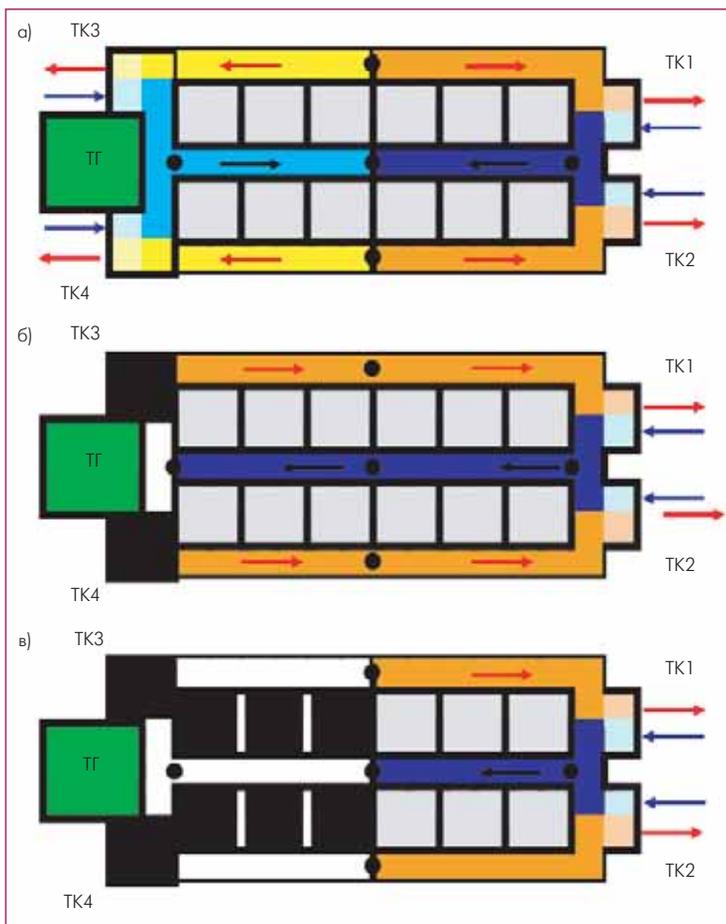
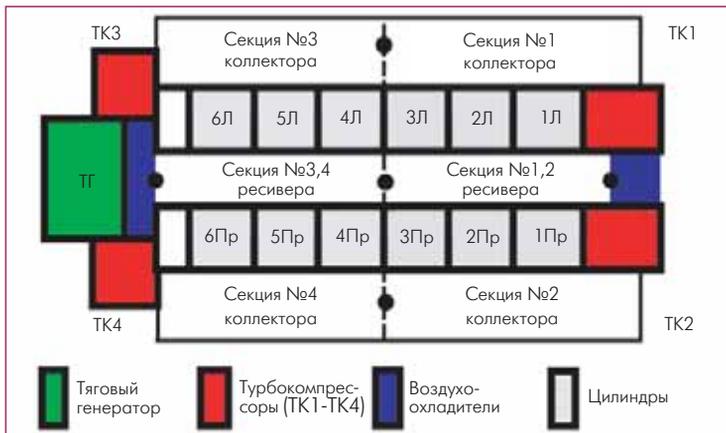


Рис. 1. Схема системы ПГТН V12 ТДНП:  
 а - режим полной нагрузки и работа четырех турбокомпрессоров ТК1-ТК4;  
 б - режим частичных нагрузок и работа двух турбокомпрессоров ТК1 и ТК2;  
 в - режим холостого хода, отключение трех отсеков и работа двух турбокомпрессоров ТК1 и ТК2.

нительные приборы, приборы безопасности, вся арматура должны блочно располагаться на тепловозе.

На дизеле отсутствуют все агрегаты вспомогательного назначения, предохранительная и регулирующая арматура.

Такое положение обеспечит дизелю без отвращения выполнение своей основной функции - выдачу мощности по требуемым скоростным и нагрузочным характеристикам.

Разработка альтернативного, немеханического привода клапанов газораспределения. Традиционные типы механического привода клапанов газораспределения ограничивают возможности форсирования дизелей по частоте вращения и снижают моторесурс.

Проведенные в МИИТ исследования, позволяют установить целесообразность применения на ТДНП альтернативного немеханического привода клапанов.

Тепловозные двигатели большую часть времени работают на ненормальных режимах, и в этих условиях механический привод клапанов не обеспечивает требуемых фаз газораспределения (ФГР).

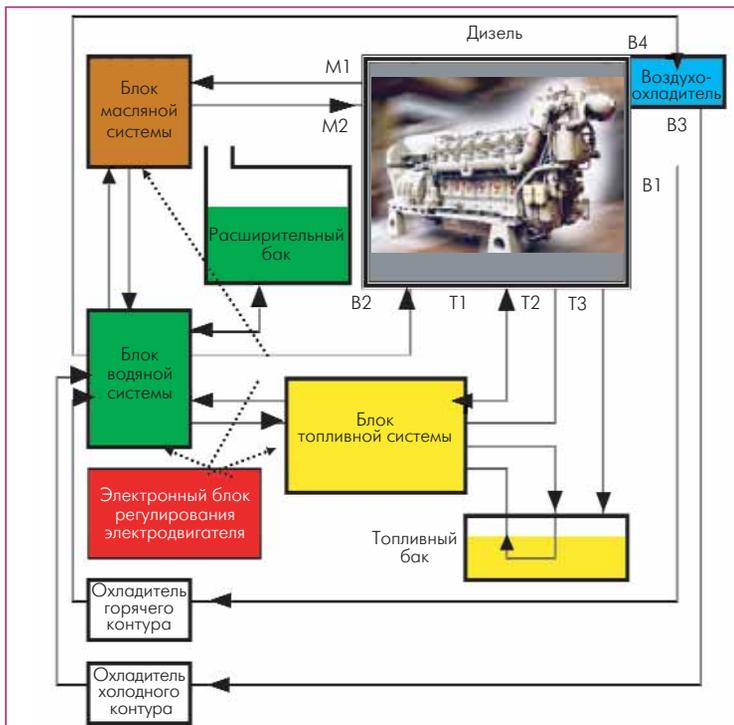


Рис. 2. Схема расположения блоков вспомогательного оборудования ТДНП

Многочисленная патентная литература и ряд выполненных исследований свидетельствуют, что изменением ФГР можно значительно улучшить технико-экономические показатели двигателя, расширить ассортимент используемых топлив, снизить жесткость работы двигателя и, что самое, главное - токсичность выхлопных газов.

Применение регулирования ФГР позволяет увеличить величину крутящего момента на 25...30%, а при номинальной частоте вращения - на 3...5%. Одновременное изменение величины подъема клапанов с регулированием ФГР позволяет добиться интенсивной турбулизации заряда, что особенно важно при низких частотах вращения.

На рис. 3 представлена краткая классификация систем немеханического привода клапанов газораспределения.

Основные виды альтернативного привода: пневматический, гидравлический, гидромеханический, электромагнитный и электрогидравлический.

Реальное распространение могут иметь три вида привода: гидравлический, электромагнитный и электрогидравлический.

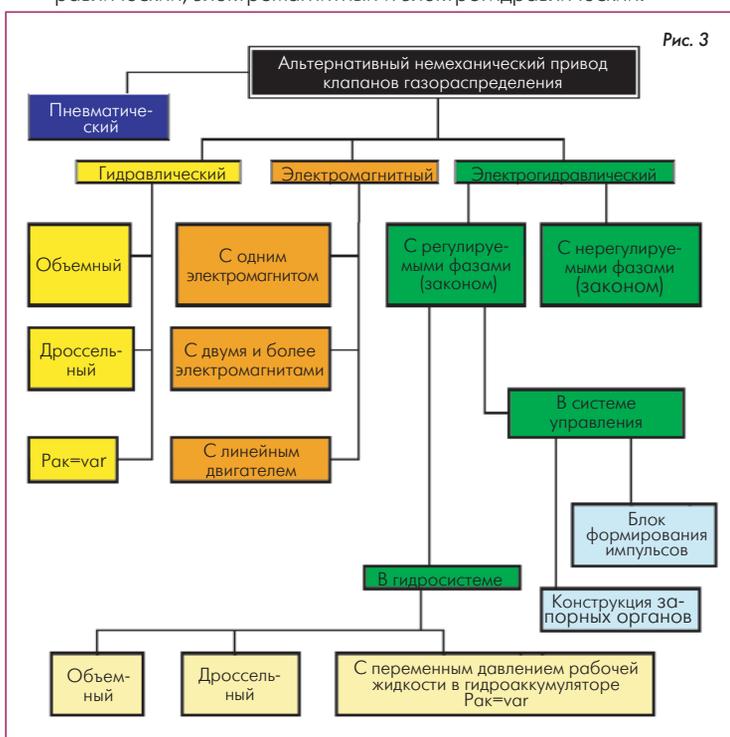


Рис. 3

Гидропривод клапанов отличается следующими особенностями:  
 - относительно высоким быстродействием;  
 - большими силами инерции по сравнению с силами сопротивления;

- возможностью управления отдельными фазами движения клапана и временем его выстоя в крайних положениях;  
 - достаточно высокими значениями к.п.д. всего привода.

Применение электромагнитного привода клапанов (ЭМПК) нашло практическое применение, начиная с конца 80-х гг. Особенно большое число патентных публикаций принадлежит Японии и США. Основные преимущества:

- обеспечение широких диапазонов регулирования ФГР;
- высокое быстродействие;
- удобство контроля работы привода;
- большая надежность элементов электронной системы управления и электропривода;
- возможность установки дублирующих схем формирования управляющих сигналов.

Исполнительным узлом являются электромагниты, которые могут воздействовать на промежуточное звено, сочлененное с клапаном, или непосредственно на клапан.

ЭМПК позволяет получить оптимальные энергетические и экологические показатели дизеля при любых режимах работы, позволяет без дополнительных затруднений реверсировать дизель, осуществлять декомпрессию при пуске и режим противовращения.

Массогабаритные показатели ЭМПК тепловозного дизеля оказываются неудовлетворительными: электромагнит для привода одного выпускного клапана дизеля типа ЧН 26/26 обладает весом свыше 16 кг, сердечник и обмотка имеют примерно равный вес. К этому значению следует добавить вес демфера, креплений и кожуха. К.п.д. ЭМПК получается не выше 50%. Только на отдельных режимах работы двигателя в оптимальном варианте к.п.д. может достигнуть величины 65%. Средняя потребляемая мощность на привод составляет приблизительно 1 кВт/км при частоте вращения коленчатого вала в 1000 мин<sup>-1</sup>. Электромагниты необходимо интенсивно принудительно охлаждать.

Хотя ЭМПК является заманчивым техническим решением, его широкое применение в таком традиционном виде, как силовой соленоид, представляется нецелесообразным. Возможно, есть области, где его преимущества возобладают над недостатками, например, судовые дизели, являющиеся тихоходными, реверсивными и не имеющими ограничений по массе и габаритам. Все же необходимость охлаждения электромагнитов, а главное - высокая стоимость, вызывает сомнения в практической ценности идеи традиционного ЭМПК. Интерес представляет применение в качестве силового привода ЭМПК линейного двигателя.

При ЭГПК обобщаются достоинства гидравлического и электромагнитного способов управления по требуемому быстродействию и возможности регулирования ФГР (или закона движения) клапанов, при этом обеспечиваются необходимые значения параметра "время-сечение" клапанов [4]. ЭГПК обладает рядом преимуществ, по сравнению с другими альтернативными типами приводов и, в частности, быстродействием, необходимым для качественного протекания рабочего процесса двигателей (особенно быстроходных) и малой массой возвратно-движущихся частей.

Исследование работы ЭГПК применительно к транспортным дизелям проводилось на модельной одноклапанной и двухклапанной установках, а также на стендовой установке с транспортным дизелем, один цилиндр которого оборудован ЭГПК.

Изменение хода, скорости и ускорения свидетельствует, что подъем и посадка клапанов с ЭГПК происходят быстрее, чем с механическим приводом, что увеличивает "время-сечение" на 10...15%. Скорость посадки изменяется в диапазоне 0,5...1,0 м/с, а к моменту окончания подъема составляет 0,7...1,2 м/с, что несколько выше, чем требуется при механическом приводе. Несмотря на сложную конструкцию альтернативного привода клапанов газораспределения оптимизация ФГР и закона движения клапанов позволяет снизить среднее эксплуатационный расход топлива тепловозным дизелем не менее чем на 8...12%.

Многие разрабатываемые сегодня направления позволяют в ближайшем будущем прогнозировать расширение диапазонов рабочих режимов и обеспечить необходимые технико-экономические показатели двигателей.

Конечным направлением исследовательских работ в нашей стране является создание адаптивного тепловозного дизеля, а также поиск решений систем управления, позволяющих производить полную или частичную адаптацию дизеля к внешним условиям. 

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рыжов В.А. Перспективы развития дизелестроения и совершенствование конструкции дизелей с обеспечением их ремонта. Тезисы доклада, ОАО ХК "Коломенский завод", 29-30 марта 2005 г.
2. Коссов В.С. Перспективы повышения эффективности тепловозов за счёт усовершенствованных конструкций дизелей. Тезисы доклада, ОАО ХК "Коломенский завод", 29-30 марта 2005 г.
3. Балабин В.Н. Перспективы развития локомотивных энергетических установок. "Железнодорожный транспорт", № 4, 2007, с. 52-56.
4. Балабин В.Н. Важное направление повышения топливной экономичности тепловозных дизелей. Ж-л "Локомотив-информ" Украина, № 5, 2007, с. 2-5.



- 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) 366-02-00  
тел. (495) 366-07-16  
факс (495) 366-43-00

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

# ПОДВОДНЫЙ УДАР

Сергей Леонидович Мальчиков

(Продолжение. Начало в № 4-6 - 2006, № 1-3 - 2007)

В первой половине XX века постоянно возрастали масштабы военных действий на море. Если в русско-японской войне с обеих сторон действовало 177 кораблей, то в Первой мировой войне принимали участие около 3000 кораблей всех воюющих стран, а во Второй мировой войне - более 4000 кораблей различных типов и классов. Соответственно росли и потери, которые в русско-японской войне составили 65 кораблей (37 %), в Первой мировой войне - 1254 (42 %). Во Второй мировой войне погибло 2018 кораблей (50 %). Примерно такими же темпами возрастали масштабы применения торпедного оружия (263 - в русско-японской войне, 15 000 - в Первой мировой войне, 30 000 - во Второй мировой войне). Подводными лодками было израсходовано 14 748 торпед, самолетами-торпедоносцами - 4919.

