

Двигатель

Научно-технический журнал № 6 (48) 2006

Уникальные характеристики техники
обусловлены возможностями
силовой установки



Техническая мода XXI века:
новогодние подарки в стиле "Hi-Tec"

2005 2004



"Лучшее издание по освещению проблем инноваций в промышленности"

Редакционный совет

- 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
- 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
- Кухаренко 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. конструктор СНТК им. Н.Д. Кузнецова
- Троицкий Н.И.,**
директор 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

Лидия Владимировна Рождественская

Художественные редакторы

Александр Николаевич Медведь

Владимир Николаевич Романов

Техническая поддержка

Ольга Владимировна Лысенкова

В номере использованы фотографии, эскизы и рисунки:

А.И. Бажанова,

Д.А. Боева, С.И. Жилина,

А.Н. Медведя, 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

www.dvigately.ru

ООО "РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА "ДВИГАТЕЛЬ" ©

генеральный директор Д.А. Боев

зам. ген. редактора 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

Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.

Отпечатано

ЗАО "Фабрика Офсетной Печати"

Москва

Тираж 15 000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная



СОДЕРЖАНИЕ

4. Новое в производстве лопаток турбин

Ю.С. Елисеев, О.Г. Оспенникова

6. Технологические задачи по обработке компонентов деталей турбомашин, выполненных на обрабатывающих центрах фирмы HERMLE

М.Л. Дынкин

10. Супермагистральный турбовоз для РЖД

И.Л. Осипов

12. GLOBATEX AG: Станки швейцарской фирмы BUMOTEC SA для технического перевооружения и модернизации предприятий

А.Л. Смирнов, В.С. Полуянов

16. Вихревая механика перемежающихся сред (пособие для всех интересующихся)

А.Г. Прудников

18. CADreview VIP - теория и практика информационных технологий

20. Первые отечественные самолеты с турбореактивными двигателями

А. Николаев

24. "Конвэр" В-58 "Хастлер", или "бесцеремонный тип" с ядерной дубинкой наготове

Н. Александров

28. К 15-летию первого в мире летного испытания ГПВРД на жидком водороде

В.А. Виноградов, В.Л. Семенов, Ю.М. Шихтман

30. Турбулентность. Зачем ей пульсации

Ю.М. Кочетков

34. Горючее - каким ему быть?

А. Идин

36. Судовые паровые турбины

В.С. Шитарев

40. Подводный удар

С.Л. Мальчиков

44. Буду любить всегда

А. Маркуша

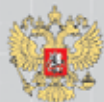
48. Основные принципы сохранения и накопления энергии

А. Н. Касьян

50. К 100-летию выхода первого номера журнала "Двигатель"



ФОРУМ ОРГАНИЗУЕТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



Правительства
Российской Федерации



Правительства
Москвы

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
МЕНЯЮТ МИР

BT XXI
2007

23-26 апреля 2007 г.

Москва,
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

www.VT21.ru



VIII Международный форум **ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ** HIGH TECHNOLOGY OF **XXI** **ВЕКА**

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА «ВТ XXI-2007»

Специализированные салоны:

- «Нанотехнологии»
- «Hi-Tech-Наука»
- «Hi-Tech-Медицина»
- «IT-технологии»
- «Наукоград»
- «Технопарк»
- «Криогенные технологии»
- «Высокотехнологичные товары народного потребления»
- «Композиционные материалы и сплавы»

Специализированные выставки:

- 2-я Международная выставка «Океан-2007»
- 1-я Международная выставка «Сертификация и технические регламенты-2007»
- 1-я Международная выставка «Энергия-2007»

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА:

- Международная конференция
- Конкурсная программа
- Бизнес-клуб
- Презентации

Организаторы:

Министерство промышленности и энергетики РФ
Департамент науки и промышленной политики города Москвы
ЗАО «Экспоцентр»

По вопросу участия в мероприятиях Форума обращайтесь:
ООО «ЭКСПО-ЭКОС»

117209, Москва, ул. Зюбинская, д. 6, корп. 2

Тел.: (495) 332-3595, 331-0501, 331-2333. Факс: (495) 331-0511, 331-0900

E-mail: vt21@vt21.ru; arena@vt21.ru. <http://www.vt21.ru>; www.expococos.com

15 декабря 2006 г. состоялось отчетно-перевыборное собрание Клуба авиастроителей. На собрании присутствовали члены клуба и приглашенные гости. В связи с тем, что 15 декабря 2006 г. Клубу авиастроителей исполнилось три года, формат собрания отличался от предыдущих встреч. На этот раз оно прошло в форме клубного ужина с концертными номерами. Членам клуба - юбилярам 2006 года - были вручены цветы, подарки, а также специально заказанный праздничный торт. Поздравить юбиляров приехала заслуженная артистка России Светлана Тома, которую долго не хотели отпускать со сцены. Приятное удивление вызвало неожиданное появление цыган - артистов театра "Ромэн", которые исполнили традиционные цыганские песни и танцы.

Но все же большая часть времени была посвящена клубному общению, обмену мнениями, анализу текущих событий. Члены клуба ознакомились с отчетом Президента клуба о работе за предыдущие три года. На следующий срок Президентом клуба вновь избран Действительный член клуба Юрий Елисеев.



Избраны новые составы Совета клуба и Наблюдательного совета клуба. В соответствии с Уставом Совет клуба возглавляет Президент. Председателем Наблюдательного совета избран Действительный член клуба Александр Матвеев.

За значительный вклад в развитие клуба ряду членов клуба присвоены статусы "Действительный член клуба".

В ходе заседания был рассмотрен ряд важных вопросов жизни клуба, по которым были приняты решения.

Полный протокол собрания будет опубликован на сайте клуба по адресу www.as-club.ru и в Бюллетене Клуба авиастроителей № 1 (25) в январе 2007 г.



Universal Insurance Company
ООО "Всеобщая страховая компания"

Сердечно поздравляем
всех своих клиентов и друзей
с наступающим Новым годом.



Пусть 2007 год принесет Вам
новые профессиональные достижения,
радость творческих побед
и удачных свершений!

Счастья
и здоровья
в Новом году!



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

НОВОЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛОПАТОК ТУРБИН

ФГУП "ММПП "Салют": **Юрий Сергеевич Елисеев**, генеральный директор, д.т.н.
Ольга Геннадиевна Оспенникова, главный металлург, к.т.н.

Литье по выплавляемым моделям на сегодняшний день является основным и наиболее точным методом получения отливок деталей ГТД.

Технология литья по выплавляемым моделям, включающая в себя и технологию изготовления керамических форм, представляет собой сложный и продолжительный по времени технологический процесс. В частности, производятся: приготовление связующего, которым является гидролизированный раствор этилсиликата-40, приготовление огнеупорной суспензии, подготовка обсыпного материала, послойное нанесение керамического покрытия с сушкой каждого слоя и последующей прокалкой керамических форм. В настоящее время для изготовления отливок ответственного назначения в качестве обсыпного материала и наполнителя огнеупорной суспензии используется в основном электрокорунд.

Качество литейной формы в значительной мере определяет качество и точность отливок. При разработке материалов для изготовления форм необходимо учитывать специфику литья жаропрочных сплавов, а именно: высокую химическую активность легирующих элементов, входящих в состав этих сплавов (Al, Cr, Mo, Ta, Nb, W и др.), наличие в сплаве углерода, являющегося активным восстановителем металлов из окислов керамики, высокую температуру плавления сплавов, длительный контакт жидкого сплава с литейной керамикой, низкое остаточное давление воздуха при плавке сплава и формировании отливки. Таким образом, можно сделать вывод о том, что материал формы должен обладать особыми свойствами.

Перечислим основные свойства, которыми должна обладать керамическая форма:

- прочность на изгиб при высоких температурах - одно из важнейших для практики свойств керамической оболочки. Оболочка должна быть достаточно прочной, чтобы противостоять давлению жидкого металла, а при затвердевании должна быть податливой, чтобы не мешать усадочным процессам;

- термическая стойкость - способность формы противостоять температурным перепадам. В процессе изготовления керамическая форма проходит многократную сушку, претерпевает термический удар при удалении модельной композиции, проходит предварительную прокалку при температуре 950...1000 °С. Все эти операции, в случае несоблюдения технологических режимов, могут привести к образованию микротрещин в керамической оболочке. По-

этому необходимо проводить исследования, направленные на повышение термостойкости керамических оболочковых форм;

- стабильность геометрии - способность формы не изменять своих размеров при силовых и температурных воздействиях. Это свойство определяет точность и стабильность геометрии будущих отливок;

- химическая стойкость - отсутствие взаимодействия облицовочного слоя формы с расплавленным металлом. Это одна из важнейших характеристик керамической формы, так как результатом взаимодействия формы с металлом является наличие на изделии так называемого измененного слоя;

- способность оболочки легко отделяться от поверхности отливки. Это свойство оболочки влияет на время и трудоемкость очистки отливок от остатков керамики.

Одной из важных проблем современного литейного производства является наличие на поверхности отливок из жаропрочных никелевых сплавов пригара, следствием которого является измененный поверхностный слой металла.

В лаборатории ФГУП ММПП "Салют" были проведены работы по изысканию способа изготовления керамической формы, содержащей внутри слоев плотный стекловидный слой эмали, создающий газонепроницаемый барьер для предотвращения прохождения реакции взаимодействия расплавленного металла и керамической формы.

Чтобы создать такой слой необходимо при изготовлении керамических форм нанести между четвертым и шестым слоем керамических форм слой эмалевой суспензии. При последующей прокалке керамических форм этот эмалевый слой расплавляется, огнеупорный наполнитель растворяется в жидкой эмали и затвердевает между слоями керамических форм. При этом образуется плотный газонепроницаемый слой, обеспечивающий отсутствие взаимодействия жидкого металла с керамической формой. Для образования такого слоя следовало разработать эмалевую суспензию.

Характеристики, которыми должна обладать эмалевая форма:

- эмалевая фритта должна иметь температуру плавления не ниже $T_{пл} < 1200\text{ °C}$;

- после прокалки эмалевый слой должен иметь $T_{пл} < 1500\text{ °C}$;

- эмаль должна образовывать устойчивые суспензии на основе гидролизированных растворов этилсиликатов.

Для этой цели была выбрана эмалевая фритта марки ЭВТ-24 с $T_{пл} \approx 1200\text{ °C}$.

В качестве связующего для фритты эмали ЭВТ-24 использовали гидролизированный раствор ЭТС-40.

Следует отметить, что применение гидролизованного раствора ЭТС-40 позволяет упростить технологию нанесения промежуточного эмалевого слоя, поскольку она полностью совпадает с серийной технологией, принятой на производстве.

После прокалки внутри керамической формы образуется достаточно прочный стекловидный оплавленный слой.

Таким образом, использование в качестве наполнителя керамической суспензии эмали ЭВТ-24 и в качестве связующего - гидролизованного раствора



Роботизированный комплекс для изготовления керамических форм и керамическая форма с промежуточным эмалевым слоем для литья турбинных лопаток

ЭТС-40 позволяет получить в керамической форме промежуточный стекловидный слой. Использование вместо ЭВТ-24 эмали марки ЭВТ-100 обеспечило получение аналогичных результатов.

С целью повышения температуры плавления эмалевой керамики было проведено исследование влияния вида и количества наполнителя эмалевой суспензии на температуру плавления эмалевого слоя. Для этого в керамическую суспензию вместе с эмалью ЭВТ-24 вводили наполнитель Al_2O_3 и Cr_2O_3 в количестве от 20 до 80 % от массы твердой фазы.

На рис. 1 представлена расчетная зависимость температуры плавления эмалевого слоя в зависимости от количества введенного огнеупорного наполнителя.

Расчет температуры плавления окисно-эмалевого слоя керамической формы осуществлялся по формуле:

$$T_{\text{плав}} = (T_0 - T_3) m_0 / 100 + T_3,$$

где $T_{\text{плав}}$ - температура плавления окисно-эмалевого слоя, °C;

T_0 - температуры плавления огнеупорного окисла, °C;

T_3 - температура плавления фритты эмали ЭВТ-24, °C;

m_0 - массовая доля огнеупорного окисла, %.

Для суспензии, состоящей из наполнителя Cr_2O_3 и эмали ЭВТ-24, температура плавления была определена экспериментально и рассчитана по указанной методике. Разница между расчетной и экспериментальной температурой плавления состава не превысила ± 4 %, что показывает хорошую сходимость расчетной и экспериментально определяемой $T_{\text{плав}}$.

Таким образом, проведенные эксперименты показывают, что введение огнеупорного наполнителя с более высокой температурой плавления обеспечивает существенное повышение температуры плавления окисно-эмалевого слоя после прокатки керамических форм. Введение огнеупорного наполнителя в количестве 50...60 % позволяет повысить температуру плавления эмалевого слоя до 1500...1600 °C.

Для определения оптимальных параметров эмалевой суспензии исследовалось влияние вязкости суспензии на прочность керамической оболочки с эмалевым слоем.

На рис. 2 приведены графики зависимости прочности керамических форм от вязкости суспензии. Зависимости определены для различных наполнителей. Из графиков видно, что при вязкости эмалевой суспензии более 40 с прочность керамических форм начинает уменьшаться. Это связано с тем, что слой становится очень толстым, плохо просыхает, и при прокатке начинается пропитка эмалью предыдущего и последующего слоев. При нанесении покрытия на керамической форме возникают наплывы, что влечет за собой неравномерность покрытия по толщине слоя. При вязкости свыше 45 с практически невозможно получить качественное покрытие эмалевого слоя.

При вязкости менее 30 с слой керамической суспензии получается очень тонким, быстро высыхает, и обсыпанный мате-

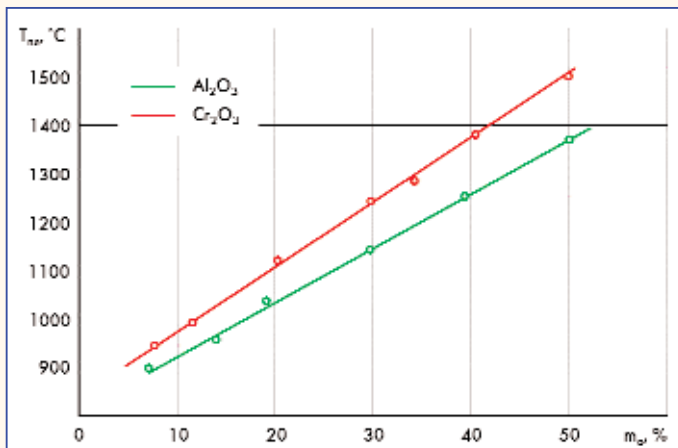


Рис. 1. Влияние процентного содержания огнеупорных окислов на температуру плавления эмалевого слоя

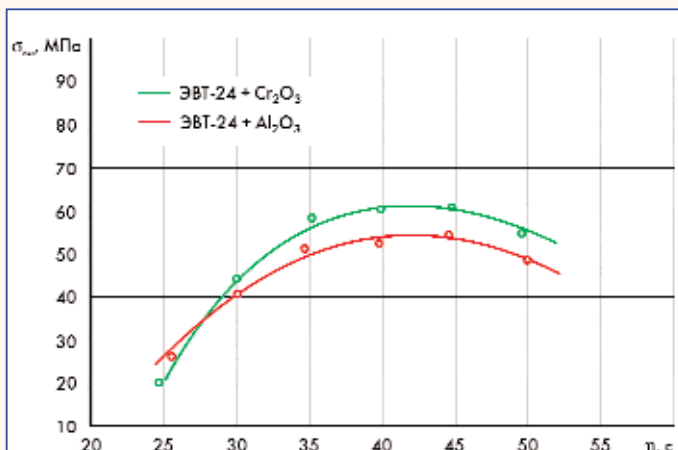


Рис. 2. Влияние вязкости суспензии на прочность керамических форм

риал практически не прилипает к поверхности эмалевого слоя. При вязкости, равной 25 с, практически весь слой эмалевого суспензии стекает с поверхности керамической формы.

Таким образом, наиболее оптимальным диапазоном значений вязкости эмалевой суспензии является $\eta = 35...45$ с. Такие значения вязкости достигаются при соотношении твердой и жидкой фаз, равном 3:1.

На основании проведенных исследований в лаборатории нашего предприятия разработана технология получения беспригарной керамической формы с промежуточным эмалевым слоем.

В настоящее время специалисты ФГУП "ММПП "Салют" организуют внедрение новейших материалов и технологий для изготовления керамических форм и стержней.

Военно-воздушным силам России 15 декабря 2006 г. передан первый серийный ударный самолет Су-34. Передача состоялась на Новосибирском авиационном производственном объединении им. В.П. Чкалова (НАПО), где ведется серийное производство самолетов этого типа. Акт передачи подписали генеральный директор компании "Сухой" М. Погосян, руководитель НАПО Ф. Жданов и главнокомандующий ВВС РФ генерал армии В. Михайлов.

В соответствии с заключенным трехлетним госконтрактом НАПО изготовит и передаст ВВС РФ до 2009 г. 18 самолетов Су-34. Согласно государственной программе вооружения на период 2007-2015 гг. ВВС РФ должны получить 57 таких самолетов. В целом В. Михайлов оценивает потребности ВВС РФ в этих машинах в 200 единиц в период до 2020 г.