За два десятилетия между мировыми войнами тактико-технические характеристики торпедного оружия были значительно улучшены и в годы Второй мировой войны торпеды стали основным видом оружия флотов. Оно использовалось подводными лодками, морской авиацией, торпедными катерами и другими видами надводных кораблей практически на всех театрах военных действий. Английский историк С. Роскилл в книге "Флот и война" писал: "Из всех потопленных судов и кораблей во время Второй мировой войны доля подводных лодок составляет 65 %, авиации - 20 %, надводных кораблей - 6 %, а от минного оружия погибло 8 % кораблей и судов. Из 43 погибших во время Второй мировой войны авианосцев 20 приходится на долю подводных лодок, Англия от атак подводных лодок потеряла 7 авианосцев из 10".

Наиболее значительных успехов добились подводные лодки Германии, США, Англии, Японии и Италии, потопившие 320 надводных боевых кораблей, в том числе три линкора, 20 авианосцев, 32 крейсера, 122 эскадренных миноносца и т.д., а также 75 подводных лодок. Однако главным достижением подводников воюющих стран явилось потопление нескольких тысяч торговых судов и транспортов. За 1939-1945 гг. от действий подводных лодок общие потери тоннажа транспортных судов составили около 22 млн брт. Потери торгового флота стран антигитлеровской коалиции и нейтральных государств от торпедного оружия подводных лодок за годы войны показаны в таблице 1.

Особенно большие потери были нанесены торговому флоту Великобритании, которая полностью зависела от морских перевозок.

По сравнению с Первой мировой войной суммарный тоннаж кораблей и судов, потопленных подводными лодками, возрос почти на 60 %, однако тоннаж, приходящийся в среднем на одну потопленную подводную лодку, сократился почти в два раза и составил примерно пять потопленных

транспортных судов общим водоизмещением около 20 000 брт. В боевых действиях участвовали 1978 подводных лодок Великобритании, США, Германии, Италии и Японии, из них были потоплены 1123, т.е. более половины, что говорит об улучшении организации противолодочной обороны за годы Второй мировой войны. Потери подводных лодок этих стран показаны в таблице 2.

Год	Число судов	Тоннаж (брт)
1939	114	421 156
1940	471	2 186 158
1941	432	2 171 754
1942	1160	6 226 215
1943	423	2 586 905
1944	132	773 337
1945	56	281 716
Всего:	2828	14 687 231

Таблица 1

Несмотря на то, что Первая мировая война показала значительную роль подводных лодок в вооруженной борьбе на море, практически все государства-участники Второй мировой войны не имели стратегии применения подводных сил с учетом сильных и слабых сторон имеющихся подводных лодок. При этом ни одно из государств, осуществлявших в ходе войны крупные переброски сил морским путем, не было готово к битве с подводным флотом предполагаемого противника.

Фашистская Германия, развязавшая Вторую мировую войну, имела к ее началу 57 подводных лодок, из которых лишь 27 были водоизмещением от 500 до 750 тонн и могли действовать в открытом океане на значительном расстоянии от мест базирования. С 19 по 21 августа 1939 г., т.е. еще до начала войны, на северо-западных и юго-западных подходах к Британ-

Государство. Дата вступления в войну	Число подводных лодок к началу войны	Число подводных лодок, построенных во время войны	Потери
Великобритания 01.09.39	69	165	76
США 01.12.41	112	203	52
Германия 01.09.39	57	1131	781
Италия 01.06.40	115	41	84
Япония 08.12.41	63	129	130
Всего:	416	1669	1123

Таблица 2



На фото (слева сверху): члены экипажа немецкой подводной лодки в торпедном отсеке

ским островам, а также на путях движения английских торговых судов вдоль побережья Великобритании и около баз военно-морского флота было развернуто 18 немецких подводных лодок.

Получив известие о вступлении Англии в войну, 4 сентября 1939 г. немецкая подводная лодка U-30 потопила английский пассажирский лайнер "Атения" водоизмещением 13,5 тыс. тонн, который направлялся из Ливерпуля в Канаду. При этом погибли 112 человек. С начала октября 1939 г. немецкие подводники стали топить без предупреждения каждое вооруженное транспортное судно, а с августа 1940 г. подводный флот Германии перешел к неограниченной подводной войне. Первое время подводные лодки действовали в одиночку, занимая позиции на подходах к базам и портам, либо крейсируя на путях сообщений вдали от побережья. Лодки выходили в атаку под перископом преимущественно в светлое время суток, реже - ночью. Однако захват хорошо оборудованных баз на севере Франции (Сен-Назер, Брест, Лориан и др.), надежно защищенных с моря и с воздуха, а также высокие темпы строительства подводных лодок (за время войны была построена 1131 подлодка) позволили с осени 1940 г. начать применение разработанной командующим немецким подводным флотом К. Деницем тактики "волчьих стай" (Rudel taktik), предусматривающей координацию поиска и атак целей для нанесения массированных ударов по судоходству Англии и морской блокады Британских островов. Подводные лодки располагались на пути прохождения конвоев союзников. При обнаружении конвоя одновременно несколько лодок выходили в атаку, стремясь, в первую очередь, потопить корабли охраны. После этого шло уничтожение оставшихся без прикрытия транспортных судов. Например, в октябре 1940 г. был разгромлен конвой, из 35 судов которого было потоплено 32 общим водоизмещением около 200 000 брт.



Художник Рэндалл Уилсон изобразил пожар на британском авианосце "Courageous" после попадания в него торпеды с немецкой "U-29". Над атакованным кораблем - самолеты "Суордфиш"

Атакам немецких подводников подвергались и боевые корабли. Так, 17 сентября 1939 г. в 200 милях к западу от Ирландии подводная лодка U-29 в 6.00 обнаружила английский авианосец "Courageous" водоизмещением 22 500 т. Авианосец принимал самолеты, возвращавшиеся после поиска подводных лодок, поэтому шел прямым курсом. Подводная лодка после необходимого маневрирования вышла в точку залпа и в 8.00 выпустила три торпеды, из которых две попали в цель. В воду полетели обломки самолетов, на корабле начался сильный пожар. Через 15 минут авианосец затонул. Из 1260 офицеров и матросов эсминцам охраны удалось спасти только 712 человек. 14 октября того же года подводная лодка U-47 (серия VII B) под командой Г. Прина через пролив Кирк Саунд, имеющий длину 15 миль, проникла в главную базу английского флота Скапа-Флоу (Оркнейские острова), считавшуюся неприступной благодаря мощным заграждениям. Сквозь туман проступали два огромных силуэта. Один из них принадлежал линейному кораблю "Royal Oak", другой - транспорту гидросамолетов "Pegasus". В 0.55 подлодка выпустила четыре торпеды - по две на каждый корабль. Три торпеды прошли мимо, а одна попала в "Royal Oak", в носовой части которого образовалась пробоина размером около 15 м<sup>2</sup>. Однако водонепроницаемые переборки



не позволили линкору затонуть. Пятая торпеда, выстреленная из кормового торпедного аппарата, также прошла мимо. Судьбу линкора решили последние три торпеды, выпущенные подлодкой. Все они попали в цель, вызвав взрыв артиллерийского погреба. Старый корабль перевернулся и через 23 минуты затонул, унеся с собой более 800 человек команды из 1200. Не встретив никакого противодействия, U-47 ушла в море. 14 ноября 1941 г. очередной жертвой немецких подводников стал авианосец "Ark Royal" водоизмещением 22 000 т, возвращавшийся с Мальты в Гибралтар. Подводная лодка U-81 в 15.41 выпустила несколько торпед, одна из которых попала в правый борт авианосца. Попытки спасти корабль были безуспешны и в 6.13 следующего дня авианосец пошел на дно в 25 милях от Гибралтара. 21 декабря 1941 г. подлодка U-751 западнее мыса Финистерре (Испания) тремя торпедами потопила эскортный авианосец "Audacity" (5537 т), шедший в составе конвоя КОН.НХ-78 из Гибралтара в Англию.

Так же, как и в начале Первой мировой войны, Англия оказалась не готова к защите своего морского судоходства от атак подводных лодок противника.

На фото (слева внизу): погрузка торпеды G7a на борт "шнельбота" 2-ой флотилии Остенде, сентябрь 1940 г.



Подлодка типа VII B (чертеж)

Исключением стало плавание в составе конвоев, введенное с первых дней войны. Так, уже 8 сентября 1939 г. первый трансатлантический конвой направился из Англии в канадский порт Галифакс, а 16 сентября вышел конвой из Канады в Англию. Плавание вдоль западного и восточного побережья Англии, а также между английскими портами и Гибралтаром осуществлялись в составе конвоев. Главной задачей конвоев руководство британского адмиралтейства считало борьбу не с подводными лодками противника, а с надводными рейдерами. До 1941 г. в состав сил охранения конвоев из 40-70 транспортов включалось всего несколько боевых кораблей - крейсер и эсминцы, а в начальный период войны и линкоры - именно для противостояния надводным рейдерам. Для защиты судоходства от подводных лодок требовались противолодочные корабли, которых Англии не хватало. В целях противолодочной обороны Англия стала использовать корабли с небольшой дальностью плавания и недостаточной мореходностью, встречавшие торговые суда на расстоянии от 200 до 350 миль от побережья и в составе конвоя шли в порт назначения.

В начале войны на вооружении немецких подводных лодок была парогазовая торпеда G7A, имеющая следующие параметры: объем воздушного резервуара - 676 л, начальное давление в воздушном резервуаре - 200 кг/см<sup>2</sup>, двигатель - четырехцилиндровый звездообразный, эффективная мощность - 300 л.с., число оборотов в минуту - 1490, дальность - 6000 м при скорости 44 узла, масса ВВ - 300 кг, калибр - 533 мм. Кроме того, подводники располагали торпедой G7E с электрической ЭСУ, калибр которой также был 533 мм, масса ВВ - 300 кг и скорость 30 узлов на дистанции 5000 м. Уже во время войны в Германии шли работы по созданию самонаводящейся торпеды, принятой на вооружение флота в середине 1943 г. Торпеда T-5 с пассивной акустической системой самонаведения имела скорость 24,5 узла и могла наводиться на корабли, которые шли со скоростью около 12 узлов, а позднее - до 18 узлов. Впервые эта торпеда была применена в пятидневном сражении 18-22 сентября 1943 г. против конвоев ONS.18 и ON.202. При этом были потоплены эскадренный миноносец "Sent Crua", а также корветы "Poliantes" и "Itchen".

Появление самонаводящихся торпед встревожило союзников, которые стали искать способы защиты от этого оружия. В своем строго секретном послании от 30 ноября 1944 г. Председателю Совета Министров СССР И.В. Сталину У. Черчилль писал:

*"1. ...Хотя эта торпеда еще не применяется в широком масштабе, при помощи ее было потоплено или повреждено 24 британских эскортных судна..."*

*2. Наши специалисты изобрели особый прибор, который установлен на британских эсминцах... Однако изучение образца торпеды T-5 было бы крайне ценным для изыскания контрмер".*

В этом послании говорилось о приборе под названием "Фоксер", который при буксировке издавал шум более сильный, чем винты судна, поэтому торпеда наводилась на этот источник звука. Данный прибор мог применяться на скорости не более 15 узлов, что мешало маневрированию кораблей и судов.

Ответным шагом Германии стало создание первой телеуправляемой по проводам торпеды "Лерхе" с кабелем длиной 6000 м и гидрофоном в носовой части. Ее движение к цели корректировалось через систему проводного телеуправления.

Кроме подводных лодок, на морских коммуникациях действовали немецкие торпедные катера - так называемые шнелльботы, основным оружием которых были торпеды. В основном катерами применялись парогазовые прямоходные торпеды G7A (7 - длина в метрах), снабженные обычными контактными взрывателями. Дистанция атаки не превышала 3000 м, поэтому в торпедах устанавливался наивысший скоростной режим. Перед войной велись работы по созданию торпеды G6A для шнелльботов (длина - 6,422 м, общий вес - 1528 кг) со скоростью до 50 уз, но безрезультатно. Также в годы войны было использовано несколько акустических торпед T5A "Zaunkenig" и маневрирующих тихоходных торпед T3D "Dackel".

Тактико-технические данные торпед шнелльботов

Наименование	Калибр, мм	Длина, м	Вес, кг	Масса ВВ, кг	Дальность, м / при скорости, узлов
G7A (Г1)	533	7,186	1528	300	6000/ 44 7800/ 40 14 000/ 30
T 3D ("Dackel")	533	11,0	2216	281	57 000/ 9
T 5A ("Zaunkenig")	533	7,186	1497	274	5700/ 24

Таблица 3

За годы Второй мировой торпедными катерами Германии было потоплено 109 транспортов общим водоизмещением 232 809 брт, 11 эсминцев, подводная лодка, 12 десантных кораблей, 22 траулера и ряд других боевых кораблей и катеров других классов.

Во Второй мировой войне воюющими сторонами применялись управляемые человеком торпеды, предназначенные для скрытной атаки кораблей и судов, находящихся в гаванях и на рейдах. Эти торпеды приводились в движение электродвигателями, получавшими питание от аккумуляторных батарей. Они были снабжены устройством для прорезания сетевых заграждений, а также системами для погружения на необходимую глубину (до 30 м) и жизнеобеспечения одного или двух человек во время нахождения под водой.

19 декабря 1941 г. на рейде египетского порта Александрия находились английские линейные корабли "Queen Elizabeth" и "Valiant", а также несколько других кораблей и судов. В ночь с 18 на 19 декабря итальянская подводная лодка "Shirea", специально оборудованная для транспортировки управляемых торпед, перед заграждениями порта спустила три таких торпеды и, незамеченная, погрузилась и ушла в свою базу. Экипажи торпед (де ла Пенне и Бьянки, Марчелья и Скергат, Мартеллотта и Мари-

но) следовали дальше самостоятельно. Остановившись возле линии заграждений, они стали искать проход в боно-сетевом заграждении. Заметив три английских эсминца, входящих в порт, три управляемые торпеды вместе с ними проскользнули в гавань. Де ла Пенне, подойдя к линкору "Valiant", прикрепил зарядное отделение торпеды под корпусом корабля, завел часовой механизм и всплыл на поверхность. Марчелля и Скергат установили зарядное отделение своей торпеды под днищем линкора "Queen Elizabeth". Третий экипаж установил зарядное отделение торпеды под крупным танкером (около 16 000 брт). Все три экипажа попали в плен, но взрывами были выведены из строя до конца войны оба линкора и уничтожен крупный танкер.



Управляемая торпеда

## ДАВНЕМУ ДРУГУ И АВТОРУ НАШЕГО ЖУРНАЛА АЛЕКСАНДРУ ГРИГОРЬЕВИЧУ РОМАНОВУ ИСПОЛНЯЕТСЯ 90 ЛЕТ

ЮБИЛЕЙ

Этот факт примечателен сам по себе, и мы не могли бы пройти мимо него, но тут еще надо знать, сколь замечателен этот человек! Нам посчастливилось, кроме достаточно близкого знакомства по работе, несколько раз по разным поводам беседовать с Александром Григорьевичем, и хотелось бы в связи со столь, все же, необычным юбилеем активно и творчески работающего человека, напомнить коллегам несколько моментов, связанных с его интересной творческой биографией.

Вместе со своими друзьями и однокашниками по МВТУ и "школе Уварова" - В.Е. Михальцевым, С.М. Шляхтенко, Г.Ю. Степановым, В.Х. Абянцем, О.И. Голубевой, Романов входил в "мозговую центр" первой в нашей стране группы исследователей газотурбинных двигателей, собранной и возглавляемой В.В. Уваровым. Именно эти люди построили первые в нашей стране реально работавшие газотурбинные двигатели Э3080 и Э3081. Если бы не война, то история мирового газотурбостроения их силами была бы написана иначе.

Великую войну Александр Григорьевич отвоевал с самого начала и до Победы. И с самого ее первого дня, с первого же предательского налета люфтваффе, пережитого под городом Лида, и до самых последних выстрелов, уже под Берлином и Дрезденом, он работал с авиационными моторами, находясь порою почти вровень с передовыми частями у поля боя. И когда, время от времени, сопровождая новую партию техники, ему удавалось попадать в Москву, он непременно заходил в ЦИАМ узнать, как идут дела у уваровской группы газотурбинистов, подышать воздухом творчества.

По системам охлаждения турбин ПТД Александр Григорьевич крупнейший специалист в нашей стране и, наверное, один из виднейших в мире. Опыт работы он приобретал, работая над наиболее актуальными проблемами. Так, длительное время он сотрудничал с Куйбышевским двигателем ОКБ. Уникальная система кислородного охлаждения кузнецовских ЖРД - его работа. Мало того, у Романова получилось то, что

редко кому удавалось: завоевать доверие как специалиста и товарища по работе у великого Генерального конструктора Н.Д. Кузнецова, тяжелый характер которого вошел в легенды. И до последнего дня Николая Дмитриевича он тепло относился к А.Г. Романову.

В 70-х годах XX века, Александру Григорьевичу довелось очень плотно взаимодействовать с еще одним великим конструктором - П.А. Соловьевым. Предложенная и внедренная Романовым штырьковая система охлаждения лопаток турбины Д-30Ф6 позволяет этому двигателю, сердцу самых совершенных МиГов, длительно работать с рекордными температурами газа. Александр Григорьевич стал кавалером одного из самых чтимых в стране трудовых орденов и на длительное время сделался "законодателем мод" в системах охлаждения.

Много еще можно рассказать об этом человеке, ученом, специалисте, отце и деде, товарище по работе. Он никогда не боялся брать на себя ту часть работы, где требовалось его участие. И ведь это благодаря энергии А.Г. Романова в нашем журнале появился в свое время ряд статей по Уваровским первенцам ПТД. Собственные приоритеты надо знать: в этом - честь и достоинство Отечества.

Мы взяли здесь только отдельные моменты биографии Александра Григорьевича. Можно еще рассказывать немало. И все будет интересно. Полагаем, что ничего в мире не происходит случайно: просто мы не знаем всех движущих сил случившегося. Может быть, потому и дано нам счастье жить и работать бок о бок с юбиляром, чтобы мы воочию видели, каким на самом деле должен быть истинный русский инженер и хороший человек.

Дай Вам Бог здоровья и удовольствия от всех проявлений жизни, дорогой Александр Григорьевич, чтобы это долгие еще годы радовало друзей, знакомых и родных, а остальные пусть завидуют!

Редакция журнала "Двигатель"



# СУДОСТРОЕНИЕ ДРЕВНИХ АРАБОВ. ДАУ.

Виктор Сергеевич Шитарев, капитан дальнего плавания



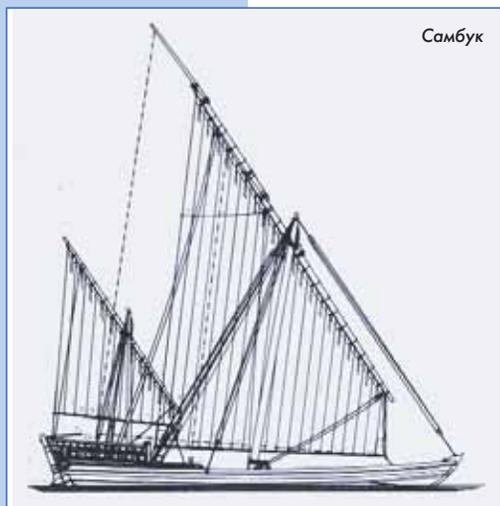
Арабское судостроение в наши дни хорошо известно, хотя оно берет свое начало с незапамятных времен. Суда, строившиеся еще во времена египетских пирамид, и сегодня можно встретить в водах Индийского океана. Моряки - все немножечко консерваторы. Но этот консерватизм вполне оправдан. Если появилась надежная конструкция, проверенная на прочность океанскими штормами, она прочно входит в повседневную жизнь и может тиражироваться на протяжении многих веков. Когда арабские мореходы покинули уютный берег и вышли в открытое море - сегодня не скажет никто, давно это было; здесь они ни в чем не уступают китайским морякам. Мы не будем заниматься неблагодарным делом - поиском ответа на вопросы из серии "кто, где и когда был первым". Посмотрим лучше, как морские походы отважных мореплавателей нашли свое отражение в сказках из "Тысячи и одной ночи".

Древние арабские мореплаватели немало постраивали по свету, прежде чем в VIII веке сформировался собирательный образ арабских купцов - Синдбад-мореход; "синдхупати" - властелин моря. Уже тогда происходили морские сражения, приносившие победителям немалую прибыль, поскольку побежденные должны были выплачивать победителям солидную контрибуцию. Доподлинно известно, что уже в VII веке арабы имели военно-морской флот. Арабские военные моряки, кроме жалования, в случае победы, получали четыре пятых от всей добычи. Экипаж арабского военного судна "бариджа" (в переводе - "несущее крепость") состоял из 45 воинов. Известны также арабская "харрака" ("испепеляющая") и "шаланди" - гребное судно, предназначенное, по-видимому, для набеговых операций. Длина судов доходила до 60 м, а ширина - до 10 м; "шаланди" принимала на борт до 600 воинов; а арабский "гураб" ("ворон") имел на борту 170 гребцов.

Были у арабов и суда, относившиеся, как бы мы сегодня сказали, ко вспомогательному флоту. Так, "ушари" предназначались для разгрузки морских торговых судов на рейде мелководных портов, по нашим понятиям это лихтеры. Название произошло от слова "ушр" - так называлась таможенная пошлина, составлявшая десятую часть стоимости находящегося на борту груза. Плавающая мастерская в составе эскадры судов военного флота называлась "хаммалья". Если еще вспомнить тот факт, что рисовую водку также изобрели арабы, то их заслуги перед человечеством станут весьма заметными. В частности, японские портовые власти предпочитали брать портовые сборы с арабских купцов рисовой водкой. Сосуд, в котором она хранилась, назывался "мару". Впоследствии к названию судов торгового флота стали добавлять это слово; например, "Токио мару". Если же в названии фигурирует только "Токио", то судно принадлежит японскому ВМФ.

Рассмотрим конструктивные элементы судов арабского торгового флота, на которых некогда приходилось выходить в море знаменитому Синдбаду-Мореходу (если верить сказкам "Тысячи и одной ночи"). Эти суда назывались "дау", в литературе можно также встретить названия "дхау", "доу", но они являются издержками неточного произношения. Вообще термин "дау" идентичен нашему термину "судно". В различных районах побережья Индийского океана вновь построенным типам судов давали свои названия, хотя по технологии постройки и по своим конструктивным элементам все эти суда могли быть названы "дау". Для их постройки использовались различные сорта древесины: тик, акация, сикомор (фикус) и др.

Когда европейские предприниматели только открывали индийские и восточно-азиатские земли, арабские купцы уже вели с этими регионами интенсивную торговлю, опередив Европу на многие столетия. Расцвету торговли немало способствовало и интенсивное судостроение. Надо отметить, что арабские корабли строили прочные, мореходные, простые в управлении, быстрые, обладавшие хорошей грузоподъемностью суда для нужд купечества. Во многих районах Аравии такие суда и сегодня строят по древним технологиям, устанавливают на них двигатели внутреннего сгорания. Эти суда исправно трудятся на местных грузовых линиях, то есть остаются вполне пригодными для каботажного плавания. И сегодня в разговорной речи людей, причастных к морским профессиям, можно услышать "дау". Сам термин, по мнению специалистов, пришел в терминологию моряков из Занзибара. Так называли небольшие суда с острыми образованиями носа и кормы; сегодня мы бы причислили такое судно к типу "вельбот". Со временем термином "дау" стали называть и крупные морские суда.



Самбук

Паруса "дау" невозможно поставить в соответствие ни одному из других существующих типов парусного вооружения, они глубоко индивидуальны; заслуга в их изобретении принадлежит арабам. Немцы, например, называют такие паруса Arabishes Dausegel, то есть "арабский дау-парус". В разговорной речи этот парус иногда называют просто "дау", как и судно, на котором он установлен. Корпус "дау" был килеватым, киль выступал за его пределы; судно отличалось острыми образованиями носа и кормы. В районе миделя от киля его заострение плавно переходило по дуге к ватерлинии по всей длине судна. Это обеспечивало спокойную качку и хорошую устойчивость "дау" на курсе. Верх киля имел Т-образную форму, к его выступающим частям крепились доски шпунтового пояса клинкерной обшивки корпуса. Пояса обшивки скреплялись шнуром, сплетенным из волокон кокосовых орехов.

Надо сказать, что такая пряжа и сегодня изготавливается в странах, где растут кокосовые пальмы. Из этой пряжи плетут кокосовые тросы, которые отличаются легкостью, не тонут в воде; по прочности они не уступают манильским. Эти тросы, по сравнению с другими, обладают самой высокой эластичностью. Перед тем как разорваться, кокосовый трос увеличивает длину на 35%. Для сравнения: по этому параметру идущий на втором месте манильский трос вытягивается лишь на 20...25%. Кстати, когда венецианские купцы Николо Поло и его брат Маффео Поло, посетившие порт Ормуз на берегу Персидского залива, впервые увидели "дау", их отзыв о судне был весьма нелестным: *"Суда у них (арабов - В.Ш.) плохие и немало их погибает, потому что они не сколочены железными гвоздями, а сшиты веревками из коры индийских орехов..."*

Надо сказать, что эти арабские "шитики" имели корпус, весившие приблизительно на 30% меньше, чем европейские суда сколоченные железными гвоздями. По прочности они не уступали европейским, хотя детали их корпусов соединялись деревянными "ершами". А в отношении ремонта "дау" был гораздо проще, и для его выполнения не требовалось много людей.

В носовой части корпус "дау" имел форштвень с большим наклоном, заканчивавшийся вертикальной декоративной фигурой. Наклон ахтерштвеня был незначительным, на него навешивалось перо руля, а выше ватерлинии к нему крепился кормовой транец, которым заканчивалась кормовая надстройка. Главная палуба была гладкой с небольшой седловатостью в районе миделя. При строительстве корпуса судна арабы широко применяли консервирующие древесину составы, основным компонентом которых была известь. Делалось это для борьбы с теритою - так назывался червь-древоточец (у европейцев - шешень).

Все "дау" были двухмачтовыми, каждая мачта - одностебельная, стеньги арабы не делали; ванты на мачтах отсутствовали за ненадобностью. Обе мачты могли наклоняться в сторону носа или кормы в диаметральной плоскости судна на угол в пределах 20...25°. Величиной этого наклона арабские мореходы добивались приемлемого взаимного расположения центра парусности и центра бокового сопротивления, обеспечивавшего необходимые ходовые качества и управляемость судна. В заданном положении мачты удерживались снастями стоячего такелажа - фордунами, их можно также назвать бакштагами. На каждую мачту,

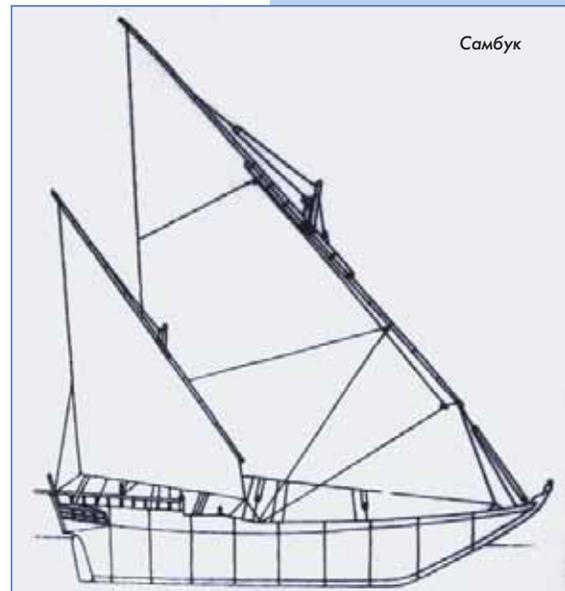
в зависимости от ее размеров, ставили по четыре-шесть фордунов, с каждого борта поровну.

Более или менее вразумительные чертежи крепления мачты в корпусе судна отсутствуют. Из того, что имеется можно предположить, что шпор мачты мог перемещаться в продольном направлении в сторону носа или кормы судна в степсе, так как место, где мачта прорезает палубу ("пяртнерс") должно быть водонепроницаемым. Рядом с мачтой к килю прочно крепился прочный битенг, к которому мягкими талрепами присоединялась нижняя часть мачты, что обеспечивало ей заданный угол наклона.

Парус обрамлялся ликтросом и имел люверсы, за которые бензельным узлом подвязывался к длинному рею. Последний собирался из двух брусков, как на галерах. Такой рей назывался "рю". Носовая часть "рю" и галсовый угол паруса крепились к палубе судна. Бейфут "рю" имел упрощенную конструкцию и свободно мог скользить по мачте вверх и вниз, обеспечивая одновременно разворот "рю" в плоскости горизонта. Фал для подъема паруса оборудовался мощными талями, так как должен был обеспечить легкий подъем "рю" до места. Кормовой конец "рю" в заданном положении удерживали, а при необходимости разворачивали эрн-бакштаги. Шкотовый угол паруса фиксировали обычные шкоты, такие же, как на большинстве парусных судов.

Таким образом, для управления парусами "дау" не требовался многочисленный экипаж. Кормовая мачта ("мизан") несла такой же парус "дау" как и носовая, но он был значительно меньше носового и, помимо своего основного назначения, мог при поворотах выполнять роль воздушного руля. Имея такое парусное вооружение, "дау" мог без проблем идти со скоростью около 12 узлов, что было вполне достаточно для торгового судна.