Бомбардировщики Су-34, приобретаемые



Ю. Елисеев у первого серийного Су-34

ВВС РФ в рамках программы вооружений на 2007-2015 гг., будут оснащаться модернизированными двигателями АЛ-31ФМ1 производства ММПП "Салют". По словам генерального директора "Салюта" Ю. Елисеева, модификация АЛ-31ФМ1 отличается от базового варианта увеличенной на 1 тс тягой и повы-

шенным до 750 ч межремонтным ресурсом. В дальнейшем тяга двигателя будет доведена до 14 тс, а межремонтный ресурс - до 1000 ч. ММПП "Салют" готово к поставкам модернизированных двигателей АЛ-31ФМ1 для новейших фронтовых бомбардировщиков Су-34.

Как заявил генеральный директор авиационной холдинговой компании "Сухой" М. Погосян, начало серийного производства и принятие на вооружение ВВС самолетов Су-34 "существенно облегчает выход этой продукции на внешний рынок". По словам руководителя холдинга "Сухой", оптимальная загрузка НАПО будет обеспечена выпуском 15-20 самолетов Су-34 в год. Организация серии позволит обеспечить устойчивый рынок и стабильную загрузку предприятий, а также снизить стоимость Су-34, которая составляет 1 млрд руб.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ПО ОБРАБОТКЕ КОМПОНЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ ТУРБОМАШИН, ВЫПОЛНЕННЫХ НА ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРАХ ФИРМЫ HERMLE

Михаил Леонидович Дынкин

За последние годы специалистами фирмы Hermle были отработаны технологии изготовления самых различных деталей газотурбинных двигателей. Успех в выполнении этих работ был предопределен кинематической схемой станка Hermle, наилучшим образом

подходящей для пятикоординатной обработки деталей авиадвигателей, в частности, при изготовлении "моноколес".

Значительный вклад в этот успех принадлежит модифицированной конструкции станины станка фирмы Hermle, которая имеет следующие особенности:

- в отличие от классической конструкции "Гентри" она является монолитной. При этом правая и левая части станины жестко свя-

заны по двум плоскостям: основанию и задней стенке;

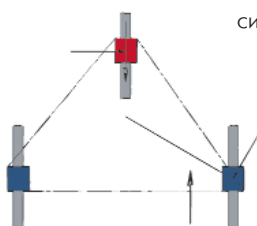
- верхняя траверса (ось Y) перемещается по трем направляющим с приложением силы по центру траверсы, благодаря чему практически исключаются даже малейшие перекосы при движении траверсы и как результат достигаются высокая точность позиционирования и динамика перемещений;

- каретка, которая является несущей для пиноли шпинделя, одновременно используется для перемещения по оси X, движется по двум направляющим, закрепленным на верхней траверсе, причем верхняя направляющая смещена в сторону центра симметрии траверсы, что позволяет уменьшить плечо опрокидывающего момента и обеспечить высокую точность позиционирования и динамику перемещений;

- установка качающейся оси, на которой расположен поворотный стол, в интегрированные места крепления, выполненные в цельнолитой станине с соосностью $\pm 0,002$ мм, позволяет, во-первых, выполнять пятикоординатную обработку с точностью и динамикой на порядок выше, чем при консольном исполнении или исполнении с накладной качающейся осью, а, во-вторых, при такой схеме при пятикоординатной обработке не происходит уменьшение зоны обработки, что одновременно обеспечивает жесткость и компактность конструкции;

- все приводы и направляющие расположены вне рабочей зоны, что практически исключает их загрязнение и контакт с агрессивной средой. Как следствие, продлевается срок службы и сохраняются точностные параметры.

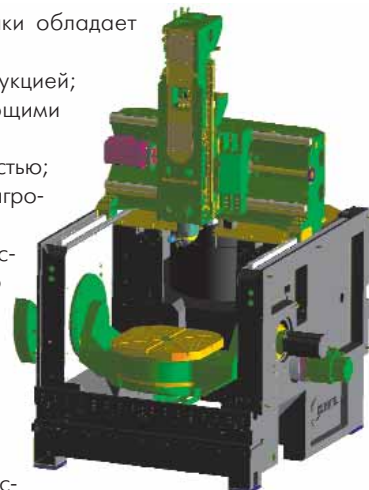
Симметричная конструкция станка, а также система приложения сил перемещения по всем осям по центру симметрии позволяют при помощи постоянного считывания данных с нескольких температурных датчиков устанавливать необходимые значения корректировки положения детали по всем осям. Расчет корректирующих значений производится автоматически.



Станина из гранитной крошки обладает следующими преимуществами:

- жесткой монолитной конструкцией;
- великолепными демпфирующими свойствами;
- очень низкой теплопроводностью;
- практически отсутствием гигроскопичности;
- высочайшей точностью воспроизведения формы и контура во всех плоскостях;
- оптимальным качеством обработки поверхности при строжайших допусках;
- отсутствием каких-либо внутренних напряжений.

Все перечисленные особенности позволяют обеспечить высокую жесткость, точность и динамику в процессе обработки, а также компактность конструкции.



Основные характеристики минерального литья станины

Демпфирование в 6...10 раз выше, чем у чугуна !!!

Предел прочности при сжатии	120 Н/мм ²
Удельная масса	2,3 кг/дм ³
Модуль упругости	35 кН/мм ²

Теплопроводность в 25 раз меньше, чем у стали !!!

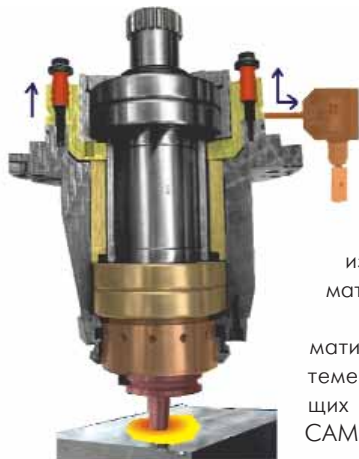
Состав:

Гранитная крошка	92 %
Эпоксидная смола	7,5 %
Цветовые добавки	0,5 %

Особенностями шпинделя фирмы Hermle являются:

- внутренняя подача СОЖ: два режима - 40 и 80 bar;
- обдув сухим воздухом;
- подача масла для обработки в масляном тумане (смешивание снаружи);
- подача СОЖ, воздуха, масла может происходить как по отдельности, так и в различных комбинациях;
- защита от наезда с опросом столкновения (патент Hermle);
- водяное охлаждение моторов шпинделя переменного тока, изготовленных в виде двигателей полного вала;
- агрегат для охлаждения шпиндельного двигателя;
- автоматическая продувка конуса;
- автоматическое крепление режущего инструмента HSK 63 A по DIN 69893.





Приемные испытания станков Hermle осуществлялись по результатам контрольного изготовления некоторых деталей турбомашин - осевых и радиальных монокопел.

В качестве исходных данных, как правило, специалисты Hermle получали либо чертежи готового изделия, либо чертежи в комплекте с математической моделью.

Построение или доработка математических моделей проводилась в системе Pro/Engineer, а расчет управляющих программ - в специализированной CAM-системе MAX производства американской фирмы ConceptsNREC.

Использовались два варианта постпроцессоров: как собственной разработки, так и разработанный на фирме Sulzer, Швейцария.

При использовании собственного постпроцессора подача пересчитывалась в каждом кадре управляющей программы, а координаты положений осей пересчитывались исходя из констант станка (величины смещений поворотного стола от осей вращения) и смещения системы координат обрабатываемой детали относительно зеркала стола.

При использовании постпроцессора фирмы Sulzer стало возможным реализовать более гибкий подход к расчету конечной программы. Этот постпроцессор позволяет использовать функцию M128 стойки Heidenhain, что дает возможность выполнять одну и ту же управляющую программу с применением различных по величине приспособлений для закрепления заготовки.

Проверка управляющих программ проводилась при помощи программного пакета Vericut, поставляемого в комплекте с Pro/Engineer.

Инструментальное оснащение

Для обработки монокопел использовались самые различные инструменты, которые мы рассмотрим подробно при описании каждого рабочего примера. Предпочтение отдавалось готовым твердосплавным фрезам фирм Seco и Fraisa. Использовались также фрезы, изготовленные по специальному заказу на заточном обрабатывающем центре Walter Helitronic Minipower.

Для крепления инструмента применялся метод термозажима, при этом использовались приборы термозажима и термооправки фирмы Seco, но могут использоваться приборы любых других производителей.

С помощью специализированного прибора настройки инструмента Saturn Zero фирмы Zoller производилось точное измерение радиуса и вылета инструмента.

Пример 1. Радиальный импеллер дизельного двигателя тепловоза

Внешний диаметр 370 мм.
Материал - алюминий.



Время окончательной обработки - около 30 ч.

Деталь обрабатывалась на станке HERMLE C1200U.

При обработке использовались как стандартные твердосплавные инструменты из каталога фирм Seco и Fraisa, так и несколько твердосплавных фрез, изготовлен-

ных по заказу. Особенностью этих инструментов являлась большая длина режущей кромки. Для того чтобы обработать труднодоступные области между лопастями, использовались фрезы конической формы ("морковки").

Еще один пример связан с изготовлением аналогичной детали при приемке такого же станка (HERMLE C1200U) другим заказчиком. В этом случае обрабатывалась деталь, изготовленная из алюминия, а в дальнейшем обрабатывалась деталь, изготовленная из высоколегированной нержавеющей стали.

Важное замечание

Поверхности лопастей деталей, указанных в данном примере, являются линейчатыми. Это позволило проводить чистовую обработку поверхностей боковой стенкой фрезы. Благодаря этому приему была достигнута очень низкая шероховатость поверхности лопастей при небольшом числе чистовых проходов. Это, в свою очередь, позволило значительно снизить время обработки.

Расчет траекторий обработки проводился в CAM-системе MAX-5.



Пример 2. Осевое монокопел

Время окончательной обработки ~ 70 ч (Ra 0,7).

Материал - BT8-1.

Высота лопатки - 72 мм, $C_{max} = 1,4$ мм, $R_{вх. кромки} = 0,2$ мм.

Отработка программ велась на станке HERMLE C40U, а сама деталь изготавливалась на станке HERMLE C800U.

При обработке данной детали специалисты Hermle столкнулись с проблемами, характерными для производства деталей из труднообрабатываемых титановых сплавов. Для решения этих проблем был применен специальный инструмент фирмы Fraisa, разработанный специально для обработки титана.



End mills for titanium machining

Splinecut-Ti-R

HM
MG10

TX

λ 30°
 γ 8°

1/2

1/4

1/8

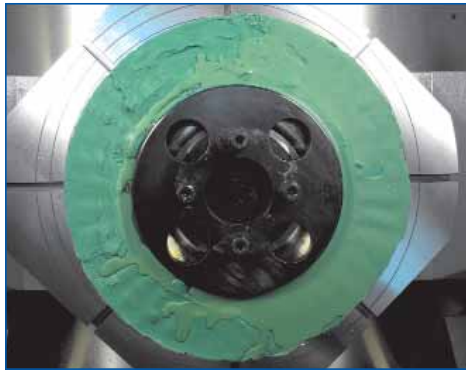
1/16



Suitable for the machining of:

Titan





Благодаря использованию волнистой режущей кромки и специального покрытия инструмента удалось провести всю черновую выборку по всей детали одной фрезой.

Также необходимо отметить, что при обработке необходимо было иметь как можно более короткий вылет фрезы. Это стало возможным благодаря использованию специальных алгорит-

мов для расчета траектории движения инструмента, предоставляемых САМ-системой MAX-SI.

Для устранения вибраций при чистовой обработке все межлопаточное пространство заливалось специальной парафиновой композицией, обладающей достаточной прочностью для гашения вибрации.



Пример 3. Модель гидротурбины

Материал - нержавеющая сталь.

Общее время обработки - 160 ч.

Время обработки по старой технологии (изготовление отдельных лопаток и приваривание к ободу) составляло около 3000 ч.

Деталь обрабатывалась и сдавалась на станке HERMLE C40U.

Главная особенность обработки этой детали - необходимость использования очень длинных режущих инструментов. В связи с этим при черновой обработке применялись так называемый плунжерный вид фрезерования и соответствующий инструмент со сменными режущими пластинами. В качестве СОЖ использовалось специальное масло Mobilmet для тяжелых условий резания.

Предотвращение вибрации при чистовой обработке достигалось с помощью специальных вставок из легкоплавкого материала, помещаемых между обрабатываемыми лопатками.

При переходе обработки на следующий канал вставки переставлялись вручную.

После обработки деталь была проверена на измерительной машине.



По всем вопросам просьба обращаться на фирму "Хермле-Восток".



ООО "Хермле-Восток".

Тел.: (+7 495) 221-8368.

Факс: (+7 495) 221-8393.

E-mail: md@hermle-vostok.ru

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



5-й КОНГРЕСС ТЕХНОЛОГОВ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ в рамках 4-й Международной специализированной выставки "АТиМ - 2007"

15 февраля 2007 года, МВЦ "КРОКУС ЭКСПО", павильон № 2

Организаторы: ОАО "АСМ-холдинг" при поддержке Минпромэнерго РФ,
НП "ОАР", НО "НАПАК", ОАО "АВТОВАЗ"



ЦЕЛИ И ТЕМАТИКА КОНГРЕССА

Оценка состояния дел по реализации Концепции развития автомобильной промышленности России в области технологии производства автомобилей и автокомпонентов.

Анализ современных организационных и технологических решений в автомобилестроении.

Внедрение новых материалов, оборудования и инструментов в автостроении.

Литье, штамповка, термообработка, сварка, окраска, меха-

нообработка, упрочнение.

Станки, инструмент, быстрое прототипирование, роботизация.

Сборка, контроль и испытания, сертификация продукции.

Новые материалы, утилизация, переработка отходов, экология.

Системы качества, АСУ ТП, АСУП, инновационные и информационные технологии.

Сопутствующие технологии и материалы.

Современные технологии ремонта узлов и агрегатов автотранспортных средств.

ПРОГРАММА КОНГРЕССА

Будут представлены доклады по государственной политике в области развития технологии автомобилестроения на ближайший и среднесрочный периоды, включая производство и импорт автокомпонентов; рассмотрены основные направления комплексного обеспечения качества в сферах производства и технологии автостроения; ведущие специалисты отрасли проанализируют пути создания высокотехнологичного конкурентоспособного оборудования, оснастки и инструмента, средств автоматизации и прогрессивных материалов, в том числе с применением информационных технологий; в рамках Конгресса будут представлены презентационные сообщения зарубежных и совместных фирм по применению их технологий и оборудования на российском рынке.

Участники 5-го Конгресса - это представители министерств и ведомств, руководители и ведущие технические специалисты (главные инженеры, главные технологи, металлурги, системотехники и т.д.) автомобильной, автокомпонентной и смежных отраслей промышленности.

Для участников Конгресса будут предоставлены возможности посещения Международной специализированной выставки "АТиМ-2007", проходящей в рамках Международного автомеханического салона 14-17 февраля 2007 г.

Информационная поддержка Конгресса: журналы "Рынок СНГ. Автомобили и тракторы", "АвтоОпыт", "Автобизнес", "Автомобильная промышленность", "ИТО", "Двигатель", издательство "Машиностроение".

**Контакты: ОАО "АСМ-холдинг", Аналитический центр,
107996, Москва, К-31, ГСП-6, Кузнецкий мост, 21/5.**

Тел./факс: + 7(495) 621-6260, 621-0200, 621-1344, 626-0139, 626-0188

www.asm-holding.ru, e-mail: inf@asm-holding.ru



**VII Московский
международный салон
инноваций и инвестиций**

**ИЗОБРЕТЕНИЯ
ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ИНВЕСТИЦИОННО-ПРИВЛЕКАТЕЛЬНЫЕ ИННОВАЦИИ**

5-8 февраля 2007 года
Москва, ВВЦ, павильон № 69

Контактные телефоны:
(495) 981-92-62
981-82-20, 961-20-12

www.innovex.ru
www.salonexpo.ru

СУПЕРМАГИСТРАЛЬНЫЙ ТУРБОВОЗ ДЛЯ РЖД

Игорь Львович Осипов, ведущий конструктор НТЦ им. А. Льюли ОАО "НПО "Сатурн", к.ф.-м.н.

Газотурбинный двигатель АЛ-31СТ [1] нашел широкое применение в наземных установках – газоперекачивающих агрегатах и газотермических установках (АЛ-31СТЭ). Вполне возможно, что этот двигатель можно будет увидеть и в качестве силовой установки мощного локомотива.

По мнению ряда специалистов, для интенсификации железнодорожных перевозок необходимы двигатели мощностью порядка 8 МВт (это предел, т.к. дизельные двигатели большей мощности не могут быть установлены на локомотивах по причинам весовых ограничений [2, 3]). Однако уже в недалеком будущем может возникнуть необходимость транспортировки сверхтяжеловесных составов, и тогда для локомотива потребуются двигатели мощностью порядка 14 МВт [4]. В этом случае открывается новая область применения для газотурбинного двигателя (ГТД) АЛ-31СТ, обладающего мощностью 16 МВт. По своим габаритам и массе (5 т) без рекуперации тепла он вполне "вписывается" в стандартный локомотив. Мировая практика уже знает примеры создания турбовозов с ГТД. Так, в 80-х годах прошлого века во Франции турбовозы "Турмо III F" и "Турмо III G" развивали скорость до 240 и 318 км/ч, соответственно. В случае с использованием АЛ-31СТ главный упор предполагается сделать не на получении максимальных скоростей, а на обеспечении возможности перевозки больших объемов и масс груза, поэтому такой локомотив называется в дальнейшем супермагистральным турбовозом (СМТ).

Необходимо помнить, что при эксплуатации дизеля в условиях Сибири и Крайнего Севера существуют проблемы его запуска при температурах воздуха ниже -35°C . Достоинством ГТД считается возможность запуска при -60°C всего за минуту, при этом длительность выхода его на рабочий режим не превышает 5 мин [2].