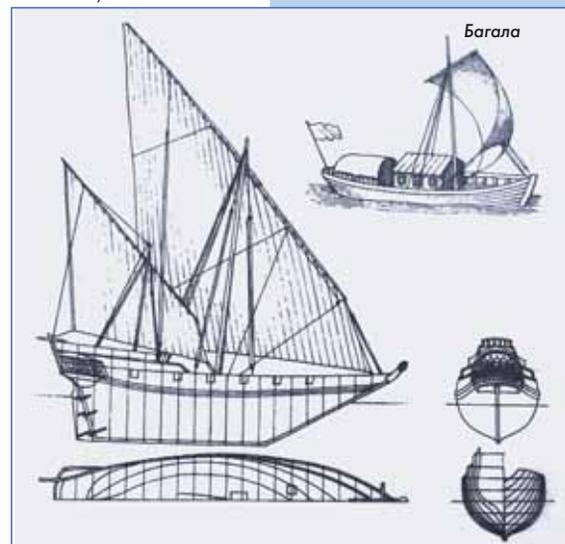
Далее познакомимся с судами, которые тоже относились к типу "дау", но строились в других местностях и имели, кроме того, свои местные названия. Начнем с "багалы", это название можно перевести как "мул". Такие суда грузоподъемностью 150...500 т широко использовались арабскими



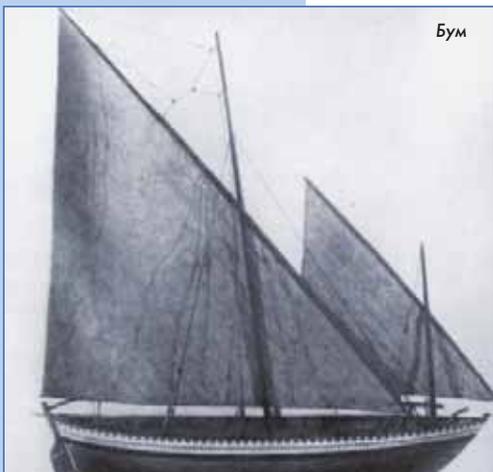
Самбук



Дака



Багала

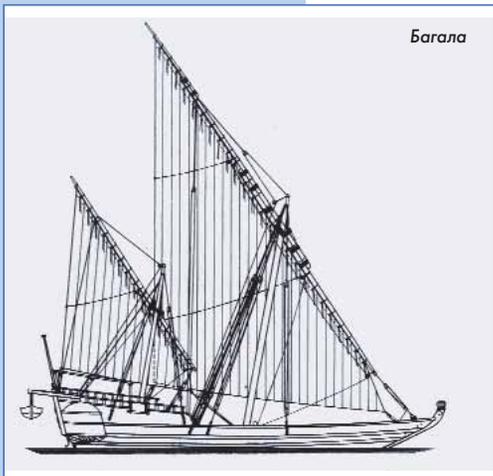


**Бум**

купцами для перевозки грузов. Известны трехмачтовые "багалы". "Багала" имела гладкую главную палубу с кормовой надстройкой и транцевой кормой, украшенной богатой резьбой по дереву. В районе заострения кормы были сделаны штульцы, как и на европейских судах XVII - XVIII веков, предназначенные для повышения комфорта и увеличения площади кормовых кают. За транцем кормы на боканцах подвешивалась шлюпка, а гакаборт украшал флагшток для государственного флага. "Рю" крепился к мачте ракс-бугелем. Для уборки паруса "рю" оборудовался бык-гордениями и нок-гордениями.

Другой тип "дау" - так называемая "ганья". По внешнему виду она очень похожа на "багалу". Судно имело меньшую грузоподъемность - от 70 до 200 т; его украшения были более скромными.

"Бум" - судно с заостренными кормовыми обводами; их строили до тех пор, пока транспортные арабские суда не обзавелись транцевой кормой. "Бум" имел упрощенные обводы корпуса; украшения и резной орнамент отсутствовали.



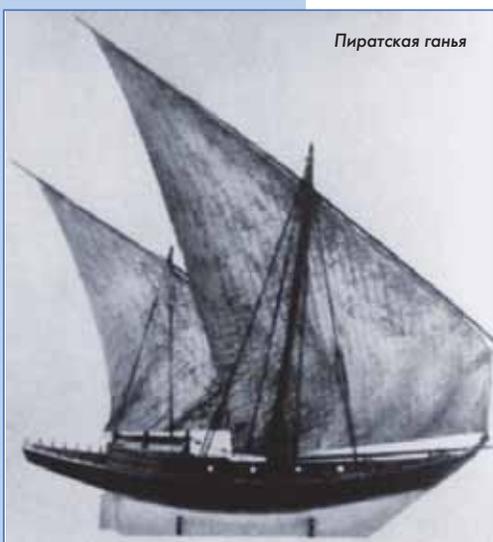
**Багала**

В остальном внешний вид судна напоминал "багалу". Грузоподъемность "бума" составляла 60...200 т.

Все перечисленные типы "дау" строились на берегах Персидского залива. "Ганья" и "бум", несмотря на скромные размеры, нашли применение как для каботажного, так и для дальнего плавания.

Если "багалы", "ганья" и "бум" можно было считать "домашними" судами Персидского залива, то "самбук" был построен для плавания по Красному морю. Это был типичный "дау" с более скромными украшениями. На нем отсутствовал

резной орнамент, но зато его борта богато украшали геометрические узоры. Грузоподъемность судна составляла 30...200 т; малые "самбуки" не имели непрерывной главной палубы, только в кормовой части у них была платформа - палуба юта. Небольшие "самбуки" несли только одну мачту с парусом - "дау".



**Пиратская ганья**

Большие и средние "самбуки", как и положено "дау", всегда имели две мачты со стоячим и бегучим такелажем, как на "багале". Комплект парусов грот-мачты включал три "дау" разных размеров. Эти паруса не имели рифсезней, и моряки не знали такого понятия, как "брать рифы", вместо этого они меняли сам парус в зависимости от погоды, самый маленький ставили в штормовых условиях.

"Самбуки" работали преимущественно на линиях между портами, расположенными на африканском побережье и арабскими портами Красного моря. Но их можно было встретить и на пути в Бомбей или Занзибар.

Предшественником "самбука" принято считать "заруку". Это судно не имело непрерывной главной палубы и строилось кораблями Йемена и южной Аравии. Обычно "заруки" в зависимости от размеров имели одну-две мачты и могли принимать на борт до 100 т груза. Другой разновидностью "самбука" были "джехази", их строили на Занзибаре. Преимуществом это были маломерные "дау", имевшие только одну мачту, которая могла иметь наклон. Парус "джехази" типа "дау" был небольшим и не имел сложной оснастки. Однако эти суда отличались хорошей мореходностью, на них перевозили грузы между Занзибаром и побережьем Африки, а также между Аденом и Мадагаскаром.

Хотя о морских походах арабских моряков известно мало, все же нельзя отрицать тот факт, что они были прекрасными мореходами. Читая сказки "Тысяча и одной ночи", можно узнать, что арабские мореходы заплывали и в африканские реки. Там они познакомились с пигмеями и другими народностями этого материка. Интересно сравнить это произведение с содержанием "Книги Марко Поло", жившего в 1254-1324 годах. Этот знаменитый венецианский путешественник посетил многие страны Ближнего Востока, Китай и Монголию. Марко Поло был весьма незаурядным человеком, для своего времени имел прекрасное образование,



**Оманская дау**

свободно владел монгольским, турецким, маньчжурским и китайским языками. В течение одиннадцати лет Марко Поло с отцом Николо и дядей Маффео прослужил при дворе великого хана Хубилая (четвертого сына Чингисхана), пользуясь его расположением и покровительством. Хан часто давал ему серьезные поручения, которые Марко Поло с успехом выполнял, все это позже он описал в своей книге.

Читая "Тысячу и одну ночь", мы узнаем о том, как Синдбад-мореход посетил царство Мосул (Телингана) с богатейшими алмазными россыпями. Марко Поло в своей книге тоже рассказывает о своеобразной технологии добычи алмазов местными жителями. В горные расщелины и глубокие пропасти, куда людям не давали проникнуть ядовитые змеи, люди бросали куски сырого мяса. Якобы, к ним прилипали драгоценные камни. Далее процитируем книгу Марко Поло: "В этих горах водится множество белых орлов, что ловят этих змей; завидит орел мясо в глубокой долине, спускается туда, схватит его и потащит в другое место; а люди между тем пристально смотрят, куда орел полетел, и как только он усядется и станет клевать мясо, начинают они кричать что есть мочи, а орел боится, чтобы его невзначай не схватили, бросит мясо и улетит. Тут-то люди подбегают к мясу и находят в нем довольно-таки

много алмазов. Добывают алмазы и другим еще способом: орел с мясом клюет и алмазы, а потом ночью, когда вернется к себе, вместе с пометом выбрасывает те алмазы, что клевал; люди ходят туда, подбирают орлиный помет и много алмазов находят в нем".

Однажды Синдбад-мореход приплыл на неизвестную землю, где его товарищи нашли на берегу гнездо огромной птицы Рук (Рух), а потом "познакомились" и с самой птицей. А вот что засвидетельствовал Марко Поло, описывая животный мир острова Мадагаскар: "Здесь водятся леопарды, медведи, львы, олени, антилопы, лани и великое множество "всякой дичины и скота". Но что особенно его поразило - это баснословная птица гриф (или иначе - птица Рук). Вот как описывает Марко Поло эту легендарную птицу: "И во всем гриф не таков, как у нас думают и как его изображают; у нас рассказывают, что гриф наполовину птица, а наполовину лев; и это неправда. Те, кто его видел, рассказывают, что он совсем как орел, но только говорят, чрезвычайно большой... Схватит слона и высоко-высоко унесет его вверх на воздух, а потом бросит его на землю, и слон разобьется; гриф тут клюет его, жрет и упитывается им". Есть основания полагать, что сам Марко Поло искренне верил в существование птицы Рук.

Пишет Марко Поло и о боевых слонах. "Слонов, когда ведут их на битву, много поят вином; напьется слон и станет горделив и смел, а это и нужно в битве". Посетив Каражан (ныне провинция Юньнань), Марко Поло свидетельствует о том, что водятся в этой стране "большие ужи и превеликие змеи. Всякий, глядя на них, дивится, и препротивно на них смотреть. Вот они какие, толстые да жирные: иной, поистине, в длину десять шагов, а в обхват десять пядей; то самые большие. Спереди, у головы, у них две ноги, лапы нет, есть только когти, как у сокола или как у льва. Голова превеликая, а глаза побольше булки. Пасть такая большая, сразу человека может проглотить. Зубы у них большие, и так они велики да крепки, нет ни человека, ни зверя, чтобы их не боялся". Как видим, у древних арабских мореходов, как и у греков, были свои страшилки, принимавшиеся на веру некоторыми путешественниками.

Древние арабские мореплаватели знали о пассатах. В экваториальной зоне у земной поверхности располагается область пониженного атмосферного давления; к ней направлены северо-восточные ветры в северном и юго-восточные в южном полушарии, дующие из тропических широт. Эти ветры называются пассатами. Они распространяются до высоты двух километров, а над ними господствуют противоположные ветры - антипассаты, проявляющиеся значительно слабее и менее регулярно, чем пассаты. Зона пассатов имеет ширину около 3000 км. Этими ветрами по пути из Китая с грузом чая пользовались капитаны чайных клиперов. Погода в зоне пассатов отличается умеренными ветрами со скоростью 5...8 м/с и весьма благоприятна для парусников.

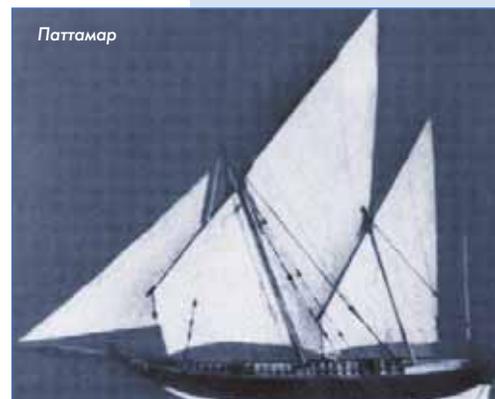
Знали арабские мореходы и о муссонах. Под муссонами понимают сезонные ветры, которые зимой дуют с суши в сторону океана, а летом - с океана на сушу. Причиной появления муссонов является сезонное чередование над сушей и океаном областей относительно высокого и относительно низкого атмосферного давления. В результате в нижних слоях атмосферы создаются горизонтальные градиенты давления, имеющие направление зимой с суши на океан, летом - наоборот, с океана на сушу. Этим градиентам соответствуют ветровые потоки. Смена муссонных ветровых потоков вызывает резкие сезонные изменения погоды,

обусловленные прохождением циклонов и антициклонов. Это наиболее характерно весной и осенью. Зимний муссон сопровождается сухой и ясной погодой, летний - влажной и дождливой. Типичные муссоны наблюдаются в юго-восточной Азии, где летний муссон продолжается с июня по декабрь, а зимний - с декабря по май. Вертикальная мощность летнего муссона здесь достигает три-четыре километра, а зимнего полтора-два километра.

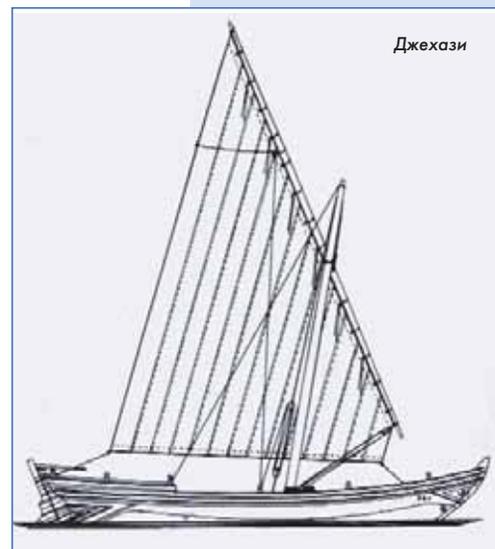
В своих дальних походах древние арабские мореходы учитывали эти ветры и успешно использовали их. Принято считать, что "чи-нан" - указатель Юга, китайский компас, заимствован арабами у китайцев в III веке. Эта дата неточна по той простой причине, что в исторические хроники то или иное изобретение попало, будучи хорошо известным не только мореходам, но и большинству простых людей. Судя по тому, что древние мореходы безбоязненно выходили в открытое море, удаляясь от берегов на значительные расстояния, дату появления компаса можно безбоязненно сдвинуть еще пять-шесть веков, а может быть и того больше. Первые карты звездного неба появились еще во времена строительства египетских пирамид. Это свидетельствует о том, что древние мореходы в открытом море ориентировались и по небесным светилам.