Существенным недостатком ГТД является заметное снижение к.п.д. при работе на глубоко дроссельных режимах. Эта проблема, однако, перестает быть актуальной в случае практически безостановочной транспортировки грузов на большие расстояния. Параметры ГТД АЛ-31СТ и альтернативного дизельного двигателя приведены в табл. 1.

Важнейшие интегральные характеристики поездов, ведомых супермагистральным и дизельным локомотивами, рассчитывались исходя из мощности ГТУ и правил расчета тяговой поездной работы следующим образом:

1. Фиксировалась некая средняя скорость движения $V = 42 \text{ км/ч}$.
2. Подбиралось количество цистерн снаряженной массой 100 т, которые могли быть в составе дизель- и турбопоездов при движении с максимальной скоростью 80 км/ч с учетом сил сопротивления движению (130 цистерн).

Таблица 1

Параметры ГТД АЛ-31СТ и дизельного двигателя		
Параметры	ГТД АЛ-31СТ	Дизель
Оптимальная мощность, МВт	10	10 ¹
К.п.д., %	33 [5]	42 [6]
Температура выхлопных газов, $^{\circ}\text{C}$	530	100
Скорость вращения выходного вала, мин^{-1}	5300	4500
Топливо	Сжиженный метан	Дизельное
Теплотворная способность топлива, МДж/кг	50	42,7
Стоимость топлива для производства 1 кВт·ч энергии C_T , руб	0,99 ³	1,8 ²
Отпускная цена двигателя, \$ млн	1,8	0,8 ⁴

Примечания:

¹ - спарка дизель-локомотивов (ж/д дизельные двигатели мощностью 10 МВт не существуют);

² - стоимость дизельного топлива (~18 руб/л) соответствует цене на московских АЗС на 30.11.2006 г.;

³ - цена 1 м³ сжиженного метана взята вдвое меньшей, чем цена 1 л дизельного топлива [3];

⁴ - цена импортного дизельного двигателя, взята из [7], видимо, сильно занижена.

3. Расчеты по пунктам 1 и 2 [8] повторялись с добавлением массы потребного топлива.

Часовой расход топлива вычислялся по формуле

$$q_{\text{час}} = 3600 \cdot P / (H_T \cdot \eta_T), \quad (1)$$

где P - мощность двигателя, осредненная по циклограмме [7];

H_T - теплотворная способность топлива;

η_T - к.п.д., осредненный по циклограмме [7].

Суммарный (за время поездки) расход топлива:

$$M_T = q_{\text{час}} t_{\text{trip}} \quad (2)$$

где $t_{\text{trip}} = S/V$ - время в пути;

S - расстояние между пунктами отправления и назначения, выбранное в данном случае равным 3000 км.

Результаты оценок сведены в табл. 2.

Для технико-экономического обоснования преимущества СМТ по сравнению с обычным тепловозом используется модифицированная целевая функция (ЦФ), введенная ранее [9, 10] для выбора оптимальной стратегии в задачах проектирования электроэнергетических систем, доводки и эксплуатации стационарных ГТУ, а в области двигателестроения - при выборе силовой установки самолетов [11] и также иных ГТУ транспортного предназначения.

С этой целью обратимся к общему выражению для прибыли владельца поезда за время жизненного цикла (ЖЦ) двигателя:

$$G(t) = I \cdot N_{\text{trip}} - C_{\text{ТО}}(t) - C_o - N_d(t) C_d - A(t), \quad (3)$$

где t - продолжительность ЖЦ двигателя;

I - доход от одной поездки;

N_{trip} - число поездок;

$C_{\text{ТО}}$ - расход топлива в денежном эквиваленте;

C_o - цена двигателя;

$N_d(t)$ - количество ремонтов двигателя поезда стоимостью C_d каждый;

$A(t)$ - эксплуатационные расходы.

Число поездок определяется формулой $N_{\text{trip}} = t/t_{\text{trip}}$, где t_{trip} дается формулой (2).

Рассмотрим теперь выражение для дохода за одну поездку:

$$I = C \cdot G \cdot S, \quad (4)$$

при этом C - грузовой тариф (\$/т·тыс. км);

G - грузоподъемность поезда.

Стоимость топлива, затраченного за время t , равна

$$C_{\text{ТО}}(t) = C_T \cdot P \cdot t / \eta_T. \quad (5)$$

Оценим теперь $N_d(t)$:

$$N_d(t) \sim (t - i \cdot t_d) / t_d, \quad (6)$$

где t_d - межремонтный ресурс двигателя;

$i = 1$, если время ЖЦ кратно ресурсу, в противном случае $i = 0$. [11]

Таблица 2

Параметры тепловозов с ГТД АЛ-31СТ и дизельным двигателем		
Параметры	с ГТД АЛ-31СТ	с дизелем
Масса полезного груза, т	6900	7000 ¹
Масса снаряженного поезда, т	8500	8400
Часовой расход топлива, кг/ч	3200	2400
Время поездов в пути, ч	71	71

Примечание:

¹ - часть сжиженного газа СМТ сжигается.

С учетом соотношений (4) - (6) формула (3) для расчета прибыли владельца поезда примет вид

$$G(t) = (1 - C_T \frac{P}{\eta_i} t_{trip}) \cdot \frac{t}{t_{trip}} - C_0 - C_d (\frac{t}{t_a} - i) - A(t).$$

Вычислим разность доходов владельцев поездов с ГТД и дизелем, считая, что $A(t) \sim \text{const}$ (хотя известно, что эксплуатационные расходы на обслуживание ГТД на 20 % меньше, чем дизеля [3, 4]),

$$F(t) = [\Delta I - \Delta(C_T \frac{P}{\eta_i} t_{trip})] \frac{t}{t_{trip}} - \Delta C_0 - \Delta[C_d (\frac{t}{t_a} - i)]. \quad (7)$$

Формула (7) дает возможность рассчитать сравнительную конкурентоспособность поездов с любыми двигателями.

Необходимые для конкретного расчета ресурсно-стоимостные данные приведены в табл. 3.

Таблица 3

Ресурсно-стоимостные данные СМТс ГТД АЛ-31СТ и с дизельным двигателем		
Параметры	с ГТД АЛ-31СТ	с дизелем
Время жизненного цикла (ЖЦ) поезда $t = t_{жц}$ тыс. ч	100	100
Грузовой тариф C , \$/тыс. км·т	11,3	11,3
Межремонтный ресурс двигателя $t_{др}$ тыс. ч	15	20
Стоимость капремонта двигателя $C_{др}$ \$ тыс.	585	260

Результаты расчетов по формуле (7) показывают, что эксплуатация СМТ с ГТД АЛ-31СТ приносит за время ЖЦ одного поезда прибыли на \$21 млн больше, чем эксплуатация состава с тепловозом. И это несмотря на большую цену ГТД АЛ-31СТ по сравнению с дизелем (на \$1 млн), больший межремонтный ресурс и меньшую стоимость капитального ремонта дизельного двигателя, приводящие к снижению сравнительного дохода почти на \$2 млн. Дополнительный доход получается благодаря применению более дешевого топлива (метана) с большей теплотворной способностью.

Если предположить, что ГТД АЛ-31СТ снабжается рекуператором, его к.п.д. возрастает до 40 %. Оставляя в стороне небольшие технические и термодинамические проблемы, которые необходимо при этом решить, посчитаем дополнительный доход, получаемый владельцем СМТ с ГТД АЛ-31СТ и рекуператором. Использование формулы (7) показывает, что в этом случае доход возрастет на \$73 млн.

Однако, из этих \$73 млн следует вычесть:

- стоимость рекуператора - \$100 тыс.;
- потерю дохода из-за уменьшения почти на 100 т грузоподъемности поезда - \$5 млн;
- увеличение эксплуатационных расходов - \$100 тыс.

Наконец, и это решающее соображение: СМТ с существующими ГТД АЛ-31СТ можно запускать в эксплуатацию хоть завтра (проблемы с газификацией сжиженного газа перед его подачей в камеру сгорания ГТД не выглядят существенными). Тем самым отпадает необходимость строительства многотысяч километровых ниток газопроводов. **Д**

Список литературы

1. Газовая турбина АЛ-31СТ. НТЦ им. А. Люльки - г. Москва, УМПО - г. Уфа.

2. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2000. 640 с.

3. Совещание в ОАО "РЖД" 18.10.2004 о ходе работ по созданию макетного образца турбовоза.

4. Э.А. Манушин. Газовые турбины: проблемы и перспективы. М.: Энергоатомиздат. 1986. 167 с.

5. Э. Загоринский, Н. Мельситдинова. Анализ экономической эффективности конвертированных авиационных и судовых ГТУ в классе мощности 16 МВт. // Газотурбинные технологии, № 6, 2001. С. 16-18.

6. Г.Н. Алексеев. Общая теплотехника. М.: Высшая школа. 1980. 552 с.

7. Данные ВНИИЖТ.

8. Правила тяговых расчетов для поездной работы. М.: Транспорт. 1985. 288 с.

9. И.Л. Осипов. Выбор функции цели для оценки эффективности инноваций при проектировании газовых турбин" XLVII научно-техническая сессия по проблемам газовых турбин. Тезисы докладов. Пермь. 2000.

10. С.А. Воронцов, И.Л. Осипов. Об одном методе оптимизации параметров ГТУ// Теплоэнергетика. 2003, № 12. С. 46-51.

11. Е. Марчуков, В. Андреев, В. Куликов, И. Осипов. Методика расчета доходности от эксплуатации двигателей самолетов ГА// Двигатель, № 1, 2005. С. 12-13.

В этой статье подняты два важных вопроса, имеющих огромное народно-хозяйственное значение.

Автор предлагает использовать готовые мощные ГТД, хорошо зарекомендовавшие себя в наземном исполнении, в качестве железнодорожных силовых установок для локомотивов сверхкрупных грузовых составов, перемещающихся со средней условно-постоянной скоростью не менее 40 км/ч. Для этой транспортировки требуется, как минимум, спарка тепловозов. Худшие, чем у тепловоза, дроссельные характеристики турбовоза компенсируются практически безостановочным движением. Это, в свою очередь, достигается закладкой небольших по протяженности и стоимости дополнительных путей, "обводящих" железнодорожные узлы, что так или иначе необходимо делать по причинам безопасности. Применение одного турбовоза дает более 20 миллионов долларов чистой прибыли по сравнению со спаркой тепловозов при эксплуатации одного состава за время жизненного цикла!

Но это только одна сторона вопроса. Сегодня газ из России транспортируется, в основном, по дорогостоящим магистральным трубопроводам с их компрессорными станциями и прочей непростой инфраструктурой. В то же время известны примеры куда более экономичных и технологичных способов транспортировки газового топлива. Так, весь юг Франции обеспечивается сжиженным газом, перевозимым по морю с севера Африки и Ближнего Востока. Криогенная техника для газификации жидкого метана (а также пропана и бутана) достаточно хорошо развита и сравнительно дешева. Поэтому вместо того, чтобы ждать 3-4 года для постройки газовых сетей, связывающих месторождения в Сибири и на Дальнем Востоке с потребителями в Южной и Юго-Восточной Азии, можно уже через несколько месяцев пустить турбовозы. Причем можно организовать движение как по готовым железнодорожным путям, так и по срочно сооруженным обводным. При этом большие города и крупные транспортные узлы останутся в стороне от грузовых маршрутов и, таким образом, будет обеспечено выполнение мер безопасности при перевозке взрывоопасных сжиженных газовых сред, а заодно и оптимальный режим эксплуатации ГТД без усложнения существующих апробированных конструкций наземных газотурбинных агрегатов.

Редакция

GLOBATEX AG:

СТАНКИ ШВЕЙЦАРСКОЙ ФИРМЫ BUMOTEC SA ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ

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

Как было отмечено в наших статьях (журнал "Двигатель", № 1 - 5, 2006 г.) о станках фирм Roders, Zimmer & Kreim (Германия), Seibu Electric & Machinery Co., Ltd (Япония), Unisign (Голландия), Voumard, Dixi Machines и Rollomatic (Швейцария), компания Globatex AG, которая работает на рынке СНГ более 15 лет (прежнее название фирмы - Charmilles & Mikron Diffusion), делает упор на поставку новейших технологий на основе использования высокопроизводительных прецизионных станков зарубежных фирм.

Компания предлагает высокотехнологичные станки и оборудование европейских фирм и фирмы Японии:

- Roders (Германия) - прецизионные высокоскоростные фрезерные многоцелевые станки с CNC-управлением (до пяти одновременно управляемых осей) для выполнения операций фрезерования, сверления, координатного и контурного шлифования и др.;

- Unisign (Голландия) - высокопроизводительные трех-, пятиосевые вертикально-фрезерные станки и фрезерные станки портального типа с CNC-управлением для обработки деталей средних и больших размеров (например, станки со столом длиной до 18 000 мм);

- Zimmer & Kreim (Германия) - высокопроизводительные прецизионные электроэрозионные копирующе-прошивочные станки с CNC-управлением;

- Seibu Electric & Machinery Co., Ltd (Япония) - прецизионные электроэрозионные проволочно-вырезные станки с CNC-управлением;

- Bumotec (Швейцария) - токарно-фрезерные многоосевые обрабатывающие центры для массового производства деталей точной механики, приборов, медицинской техники и др.;

- Voumard (Швейцария) - шлифовальные центры для обработки наружных и внутренних цилиндрических, конических, плоских торцевых и др. поверхностей деталей, как правило, с одной их установкой;

- Dixi (Швейцария) - высокоточные горизонтальные многоцелевые станки с CNC-управлением для выполнения координатно-расточных, координатно-шлифовальных операций, фрезерования, сверления и др. операций;

- Rollomatic (Швейцария) - высокоточные шлифовальные и заточные станки с CNC-управлением для производства методом вышлифовки режущих инструментов, в том числе сверл, концевых фрез, бор-фрез, расточных резцов и т.п.

Компания Globatex AG предлагает станки различных моделей (более 100 моделей) с возможностью объединения некоторых из них в гибкие производственные системы с использованием предлагаемых компанией средств автоматизации процессов смены инструментов и деталей, их транспортировки и хранения.

Помимо станков указанных фирм компания Globatex AG также предлагает новое оборудование и некоторые системы программного обеспечения, которые призваны существенно повысить технический уровень производства различных предприятий:

- высокопроизводительное оборудование фирмы Ismeca Semiconductor (Швейцария) для автоматической сортировки, тестирования, маркировки и упаковки полупроводниковых приборов

для сборочного производства в электронной промышленности;

- автоматические линии фирмы Ismeca Automation (Швейцария) для сборки электротехнических изделий, бытовых приборов, медицинской техники и др.;

- установки фирмы Solidscape (США) для скоростного и точного изготовления моделей и опытных образцов деталей сложной формы (установки скоростного прототипирования);

- системы программного обеспечения контроля передачи файлов и управления их печатью, разработанные фирмой Will 2C (Франция).

Ниже приведены основные данные о станках фирмы Bumotec SA.

Фирма Bumotec SA, основанная в 60-х годах прошлого века и первоначально специализировавшаяся на производстве станков для изготовления сложных деталей часовой промышленности (в этой области она завоевала прочную репутацию), расширила свою деятельность и приступила к выполнению заказов аэрокосмической, электронной, оптической, медицинской и текстильной отраслей промышленности.

Производственная программа фирмы основана на выполнении заказов по техническим условиям заказчиков. Производственные циклы изготовления станков составляют 1-4 месяца в зависимости от их типа и моделей.

По чертежам детали и требованиям, предоставляемым заказчиком, компания Bumotec SA разрабатывает оптимальную технологию массового производства деталей заказчика и создает на заказ обрабатывающие центры, реализующие фрезерные, токарные, сверлильные операции в необходимой последовательности так, чтобы получить на выходе деталь с минимальными затратами.

В настоящее время фирма предлагает станки:

- обрабатывающие центры и многоцелевые станки - модели S-191, S-192 F, S-192 FT, S-128 - с тремя, четырьмя или пятью одновременно управляемыми осями, предназначенные для обработки деталей из прутков или отдельных заготовок;

- гравировальные обрабатывающие центры - пятиосевые микрофрезерные станки - модель S-128;

- токарно-фрезерные обрабатывающие центры - модели S-189 и S-192FT - с количеством осей от двух до восьми, одно- или двухшпиндельные для одновременной обработки со шпинделями, имеющими проходные отверстия для прутков диаметром 32/42/65 мм. Эти центры могут быть оснащены двумя револьверными головками на 16 инструментов;

- токарно-отрезные обрабатывающие центры - модели EZ-123 - производственные токарно-фрезерные станки;

- многопозиционные (от 2 до 12 независимых позиций) многоосевые (до 49 осей) агрегатные станки - модели S-1000 / C и S-1000 / 12;

- одно- или многошпиндельные станки - модели S-82TT, S-91, S-94, S-904, S-90, S-894 - фрезерные станки с CNC-управлением (от 3 до 10 управляемых осей), предназначенные для обработки деталей из прутков (1 - 4-шпиндельные) или из отдельных заготовок;

- сверлильные станки - модель S-18 для обработки деталей из прутков и модель S-20 - для обработки деталей из отдельных заготовок;

- проекты "под ключ" - специализированные станки для изготовления деталей по чертежам, предлагаемым заказчиком.

Станки фирмы Bumatex SA используются в часовой, автомобильной, авиакосмической, электротехнической, судостроительной, оборонной, легкой, медицинской и других отраслях промышленности.

Ниже приведена краткая информация о станках моделей S-189, S-128, S-192 FT и S-1000.

На рис. 1 приведены примеры деталей, изготовленных на токарно-фрезерном многоцелевом станке модель S-189 CNC с двумя рабочими станциями. Фотография и схема размещения его осей показаны на рис. 2 и 3.



Рис. 1

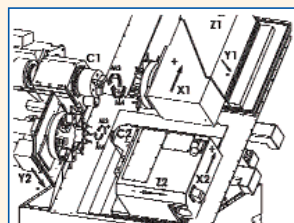


Рис. 3

Рис. 2

Основные технические данные станка модель S-189 CNC приведены в табл. 1.

Пятиосевой обрабатывающий центр мод. S-128 (рис. 4) предназначен для применения в часовой и ювелирной промышленности, а также для изготовления деталей для медицины. Станок используется для выполнения операций микрофрезерования, гравирования, обработки мест установки драгоценных камней на ювелирных изделиях (пример обработанных на станке деталей приведен на рис. 5), нанесения различных рисунков на деталях сложной формы.

Максимальные перемещения по осям станка (схема их расположения на станке приведена на рис. 6) равны: по оси X -



Рис. 5

Рис. 4

Осевые перемещения	Позиция 1	Позиция 2
X, мм	200	400
Y, мм	100	100
Z, мм	350	350
C, °	360	360
Основной шпиндель		
Максимальный диаметр внутренней расточки, мм	42	65
Частота вращения, мин ⁻¹	6000	5000
Максимальная мощность, кВт	9	15
Противошпиндель		
Максимальный диаметр внутренней расточки, мм	42	42
Частота вращения, мин ⁻¹	6000	6000
Максимальная мощность, кВт	9,7	9,7
Мощность привода оси C2, кВт	9,7	9,7
Количество неприводных инструментов	16	-

Таблица 1

355 мм, по оси Y - 75 мм, по оси Z - 155 мм, по оси A - 0 / + 90°, по оси C - 360°.

Максимальная частота вращения электрошпинделя рабочей головки станка - 50 000 мин⁻¹, максимальная мощность/вращающий момент - 5,2 кВт/1,3 Н·м (в кратковременном режиме), - 2,5 кВт/0,6 Н·м (в непрерывном режиме). Устройство автоматической смены инструментов оснащено магазином на 16 позиций.

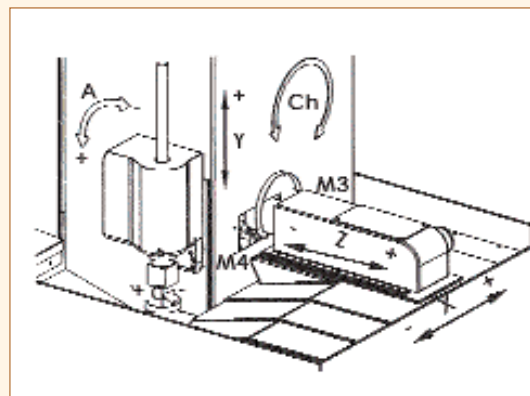


Рис. 6

Фрезерно-токарные центры S-192 FT с пятиосевым управлением предлагаются фирмой Bumatex в различных вариантах - одно- или двухшпиндельными. На рис. 7 приведена схема расположения осей в двухшпиндельном станке, а на рис. 8 в качестве примера приведены образцы деталей, обработанных на этом станке, соответственно для микромеханики и для применения в медицине. Центры предназначены для применения в часовой, ювелирной, авиакосмической, легкой, медицинской отраслях промышленности.

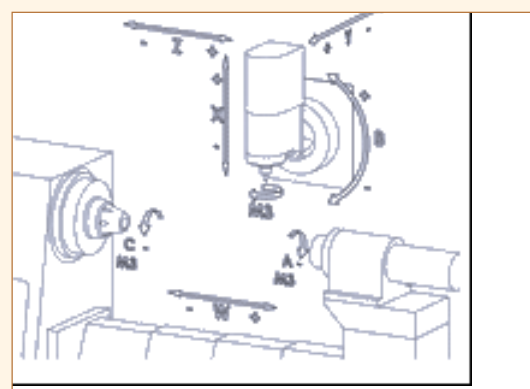


Рис. 7



Рис. 8-1



Рис. 8-2

Основные технические данные станка модели S-192 FT приведены в табл. 2.

Многопозиционный горизонтальный станок модели S-1000C (рис. 9) с максимальным количеством управляемых от CNC-системы осей, равным 38, имеет восемь или девять рабочих позиций. Он предназначен для применения в часовой, легкой, оптической отраслях промышленности и для изготовления соединительных деталей арматуры (например, детали, приведенной на рис. 10). Каждая из рабочих позиций имеет три-четыре оси, одновременно управляемых от CNC.



Рис. 9



Рис. 10

Максимальная частота вращения каждого из шпинделей станка равна 10 000 мин⁻¹, мощность каждого из приводов 1,2 кВт.

Фирма Bumatex SA предлагает различные возможные компоновки каждой из позиций в зависимости от технических условий заказчиков, в том числе и позиций с перехватом детали для обработки шестой стороны детали.

Диаметр отверстия для прохода прутка - 28 мм (42 мм - опция).

На станке могут обрабатываться до девяти прутков различного сечения, а также алюминиевые и другие профили длиной до 3 м.

Система CNC-управления типа NUM 1050 Axiom power способна формировать и выдавать управляющие сигналы по 37 осям.

Осевые перемещения подвижных органов на каждой из рабочих позиций в станке:

по осям X, Y, Z - 125 x 100 x 100 мм;
по оси C - 360°.



Рис. 11

Осевые перемещения, мм		Таблица 2
по оси X	200	
по оси Y	400	
по оси Z	550 или 650	
Основной шпиндель		
Максимальный диаметр внутренней расточки, мм	42	
Частота вращения, мин ⁻¹	6000	
Максимальная мощность, кВт	14	
Вращающий момент, Н·м	96 / 140	
Шпиндель сверлильно-фрезерной головки		
Частота вращения, мин ⁻¹	30 000	
Мощность, кВт	10	
Мощность двигателя оси В, кВт	4,3	
Углы наклона стола, °	+ 25 / - 115	
Вращающий момент, Н·м	84 / 150	
Контр-шпиндель		
Частота вращения, мин ⁻¹	5000	
Максимальная мощность, кВт	9,7	
Вращающий момент, Н·м	17	
Ось W	имеется	
Устройство смены инструмента		
Число позиций в магазине	30 / 48	
Оправка инструмента	HSK 40	

На рис. 11 представлен вид рабочей части станка модели S-1000.

На рис. 12 показана схема расположения позиций многопозиционного многопруткового горизонтального станка для изготовления деталей часовой промышленности, а в табл. 3 описаны соответствующие операции, выполняемые при изготовлении одной из разновидностей детали.

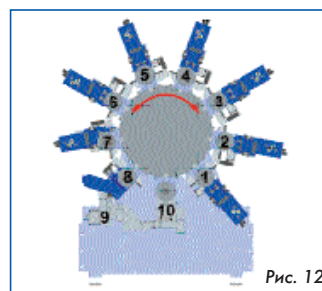


Рис. 12

Номер позиции	Выполняемая операция	Таблица 3
1	Черновая обработка наружной поверхности	
2	Чистовая обработка наружной поверхности	
3	Черновая и чистовая обработка переднего паза	
4	Черновая и чистовая обработка передней расточки	
5	Сверление и нарезание резьбы отверстия в передней части детали	
6	Черновая и чистовая обработка расточки в верхней части детали	
7	Черновая и чистовая обработка бокового паза	
8	Отрезка детали	
9	Черновая и чистовая обработка 6-й поверхности детали	
10	Подача прутка	

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

Представительство фирмы Globatex AG в России:

129223, Москва, пр. Мира, д. 119, стр. 69.

Тел.: (+7-495) 739-0375, 739-0376.

Факс: (+7-495) 232-3625.

www.globatex.ru

Globatex AG



В июле 2006 г. вышел из печати подготовленный ООО "ЦНИДИ" очередной каталог "Дизельные и газовые двигатели" на русском и английском языках.

В каталоге опубликована продукция 45 предприятий России, Украины и Белоруссии, занятых проектированием, исследованием и производством дизельных и газовых двигателей различного назначения, агрегатов на их базе, а также комплектующих к ним.

По каждому предприятию представлены уточненные адреса, полный перечень продукции в табличной форме с техническими характеристиками (обозначение двигателей по ГОСТ 10150-88, мощность, число оборотов коленчатого вала, удельный расход топлива, массогабаритные показатели, назначение и др.) Кроме того, каталог имеет указатель продукции, сводные таблицы предприятий и выпускаемой продукции, перечень стандартов, действующих в двигателестроении.

За прошедшие три года со дня предыдущего издания многие отечественные предприятия начали производство новых двигателей, создали газовые модификации двигателей, генерационные установки; ряд предприятий вошел в состав новых корпоративных структур.

Каталог можно приобрести в ООО "ЦНИДИ" по предварительной заявке.

ООО "ЦНИДИ":
196158, Санкт-Петербург,
Московское шоссе, 25, корп. 1.
Тел.: (812) 371-6581.
Тел./Факс (812) 371-2273.
www.cnidi.ru. E-mail:
diesel@cnidi.ru



Издательство "Сайнс пресс" выпустило книгу В.И. Голубева "Автомобильные проблемы". В ней рассматриваются вопросы, с которыми было бы неплохо ознакомиться всем разработчикам двигателей, автомобилей и других видов транспорта. Работа представляет собой почти философский трактат о к.п.д. автомобиля и других транспортных средств, она претендует на всесторонний анализ ситуации в энергетике, экономике и экологии транспорта. К примеру, физико-технические расчеты показали, что эффективность легкового автомобильного транспорта не превышает 1 %. Бессмысленное расходование топлива превышает все мыслимые нормы. Книга посвящена анализу причин, из-за которых конструкторы транспортных средств стремятся к иллюзорным целям, почему следует отказаться от традиционных авто и чем можно заменить двигатель Отто.

Автор рассуждает о том, откуда берутся автомобильные пробки и как их устранять, сколько стоит нефть на самом деле и каким должен быть автомобиль XXI века, а также о том, ...как строить летающие тарелки. По мнению автора, из-за превышения рационального уровня мощности автомобильного двигателя на порядок, легковой автомобиль превратился из средства передвижения в средство создания многочисленных проблем. В работе дано определение "идеального автомобиля". В Москве книгу можно приобрести в магазине "Транспортная книга", м. "Красные ворота", а жители других городов могут заказать ее по почте наложенным платежом: Москва, 115569, а/я 48; цена 150 р.



22 декабря 2006 г. состоялось очередное заседание Совета директоров ЗАО "Управляющая компания "Пермский моторостроительный комплекс".

В ходе работы был рассмотрен сводный бизнес-план предприятий Пермского моторостроительного комплекса на 2007 г. и назначен генеральный директор Управляющей компании. Им стал Валерий Жеглов, ранее исполнявший обязанности генерального директора ЗАО "УК "ПМК".

Валерий Владимирович Жеглов родился 16 июля 1962 г. в Архангельске. В 1984 г. окончил Высшее военное-морское училище подводного плавания им. Ленинского Комсомола по специальности инженер-штурман, в 1992 г. - Военно-дипломатическую академию, в 1998 г. - Международный университет по специальности менеджмент, имеет степень MBA.

Непосредственное участие в управлении предприятиями Пермского моторостроительного комплекса В.В. Жеглов принимает с 2003 г. в качестве руководителя Московского представительства, члена Правления ЗАО "Управляющая компания "Пермский моторостроительный комплекс".

В августе 2006 г. назначен на должность первого заместителя генерального директора ЗАО "Управляющая компания "Пермский моторостроительный комплекс", в сентябре 2006 г. - исполняющим обязанности генерального директора ЗАО "УК "ПМК".

В.В. Жеглов является членом Совета директоров ЗАО "Управляющая компания "Пермский моторостроительный комплекс" и Советов директоров ряда его предприятий.



26 декабря 2006 г. в Российском государственном гуманитарном университете состоялась защита курсовых проектов студентами самолетостроительного факультета МАИ. Работы проводились при непосредственном участии Клуба авиастроителей и компании ССТ. Идея этого научно-педагогического эксперимента принадлежит проректору РГГУ С.В. Кувшинову. В результате, коллеги экспертов, в число которых входили представители всех названных вузов и организаций, а также нашего журнала, были представлены полноценные мультимедийные версии солидно обоснованных и основательно проработанных концепций авиационных транспортных средств.

Спектр разрабатываемых летательных аппаратов весьма обширен: и по типу, и по назначению. Оценивалось не только качество подготовки проектов, но и глубина проработки темы, а также уровень выдаваемого мультимедийного продукта и качество его представления. Традиционно курсовые проекты студентов-пятикурсников служат основой для грядущего дипломного проекта. Впрочем, и на защите диплома вряд ли и вопросов к авторам будет больше, и они будут сложнее, чем на этих курсовых работах.

Невероятно трудно было выделить лучшую из всех этих работ, столь хорошо они были подготовлены. Комиссия решила, что глубже других все же была разработка Максима Семенова "Региональный самолет с возможностями вертикального взлета и посадки". Приз от фирмы ССТ достался ему. Своим призом Клуб авиастроителей особенно отметил Елену Петрову за разработку административного самолета.



ВИХРЕВАЯ МЕХАНИКА ПЕРЕМЕЖАЮЩИХСЯ СРЕД (ПОСОБИЕ ДЛЯ ВСЕХ ИНТЕРЕСУЮЩИХСЯ)

*Буря мглою небо кроет,
Вихри снежные крутя,
То как зверь она завоет,
То заплачет, как дитя.*

А.С. Пушкин

Александр Григорьевич Прудников, д.т.н., ЦИАМ

Традиционное представление об аэродинамике и гидродинамике строится на выдвинутом в свое время Леонардом Эйлером предположении о том, что любое внешнее воздействие на поток движущейся жидкости (газ - частный случай жидкости) производит изменение во всем потоке, захватывая его в большей или меньшей степени. Это зависит от силы воздействия, свойств потока, удаленности его от объекта возмущения. Однако ни летательный аппарат, ни его двигатель с воздушным потоком, описываемым механикой сплошных сред, непосредственно не взаимодействуют. Все процессы, которые обычно имеют место в авиации, - сжатия, энергоподвода, тепломассообмена и расширения - реализуются в зоне непосредственного контакта аэродинамических поверхностей с пристенными и свободными слоями газа (пограничными слоями воздуха, горячего и продуктов сгорания). Эти уже совершенно отличные от знакомых нам по школьной физике процессы и описываются вихревой механикой перемежающихся сред.

Представление о механике перемежающихся сред (МПС) проще всего получить от наблюдателя, фиксирующего взглядом движения любого людского сборища: рынка, стадиона, танцплощадки, а о вихревой механике (помимо приведенного в заголовке отрывка из классика) - от наблюдающего движение танцующих пар "в вихре вальса". Некоторое представление о вихревой механике перемежаемых сред получаем при взгляде на то же людское сборище сразу после неожиданного звука сирены. В этих движениях есть все необходимое из арсенала МПС:

- детерминированность и стохастичность движений;
- прерывистое чередование разных сред, или перемежаемость;
- многообразие сред, их движений и граничных условий, по-

скольку каждый танцующий, каждая пара, хоровод, ансамбль и т.п. - это своя среда, свои движения и свои граничные условия.

Явление налицо. Однако в подходе к его изучению мы встретим еще и многообразие и иерархичность "научных" подходов:

- классический "аэромеханик сплошной среды" с профессиональной легкостью отметит все среды, кроме воздушной, как "досадное отступление от классики";

- "аэродинамик-эмпирик" не зафиксирует и ее, если не случится сквозняка (у него и датчиков таких в нужный момент не окажется);

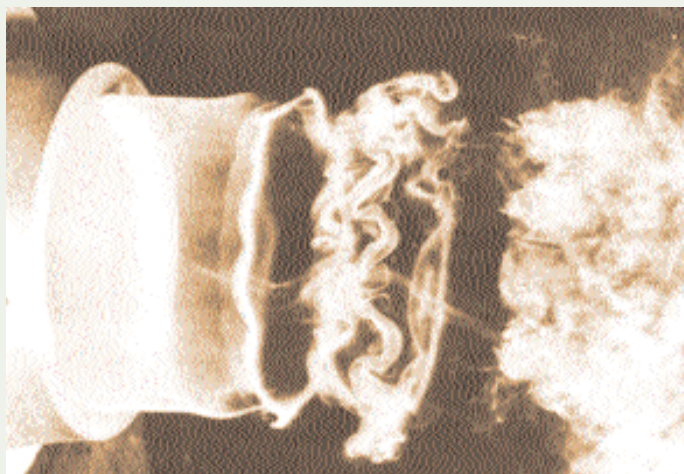
- "экологист" с восторгом обнаружит наличие NO_x , забыв про все остальное;

- ортодоксальная феминистка принципиально не заметит мужскую половину в танце;

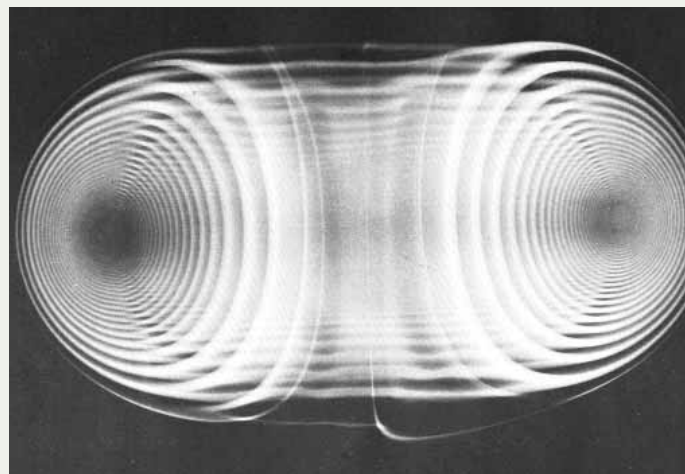
- профессиональный мошенник не примет во внимание всех, на ком нет драгоценностей.