Далее вспомним известного турецкого адмирала Пири Рейса. На его карте, датированной 1508 г., можно прочесть: "У Северного полюса возвышается высокая скала из магнитного камня окружностью в 33 немецкие мили. Ее омывает текучее янтарное море, которое как из сосуда, изливается вниз через отверстия. Вокруг расположено четыре острова, из коих два обитаемы. Пустынные обширные горы высятся вокруг этих островов на протяжении 24 дней пути, и на них совсем нет человеческих жилищ". Интересно, где был Северный полюс во времена этого свидетельства? Не сочинил же его сам Пири Рейс.

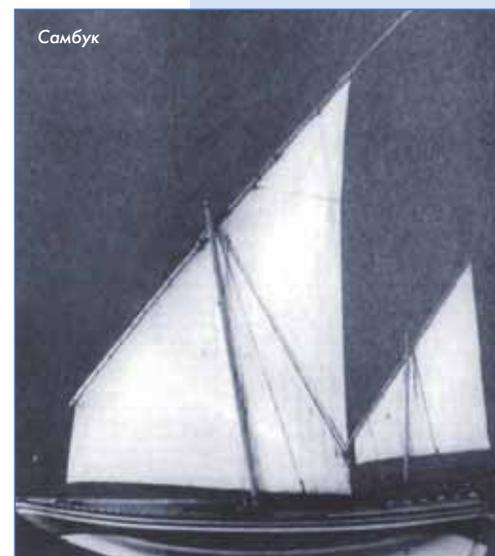
Заканчивая свой рассказ о славных сподвижниках Синдбад-морехода, хочу выразить некоторое недоумение в отношении "киношников". О Синдбаде-мореходе снят не один полнометражный художественный фильм. Сам видел. Возникает вопрос - почему везде Синдбад плавает на бутафорских судах? Киносъемки, проведенные на борту настоящего "дау", были бы намного интереснее, а эпизоды фильма - значительно живописнее. Многие можно было бы отснять в открытом море под парусами. Остается надеяться, что кто-нибудь все же решится снять интереснейший, захватывающий, приключенческий сказочный фильм. Арабские мореходы этого заслуживают.



Паттамар



Джезизи



Самбук

# ДВИГАТЕЛЬ СТИРЛИНГА С ЖИДКИМИ ПОРШНЯМИ

Клуб "Крылатское", школа "Интеллектуал":

**Илья Зайцев, Александр Раговский, Дмитрий Власенко**  
Руководитель: **Александр Владимирович Ефимов, ЦИАМ**

Эксперименты с двигателем Стирлинга проводятся в Крылатском и школе "Интеллектуал" уже второй год. Нас заинтересовала возможность изготовления и проведения эксперимента с измерением параметров цикла в условиях школьной или клубной мастерской. Первоначально задумывалось изготовление классического "стирлинга". Была проработана соответствующая литература. Из наборов конструктора сделаны кинематические схемы.

Как известно классический двигатель Стирлинга представляет собой тепловую машину, работающую по одноименному циклу. В состав двигателя входят: рабочий цилиндр с поршнем, под которым газ совершает работу, и вытеснитель, перемещающийся между холодной и горячей частью другого цилиндра, причем полости цилиндра с вытеснителем соединены между собой. Каким образом подводится и отводится тепло - не имеет значения. Обычно для нагрева горячей части используется постоянный внешний источник. Синхронность перемещения вытеснителя и поршня обеспечивается той самой кинематической схемой, с которой мы и начали. Конструктивно двигатель уступает любому ДВС и по уровню давления, и по температуре рабочего тела. Единственный достаточно сложный в изготовлении узел является пара "рабочий поршень - цилиндр". Мы предварительно проработали конструкцию и стали изыскивать возможность изготовления деталей (рис. 1). К сожалению, в условиях школы точные детали сделать не удалось. Все остальное при некотором напряжении мыслительных способностей и рук вроде бы сделать было можно.



И тут мы натолкнулись на некий двигатель, пройти мимо которого было просто невозможно - двигатель Стирлинга с жидкими поршнями (см. описание в журнале "Двигатель" № 6 за 2005 г.). Классический "стирлинг" мы тоже не забыли, просто вариант с жидкими поршнями заработал первым. Главной особенностью подобного двигателя, названного в журнальной статье "стеклянным", является отсутствие механических частей и какой бы то ни было кинематической связи между элементами.

Каким же образом организуется цикл в этом случае? По утверждению авторов статьи, основными связующими элементами являются сила тяжести и инерция жидкости. Для изготовления модели двигателя нужны были две U-образные трубки, в одной из которых располагается нагреватель и холодильник, а роль вытеснителя играет жидкость. В соседней U-образной трубке также налита вода, которая является рабочим поршнем. В трубке-

вытеснителе одна сторона нагревается, другая охлаждается. При правильном подборе сопротивлений трубопровода должен начаться циклический процесс изменения давления и температуры. Главное - не требовалось никакой точной подгонки пары "цилиндр - поршень". И мы попробовали.

Наша модель двигателя Стирлинга (рис. 2) состоит из трех одинаковых кювет, выполненных из оргстекла. Размеры их следующие: высота 257 мм, ширина 48 мм и глубина 40 мм. Соответственно, объем внутренней полости составляет 493,44 см<sup>3</sup>. Все кюветы расположены вертикально. Две кюветы соединены снизу трубкой большего диаметра и сверху трубкой меньшего диаметра. В левой кювете расположен нагреватель, в правой - холодильник. Нагреватель представляет собой нихромовую спираль. Подводимое напряжение - 10 В при токе около 5 А. В качестве источника холода использовался лед. Обе кюветы залиты до половины водой, так что суммарный объем свободного пространства равен объему одной кюветы. Нагреватель расположен на уровне линии раздела жидкости и газа; он слегка утоплен в жидкости. Третья кювета разделена непроницаемой перегородкой на две части, соединяющиеся отверстием у дна. Данная кювета также залита до середины водой. Свободный объем составляет половину объема кюветы.

Для выполнения исследований установка снабжена измерительной системой, включающей датчик давления, термометр и устройство сбора и обработки информации на основе персонального компьютера "Palm" в составе школьной лаборатории "Архимед".



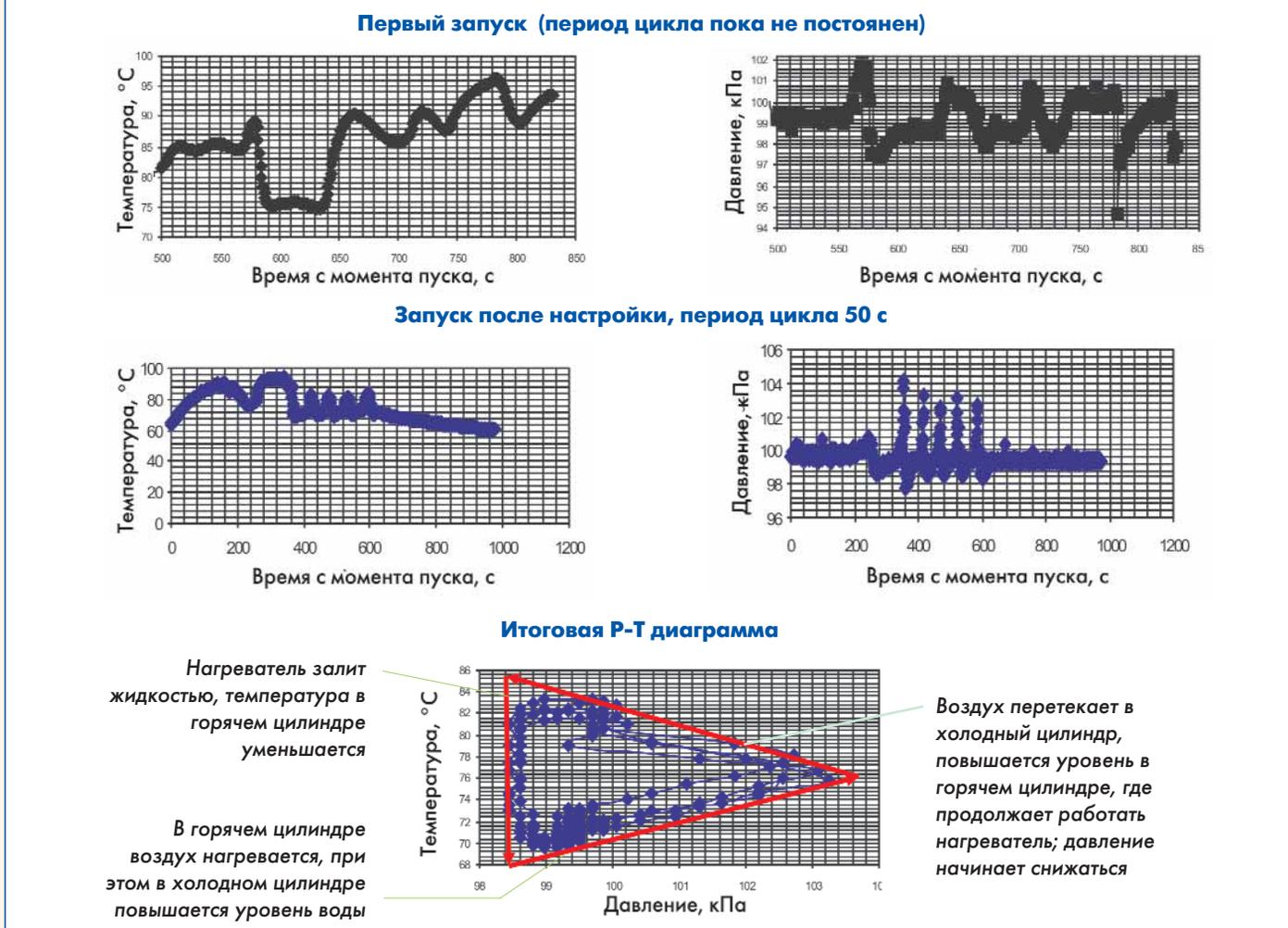
Процесс доводки двигателя и приведения его в рабочее состояние оказался длительным. При кажущейся простоте конструкции заставить ее осуществить цикл Стирлинга оказалось непросто. Мы опустим подробности решения проблем с обеспечением герметичности кювет и работоспособности нагревателя. Дело даже не в этом.

Первоначальные попытки запустить двигатель приводили к тому, что в горячем цилиндре температура монотонно поднималась, вслед за температурой также монотонно увеличивалось давление, а уровень жидкости в вытеснителе, в отличие от уровня жидкости в рабочем поршне, не менялся. Слишком мала была скорость изменения давления. Если полностью перекрыть связь цилиндров по газу, то изменения уровня происходили, но стоило дать хоть маленькую возможность газу перетекать из горячего цилиндра в холодный, как уровни сравнивались. Процесс не "запускался".

Мы пытались даже имитировать работу "стирлинга", наклоняя его, и в этом случае "процесс завязывался", точнее - совершался один цикл. Удача пришла после того как нам удалось достать новый, более мощный лабораторный трансформатор и сделать новый нагреватель. Идея состояла в том, чтобы разместить нагреватель большей частью в жидкости и довести ее до кипения. Это мероприятие дало хороший результат - двигатель заработал!

После этого двигатель устойчиво проработал в течении 200 с (полупериод цикла - 25 с) и был выключен из-за появления течи в верхней части горячего поршня. На диаграмме видно, что двигатель запускался с некоторой задержкой: сначала шел разогрев горячей полости, затем - первый толчок с большим периодом цикла и затем двигатель переходил в режим нормальной работы. Запуск повторялся по крайней мере еще дважды с тем же результатом.

Рис. 3



Возможно, что-то похожее на циклические изменения давления и температуры было и раньше, только были они мало заметны. Какие-то периодические колебания уровня жидкости с амплитудой 2...3 мм мы, кажется, наблюдали, но может быть нам и показалось. После замены нагревателя колебания уровня достигли 250 мм; даже струйка воды фонтанировала из рабочего цилиндра. Интересно было наблюдать процесс запуска и звуки при работе двигателя. В момент запуска после выдавливания жидкости в холодный цилиндр раздался звук "ух", жидкость довольно быстро перетекла в горячий цилиндр и залила нагреватель. Температура в горячем цилиндре быстро упала, но затем жидкость стала нагреваться. Потом она перетекла в холодный цилиндр, вновь раздалось "ух", видимо, в момент быстрой конденсации насыщенного пара в объеме холодного цилиндра, и снова жидкость быстро перетекла в полость горячего цилиндра. Было интересно наблюдать фонтанирующую жидкость из дренажного отверстия рабочего цилиндра. Пришлось принимать меры для защиты проводников нагревателя. Кстати, лишняя вода из цилиндров вытеснителя также выдавливалась в полость рабочего цилиндра и далее фонтаном выливалась наружу. Достаточно было поставить клапан, и можно было перекачивать воду.

Следующим этапом работы стал тщательный подбор величин сопротивления для получения постоянного периода цикла. Это удалось сделать, изменяя проходное сечение воздушных каналов.

При работе температура в горячем цилиндре поддерживалась на уровне около 80 °С. В холодном цилиндре температура не изменялась. Количество жидкости, особенно в рабочем цилиндре после окончания работы, оставалось таким, что кюветы оказываются наполненными наполовину, лишняя жидкость выдавливается во время эксперимента. Коэффициент полезного действия нашей установки мы пока не определяли, но обязательно это сделаем.

В интернет-магазинах предлагают наборы для самостоятельной сборки двигателя Стирлинга, работающего от тепла руки. (рис. 4) У нас уже существует некоторое представление о том, как этого добиться. Мы попробуем осуществить задуманное, а о результатах расскажем в следующей статье.

В создании описанной конструкции двигателя Стирлинга с жидкими поршнями приняла участие школьница клуба "Крылатское" и школы "Интеллектуал", при этом активную помощь оказывали сотрудники ЦИАМ им. П.И. Баранова.

Рис. 4



# ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОХРАНЕНИЯ И НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

*"Наступит время, когда тщательные и продолжительные исследования прольют свет на вещи, пока скрытые от нас".*

Сенека

Андрей Иванович Касьян

(Продолжение. Начало в № 2-6 - 2006, № 1 - 2007)

С проблемой необратимости времени тесно связан целый круг концептуальных задач. Сформулируем вполне правдоподобный обобщающий тезис (противоположный в идейном плане тезису У. Оккама): "по мере продвижения к истине количество сущностей умножается". Имеется в виду не только многообразие используемых структур, их уровни сложности, но и различные подходы к интерпретации теорий.

В своей Нобелевской лекции В.Л. Гинзбург поставил три "великие проблемы" наряду с тридцатью не менее значимыми, в то время как в начале двадцатого века исследовались единичные особые случаи: радиоактивность, природа теплового излучения, фотоэффект и т.д. К середине XXI века число нерешенных проблем должно, по-видимому, возрасти на порядок, а число требующих объяснений экспериментальных фактов - на полтора-два порядка...