...Этот ряд "исследователей-профессионалов" можно продлить до бесконечности. При этом для облегчения изучения выбранного множества сред, их плотностей, взаимных влияний и других параметров движения каждый "исследователь", несомненно, установит свою иерархичность и последовательность изучения выбранной им многокомпонентной среды. Кардиолог, стоматолог, проктолог или окулист, берясь за изучение предмета своего обожания (или поддержки существования), а сначала абстрагируются от несущественного для их науки влияния прочего организма.

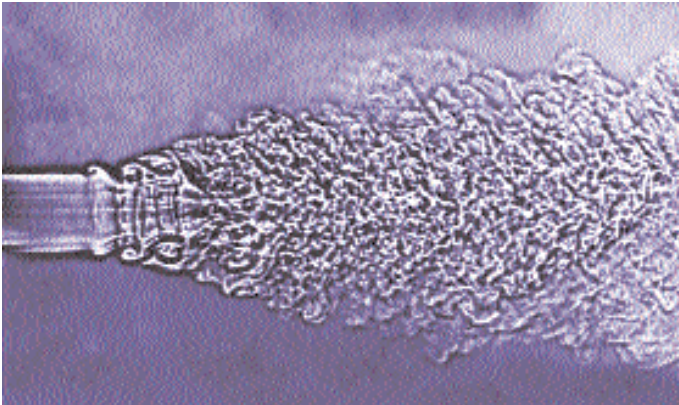
Из этих житейских адекватных аналогий видно, что эйлеров подход к МПС как к непрерывному движущемуся полю с непрерывным распределением статических и динамических параметров в непо-



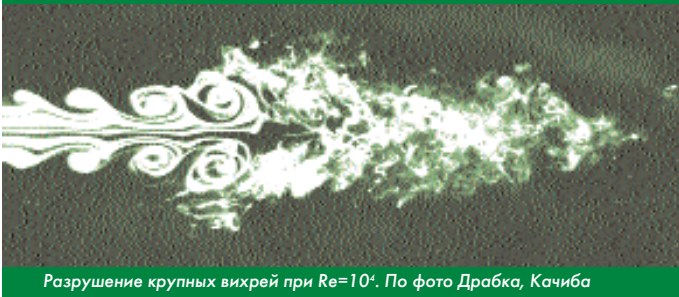
Турбулизация и разрыв ламинарной струи при $\text{Re}=13 \cdot 10^4$. По фото Михалке



Структура кольцевого вихря. По фото Качиба



Затопленная струя CO₂, V=39м/с, Re=3*10⁴. По фото Ландиса и Шапиро



Разрушение крупных вихрей при Re=10⁴. По фото Дробка, Качиба

движной декартовой системе координат будет близок к истинному только в крайне малом объеме исследуемой среды за время ее прохождения через точку регистрации текущего значения параметра. Для совокупности МПС необходимо эйлерово-лагранжево описание всех событий во все столь же неподвижной декартовой системе координат. В частности, общие формулы определения суммарного среднего дискретных перемежаемых событий и всех "одноточечных" моментов их пульсаций в случае МПС будут следующие:

$$S - \gamma_i S_i : \overline{S^{(n)}} = (S_i - S)^n \gamma_i, \quad (1)$$

где $S_i = \{p_i, T_i, p_i, u_i, p_i^*, T_i^*, \dots\}$ - матрица известных термогазодинамических параметров перемежающихся (или перемежаемых) сред, посчитанная для среды i ;

γ_i - коэффициент перемежаемости i -ой среды или вероятность появления объема i -ой среды в неподвижной точке наблюдения декартовой системы координат;

i - индекс данной среды из ансамбля перемежаемых сред (воздух, горячее, продукты горения; холодный поток, горячий и т.п.).

Например, для весенней открытой танцплощадки (а равно и для факела пламени) одинаковые соотношения (1) для среднего значения и среднего квадрата пульсаций температуры примут вид:

$$\begin{aligned} T - T_1 \gamma_1 + T_2 \gamma_2 - T_1 + (T_2 - T_1) \gamma_2; \\ \overline{T^2} = (T_2 - T_1)^2 \cdot \gamma_1 \gamma_2 = \Delta T^2 \gamma_2 (1 - \gamma_2), \end{aligned} \quad (1a)$$

где $T_1 \sim 0$ - температура весеннего воздуха (или же гомогенной смеси двигателя);

$T_2 \sim 36,6^\circ\text{C}$ - температура нормального танцора (а в другом случае - $T_2 \sim 2000^\circ\text{C}$ - максимальная температура продуктов горения в цилиндрах автомобиля);

$\Delta T = (T_2 - T_1)$ - максимальный перегрев (для скоростей сдвиговых потоков;

$\Delta u = (u_2 - u_1)$ - максимальный сдвиг;

$\gamma_2 = P_2 = p_2 - (T - T_1)/(T_2 - T_1)$ - помимо значения коэффициента перемежаемости имеет значение интеграла вероятности появления данной фигуры (либо данных продуктов полного сгорания и физической полноты сгорания);

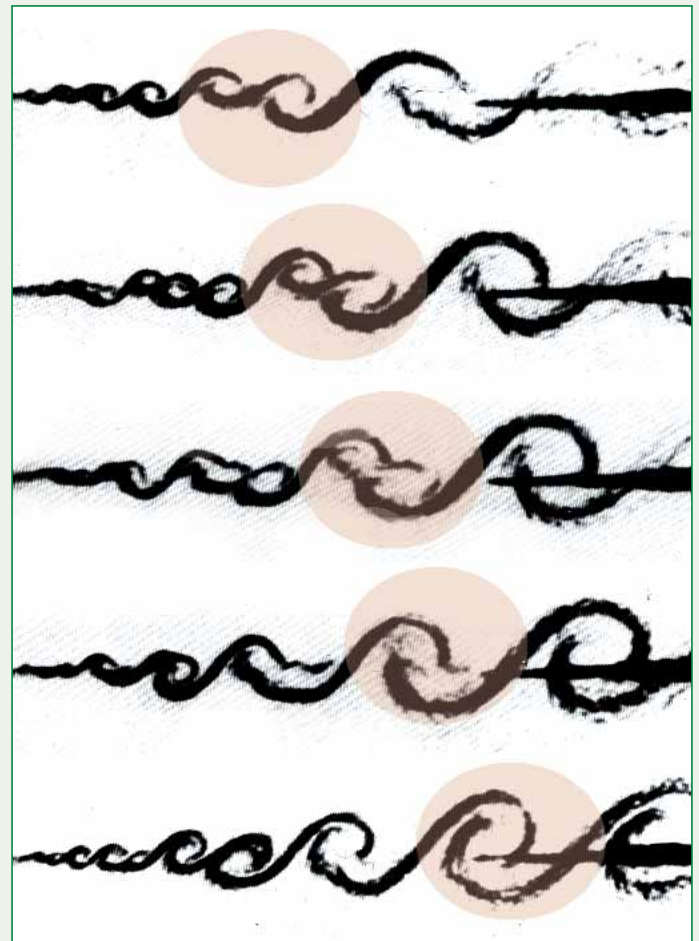
- T^2 - квадрат пульсаций от внешней перемежаемости. Есть еще квадрат пульсаций от внутренней перемежаемости температуры (мужчины и женщины; страстного танцора и флегматичного;

вихря смешения и сгоревшего вихря и т.д. и т.п.), которым мы в данном описании пренебрегаем.

Двигаясь дальше по пути аналогий: "человек - крупный вихрь - среда", вслед за открытиями вихревой аэромеханики второй половины прошлого века, начинаем лучше понимать их глубину. Каждый крупный вихрь тоже рождается, растет и умирает. При этом он образуется (рождается, если хотите) путем спаривания ("пейринга") только, точнее чаще, от двух предыдущих крупных вихрей. Вихрь может быть черным, белым, "метисом" или "мулатом", если его "родители" - спутные потоки - были изначально белыми или черными (например, потоки молока и черного кофе, извести и мазута), "желтым" или даже "голубым", если в продуктах сгорания присутствует или отсутствует сажа; имеет среднюю поступательную скорость, определяемую долей участия своих "родителей" - спутных потоков. Для всех спутных потоков вихреобразование идет с преобладанием массовой доли менее ограниченного спутного потока. В отличие от своих "родителей" крупные вихри имеют не только поступательную, но и вращательную скорость. При каких-то сочетаниях поступательной и вращательной скорости они могут даже "играть в чехарду", чего не могут их "родители", крупные стабильные вихри (точнее: уже не могут, ибо в молодости - могли, но со временем, остепенились и "затухли").

Крупные и мелкие вихри - два разных мира, две разные среды обитания, с разными источниками энергии и законами существования. Если "человек-среда" аналог "крупного вихря-среды", то мелкие среды обитания (на человеке и внутри него) - аналог турбулентности. Идеально "гладкий" человек, как и ламинарный вихрь не имеет "турбулентности" или выдающихся деталей по определению. 

(Продолжение в следующем номере).



Спаривание вихрей в слое смешения. Последовательность теневых фотографий демонстрирует смешение двух потоков одинаковой плотности под давлением 8 атм и при числе Рейнольдса 850000. Азот течет со скоростью 10 м/с над смесью гелий-аргон, движущейся со скоростью 3,5 м/с. Справа на кадрах виден датчик. Два разных вихря, видимые на верхнем снимке (выделены цветом), спариваются в центре третьего вихря и превращаются в один большой вихрь на нижнем снимке. По фото L. Bernal, G. L. Brown, A. Roshko. [1976]

CADreview VIP -

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Подъем российского рынка САПР продолжается. Об этом свидетельствуют оценки аналитической компании IDC, представленные на конференции CADreview VIP (www.cadreview.ru), которую уже третий раз провела компания Arbyte.

Эти сведения особенно интересны из-за закрытости отечественного рынка САПР, на котором почти никто из его игроков не сообщает своих финансовых результатов и количественных данных о проектах. Именно поэтому без оценок независимой организации невозможно понять, что происходит в отрасли и как продвигается ее развитие.

Конференция CADreview VIP позволила познакомиться с различными точками зрения, причем как этой авторитетной аналитической компании, так и самих игроков рынка САПР. Ведь на мероприятии традиционно собираются ведущие представители индустрии САПР и смежных областей. Комплекс автоматизации проектирования обычно включает много продуктов, как аппаратных, так и программных. Их количество растет, а существующие продукты постоянно совершенствуются. Именно поэтому пользователи должны быть в курсе последних достижений в области информационных технологий (ИТ). Естественно, что на подобных конференциях можно получить самую свежую информацию. Среди участников конференции в основном присутствовали руководители промышленных предприятий и ИТ-отделов. Перед участниками выступили не только представители компаний, занимающихся разработкой программного обеспечения (ПО) для САПР, но и других технологических компаний, таких как APC, Avocent, Cisco, LANDesk, SGI. Это еще раз подтверждает повышение интереса к тематике САПР в России.

Аналитик компании IDC Юрий Голдаев привел аналитические отчеты агентства, отметив, что сегодня, в том числе и в России, происходит смещение внимания от простых САПР в область PIM и PLM. В то же время наблюдается значительное повышение внимания к областям, примыкающим к САПР. Помимо PLM это организация охлаждения ЦОД, бесперебойного питания, хранения данных и так далее. В 2005 г. российский рынок средств автоматизации проектирования (CAD), подготовки производства (CAM), инженерного анализа (CAE) и управления информацией о продукции (PIM) в нашей стране вырос почти на 30 % и составил \$44,8 млн. В то же время в мировом масштабе объем продаж этих систем увеличился на 8 % и достиг \$5,2 млрд. Таким образом, российский сегмент хоть и не превышает 1 % от мирового, но растет гораздо быстрее и к тому же отличается по структуре. У нас на долю средств управления информацией о продукции приходится порядка 10 %, а в мире в два с лишним раза больше - примерно 23 %.

Главной проблемой отрасли остается пиратство. Но это не значит, что предприятия совсем не покупают

САПР. Нередко они приобретают две-три лицензии и разворачивают систему на гораздо большее число рабочих мест. Судя по данным IDC, положительных сдвигов здесь пока не наблюдается. Уровень использования нелегального софта по-прежнему превышает 90 % и, следовательно, является более высоким, чем в среднем по всему российскому рынку ПО. Причиной такого положения, по мнению аналитиков, является дороговизна лицензий, медленный возврат инвестиций и недостаточный уровень поддержки заказчиков.

Тем не менее, перспективы у отрасли неплохие. По прогнозу IDC, к 2010 г. объем продаж систем CAD/CAM/CAE/PIM в России достигнет \$113,4 млн, а в мире - \$6,9 млрд. Изменится и структура - на PIM у нас будет приходиться примерно 13 %, а в мире - около 30 %.

Судя по выступлениям докладчиков, спрос на ИТ со стороны промышленных предприятий увеличивается. Компания Arbyte три года назад в качестве одного из своих направлений выбрала создание рабочих станций и вычислительных комплексов для САПР. "Если наш бизнес растет примерно на 30 % ежегодно, то его составляющая, связанная с САПР, каждый год увеличивается в 2...2,5 раза", - отметил Олег Кукушкин, управляющий директор Arbyte.

Основное внимание на мероприятии традиционно было уделено программным и аппаратным решениям для CAD/CAM/CAE. Разработчик программного обеспечения Dassault Systems представил новые возможности систем проектирования, представители EMT и MSC.Software осветили преимущества компьютерного моделирования физических процессов, представители компаний UGS и Pro|TECHNOLOGIES уделили внимание аспектам функционирования систем PLM и примерам их внедрения в России и за рубежом. Arbyte представил обновленные модели профессиональных графических станций и высокопроизводительных серверов. Компания постоянно модифицирует конфигурации рабочих станций, используя для этого самые новые компоненты. Графические станции Arbyte на сегодня являются единственными российскими компьютерами, сертифицированными компанией Autodesk и UGS. Игорь Захаров, директор по развитию бизнеса SGI в России, рассказал о технологиях компании, позволяющих выполнять большие объемы вычислений и работать с большими моделями благодаря использованию единого поля памяти. Андрей Бузуев, руководитель 3D-студии Arbyte VizioCenter, рассказал об этом, достаточно молодом, направлении деятельности Arbyte и провел демонстрацию системы стереовизуализации VizioCenter. Система отличается доступностью и потому вызывает интерес у множества КБ. К тому же сегодня Arbyte не только предлагает саму систему стереовизуализации, но также выполняет заказы по созданию трехмерных моделей и презентаций на ее основе.

На конференции также были затронуты вопросы, которые возникают



параллельно внедрению САПР-систем или PLM-систем. Производители САПР-систем уделили много внимания аспектам успешного применения их продуктов, а также основным сложностям, возникающим у клиентов при внедрении ПО. В частности Евгений Бахин, член совета директоров компании АСКОН, уделил внимание интеграции ERP и CAD-систем и опыту работы с заказчиками в этом направлении. Но по мере внедрения сложных программных продуктов любая компания сталкивается с необходимостью управления сетью, поддержки пользователей и другими сложными проблемами. О решении подобных задач при помощи продуктов LANDesk рассказала Наталья Калиманова, руководитель проекта LANDesk.

Интересную тему затронул Алексей Лукацкий, менеджер по развитию бизнеса компании Cisco Systems. Сегодня разработчики редко интересуются вопросами защиты информации, не считая технологий авторизации в системе САПР или PLM. Как отметил Алексей, если по сети передается информация, являющаяся коммерческой тайной, то по закону РФ ИТ-отдел должен гарантировать соответствующую защиту этой информации и даже иметь лицензию на защиту информации. Но опасность пропажи данных и выхода из строя систем PLM становится все более серьезной, по мере того как системы переходят от закрытых стандартов передачи данных на IP-трафик. *"Сегодня можно установить вредоносный код даже на принтер, так что защищать надо все сегменты сети"*, - отметил Алексей Лукацкий.

Представитель лизинговой компании CHG Meridian рассказал участникам об оперативном лизинге, в случае которого закупленное оборудование через три года внесения лизинговых платежей должно быть возвращено лизинговой компании. *"Как показывает практика ведущих компаний, работающих на российском рынке и в мире, владение компьютерами и оборудованием с четвертого года эксплуатации может стоить компании до 50 % первоначальной стоимости в год"*, - отметил Алексей Мажукин, - *"а оперативный лизинг позволяет компании своевременно обновлять оборудование, внося лизинговые платежи равными долями ежемесячно, и не заботиться о старом оборудовании"*.

По оценкам CNews Analytics, на данный момент крупных информационных системы внедрены только на 15...17 % отечествен-



ных промышленных предприятий. Поэтому можно ожидать, что большинство организаций реального сектора будут выполнять проекты автоматизации в 2007-2010 гг.

К сожалению, такие радужные прогнозы омрачает ряд проблем, в числе которых следует отметить недостаток квалифицированных внедренческих кадров, нерегулярное финансирование ИТ-проектов (вызванное сменой собственника или высшего руководства), нарушение очередности работ (например, программирование выполняется до проектирования, проектирование - до обследования), плохое документирование принимаемых проектных решений, слабое участие в проекте руководителей предприятия и т. д.