Перечислим "великие проблемы": "стрела времени", интерпретация квантовой теории и феномен жизни. Эти фундаментальные мировоззренческие вопросы ставят перед естествоиспытателями задачи огромной сложности и совершенно нестандартного характера. Они тесно связаны с физикой элементарных частиц и космологией. Надо отметить, что в прошедшие годы были достигнуты определенные успехи. К сегодняшнему дню удалось выяснить некоторые основные свойства элементарных частиц, в общих чертах проследить эволюцию Вселенной. Но поставленные проблемы таковы, что выводят исследователей далеко за рамки существующих представлений, требуют совершенно новых гипотез. Полученный к настоящему времени колоссальный массив экспериментальных данных не имеет адекватного объяснения в своей внутренней логике и напоминает скорее набор случайных фактов. Соратник Гинзбурга академик М. Менский высказывает следующую мысль: "решение первой великой проблемы ведет к более глубокому пониманию двух других в соответствии со схемой: природа квантового измерения раскрывает роль сознания; феномен сознания и феномен жизни позволяют достичь интерпретации квантовой реальности на более глубоком уровне; обратимость квантового мира непосредственно связана с субъективным ощущением хода времени".

В настоящее время известны различные интерпретации квантовой теории, но это не значит, что одна из них правильная, а другие нет. Просто все эти интерпретации раскрывают суть происходящего на разных уровнях. Одни из них (например, интерпретация Х. Эверетта) более точны, но и более трудны для восприятия. Самое широкое применение получила наиболее простая копенгагенская интерпретация. Следует обратить внимание на то, что и в том, и в другом случае осознание результата проведенного в квантовом эксперименте наблюдения эквивалентно эффекту упорядочения альтернатив. В этом принципиальное отличие от случая подбрасывания монеты (или ему подобных опытов), когда отсутствует всеобъемлющая теория, описывающая поведение системы, а результат воспринимается в отрыве от сопутствующих процессов. Напрашивается и другая аналогия. Суть явлений заключается не только в описывающих их соответствующих уравнениях, но

определяется начальными и граничными условиями. Для примера можно упомянуть проблему возникновения жизни или Большой взрыв. В таком случае выбор сознанием одной из альтернатив выступает в качестве своего рода важной граничной операции.

Вопрос о том, что такое жизнь тесно связан с вопросом о квантовом сознании со всеми вытекающими последствиями, вопрос о стреле времени - с проблемой феномена жизни. Существование живых существ возможно при квазиоптимальной линии поведения, когда наличие модели окружающего мира, ее анализ и правильное использование существенно увеличивают эффективность наблюдения и вероятность выбора благоприятных альтернатив.

Человечество всегда волновал вопрос: как устроен мир? В основе бесконечного разнообразия окружающего мира лежит ограниченный набор фундаментальных частиц, взаимодействие между которыми и приводит сначала к возникновению атомов и молекул, а, в конечном итоге, к жизни. Все элементарные частицы и взаимодействия (за исключением нейтринных осцилляций) описываются Стандартной моделью (СМ) и включают в себя три семейства лептонов, три семейства кварков и калибровочные бозоны. СМ - это общепринятая релятивистская квантовая теория поля, описывающая все поля, за исключением гравитационного. Кварки и лептоны, частицы с полуцелым спином, образуют привычное для нас вещество. Калибровочные бозоны (с целым спином) выступают в качестве переносчиков взаимодействий между кварками и лептонами. Лептоны участвуют только в слабых взаимодействиях и их семейства состоят из электрона и электронного нейтрино, мюона и мюонного нейтрино и тау-лептона и тау-нейтрино. Каждый лептон имеет античастицу.

Шесть кварков, участвующих в сильном взаимодействии, образуют класс фундаментальных фермионов, группирующихся также в три поколения. Сильное взаимодействие описывается квантовой хромодинамикой - калибровочной теорией, основанной на группе симметрий SU(3). Кварки - очень застенчивые частицы, которые все время прячутся в нуклонах атомных ядер. Они, также как и лептоны, обладают квантовыми характеристиками (зарядом, спином). Имеются антикварки. С массой кварков (и другими их характеристиками) разобраться сложнее, чем с лептонами. Масса "голого" кварка - это масса не взаимодействующего кварка. Таким он становится в адроне ( $<10^{-14}$  см). Если же он локализуется в большей области, то на его массу влияет нелинейное поле, называемое кварк-антикварковый конденсат. Возможно, что массы кварков (и других частиц) формируются в основном этим полем, которое имеет характер скалярного. Поле такого типа можно пояснить на примере поля температур (скалярных величин) в комнате, где у батарей сети отопления температура выше, у дверей - ниже и т.д. По отношению к преобразованиям Лоренца это поле имеет такие же свойства, как и масса. Его вакуумное среднее отлично от нуля и взаимодействие с ним (отталкивание) приводит к возникновению масс частиц. Возможны и некоторые другие механизмы возникновения масс.

Квантовые числа кварков более разнообразны, чем у лептонов. Стандартная модель вводит три лептонных заряда, по одно-

му на каждое поколение. Аналогичной величиной у кварков (одной на всех) является барионный заряд. Каждый кварк обладает своей особой квантовой характеристикой - "ароматом". Имеется и более сложное понятие - изоспин.

Одним из важных постулатов теории является требование неизменности законов во всех инерциальных системах отсчета, причем формулы перехода задаются лоренцевыми преобразованиями. Этот постулат называют еще лоренц-инвариантностью наблюдателя. Типы симметрий определяют существование законов сохранения. Инвариантность уравнений движения относительно трансляций в пространстве и во времени (симметрия) приводит к закону сохранения импульса и энергии. Сохранение изоспина связано с инвариантностью сильных взаимодействий относительно поворотов в изоспиновом пространстве. Но изоспин не сохраняется в слабом и электромагнитном взаимодействиях. Не сохраняются в слабом взаимодействии странность, очарование и другие аддитивные квантовые характеристики. Строгое сохранение электрического заряда, по-видимому, связано с отсутствием способа измерения абсолютного значения электрического потенциала.

Для барионного и лептонного зарядов отсутствуют указания на их инвариантность относительно тех или иных преобразований (это эмпирические законы сохранения), и в теориях Великого объединения они могут не сохраняться.

Мы коснулись непрерывных преобразований, а для дискретных преобразований соответствующие законы сохранения носят характер мультипликативных, т.е. речь идет о сохранении произведений квантовых характеристик. Одним из примеров дискретных преобразований является операция пространственной инверсии (зеркальное отражение). Инвариантность к такому преобразованию приводит к понятию четности (P). Ландау, исходя из соображений симметрии пространства, считал невозможным нарушение P-четности. Однако аналогия с симметрией пространства относительно сдвигов и вращений здесь не полная, т.к. отражения дискретны. Впоследствии Ландау поменял свою точку зрения. Поясним это подробнее. Если мы применим к частице дискретное преобразование, переводящее ее в античастицу, то эта операция носит название зарядового сопряжения (C). С инвариантностью к этому преобразованию связано квантовое число C. Идея сохранения CP-инвариантности (комбинированной четности) не встречает никаких умозрительных возражений. В 1956 г. академик Л. Окунь выдвинул гипотезу о несохранении CP-четности. Он писал: "Мне очень нравилась идея сохранения CP-инвариантности. Но, с другой стороны, я не мог понять, почему коэффициенты в лагранжиане не могут быть комплексными. Во время дискуссии я заметил, что при нарушении P-четности может нарушаться и C-четность". Итак, и пространственная четность, и зарядовая четность, и, естественно, комбинированная четность не сохраняются в слабых взаимодействиях. Многочисленные эксперименты до 1964 г. первоначально подтверждали CP-инвариантность. Но в 1964 г. Д. Кронин и В. Фитч обнаружили нарушение CP-четности (незначительное, порядка  $10^{-3}$ ). Выяснение физических причин этого нарушения является концептуальной задачей. По-видимому, процессы, связанные с нарушением CP-четности, привели много лет тому назад к возникновению определенной асимметрии между частицами и античастицами, что способствовало возникновению Метагалактики в ее современном виде. Одновременно остро встает вопрос об инвариантности относительно обращения времени.

Операция обращения времени сводится к изменению знака у T (прокручивание фильма в обратном направлении). Стоит посмотреть на уравнения Максвелла, чтобы убедиться в их T-инвариантности. Сильное взаимодействие также инвариантно относительно обращения времени. Вероятности протекания прямых и обратных реакций равны между собой (точность порядка  $10^{-3}$ ). Здесь наступило время вспомнить одну из самых фундаментальных теорем - CPT-теорему, которая интенсивно исследуется. Она утверждает, что все известные взаимодействия инвариантны относительно CPT-преобразования. CPT-инвариантность следует из самых общих принципов теории. Ее нарушение потребовало бы изменить такие основы, как принцип причинности, связь спина со статистикой. Итак, если CPT-теорема

верна, то нарушение CP-инвариантности влечет (косвенно) нарушение T-инвариантности. В каком-то смысле этого можно было ожидать, так как прокручивание фильма в обратном направлении не может длиться долго и "заканчивается" к моменту Большого взрыва. С этим связано и нарушение закона сохранения энергии. Откуда берется энергия Большого взрыва? Нельзя исключить существования во Вселенной множества Метагалактик. Одни из них расширяются, другие коллапсируют (а мы попали в "хорошее", тихое место). Если во Вселенной имеется несколько квазивселенных со своей космологией, историей и т.д., то тогда вопрос встает под углом зрения их взаимодействия. Энергия в этом случае может сохраняться, и время может оставаться симметричным и продолжать изменяться дальше в прошлое за "начало отсчета", связанное с Большим взрывом. В квантовой теории сами уравнения обратимы во времени и не видны причин, по которым должна нарушаться инвариантность по времени. Правда, T-инвариантность в квантовой теории может нарушаться за счет наличия фазы в матрице Кобаяши-Маскавы, но это требует особых рассматриваний. Экспериментальная проверка T-инвариантности может быть осуществлена путем поиска электрического дипольного момента у элементарных частиц.

Теперь об опытных подтверждениях указанных теоретических воззрений. Количество экспериментов весьма значительно, так что упомянем лишь некоторые из них. Но начнем мы рассмотрение не с CPT-теоремы, а с лоренцевой инвариантности. Суть заключается в том, что согласно теореме Белла-Паули-Людерса, нарушение CPT-симметрии влечет нарушение лоренцевой симметрии. В 1881 г. Майкельсон попытался обнаружить анизотропию скорости распространения света (по ходу движения Земли и против/поперек). Эффект отсутствовал. В 1887 г. он повторил опыт с большей точностью, и опять - никакого эффекта. С утроенной точностью опыт повторили Иоос в Германии и Кеннеди в Америке. Все эффекты лежали в пределах ошибок опытов. Трутон и Нобль наблюдали заряженный конденсатор, который благодаря движению Земли должен был бы поворачиваться. Однако эффекта не было. В 30-е годы опыт с большей точностью повторил Томашек. Отрицательный результат. Релей и Брес искали двойное лучепреломление в прозрачных средах, обусловленное движением Земли. С очень высокой точностью эффекта не было обнаружено. В 50-х годах Стоел, Джус, Таунс установили, что скорость света не зависит от направления с точностью до 25 мм/с. В 1979 г. в эксперименте Бриля-Холла разница между скоростями двух лучей лазера по ходу и против движения Земли не превышала 0,001 мм/с. Мы видим, что в основу специальной теории относительности Эйнштейна положено достаточно хорошо проверенное основание.

Эксперименты аналогичного плана проводятся также с помощью другой техники. Например, группа Д. Липы в настоящее время использует для этой цели сверхпроводящие камеры. Группа А. Петерса и С. Шиллера использует луч лазера в сапфировых резонаторах, и никаких отклонений от теории не было обнаружено (точность результатов порядка  $10^{-15}$ ). Р. Уолсорт провел серию экспериментов с часами. Если взять двое часов, основанных на различных физических явлениях, то они должны по-разному реагировать на возможные нарушения лоренцевой симметрии. Для различных типов часов найдено с точностью до  $10^{-27}$  сохранение симметрии. В ближайшее время планируется проведение серии подобных экспериментов на борту международной космической станции.

В настоящее время проводятся также высокоточные CPT-эксперименты с антиматерией. Группа Г. Демелша с помощью ловушек Пеннинга произвела сравнение аномальных магнитных моментов электрона и позитрона. Никаких нарушений CPT-симметрии не обнаружено.

Свет от отдаленных галактик имеет определенную поляризацию. Его можно себе представить как волну (свет - это волновой процесс), имеющую некоторое выделенное направление в пространстве (перпендикулярно направлению распространения). Обычный свет не имеет никакого выделенного направления (круговая поляризация). С помощью поляризации исследуется вопрос о нарушении CPT-симметрии ранней Метагалактики. Опыты А. Костелаки и М. Мьюеса показали с точностью до  $10^{-32}$  сохранение симметрии.

Мы видим, что большое число ученых занято поисками границ применимости современных теорий. Имеется и ряд невыясненных вопросов. Например, энергия космических лучей не должна превышать некоторого порога (порог Грейзена-Зацепина-Кузьмина), порядка  $10^{19}$  эВ, когда взаимодействие с космическим микроволновым излучением уносит энергию на процессы, связанные с рождением частиц. Наблюдения показывают некоторое превышение этого порога, что связывают с возможным нарушением лоренцевой симметрии.

Кратко коснемся некоторых дальнейших перспектив исследований. Умами ученых владеет идея объединения с помощью одной теории всех известных взаимодействий. Очень популярна модель с низкоэнергетической суперсимметрией, обеспечивающая объединение калибровочных констант.

Г. Джорджи и Ш. Глэшоу выдвинули теорию объединения, которую называют "минимальной SU5-моделью". К четырем уже известным бозонам добавлены еще два. Эти бозоны, являясь переносчиками сил Великого объединения, участвуют в процессах, не сохраняющих барионный и лептонный заряды. При этом происходит следующее: при температуре порядка  $10^{28}$  К сильное взаимодействие отделяется от слабого. При более низкой температуре ( $10^{15}$  К) слабое взаимодействие отделяется от электромагнитного. Все частицы тогда получают массы. Эти фазовые переходы происходят самопроизвольно и называются спонтанным нарушением симметрии. О спонтанном нарушении симметрии говорят обычно тогда, когда гамильтониан системы имеет определенную симметрию, а решение задачи такой симметрией не обладает. Под действием вертикальной силы на стержень он изогнется в случайном направлении. Получим в результате нарушение симметрии. Одним из предсказаний рассматриваемой модели является распад протона, впрочем, с чрезвычайно малой вероятностью. В настоящее время эксперимент показывает время жизни протона, превышающее  $10^{32}$  лет, что вступает в противоречие с теорией.

Теория предсказывает также существование изолированных магнитных зарядов - монополей Дирака. До 1975 г. искали легкие монополи, и результаты оказались отрицательными. Теория Великого объединения предсказала столь большую массу монополей, что возникают проблемы с их получением. Монополи не являются точечными объектами, они имеют слоистую структуру и из-за этого являются катализаторами распада протона (эффект Рубакова).

Если простейшие теории Великого объединения справедливы, то появляется область Великой пустыни, где не могут быть обнаружены новые частицы. С этим связано наличие в мире частиц определенной иерархии, т.е. различия в несколько порядков между фундаментальными величинами, которые не поддаются объяснению.

В Стандартной модели предполагается, что масса нейтрино равна нулю. Однако ряд экспериментов, в том числе с солнечными нейтрино, позволили установить следующее. На пути к Земле часть электронных нейтрино превращается в мюонные и тау-нейтрино (ос-

цилляции). То же самое происходит и в реакторах. Это говорит о том, что нейтрино имеют ненулевую массу и что лептонные квантовые числа не сохраняются. СМ требует дальнейшего уточнения.

Одно из приоритетных направлений - наблюдение кварк-глюонной плазмы. В 2000 г. была получена плазма с плотностью, превышающей ядерную в 20 раз.

В основе современной физики, кроме квантовой теории, лежит общая теория относительности, описывающая динамику в космическом масштабе. В 1998 г. было сделано открытие, что последние пять миллиардов лет расширение Метагалактики происходит с ускорением. Это связывают либо с темной материей, либо с темной энергией. Возможно также действие дополнительных измерений пространства. Гравитационные свойства темной энергии отличаются от свойств других форм энергии - она равномерно распределена по пространству. В вакууме могут образовываться частицы (виртуальные), приводящие к ненулевой энергии. Это объясняется, по-видимому, тем, что в системах, не связанных с гравитацией, играет роль лишь разность энергий состояний, в то время как в гравитации необходимо учитывать все формы энергии. Достаточно хорошо известны формы материи "вещь" всего лишь несколько процентов от "всего остального". Изучение новых форм материи является концептуальной задачей.

СМ предсказывает многие явления с достаточной точностью, но не может рассматриваться в качестве окончательной теории, т.к. не учитывает гравитацию. В основе общей теории относительности лежит предположение о сравнительно большой гладкости локальных областей пространства-времени, что позволяет использовать тензорный аппарат. В микроскопических масштабах вакуум представляет собой квантовую пену и предположение о гладкости не выполняется. Совместное использование обеих теорий приводит в результате к расхождению в бесконечность.

Таким образом, единая теория должна включать квантовую теорию гравитации и описание всех известных взаимодействий. Решение проблемы может быть найдено с помощью теории струн - гипотетических одномерных объектов, длиной  $10^{-33}$  см. Струны живут в пространстве 10-11 измерений, которое в наших условиях "свертывается" до четырехмерного пространства-времени. В теории струн допускается нарушение лоренцевой и СРТ-симметрий.

Со временем было осознано, что суперструнные теории связаны преобразованиями дуальности и являются частными случаями мембранной теории. Теория еще не воплотилась в конкретные формы, но уже известны некоторые ее свойства. В частности, для нас интересно, что в ней не обязательно выполняется лоренц-инвариантность.

Микроскопические масштабы и огромные энергии исключают проверку упомянутых концепций в условиях Земли. Однако свидетели ранней стадии зарождения Метагалактики, возможно, дадут подтверждения справедливости разрабатываемых многочисленных теорий. 

## Станочный цех в коробке

«UNIMAT 1» - это модульные наборы производства австрийской фирмы «The Cool Tool», позволяющие самостоятельно собирать различные настольные станки для обработки дерева, пластмасс и цветных металлов с точностью до 0,1 мм.

Благодаря запатентованному соединительным элементам можно превратить один станок в другой за время от 30 секунд до 5 минут.

Высокая безопасность позволяет использовать станки даже детям от 8 лет, а полноценная функциональность дает возможность реальной работы для профессионалов - макетчиков, моделлистов, ювелиров и т. д.

Размеры станков не превышают листа бумаги формата А4 - длина станины 270 мм.

Фирменная гарантия на оборудование «UNIMAT 1», поддерживаемая и в России - 5 лет.



Исключительным правом продажи оборудования «UNIMAT 1» на территории России обладает компания «Малозабаритные станки»: Москва, Нахимовский проспект, 24, выставочный комплекс «Экспострой», зал 1, ряд 14, стенд 35. Тел.: (495) 410-0941, 718-6790. E-mail: info@cooltool.ru; http://www.cooltool.ru

ПЕРВЫЙ  
МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ И ВЫСТАВКА

# «ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»

Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»  
5-7 декабря 2007г.



## TechAero Space'07

5-7 ДЕКАБРЯ 2007 ГОДА

**ОРГАНИЗАТОРЫ:**

Министерство промышленности и энергетики РФ  
Федеральное космическое агентство  
Федеральное агентство по промышленности  
Комитет ТПП РФ по развитию авиационно-космического комплекса  
Межгосударственный авиационный комитет  
Международный союз авиапромышленности  
ООО «Экспо-Экос»

**Достижения отечественного и мирового рынка инновационных технологий  
и оборудования для производства авиационно-космической техники:**

- × Обработывающие центры для производства деталей авиакосмической техники и изготовления моделей летательных аппаратов для испытаний в аэродинамических трубах;
- × Контрольно-измерительное оборудование;
- × Станки и технологии для заготовительного производства;
- × Нанотехнологии в авиакосмической промышленности;
- × Металлообработка и нанесение защитных покрытий;
- × Электрохимические и электрофизические методы обработки;
- × Новые материалы в авиа-, ракетостроении;
- × Оборудование и технологии для производства композитных и керамических деталей;
- × Технологии и оборудование для авиакосмического приборостроения;
- × CALS технологии в авиакосмической промышленности.

**ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:**

Военно-промышленной комиссии при Правительстве РФ  
Торгово-промышленной палаты РФ  
Экспертного Совета ГД РФ по развитию авиационно-космического комплекса

По вопросу участия в Форуме и Выставке обращайтесь к организатору ООО «Экспо-Экос»:  
тел.: (495) 332-36-71, 331-05-01, факс: (495) 331-05-11, 331-09-00  
e-mail: mary@expococos.com; <http://www.expococos.com>

# МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРЕССИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Михаил Евсеевич Горелик, технический консультант компании "Искар-СНГ"

Тенденции развития современного металлорежущего производства сопровождаются неуклонным ростом объема применения современного оборудования и инструментов. Желание потребителя минимизировать затраты при совершенствовании технологического процесса делает актуальным наличие механизма оценки эффективности производимых или планируемых затрат.

Компания "Искар СНГ" разработала методику оценки экономической эффективности внедрения современных металлорежущих инструментов, успешно применяющуюся в настоящее время на ряде промышленных предприятий.

Программа расчета выполнена в Excel. Она позволяет оперативно вводить и изменять исходные данные, получая на выходе количественную оценку реальных затрат на обработку.

Суть методики сводится к количественному определению и сравнению общих затрат на выполнение отдельного перехода (операции) по существующей и внедряемой технологии обработки с использованием современного инструмента.

Знание реальных затрат на отдельные переходы (операции) делает возможным рассчитать объем и изменение затрат при изготовлении деталей в целом.

Суммарные затраты на выполнение перехода (операции) -  $\Sigma Z_{\text{перех}}$  складываются из:

$$\Sigma Z_{\text{перех}} = Z_{\text{инстр}} + Z_{\text{оборуд}} + Z_{\text{з/п}} + P_{\text{расх}}$$

где  $Z_{\text{инстр}}$  - затраты на инструмент;

$Z_{\text{оборуд}}$  - затраты на оборудование;

$Z_{\text{з/п}}$  - затраты на зарплату рабочих (трудозатраты);

$P_{\text{расх}}$  - прочие расходы (дополнительные накладные расходы без учета расходов на оборудование и инструмент).

В качестве примера в методике рассмотрен перевод токарной обработки жаропрочного сплава ХН73МБТЮ-ВД с применением напайного резца на использование резца со сменными, многогранными пластинами (СМП).

Исходные технологические данные, отражающие изменение условий при токарной обработке приведены в таблице 1. Красным цветом показаны исходные значения, вводимые пользователем, черным - расчетные значения, синим - значения показателей, переходящие из предыдущих таблиц. При работе с программой расчета активизация (клик) любого расчетного значения открывает содержание расчетной формулы.

В таблице 2 приводится сравнительный расчет затрат на инструмент на 1 переход (на 1 деталь) при работе напайным и сборным резцом. Затраты на переточку напайного инструмента указаны ориентировочно. Для более точного расчета затрат на переточку приводится формула расчета и необходимо знание дополнительных статей расхода (пп. 14, 15, 16, 17, 18, 19).

В таблице 3 приводится расчет стоимости "станко-часа" и затрат на оборудование при выполнении перехода. В данной методике понятие "станко-часа" отражает непосредственно затраты на оборудование и не включает в себя дополнительные затраты на зарплату и накладные расходы. Особенностью расчета является введение понятий стоимости "станко-часа содержания оборудования" и "станко-часа эксплуатации оборудования", которые в сумме и определяют стоимость "станко-часа".

Стоимость "станко-часа содержания оборудования" показывает величину затрат, которые несет предприятие на содержание оборудования даже неработающего. Очевидно, что для современных дорогостоящих станков эта составляющая "станко-часа" является наиболее весомой. Большое значение величины "станко-часа" является одним из главных аргументов в пользу применения на дорогостоящих станках наиболее производительных инструментов и обеспечения эксплуатации этих инструментов с максимальной производительностью даже в ущерб снижению стойкости инструмента.

В таблице 4 показан расчет трудозатрат (затраты на зарплату). Данный расчет сделан для повременной системы оплаты труда. Для экономистов предприятия не составит сложности сделать электронную таблицу расчета для любой другой системы оплаты труда (сдельно-премиальной и др.). Хотелось бы обратить внимание на необходимость введения для любой системы оплаты труда весомого материального стимулирования работников добиваться снижения трудоёмкости обработки за счёт применения и эффективного использования высокопроизводительных инструментов.

С помощью данной методики легко показать экономическую эффективность материального стимулирования при снижении трудоёмкости обработки и значительное увеличение затрат при неэффективном использовании возможностей инструмента (в том числе и по вине рабочего) при отсутствии должного стимулирования.

В таблице 5 рассчитывается доля накладных расходов в затратах на выполнение перехода. Очевидно, что для предприятий авиационной промышленности, да и не только, где накладные расходы,

Исходные данные для расчета по точению

Сравниваемые показатели	Единица измерения	Вариант 1 (базовый)	Вариант 2
		Пред-тие	Iscar
Обрабатываемый материал		ХН73МБТЮ-ВД	
Диаметр детали (максимальный) Dmax	мм	300	300
Диаметр детали (минимальный) Dmin	мм		
Обороты шпинделя, (n)	об/мин	10	27
Скорость резания, (V)	м/мин	9,4	25,4
Количество зубьев (z)	шт	1	1
Подача на зуб (Sz)	мм/зуб	0,4	0,61
Подача на оборот (So)	мм/об	0,4	0,61
Величина минутной подачи (Sмин)	мм/мин	4	16,5
Глубина резания (f)	мм	5	5
Количество проходов	шт	1	1
Суммарное линейное перемещение инструмента на рабочей подаче при обработке одной детали $\Sigma L = (L_{\text{вх}} + L_{\text{раб}} + L_{\text{вых}})$	мм	360	360
<b>Результат</b>			
Машинное время обработки (Тмаш)	мин	90,0	21,9
Время на смену детали (Тдет)	мин	15,0	15,0
Время на смену инструмента (Тинстр) фактическое	мин	4,0	1,0
Время на смену инструмента (Тинстр) расчетное	мин	4,0	0,50
<b>Трудоёмкость операции, Т</b>	<b>ч</b>	<b>1,82</b>	<b>0,62</b>
<b>Стойкость инструмента, q</b>	<b>дет</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

Таблица 1

$$T = (T_{\text{маш}} + T_{\text{дет}} + T_{\text{инстр расч}}) / 60$$

Расчет затрат на инструмент на один переход (на одну деталь)					
Сравниваемые показатели		Единица измерения	Вариант 1 (базовый)	Вариант 2	Расчётные формулы
			A	B	
	Изготовитель		Предприятие	Iscar	
	Вид инструмента		Резец	Резец	
	Тип инструмента (напайной, монокристаллический, сборный)		Напайной	Сборный	
	Обозначение инструмента			PSSNR 3232P-19	
1	Стоимость напайного или монокристаллического инструмента	руб.	120		
2	Стоимость корпуса сборного инструмента (резца, фрезы, сверла)	руб.		2750	
3	Ресурс корпуса инструмента (кол-во циклов замены кромок)	шт.		500	
4	Обозначение пластины			SNMG 190612-NR	
5	Стоимость пластины	руб.		562	
6	Материал режущей части		BK-8	IC 907	
7	Кол-во пластин в инструменте	шт.	1	1	
8	Кол-во режущих кромок в пластине	шт.	1	8	
9	Кол-во переточек инструмента (для напайного и монокристаллического)	шт.	6		
10	Ресурс инструмента после переточки	%	100		
11	Восстановление износостойкого покрытия	руб.			
12	Стоимость переточки (как услуги)	руб.			
13	Затраты на переточку в условиях потребителя, в т.ч.:	руб.	10		$A13 = A14 * (A15/60 +$
14	- стоимость станко-часа заточного оборудования	руб./ч			$+ A16 * A17/60) + A18/A19$
15	- время на наладку переточки партии инструментов	мин.			
16	- время на переточку 1 инструмента	мин.			
17	- кол-во инструментов в партии	шт.			
18	- стоимость алмазных кругов	руб.			
19	- ресурс алмазных кругов (кол-во переточек)	шт.			
20a	Расходы на 1 инструмент	руб.	180		$A20 = A1 + A9 * A13$
20b	Приведённые расходы на 1 инструмент (на 1 пластину)	руб.		606	$B20 = B5 + B2 * B8 / B3$
21a	Стоимость одной режущей кромки	руб.	25,71		$A21 = A20 / (1 + A9)$
21b	Стоимость одной режущей кромки	руб.		75,75	$B21 = B20 / B8$
22	Стойкость инструмента	дет.	1	2	
23a	Кол-во деталей, обработанных одним инструментом	дет.	7		$A23 = (1 + A9) * A21$
23b	Кол-во деталей, обработанных 1 пластиной (1 компл.)	дет.		16	$B23 = B8 * B21$
24a	Расходы на режущий инструмент на 1 дет. (на переход)	руб.	25,71		$A24 = A21 / A22$
24b				37,88	$B24 = B21 / B22$
25	Минимальная партия поставки пластин	шт.		10	
26	Затраты на приобретение 1 комплекта инструмента	руб.		8370	$B26 = B2 + B27$
27	Затраты на приобретение 1 комплекта пластин (10 шт.)	руб.		5620	$B27 = B5 * B25$
28	Количество деталей, обработанных одним комплектом минимальной партией поставляемых пластин (10 шт.)	шт.		160	$B28 = B23 * B25$

как правило, достаточно высоки, возможность снижения доли накладных расходов в себестоимости продукции за счет повышения производительности является весьма актуальной задачей. При этом внедрение высокопроизводительного инструмента является наименее затратным путем для сокращения общих затрат.