Но у поставщиков САПР уже появился опыт решения этих проблем. Об этом свидетельствуют проекты, о которых рассказывали некоторые докладчики. Такая практическая направленность стала отличительной чертой данной конференции CADReview VIP. К тому же в нынешнем году организаторы выделили участникам специальное время для обсуждений и переговоров, поэтому они могли не только ознакомиться с современными технологиями, но и пообщаться с коллегами и обменяться впечатлениями.



ИНФОРМАЦИЯ

Отечественный производитель специализированных решений для САПР - группа компаний Arbyte - 20 декабря 2006 г. объявила об обновлении нового модельного ряда профессиональных графических станций. Графические станции Arbyte CADStation WS420 Arbyte CADStation 620 производятся на базе новейших двухъядерных и четырехъядерных процессоров Intel и профессиональных видеокарт NVIDIA нового поколения и отличаются от своих предшественников повышенной производительностью и энергоэффективностью.

В профессиональной графической станции Arbyte CADStation 420 применены процессоры Intel® Core™ 2 Duo. Благодаря наличию двух вычислительных ядер эти процессоры эффективнее управляют несколькими задачами и повышают продуктивность работы при выполнении нескольких приложений одновременно. Arbyte CADStation 420 отличается на 40 % более высокой производительностью и на столько же меньшим энергопотреблением по сравнению со станциями на базе процессоров Intel предыдущего поколения. Производительность и эффективность работы графической станции повышаются

благодаря снижению времени доступа к памяти. Наличие общей кэш-памяти второго уровня способствует уменьшению энергопотребления, сводя к минимуму объем трафика. Технология Intel® Advanced Digital Media Boost удваивает скорость выполнения команд, часто используемых в графических приложениях. Технология Intel® 64 Technology обеспечивает поддержку 64-разрядных вычислений.

Высокопроизводительная двухпроцессорная рабочая станция ARBYTE CADStation 620 создана на базе процессоров семейства Intel® Xeon™ 5100, в которых впервые среди серверных продуктов Intel были реализованы преимущества новой микроархитектуры Intel Core. Процессоры серии 5100, созданные на базе 65-нанометровой производственной технологии, совместимы с платформой Bensley, которая поддерживает модули памяти FB-DIMM, а также технологии Intel® Virtualization Technology, Intel® I/O Acceleration Technology (I/OAT) и управляющее ПО Intel® Active Server Manager. Приrost производительности графических станций Arbyte CADStation 620 по сравнению с системами на базе процессоров Intel преды-

дущего поколения достигает 135 %, а энергопотребление снижено почти на 40 %. ARBYTE CADStation 620 также может быть построена на базе четырехъядерного процессора Intel® Xeon® серии 5300. Производительность рабочих станций на базе этого процессора почти на 50 % выше, чем у современного поколения двухъядерных процессоров при сохранении уровня энергопотребления.

В графических станциях Arbyte CADStation 400 и 600 используются только профессиональные решения NVIDIA Quadro® FX, обеспечивающие максимальную производительность приложений и высочайшее качество графики. Решения ультра-высокого класса NVIDIA Quadro обеспечивают полосу пропускания до 33,6 Гб/с, буфер кадров 1 GB GDDR2, 256-битный интерфейс памяти и поддержку двух цифровых панелей высочайшего разрешения (3840 x 2400).

Технические специалисты Центра высокопроизводительных решений Arbyte, проведя ряд тестов производительности программных продуктов CAD/CAM/CAE на новых графических станциях, убедились в их реальных преимуществах.



ПЕРВЫЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ САМОЛЕТЫ С ТУРБОРЕАКТИВНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Александр Николаев

(Продолжение. Начало в № 5 - 2006)

Лишь по одному критерию Як-ЮМО был вне конкуренции - по простоте освоения летным составом. Командир истребительного авиакорпуса генерал Е.Я. Савицкий опробовал новинку и после полета на нем утверждал, что пилотирование *"вызывало ощущение, будто находишься на улучшенном варианте Як-3... Я был просто в восторге от машины"*. На августовском параде в День авиации Як-ЮМО уверенно пролетел над трибунами, вызвав соответствующие эмоции у зрителей. В сентябре 1946 г. по инициативе И.В. Сталина было принято решение провести еще более масштабную демонстрацию достижений в области реактивной авиации, подготовив к ноябрьскому военному параду 15 "Яков" и 10 И-300. Аналогичную задачу получил и Лавочкин, но задание для него было уменьшено до шести самолетов "150".

Очевидно, что для десятков машин, выпущенных пусть и малой серией, нужны были десятки, если не сотни (с учетом крайне малого ресурса - всего 25 ч) двигателей. Укажем: за годы войны немцы успели изготовить более двух тысяч реактивных самолетов различных типов, часть из них уцелела после капитуляции и досталась союзникам. На территории, занятой советскими войсками, располагались заводы, выпускавшие двигатели Junkers 004 и BMW 003 - два наиболее интересных для авиаторов образца германских ГТД. Летом 1945 г. было принято правительственное постановление об организации серийного производства этих двигателей в Советском Союзе - первого под наименованием РД-10 на заводе № 26 в Уфе, а второго под наименованием РД-20 на заводе № 16 в Казани. В 1946-1949 гг. этими предприятиями было выпущено 1911 РД-10 и 2911 РД-20. Кроме того, еще 812 несколько усовершенствованных двигателей РД-10А построил в 1950-1952 гг. казанский завод № 466. Почти все "десятки" предназначались для яковлевских реактивных истребителей.



Учебно-тренировочный истребитель Як-17УТИ

А в сентябре-октябре 1946 г. на тбилисском авиазаводе № 31 была организована работа в три смены для изготовления полутора десятков реактивных "яков". "На уши" поставили все службы и цеха, были обещаны невероятные призовые за выполнение задания, а в случае его срыва - не менее ужасные кары. Поразительно, но всего за полтора месяца это предприятие действительно сумело выпустить даже не пятнадцать, а девятнадцать машин, получивших в серии обозначение Як-15. Правда, самолеты эти не были вооружены и не несли запланированной бронезащиты... В конце октября группа строевых летчиков приступила к тренировочным полетам на новых машинах. Справились с заданием и микояновцы, и лавочкинцы (интересно - взялся ли бы кто-нибудь сегодня освоить производство нового реактивного самолета и выпустить в полет хотя бы один экземпляр за полтора месяца...). Но все эти невероятные усилия оказались напрасными. Утро 7 ноября 1946 г. выдалось туманным, и авиационную часть парада пришлось отменить.

В следующем году на тбилисском заводе был выпущен еще 261 серийный Як-15. Их вооружили парой пушек НС-23 с боекомплексом по 60 снарядов на ствол. В связи с установкой оружия пришлось уменьшить верхний керосиновый бак, размещавшийся над двигателем. В ходе государственных испытаний, завершенных в мае 1947 г., выявилась крайне низкая надежность двигателей РД-10, которые в лучшем случае вырабатывали 16...17 ч. На номинальном режиме тяги разрешалось эксплуатировать двигатель непрерывно не более 10 минут, что крайне затрудняло снятие летных характеристик. Максимальная скорость, достигнутая на серийной машине, не превысила 786 км/ч, а дальность полета - 510 км. Крайне неудобным оказалось шасси с хвостовым колесом. Реактивная струя подбрасывала мелкие камешки, которые наносили повреждения обшивке фюзеляжа и оперения. Отмечалась также вибрация руля поворота. В общем, самолет нуждался в определенной доработке, поскольку именно его выбрали на роль первого учебно-тренировочного истребителя.

ОКБ А.С. Яковлева в 1947 г. перепроектировало машину. Новый вариант получил обозначение Як-15У (улучшенный), а затем, после запуска в серийное производство, - Як-17. Силовая установка осталась без изменений, чего не скажешь о топливной системе. Применение шасси с носовым колесом заставило сдвинуть основные опоры назад, так что места для крыльевых баков не осталось. Пришлось внедрить подвесные баки под концами крыла, причем несбрасывающиеся. Из-за увеличившегося лобового сопротивления максимальная скорость еще уменьшилась и стала смешной для реактивного истребителя - всего 751 км/ч. Несмотря на это, в 1948-1949 гг. тбилисский завод выпустил 430 самолетов этого типа, главным образом в варианте Як-17УТИ. В качестве учебно-тренировочной машины яковлевский первенец, безусловно, сыграл положительную роль, поскольку по простоте освоения он не имел себе равных.

Вариант ОКБ А.И. Микояна

В июне 1945 г. коллектив микояновского ОКБ-155 приступил к разработке одноместного истребителя с двумя реактивными двигателями BMW 003, который получил наименование И-300 и заводской шифр "Ф". Первоначально в соответствии с утвержденным графиком проектирования и постройки срок готовности первого экземпляра на аэродром был определен 15 октября 1945 г. В отличие от истребителя И-260, проект которого в ОКБ прорабатывали с мая, у И-300 двигатели разместили не под консолями крыла (как на Ме-262), а в фюзеляже. Такая компоновка была признана наиболее удачной, поэтому работы над И-260 были свернуты, а все силы ОКБ сосредоточились на И-300. Ведущим инженером по теме был назначен А.Г. Брунов, ведущим инженером по летным испытаниям - А.Т. Карев.

Постановлением СНК СССР от 26 февраля 1946 г. и приказом НКАП от 27 марта 1946 г. коллективу ОКБ-155 было официально выдано задание на разработку истребителя И-300. Самолет предписывалось построить в трех экземплярах с предъявлением первого на летные испытания 15 марта 1946 г. По техническому заданию новый истребитель должен был иметь максимальную скорость 900 км/ч у земли и 910 км/ч на высоте 5000 м при времени подъема на эту высоту 4 мин. Практический потолок задавался величиной 13 000 м, а максимальная дальность - 820 км. Пушечное вооружение должно было включать одну пушку калибра 57 мм или 37 мм и две пушки калибра 23 мм.

Первый опытный экземпляр истребителя И-300 (Ф-1) был изготовлен и передан на заводские летные испытания в конце декабря 1945 г. В течение четырех месяцев проводились наземные испытания самолета и отработка его силовой установки на заводе № 155 и в ЛИИ НКАП. За это время отработали систему запуска, доработали защитные экраны, предохранявшие хвостовую часть фюзеляжа от воздействия газовой струи двигателей, а также провели усиление хвостовой части фюзеляжа.

Проведение летных испытаний первого экземпляра И-300 было поручено летчику-испытателю А.Н. Гринчику. Опробование и гонку двигателей, как правило, он старался проводить сам. 12 апреля 1946 г. А.Н. Гринчик выполнил на самолете гонку двигателей и рулежку на площадке перед ангаром, а 15 апреля - рулежку с подлетом. После устранения выявленных дефектов 19 апреля был произведен подлет на высоту до четырех метров при встречном ветре 8 м/с. Затем начали подготовку машины к первому полету. В первый и второй фюзеляжные баки и в расходный бак керосин залили полностью, а в крыльевые баки - частично. Вместо 57-мм пушки Н-57, размещенной в центральной перегородке воздухозаборника, установили болванку. Две 23-мм пушки НС-23, находящиеся под носовой частью фюзеляжа, оставили на месте. Вечером 23 апреля было получено разрешение на первый вылет.

Утром 24 апреля 1946 г. первый экземпляр истребителя И-300 вывели на аэродром, и в 11 ч 12 мин А.Н. Гринчик произвел взлет. Полет, продолжавшийся 6 мин, прошел успешно. Также без существенных замечаний были выполнены второй (7 мая) и третий (11 мая) полеты. Все механизмы работали нормально, и замечаний у летчика по материальной части не было. На высоте 2000 м в диапазоне скоростей от 240 до 550 км/ч была проверена продольная устойчивость машины. Поперечная устойчивость определена как хорошая, путевая - как недостаточная. В полете самолет немного валило вправо. При изменении скоростей полета самолета приходилось часто пользоваться триммерами рулей.

В полете 13 мая впервые столкнулись с серьезными проблемами силовой установки. Высоту 5000 м (с учетом разбега) самолет при номинальной частоте вращения вала турбокомпрессора набирал примерно за 5 мин. Однако при взлете и при наборе высоты оба двигателя недодавали тяги. Кроме того, левый BMW-003 работал неровно. При полете на высоте 5000 м на скорости 550...560 км/ч самолет затрясло, ощущались биения на ручке пилота и на педалях ножного управления. При дальнейшем увеличении скорости тряска прекра-



Вооружение И-300 было очень мощным: одна 37-миллиметровая пушка Н-37 и две 23-миллиметровых пушки НС-23. Но дульные газы всех орудий попадали непосредственно в воздухозаборник двигателей

тилась, но оставалось рыскание самолета до скорости 610...620 км/ч.

В дальнейшем тряска и зуд стали сопровождать практически все полеты первой машины. Кроме того, самолет периодически валило в разные стороны. Так, 16 мая сильная тряска ощущалась на протяжении всего полета от взлета до посадки. При уборке газа правого двигателя она прекращалась. Самолет в полете валило влево. После посадки произвели усиление правой стороны жароупорного экрана, устранили другие обнаруженные дефекты. В этот же день прибывшая в ЛИИ группа генералов ВВС ознакомилась с материальной частью нового истребителя.

В полете 17 мая скорость более 450 км/ч летчик не превышал. Сильная тряска, сопровождавшая машину в предыдущем полете, отсутствовала, но небольшая все же была. В очередном полете, состоявшемся на следующий день, незначительная тряска появилась на высоте около 4000 м на скорости 500 км/ч при номинальном режиме работы двигателей. На высоте 3000 м скорость полета была доведена до 690 км/ч, при этом зуд прекратился. Испытатели пришли к мнению, что на машину нужно установить усиленный экран и эластичное крепление подвески двигателей.

22 мая в полете на высоте 5000 м при выходе на площадку после того, как летчик отклонил элероны, стало дергать в обе стороны ручку управления, а на площадке при скорости 620 км/ч одновременно с этим возникла тряска. В связи с этим приняли решение заострить заднюю кромку на элеронах, уменьшить ход триммера руля высоты, а также установить эластичную подвеску двигателя и провести очередное усиление экрана.

Вечером 4 июня А.Н. Гринчик произвел полет на доработанной машине. Для изменения центровки в носовую часть фюзеляжа перед полетом добавили еще 20 кг груза. Несмотря на все принятые меры при скорости 550 км/ч тряска снова появилась на всех режимах, причем еще более значительная, чем в предыдущих полетах. При тщательном осмотре самолета после полета испытатели вновь обнаружили, что крепление листов экрана ослабло, хотя перед полетом все крепежные винты были подтянуты. Из-за непонятности причин, вызывающих тряску, было принято решение о временном прекращении летных испытаний истребителя И-300.

В связи с возникшими проблемами 5 июня А.И. Микоян созвал научно-технический совет, на котором присутствовали руководство ОКБ-155 и ведущие специалисты ЦАГИ. Выступивший на совете академик М.В. Келдыш утверждал, что "тряска самолета возникала из-за воздействия газовой струи двигателей и что вряд ли ее удастся устранить при данной схеме их расположения". Он предложил срочно отправить второй экземпляр И-300 в ЦАГИ для снятия частотных характеристик и определения на специальном стенде вибрации конструкции самолета при работающих двигателях. Параллельно было предложено вернуться к проекту истребителя с двигателями, подвешенными под крылом.

В итоге А.И. Микоян дал указания срочно провести в ЦАГИ цикл исследований И-300 (Ф-2). Одновременно бригаде общих видов под руководством А.А. Андреева поручалась разработка эскизного проекта самолета с двигателями под крылом, а бригаде двигателистов во главе с Г.Е. Лозино-Лозинским надлежало срочно изготовить для первого экземпляра И-300 новый экран с большей жесткостью.

К вечеру 16 июня основные доработки И-300 (Ф-1) удалось закончить. Полет, состоявшийся на следующий день, показал, что в управлении самолет стал приятнее, а тряска полностью прекратилась. Таким образом, предположение академика М.В. Келдыша о причине появления тряски не подтвердилось и надобность в доработке истребителя с разнесенными двигателями отпала.

После пробных гонок двигателей 9 июля самолет подготовили к дальнейшим испытаниям. В течение следующих двух дней было выполнено по одному полету по программе заводских испытаний. После последнего самолет подготовили к демонстрационному полету для руководства МАП и командования ВВС. В середине дня 11 июля 1946 г. на аэродром ЛИИ приехали министр авиационной промышленности М.В. Хруничев, главком ВВС главный маршал авиации К.А. Вершинин и другие высокопоставленные представители МАП и ВВС. Для показа были подготовлены два первенца отечественного реактивного самолетостроения - И-300 и Як-15, а также трофейный немецкий истребитель He-162. Первым в воздух взлетел He-162, пилотируемый летчиком-испытателем Г.М. Шияновым. Выполняя на нем несколько кругов над аэродромом, он прошел по прямой и произвел посадку.

Затем в небо поднялся Як-15, пилотируемый летчиком-испытателем М.И. Ивановым. При выполнении последним крутых виражей А.Н. Гринчик, наблюдая за полетом, сказал, что тоже может делать виражи не хуже, чем на Як-15. Ведущий инженер А.Т. Карев напомнил ему, что машина на таких режимах еще не испытывалась. А.Н. Гринчик ответил, что он прекрасно это понимает и поэтому можно не беспокоиться.

После посадки Як-15 А.Н. Гринчик взлетел на И-300 (Ф-1) в двадцатый раз. Самолет легко оторвался от земли, набрал высоту около 3000...3500 м, затем снизился до 450...500 м и над аэродромом начал выполнять различные маневры. При выполнении крутых виражей было хорошо видно, что с концов крыла сходили инверсионные жгуты - так велика была перегрузка. После этого летчик перевел самолет на снижение, намереваясь на высоте 100...150 м пролететь над аэродромом с большой скоростью.

При подходе к началу аэродрома самолет вдруг вздрогнул, затем от него отделились два предмета и, переворачиваясь через правое крыло, машина перешла в пикирование. На окраине аэродрома И-300 врезался в землю и взорвался, А.Н. Гринчик погиб. В присутствии главного маршала авиации К.А. Вершинина неподалеку от взлетно-посадочной полосы были подобраны оторвавшиеся в воздухе съемная лобовая часть крыла с переходным зализом на фюзеляж и концевая часть левого элерона.



На МиГ-9М пушки установили по-новому - вдоль бортов кабины

Выпуск отечественных реактивных самолетов первого поколения

Тип самолета	Завод	Годы выпуска			
		1946	1947	1948	1949
МиГ-9	№1	10	292	302	-
Як-15	№ 31	19	261	-	-
Як-17	№ 31	-	-	271	159

Главной причиной катастрофы явилось неудачное крепление съемных "лобовиков" крыла. В ОКБ-155 разработали новый вариант металлического крыла, изготовили новую оснастку, провели полный объем статических испытаний и после изготовления установили новое крыло на машину Ф-2. В первой половине июля 1946 г. сборочный цех покинул третий опытный экземпляр И-300 (Ф-3). 18 августа на авиационном параде, посвященном Дню Воздушного Флота, летчик-испытатель Г.М. Шиянов впервые продемонстрировал истребитель И-300 (Ф-2) широкой публике. В соответствии с заданием полет проходил на высоте 400 м перед трибунами и зрителями над Тушинским аэродромом. В этот же день в качестве резервного на старт выводили и машину Ф-3.

В целом на заводских летных испытаниях были получены неплохие результаты. Уже первые полеты продемонстрировали, что новая машина ОКБ-155 значительно превосходит по летным характеристикам серийные поршневые истребители. В ходе испытаний была достигнута максимальная скорость 920 км/ч на высоте 5000 м, которую самолет набирал за 4,5 мин. Дальность и продолжительность полета на высоте 5000 м при приборной скорости 563 км/ч составили 633 км и 1 час 02 мин, соответственно. В связи с окончанием заводских испытаний второй и третий экземпляры истребителя И-300 начали готовить к передаче в ГК НИИ ВВС на государственные испытания.

И-300, запущенный в серийное производство на куйбышевском авиазаводе № 1 для участия в ноябрьском параде, получил наименование МиГ-9, а его двигатели - РД-20 (они выпускались казанским заводом № 16). Суммарный "тираж" микояновского реактивного первенца составил 604 единицы, половина из которых была изготовлена в 1948 г. Следует подчеркнуть, что именно эта машина оказалась первым отечественным истребителем, сравнимым по боевым качествам с зарубежными самолетами аналогичного назначения. На МиГ-9 впервые было опробовано катапультируемое кресло. В сентябре 1947 г. на одном "МиГе" смонтировали первые двигатели РД-20Ф, по проекту Г.Е. Лозино-Лозинского доработанные форсажными камерами, что позволяло кратковременно доводить тягу до 1050 кгс.

Первый самолет с ТРД в ОКБ П.О. Сухого

В начале 1945 г. наркомат авиапромышленности утвердил план первого квартала, в котором ОКБ П.О. Сухого поручалось создание реактивного истребителя к 1 марта 1946 г. Однако впоследствии тема была исключена из плана из-за отсутствия летного образца двигателя С-18 конструкции А.М. Люлька. Эти обстоятельства вынудили проектировщиков переориентироваться на трофейный двигатель Jumo 004. В октябре 1945 г. эскизный проект двухмоторного самолета, получивший в ОКБ шифр "Л", был утвержден.

Машина предназначалась для ведения активного воздушного боя с истребителями и бомбардировщиками противника в прифронтовой зоне и представляла собой цельнометаллический среднеплан с трехколесным убирающимся в полете шасси. Вооружение состояло из пушки калибра 37 мм с боезапасом 45 снарядов и двух пушек калибра 20 мм с суммарным боекомплектом 300 патронов.

В выводах заключения по эскизному проекту указывалось, что проект "...представляет интерес для ВВС КА как в отношении летно-технических данных, так и в отношении конструкции. ... Летно-тактические данные будут несколько лучше летно-тактических данных однотипного немецкого реактивного самолета Me-262..."

При утверждении заключения главный инженер ВВС КА генерал-полковник ИАС А.К. Репин отметил, что "характеристики самолета, запроектированного в эскизном проекте, низки для самолетов серийной постройки 1947 г. Необходимо повысить V_{max} до 900 км/ч и реализовать остальные замечания по проекту... Конструкция истребителя должна позволять установку двигателей ЮМО с тягой до 1200 кг".

26 февраля 1946 г. постановлением СНК СССР был утвержден план опытного самолетостроения на 1946-1947 гг. В соответствии с планом главному конструктору и директору завода № 134 П.О. Сухому поручалось создание "одноместного истребителя с двумя ЮМО-004... с максимальной скоростью на высоте 3000 м - 880 км/ч, дальностью полета на 0,8 V_{max} - 1000 км и практическим потолком 12 500 м..."

Машина получила заводской шифр "К" и секретное обозначение Су-9. Сборка самолета была завершена 18 сентября 1946 г., а 5 октября он был перевезен на аэродром ЛИИ МАП для проведения заводских испытаний. В смешанную бригаду испытателей входили от ЛИИ летчик-испытатель Г.М. Шиянов и ведущий инженер по летным испытаниям С.С. Фаллер, а от завода № 134 - ведущий инженер по летным испытаниям М.И. Зуев и др. Из-за неблагоприятной погоды первый вылет самолета Су-9 длительное время откладывался и состоялся лишь 13 ноября 1946 г.

Начавшиеся летные испытания тормозились частыми отказами двигателей. Кроме того, первые полеты выявили неполадки в системе управления элеронами - так называемое "затирание", появляющееся при скорости полета более 480 км/ч. Проблема была решена путем установки 4-миллиметровых уголков вдоль верхней и нижней поверхности элеронов. При этом использовались результаты работ по изучению физической картины обтекания задней кромки профиля с расположенными на ней малыми надстройками, проведенных в ЦАГИ.

Выполнение программы испытаний затягивалось. Учитывая сложившиеся обстоятельства, П.О. Сухой в начале февраля 1947 г. обратился к руководству миавиапрома и ВВС с предложением о постройке малой серии (трех - пяти) самолетов "К", которые могли ускорить заводские испытания и, кроме того, эти самолеты могли принять участие в воздушном параде 1 мая 1947 г. Но министр М.В. Хруничев не видел смысла в форсировании программы Су-9, поскольку аналогичный по характеристикам МиГ-9 уже был запущен в серию.

Самолет решили использовать для отработки новой системы аварийного покидания машины летчиком в полете. Специалисты ОКБ П.О. Сухого, взяв за основу катапультируемое кресло самолета Не-162, доработали его конструкцию, установив телескопическую тележку, которая увеличивала ход кресла в пределах кабины и тем самым снижала перегрузки, действующие на летчика при катапультировании. Модернизация кресла осуществлялась под руководством А.М. Роднянского и была завершена к концу 1946 г. При помощи лебедки проверили безопасность выхода кресла с пилотом, одетым в зимнее обмундирование, произвели наземные катапультирования манекена со съемкой процесса на кинокамеры. Заключение ЛИИ МАП подтвердило надежность и безопасность кресла и позволило установить его на опытный самолет. Монтаж кресла был осуществлен в конце марта 1947 г., а в середине апреля для обеспечения безопасности полета расширили кабину и заменили откидную часть фонаря.

18 августа 1947 г. самолет Су-9 передали в ГК НИИ ВВС для проведения государственных испытаний. Ведущим летчиком-испытателем был назначен А.Г. Кочетков, а ведущим инженером - И.Г. Рабкин. В процессе госиспытаний определили характеристики пикирования, произвели взлет с перегрузочной полетной массой, проверили достижение предельно допустимого числа $M = 0,8$, оценили прочность самолета при больших перегрузках.

На самолете Су-9 смонтировали тормозной парашют, используя в качестве образца устройство от трофейного само-



Реактивный истребитель Су-9

лета Аг 234. Испытания, проведенные по отдельной программе, показали, что использование ускорителей позволило сократить длину разбега почти вдвое, а длину пробега с применением тормозного парашюта и тормозных щитков - в полтора раза. С приближением окончания испытаний оставалась неясной дальнейшая судьба самолета. В середине ноября 1947 года сотрудники ОКБ-134 В.А. Алыбин, И.Е. Баславский, С.Я. Горбунов, Н.А. Фомин, несколько опережая события и опираясь на результаты еще не завершенных государственных испытаний, обратились к министру Вооруженных Сил СССР генералу армии Н.А. Булганину с предложением о внедрении самолета Су-9 в серийное производство. Аналогичное письмо в начале декабря было отправлено на имя И.В. Сталина. Но эта инициатива не произвела никакого впечатления на руководство.

По заданию ВВС еще весной 1947 г. в ОКБ П.О. Сухого приступили к проработке варианта возможного использования самолета Су-9 в качестве истребителя-перехватчика. К середине декабря эта работа близилась к завершению. Опираясь на нее и на результаты госиспытаний истребителя Су-9, П.О. Сухой предложил главному ВВС свою концепцию поэтапного развития истребителя-перехватчика: "...Конструкция самолета остается без изменения, за исключением носовой части, в которой устанавливается локатор перехвата "Торий" и две пушки 37 мм. Одновременно предусматривается установка приборов для слепой посадки. При этом летно-технические данные самолета Су-9, полученные при государственных испытаниях, практически не изменяются.

Летные данные самолета будут резко улучшены во второй половине 1948 г. благодаря выпуску двигателей РД-14, равных по весу и габаритам РД-10 и устанавливаемых на самолете простой заменой без всяких переделок. Максимальные скорости самолета с двигателями РД-14 у земли и на высоте равны, соответственно, 950 и 925 км/ч, и время подъема на 5 и 10 км, соответственно, уменьшается до 2,8 и 7,1 мин. Учитывая, что серийный выпуск самолета может начаться летом 1948 года, практически почти все серийные самолеты будут выпускаться с двигателями РД-14.

... В связи с изложенным, прошу Ваших мероприятий по запуску в серийное производство самолета Су-9, т.к. этот самолет и его дальнейшее развитие решают задачу перехвата вражеских самолетов на ближайшие 3-5 лет".

18 декабря 1947 г. завершились государственные испытания, за время которых было выполнено 53 полета. В январе 1948 г. руководством ВВС вместе с актом по результатам госиспытаний самолета Су-9 был подготовлен проект письма И.В. Сталину и проект постановления правительства об утверждении акта госиспытаний истребителя Су-9, предусматривавшие организацию серийного производства самолета Су-9 на новосибирском заводе № 153.

Министр авиапромышленности молчал два месяца. 3 апреля 1948 г. документы с предложениями о серийной постройке Су-9 были направлены министру ВС СССР. Но было поздно: в марте 1948 г. правительство приняло решение запустить в серию и принять на вооружение истребитель МиГ-15, который в гораздо большей степени соответствовал требованиям военных. Су-9 проиграл, его разработчики затратили слишком много времени на разного рода "доводки".

(Окончание в следующем номере).

"КОНВЭР" В-58 "ХАСТЛЕР", ИЛИ "БЕСЦЕРЕМОНЫЙ ТИП" С ЯДЕРНОЙ ДУБИНКОЙ НАГОТОВЕ



Николай Александров

Пятьдесят лет назад, 11 ноября 1956 г., в воздух поднялся прототип первого в мире сверхзвукового бомбардировщика YB/RB-58, разработанный американской авиакорпорацией "Конвэр". Машина, обладавшая необычными формами и отличавшаяся множеством нововведений в конструкции, вызвала неподдельный интерес у авиастроителей всего мира.

Во второй половине сороковых годов важнейшими для Советского Союза были две задачи: восстановление разрушенного войной народного хозяйства и создание ядерного оружия, призванного исключить возможность нападения на нашу страну недавних союзников. Именно сюда были брошены основные ресурсы государства. В условиях нехватки средств другие военные программы, особенно перспективные, на некоторое время были приостановлены. В то время как в США разворачивалось производство реактивного среднего стратегического бомбардировщика "Боинг" В-47 "Стратоджет", отечественная авиапромышленность с огромными трудностями смогла освоить лишь винтомоторный В-29 "Стратофортресс" той же американской фирмы, получивший обозначение Ту-4. Дальнейшие планы связывались с дальним бомбардировщиком Ту-16, а еще более отдаленные - со стратегическим Ту-95. Обе машины замышлялись в туполовском ОКБ как дозвуковые, со стреловидным крылом и, в общем, с традиционной аэродинамической схемой.

Соединенные Штаты после окончания Второй мировой войны не были слишком стеснены в средствах. Скорее наоборот, у минобороны США денег было в избытке. Достаточно проанализировать, например, какое количество военных самолетов новых типов и, в частности, бомбардировщиков было запущено в серию за первое послевоенное пятилетие (а ведь все основные враги США, казалось бы, разгромлены). Сегодня о многих из них не вспомнят даже специалисты. Но одна машина - будущий "Ха-

стлер" - наряду с гигантскими В-36, В-47 и В-52 оставила заметный след в мировой авиационной истории. Можно считать, что разработка первого в мире стратегического сверхзвукового бомбардировщика началась в 1949 г.

Если произнесено слово "стратегический", то это означает получение межконтинентальной дальности полета. Если произнесено слово "сверхзвуковой", то это означает огромный расход топлива, в те времена приблизительно втрое превышающий аналогичный показатель для дозвукового режима полета. Как видно, эти два слова являются прямыми антагонистами, и примирить их непросто. Первые попытки "убить двух зайцев одним выстрелом" были основаны на концепции двухступенчатой системы: тяжелого дозвукового носителя В-36 и отделяемый сверхзвукового ударного аппарата с относительно небольшой массой и дальностью полета. Идея не являлась новой в части "разделяемости", имела ей и альтернатива, в то время, правда, еще недостаточно проработанная, - дозаправка в воздухе.

Однако на какое-то время заказчик - командование ВВС США - увлеклось концепцией авиаматки, и фирма "Конвэр" сосредоточилась на этом направлении. В конце 1950 г. появился рабочий проект, реализовавший такой сценарий боевого применения: сначала носитель В-36 с бомбардировщиком-"паразитом" на борту преодолевает 3200 км в направлении цели, а затем пятимоторный подвесной аппарат отделяется и летит с крейсерским числом $M = 1,3$ еще около 3200 км ("некруглые",

с нашей точки зрения, числа обусловлены тем, что американцы использовали в расчетах свою меру длины - милю (1,607 км), значит, речь шла о суммарном радиусе порядка 4000 миль). В районе цели "паразит" разгоняется до $M = 1,5$ и сбрасывает контейнер с ядерным зарядом и... одним из двигателей. На обратном маршруте еще приблизительно 2000 миль ударный самолет летит со скоростью, соответствующей $M = 1,3$, а затем отделяются еще два двигателя. С оставшейся парой ТРД изрядно облегченный "паразит" возвращается на базу уже на дозвуковом режиме... Что и говорить, схема сложная и затратная, особенно с учетом необходимости проведения тренировок летных экипажей. Тут даже "богатенькие дяди" из Пентагона принялись кривить носом.

В 1951 г. в ходе конкурса на средний стратегический бомбардировщик реальное соревнование развернулось между трехдвигательным MX-1626 фирмы "Конвэр" (один ТРД по-прежнему в отдельном контейнере, но от носителя B-36 уже отказались) и четырехдвигательным MX-1712 фирмы "Боинг" со стреловидным крылом. В феврале 1952 г. был организован окончательный конкурс между фирмами "Конвэр" и "Боинг", с дополненным требованием выполнения новым самолетом разведывательных задач. Через год, в феврале 1953 г. "Конвэр" была объявлена победителем и заключила официальный контракт на полномасштабную разработку самолета, получившего обозначение B-58.

Машина создавалась по схеме "бесхвостка" с треугольным крылом, которую фирма выбрала в 1946 г. по рекомендации немецкого конструктора А. Липпиша и в дальнейшем использовала в проектах истребителей-перехватчиков F-102 "Дельта Дэггер" (1953 г.) и F-106 "Дельта Дарт" (1956 г.). Приверженность "Конвэр" такой схеме связана с существенным преимуществом: высоким аэродинамическим качеством самолета при полете с большой сверхзвуковой скоростью. В проекте MX-1664, выигравшем конкурс в 1953 г., подвесной контейнер содержал лишь топливо, боевую нагрузку и часть оборудования, а четырехдвигательная силовая установка размещалась на крыле бомбардировщика.

Первоначально контейнер и фюзеляж, имевшие плоские горизонтальные сопрягаемые поверхности, образовывали единый корпус. Контейнер занимал почти всю длину фюзеляжа и имел дополнительную сбрасываемую после взлета собственную носовую стойку шасси, что утяжеляло и усложняло конструкцию. Совершить посадку с контейнером самолет в такой конфигурации не мог. В дальнейшем фирма приняла концепцию отдельного подвешиваемого на пилоне веретенообразного контейнера. Пришлось перенести РЛС из контейнера в фюзеляж самолета и применить длинную носовую стойку шасси.