В таблице 6 дается сравнительный анализ отдельных и суммарных затрат на выполнение перехода по двум вариантам - базовому и внедряемому. Экономия затрат на один переход составила 793 руб 03 коп, а снижение трудоемкости на переход - 56,34 %. При этом затраты на инструмент по исходному варианту составляли всего 1,83 % от общих затрат на переход, а по новому варианту - 6,16 %, что не является критичным и объясняется увеличением прямых расходов на инструмент в 1,5 раза и одновременным уменьшением суммарных затрат по новому варианту более чем вдвое. Очевидно, что затраты на инструмент в общей доле затрат на обработку весьма незначительны.

Таблица 7 иллюстрирует эффективность применения инструмента "Iscar" по сравнению с напайным инструментом. Методика позволяет оценить окупаемость затрат на инструмент и эффективность вложения дополнительных средств, в приобретение нового инструмента.

Как видно из приведенного примера, при минимальных затратах на один комплект инструмента (1 резец + 10 пластин) в 8370 руб. (табл. 2) и полученной экономии затрат на один переход в 793 руб 03 коп. при условии, что вся прибыль будет направлена на приобретение инструмента, затраты на инструмент оку-

пятся при обработке 11 деталей, а последующий минимальный комплект пластин (10 шт) стоимостью 5620 руб. - при обработке 7 деталей. При этом минимальный комплект пластин (10 шт) может обработать 160 деталей! (табл. 2).

Если соотнести полученную экономию 793 руб 03 коп. к величине дополнительных затрат на инструмент (37,88 руб.- 25,71 руб.) (табл. 2), то получится, что на один дополнительно потраченный рубль на приобретение нового инструмента получена экономия - 65 рублей!!!

На рис. 1 показана диаграмма составляющих затрат при выполнении перехода. Надо заметить, что все составляющие затрат, кроме затрат на инструмент, являются функцией трудоемкости обработки. Очевидно, что снижение трудоемкости является основным фактором для получения экономии.

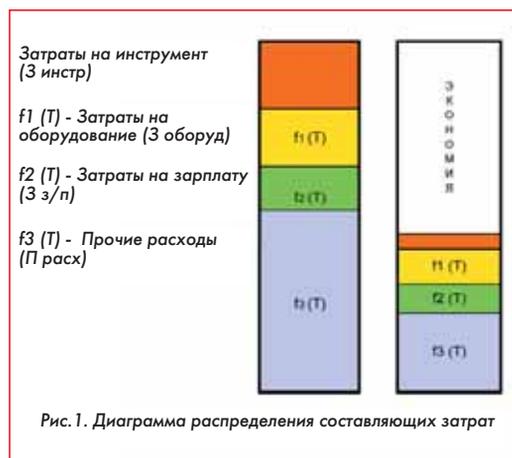


Таблица 3

Расчёт затрат на оборудование на 1 операцию (на 1 деталь) (3 оборуд)						
		A	B	C	Расчётные формулы	
<b>Затраты на содержание оборудования (в год) (3 со)</b>						
1	Стоимость оборудования со станочными приспособлениями	руб.		3 500 000		
2	Период амортизации	лет	6			
3	Амортизационные отчисления		16,7	583 333	$B3=100/A2$	
4	Фактическая площадь станка	м <sup>2</sup>	12		$C3=C1*B3/100$	
4а	Коэффициент расчета площади оборудования (отношение площади цеха к суммарной площади оборудования в цехе)		3,2			
5	Расчетная площадь под оборудование	м <sup>2</sup>	38,4		$C5=A4*A4a$	
6	Стоимость аренды 1 м <sup>2</sup> площади в месяц	руб./м <sup>2</sup>	150			
7	Арендная плата за производственные площади	руб.		69 120	$C7=12*A5*A6$	
8	Расчетный фонд работы оборудования в год	ч	4000		$C8=8*250*2*1$	
9	Затраты на содержание оборудования (в год) (3 со)	руб.		652 453	$C9=C3+C7$	
10	Стоимость станко-часа содержания оборудования (С с-ч со)	руб./ч		163,11	$C10=C9/A8$	
<b>Затраты при эксплуатации оборудования (в год) (3 эо)</b>						
11	Кол-во рабочих часов в смену		8			
12	Кол-во рабочих дней за год		250			
13	Число смен		1			
14	Коэффициент использования оборудования		0,8			
15	Время эксплуатации оборудования в год	ч	1600		$A15=A11*A12*A13*A14$	
16	Потребляемая мощность станка	кВт	28			
17	Стоимость 1 кВт/ч электроэнергии	руб.	1,25			
18	Расходы на электроснабжение	руб.		56 000	$C18=A15*A16*A17$	
19	Затраты на ремонт оборудования	руб.		12 400		
20	Расходные материалы (масло, СОЖ и т.п.)	руб.		4800		
21	Затраты при эксплуатации оборудования (в год) (3 эо)	руб.		73 200	$C21=C18+C19+C20$	
22	Стоимость станко-часа (С с-ч)	руб./ч		45,75	$C22=C21/A15$	
23	Стоимость станко-часа (С с-ч)	руб./ч		208,86	$C23=C10+C22$	
24	Время обработки детали (трудоемкость операции) Т	ч	1,82		Вариант 1	
		ч	0,62		Вариант 2	
25	Затраты на оборудование на 1 операцию (на 1 деталь)	руб.		379,44	$C25 =$ $= C23*A24 =$ $= T*Cc-ч$	Вариант 1
		руб.		130,05		Вариант 2

Практика применения инструментов с СМП показывает, что эффективность их применения в ряде случаев недостаточно высока и может быть повышена. Одна из причин - использование недостаточно совершенных инструментов, другая - недостаточно высокий уровень применяемых режимов резания.

В таблицах 8 и 9 показана эффективность вложения средств в инструмент с СМП при дополнительном увеличении производительности даже при увеличении затрат на инструмент.

Видно, что при увеличении затрат на инструмент вдвое (на 37 руб. 88 коп.) стало возможным увеличить производительность в 1,5 раза. Это позволило сократить затраты на переход на 25,12 % или 154 руб.35 коп. Иными словами, на каждый дополни-

тельно вложенный 1 рубль получили 4 рубля дохода.

В таблице 10 приведено сравнение показателей для различных вариантов обработки при последовательном увеличении производительности.

На рис. 2 показано графическое изменение затрат и экономии средств при различных вариантах обработки. Расчеты показывают, что экономически выгодно работать на максимально возможных режимах обработки, а это возможно лишь при использовании наилучшего высокопроизводительного инструмента.

Аргументированный вывод о целесообразности применения или отказа от применения предлагаемого инструмента взамен применяемого или другого сравниваемого инструмента можно

Таблица 4

Расчёт трудозатрат на 1 деталь (на 1 операцию) (3 з/п)				
Статьи расходов на зарплату	Обозначение	Единица измерения	Вариант 1 (базовый)	Вариант 2 (Iscar)
Трудоемкость операции	T	ч	1,82	0,62
Тарифная ставка рабочего	p	руб./ч	80	80
Коэффициент повышения зарплаты рабочего за снижение трудоемкости обработки	K1		1	1,3
Основная зарплата рабочего	3 осн	руб.	145,33	64,75
Дополнительная зарплата рабочего	K2	%	50	50
	3 доп	руб.	72,67	32,38
Отчисления на соц.страх.	K3	%	26,5	26,5
	О с/с	руб.	57,77	25,74
Затраты на зарплату в расчете на 1 деталь (на 1 операцию)	3 з/п	руб.	275,77	122,87

Коэффициент повышения зарплаты рабочего за снижение трудоемкости								
$K1=1+0,1*(T1/T2)$								
T1/T2	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
K1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5

Расчет прочих расходов на 1 деталь (на 1 операцию) (П расх)				
Сравниваемые показатели	Обозначение	Единица измерения	Вариант 1 (базовый)	Вариант 2 (Iscar)
Затраты на зарплату	3 з/п	руб	145,33	64,75
Процент накладных расходов	K4	%	500	500
Величина прочих расходов (без учета расходов на оборудование и инструмент)	П расх	руб	726,67	323,77

Таблица 5

Сравнительный расчет суммарных затрат на выполнение перехода (ΣЗ перех)					
Статьи расходов (показатели)	Единица измер.	Вариант 1 (базовый)	Вариант 2	Доля статей расходов, %	
				Предпр.	Iscar
(на 1 переход)		Предпр.	Iscar	Предпр.	Iscar
Трудоемкость обработки (Т)	ч	1,817	0,623		
Затраты на инструмент (З инстр)	руб.	25,71	37,88	1,83	6,16
Затраты на оборудование (З оборуд)	руб.	379,44	130,05	26,96	21,16
Затраты на зарплату (З з/п) (трудоzатраты)	руб.	275,77	122,87	19,59	20
Прочие расходы (П расх) (дополнительные накладные расходы без учета расходов на оборудование и инструмент)	руб.	726,67	323,77	51,63	52,68
Суммарные затраты (ΣЗ перех)	руб.	1407,59	614,56	100	100
Экономия затрат на 1 переход	руб.		793,03	или	56,34

ΣЗ перех = 3 инстр + 3 оборуд + 3 з/п + П расх

### Эффективность применения инструментов "Iscar" по сравнению с напайным инструментом

Сокращение трудоемкости (Т)	в 2,92 раза
Увеличение затрат на инструмент	в 1,47 раза
Сокращение общих затрат	в 2,29 раза
Окупаемость минимальных затрат 1 комплекта инструмента (1 комплект = 1 корпус + 10 пластин)	11 деталей
Окупаемость 2-го и последующих комплектов пластин (10 шт.)	7 деталей
Количество деталей, обработанных одним комплектом минимальной партией поставляемых пластин (10 шт.)	160 деталей
Коэффициент эффективного вложения средств в инструмент* (Экономия затрат на переход / увеличение затрат на инструмент или Доход на каждый вложенный рубль в инструмент)	65 руб. дохода / 1 руб. затрат

\*Расчет (значение) коэффициента имеет смысл лишь при увеличении затрат на инструмент

### Эффективность вложения средств в инструмент с СМП при дополнительном увеличении производительности и дополнительном увеличении затрат на инструмент

Статьи расходов (показатели)	Единица измер.	Вариант 2	Вариант 3	Доля статей расходов, %	
				Iscar	Iscar
(на 1 переход)		Iscar	Iscar	Iscar	Iscar
Трудоемкость обработки (Т)	ч	0,623	0,415		
Затраты на инструмент (З инстр)	руб.	37,88	75,75	6,16	16,46
Затраты на оборудование (З оборуд)	руб.	130,05	86,70	21,16	18,84
Затраты на зарплату (З з/п) (трудоzатраты)	руб.	122,87	81,91	19,99	17,8
Прочие расходы (П расх) (дополнительные накладные расходы без учета расходов на оборудование и инструмент)	руб.	323,77	215,85	52,68	46,90
Суммарные затраты (ΣЗ перех)	руб.	614,56	460,21	100	100
Дополнительная экономия затрат на 1 переход при увеличении режимов обработки	руб.		154,35	или	25,12

сделать лишь на основании сравнительного экономического расчета, что и позволяет сделать предлагаемая методика.

Методика проведения сравнительных испытаний, исходные данные которых являются основанием для экономического расчета - вопрос, заслуживающий отдельного обсуждения. Хотелось бы отметить, что некорректно поставленные сравнительные испытания являются препятствием для получения объективных данных для проведения экономического расчета.

Настоящая программа расчета является законченным продуктом и, в тоже время, она может быть легко трансформируема, позволяет наращивать и анализировать дополнительные технико-экономические параметры по желанию пользователя.

Компания "Искар СНГ" готова передать электронную версию методики расчета экономической эффективности любому заинтересованному предприятию, и оказать консультационную помощь при проведении экономических расчетов и эффективном внедрении высокопроизводительных инструментов компании Iscar.

### Дополнительная эффективность применения инструментов "Iscar" по сравнению с инструментом с СМП при увеличении производительности

Сокращение трудоемкости (Т)	в 1,50 раза
Увеличение затрат на инструмент	в 2,00 раза
Сокращение общих затрат	в 1,34 раза
Коэффициент эффективного вложения средств в инструмент (Экономия затрат на переход / увеличение затрат на инструмент или Доход на каждый вложенный рубль в инструмент)	4 руб. дохода / 1 руб. затрат

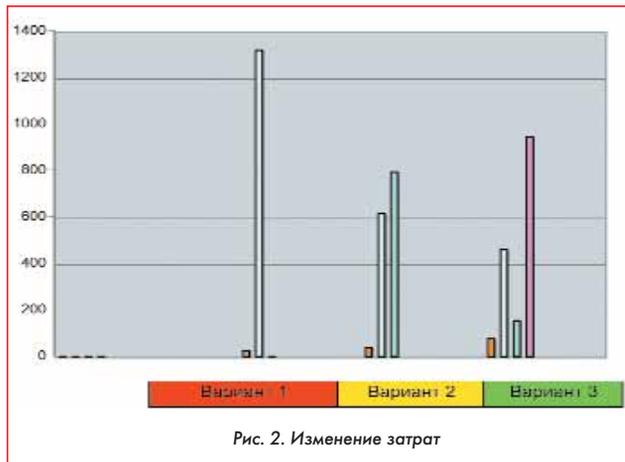


Рис. 2. Изменение затрат

### Сравнение показателей при увеличении производительности

Сравниваемые показатели	При напайном инструменте	При инструменте с СМП	При увеличении режимов инструментом с СМП
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Производительность, мм/мин.	4	16,47	25
Стойкость, дет.	1	2	1
Расходы на инструмент на 1 переход, руб.	25,71	37,88	75,75
Общие затраты на 1 переход, руб.	1317,39	614,56	460,21
Экономия затрат на 1 переход, руб.	0	793,03	154,35
Суммарная экономия затрат на 1 переход при увеличении режимов обработки, руб.			947,38

# Sodick

Все остальное -  
прошлый век!

## Линейные ЭИ станки

Сверхточные и ультрамоментные  
прямые линейные сервоприводы  
+ керамическая рабочая зона  
+ 3D CAD/CAM в современных  
электроискровых (электроэрозионных)  
станках от пионера и лидера  
нанотехнологий в металлообработке

**Самые покупаемые  
в мире ЭИ станки!**



725-3603, 614-9501, факс: 787-0271, www.sodick.ru, sod.ckom@sod.ck.ru

Импортер: ООО «Содик» в Москве, тел.: (495) 787-0970, 786-9841 (многоканальный)