Бомбардировщик B-58 решили оснастить опытными двигателями "Дженерал Электрик" YJ79-GE-1 тягой на форсаже 6580 кгс (на номинальном режиме 4450 кгс). Двигатель представлял собой одновальный ТРДФ с 17-ступенчатым осевым компрессором, трехступенчатой турбиной и трубчато-кольцевой камерой сгорания с десятью жаровыми трубами. Для своего времени он имел относительно небольшую массу 1430 кг. В конструкции ТРД было немало новинок и оригинальных технических решений. В их числе - входной направляющий аппарат и направляющие аппараты первых шести ступеней компрессора с поворотными лопатками, форсажная камера с регулируемой степенью форсирования и сверхзвуковое регулируемое сопло эжекторного типа. Максимальная продолжительность непрерывной работы форсажной камеры (и сверхзвукового полета) ограничивалась двумя часами, но в реальной эксплуатации из-за большого расхода топлива форсажная камера не включалась более чем на 45 мин.

Одной из наиболее сложных проблем оказался выбор способа расположения двигателей на B-58. Одна из рассмотренных конфигураций предполагала попарную подвеску ТРД под крылом (как на B-47 и B-52). Преимуществами этого варианта считались уменьшение массы конструкции и улучшение доступа к двигателям при обслуживании. Однако испытания летающей модели самолета по-

казали, что лобовое сопротивление такой конфигурации на трансзвуковых скоростях почти в два раза превышало расчетное. Вариант с двигателями в отдельных гондолах обеспечивал уменьшение лобового сопротивления самолета, особенно в конфигурации с подвесным контейнером. В августе 1954 г. была принята окончательная конфигурация с размещением всех двигателей в отдельных подкрыльевых гондолах. Топливо должно было размещаться во внутренних баках самолета и в подвесном контейнере.

Разработка B-58, как и любого новаторского проекта, была связана с большим техническим риском. Одна из главных трудностей состояла в отсутствии в то время достоверных методик расчета сверхзвуковых характеристик самолета. После проведения в середине 1954 г. трубных испытаний крупномасштабных моделей ситуация только ухудшилась, так как уточненные расчетные характеристики самолета, и прежде всего дальность полета, не удовлетворяли военных. В июне 1955 г. программа была преобразована в чисто экспериментальную, 13 уже заказанных машин предполагалось использовать для аэродинамических исследований продолжительного сверхзвукового полета и разработки систем для будущих боевых комплексов. Однако в августе этого же года было решено все-таки продолжить создание полноценного бомбардировщика.

Первый опытный самолет YB-58 выкатили из сборочного цеха в том же августе 1956 г., а 11 ноября 1956 г. летчик-испытатель Б. Эрикссон поднял машину в небо. Через полтора месяца (30 декабря 1956 г.) YB-58 превысил скорость звука, а 29 июня 1957 г. самолет совершил первый полет со скоростью, соответствовавшей $M=2,03$ на высоте около 13 км. В июне 1959 г. был оформлен заказ на постройку 290 самолетов B-58, из которых предполагалось сформировать пять авиакрыльев, но к началу 1960 г. объем производства уменьшили до 116 бомбардировщиков для двух авиакрыльев. Первый серийный самолет совершил первый полет в сентябре 1959 г., а завершилось серийное производство в октябре 1962 г. Всего изготовили 13 опытных YB-58, 17 предсерийных и 86 серийных B-58A. Таким образом, 30 машин были предназначены для летных испытаний и доводки - рекордное число для программы создания пилотируемого летательного аппарата. Впоследствии большинство из 17 предсерийных самолетов были модернизированы до уровня серийных и приняты на вооружение. Наименование "Хастлер", присвоенное самолету после запуска в серию, можно перевести как "бесцеремонный человек, действующий напролом".

Оборотной стороной необычности программы оказалась ее высокая общая стоимость, которая составила \$3,2 млрд, т.е. \$27,6 млн на один самолет - громадную по тем временам сумму. В американской печати тех лет противники B-58 указывали, что B-58 стоил больше, чем если бы он был выполнен целиком из золота. Эти утверждения были недалеки от истины, т. к. при цене золота в то время примерно \$35 за тройскую унцию и массе пустого снаряженного самолета с контейнером 30 150 кг цена "золотого" B-58 составила бы \$33,9 млн. Для сравнения укажем, что фактическая цена одного B-58 с учетом всех расходов по программе на 1967 г. составила \$33,5 млн, в то время как бомбардировщик B-52 стоил всего \$9 млн, а B-47 - \$3 млн. Не лучше обстояло дело и с эксплуатационными расходами: содержание авиакрыла B-58 обходилось в сумму, вдвое превышавшую стоимость эксплуатации авиакрыла B-52.



Макет одного из вариантов проекта B-58 со спаренными двигателями на пилоне

Первое авиакрыло самолетов В-58 было сформировано 1 марта 1960 г. на базе Карсуэлл, второе - на авиабазе Банкер Хилл. В боевом составе каждого авиакрыла по штату имелось 40 самолетов, каждая из трех эскадрилий крыла располагала 12 самолетами. Боеготовность авиакрыльев, входивших в состав стратегического авиационного командования (САК), была достигнута в августе 1962 г., а в сентябре этого же года самолеты были поставлены на дежурство. Каждый третий бомбардировщик В-58 постоянно нес дежурство на аэродромах в состоянии 15-минутной готовности к взлету. Начиная с 1963 г. во время учений практиковались взлеты с минимальным интервалом: 15...20 самолетов должны были подняться в воздух за 15 мин. В тренировочных целях В-58 периодически развертывались на передовых базах в Испании, Англии, Японии и на острове Гуам. За все время эксплуатации бомбардировщики В-58 налетали 225 тыс.ч.

Первоначально самолеты оснащались катапультируемыми креслами разработки фирмы "Конвэр". Однако в результате серьезных травм членов экипажа в ряде происшествий в феврале 1958 г. для повышения безопасности летчиков было решено создать индивидуальные спасательные капсулы, которыми с 1962 г. были оборудованы все В-58А. Капсула обеспечивала безопасное покидание самолета в диапазоне от 185 км/ч у земли до максимальной скорости на большой высоте. Катапультирование происходило с предварительным сбросом фонаря, установившаяся скорость снижения капсулы не превышала 7,6 м/с.

Схема "бесхвостка" отличается невысокими характеристиками на режимах взлета и посадки. Коэффициент подъемной силы В-58 достигал максимального значения около 1,3 при угле атаки около 35° и оставался почти постоянным при дальнейшем его увеличении. Для предотвращения касания хвостовой частью фюзеляжа поверхности ВПП на взлетно-посадочных режимах угол атаки пришлось ограничить величиной 17°, что при отсутствии механизации крыла, неэффективной на "бесхвостках", не позволяло получить коэффициент подъемной силы более 0,65.

Применение трехопорного шасси со стойками большой высоты было обусловлено размещением двигательных гондол под консолями крыла и контейнера под фюзеляжем. Высокое шасси обеспечивало также достаточно большие углы атаки на взлете и посадке, необходимые для самолета схемы "бесхвостка". Основные опоры с двухосными восьмиколесными тележками убирались вперед в корневую часть крыла с поворотом тележек на 90°. Передняя управляемая опора со спаренными колесами убиралась, складываясь назад в нишу под кабиной летчика.

Бомбардировщик был оборудован системой дозаправки топливом в полете с помощью жесткой заправочной штанги. Приемный штуцер располагался в носовой части фюзеляжа перед кабиной летчика. Среди летчиков В-58 пользовался репутацией самолета, сравнительно легко управляемого при дозаправке в воздухе.

Самолет оснащался навигационно-бомбардировочной системой "Сперри" AN/ASQ-42, считавшейся крупнейшим для своего времени достижением. Высокая точность достигалась использованием автономной инерциальной и астронавигационной подсистем в сочетании с ДИСС, радиовысотометром и аналоговой ЭВМ. Навигационно-бомбардировочная система обеспечивала возможность ориентирования в полярных районах. В носовой части фюзеляжа размещалась поисковая доплеров-

ская РЛС фирмы "Рейтеон". Она обеспечивала девять режимов бомбометания, основным из которых считался режим с использованием вынесенной точки прицеливания.

Атака В-58 с передней полусферы всегда считалась маловероятной, поэтому было решено ограничиться оборонительным вооружением в задней полусфере. Вначале предпочтение отдавалось пушке калибра 30 мм, затем для уменьшения массы и занимаемого объема выбрали установку с 20-мм пушкой "Дженерал Электрик" М61 "Вулкан". Турельная пушечная установка с боекомплектom из 1200 патронов имела дистанционное управление и обеспечивала зону обстрела в конусе с углом у вершины 60°.

В соответствии с первоначальным проектом В-58 предназначался для применения ядерного оружия с большой высоты. Эволюция программы привела к тому, что в конце 1953 г. предполагалось использование боевых подвесных систем двух типов: так называемых баков-контейнеров МА-1 и МВ-1, каждый из которых содержал одновременно ядерную БЧ и топливо для двигателей самолета-носителя. В конфигурации разведчика самолет вместо боевых МА-1 и МВ-2 должен был нести баки-контейнеры МС-1 и МД-1 с разведывательной аппаратурой. Однако намеченные планы не были полностью реализованы ни в отношении разведывательных контейнеров, ни в отношении боевых подвесок.

Наиболее сложным в техническом отношении оказался "управляемый бомбовый контейнер" МА-1С, представлявший собой крылатую ракету (КР) схемы "утка" массой 12 295 кг с расчетной дальностью пуска около 260 км и высотой полета после пуска до 32 900 м. Ракета оснащалась жидкостным реактивным двигателем "Белл" LR81-BA-1 тягой 66,7 кН, инерциальной системой наведения, складывающимся нижним хвостовым вертикальным стабилизатором, выдвижным верхним хвостовым вертикальным стабилизатором и передним горизонтальным рулем. Расчетная высота пуска составляла 10 700...18 300 м. После пуска ракета должна была набирать высоту под углом 20°, затем планировать с углом -7° и переходить в пикирование на цель с углом 70°. Программа создания МА-1С была отменена в мае 1957 г. после израсходования на нее \$66 млн.

Заметим, что аналогичная судьба постигла созданную в это же время более простую (без топливных баков для носителя и с радиокомандным или программным наведением) крылатую ракету "Белл" GAM-63 "Раскал", предназначавшуюся для средних бомбардировщиков В-47. Первая американская массовая КР "Норт Америкен" AGM-28 (GAM-77) "Хаунд Дог", созданная в 1959 г. и долгое время состоявшая на вооружении В-52, также была предложена для В-58 наряду с более поздними проектами баллистических ракет фирм "Мартин", "Белл" и "Дуглас" (например, "Дуглас" AGM-48 "Скайболт"). Все эти предложения все-таки не принимались из-за существенного уменьшения скорости (до дозвуковой) и дальности полета В-58, нуждавшегося в подвесном баке вследствие малого внутреннего запаса топлива.

Таким образом, управляемые ракеты на В-58 не "прижились", и бомбардировщик оснащался только свободнопадающим наступательным оружием. Первым на вооружение поступил так называемый "однокомпонентный" бак-контейнер МВ-1С, сбрасывание которого с носителя В-58 отрабатывалось в 1957 г. МВ-1С представлял собой оперенное осесимметричное тело длиной 17,4 м и диаметром около 1,5 м. Крестообразный хвостовой стабилизатор придавал контейнеру вращение относительно продольной оси. В контейнере имелись два топливных отсека, между ними располагалась термоядерная БЧ W39Y1-1 регулируемой мощности. Масса контейнера, полностью заправленного топливом и снаряженного БЧ, составляла 16 370 кг.

Контейнер МВ-1 оставался на вооружении до вывода В-58 из состава ВВС США, хотя и имел ряд недостатков, ограничивавших его использование. В частности, никак не удавалось устранить протечку топлива в отсек боевой нагрузки, из-за чего было повреждено несколько ядерных БЧ. После выработки топлива контейнер, на три четверти пустой, становился "балластом" для самолета, создавая вредное аэродинамическое сопротивление и уменьшая дальность полета.



Взлетает первый опытный В-58

Вынужденной, но эффективной мерой стало дальнейшее усовершенствование подвески путем применения двухкомпонентного контейнера TCP с отдельным большим топливным баком BLU 2/B-2 и конформно смонтированным над ним компонентом BLU 2/B-1, содержащим ядерную боевую часть W53. Кроме того, в верхнем компоненте имелись два небольших топливных отсека. Нижний бак BLU 2/B-2 мог быть сброшен после выработки топлива. Верхний компонент сбрасывался при атаке и, в свою очередь, разделялся на две части, при этом к цели доставлялась только носовая часть с БЧ. Решение о разработке TCP было принято в феврале 1958 г., а испытания проводились в 1960-1961 гг. После принятия TCP на вооружение ему отдавалось предпочтение (по сравнению с контейнером MB-1C) на B-58A. В то же время TB-58A редко нес контейнер TCP и совершал полеты, в основном, с обычным контейнером MB-1 или только с верхним компонентом контейнера TCP.

Контейнерная боевая нагрузка обеспечивала бомбардировщику возможность нанесения ядерного удара только по одной цели. Для увеличения числа поражаемых целей все серийные B-58 в 1962-1964 гг. были модифицированы путем установки двух пилонов под корневой частью крыла. На каждом пилоне могли подвешиваться две термоядерные бомбы Mk43 массой около 955 кг с мощностью заряда порядка 0,9 Мт. Таким образом, всего B-58 мог нести до пяти ядерных боеприпасов, в такой конфигурации он обычно и находился на боевом дежурстве.

В 1961-1963 гг. на B-58 установлено 19 официально зарегистрированных мировых рекордов скорости и высоты полета, завоевано большое число призов. К наиболее заметным достижениям относятся: рекорд скорости по замкнутому маршруту протяженностью 1073 км на приз Блерио - 2095,48 км/ч (10 мая 1961 г.), рекорд скорости по замкнутому маршруту протяженностью 1000 км с нагрузкой 2000 кг - 2067,57 км/ч (14 января 1961 г.), рекорд высоты полета с нагрузкой 5000 кг - 26 018 м (14 сентября 1962 г.).

Если верить опубликованным данным, максимальная достигнутая в полете скорость превышала 2300 км/ч ($M = 2,17$). Таким образом, B-58 обладал большей скоростью, чем большинство перехватчиков того времени, причем максимальная скорость ограничивалась не тягой двигателей, а максимально допустимой температурой элементов конструкции. Наибольшая суммарная продолжительность полета на сверхзвуке в одном полете составила 5 ч (с пятью дозаправками в воздухе, полет 16 октября 1963 г.). Самый дальний (17 700 км) и одновременно длительный (18 ч 10 мин) полет был выполнен 23 марта 1960 г. с несколькими дозаправками. Средняя скорость в этом случае оказалась равной 998 км/ч.

На начальном этапе испытаний, когда характеристики B-58 еще не были точно определены, его официальные оценки были достаточно оптимистичными. По оценкам командования ВВС США, сделанным в 1960 г., самолет B-58 мог поразить большинство крупных целей на европейской территории СССР с одной дозаправкой топливом в полете. Несмотря на столь благоприятные оценки, бомбардировщику B-58 не была суждена долгая жизнь в отличие от его дозвукового "коллеги" B-52, который несет службу и в наши дни. Еще в конце 1950-х годов руководство ВВС США отдавало себе отчет в относительности подобных оценок и опасности их экстраполяции на будущее. Критика B-58 значительно активизировалась во второй половине 1960-х годов и привела к снятию бомбардировщика с вооружения до конца десятилетия.

Вот основные аргументы противников B-58. Несмотря на то, что топливо составляло 60 % взлетной массы самолета, его дальность полета без дозаправки даже на дозвуковой скорости не превышала 7550 км. Между тем в соответствии с техническим заданием радиус действия B-58 должен был составлять 4260 км, причем со сверхзвуковым участком протяженностью 370 км. В процессе эксплуатации в строевых частях B-58 совершали "сверхзвуковые броски" длиной не более 560...800 км, поскольку расход топлива при $M = 2$ составлял 22 680...27 200 кг/ч (для сравнения - 5000...5550 кг/ч при $M = 0,91$). Прикидочные расчеты показывают, что практическая дальность B-58 с учетом сверхзвукового участка не превышала 7000 км.



Серийный B-58 с баком BLU 2

Остро ощущались и такие недостатки B-58, как ограниченный боекомплект (всего одна ядерная бомба в контейнере), неспособность самолета нести управляемые ракеты и неядерное оружие, в результате чего он не мог использоваться в локальных войнах. Если наращивание боевой нагрузки легко преодолевалось путем установки дополнительных подкрыльевых пилонов, то другие проблемы не имели простых способов решения. В 1957-1958 гг. изучался вариант B-58B с более мощными двигателями, увеличенными взлетной массой (до 84,1...84,4 т) и дальностью. В 1958-1960 гг. прорабатывался вариант B-58C, который намечали оснастить четырьмя бесфорсажными ТРД "Пратт-Уитни" J-58. При взлетной массе около 91 т бомбардировщик должен был нести ракетное оружие, иметь крейсерское число $M = 2,5$ на высоте 20 700 м с возможностью кратковременного броска до $M = 3$, максимальную дальность 9600 км без дозаправки и 13 900 км с одной дозаправкой в полете. Некоторое время исследовалась применимость B-58C для дальнего перехвата воздушных целей. Однако все эти модификации не были осуществлены "в металле".

Излишняя строгость самолета в пилотировании проявилась еще во время его испытаний. В период с декабря 1958 г. по июнь 1960 г. произошло восемь катастроф, в которых погибли 11 человек, а несколько членов экипажей получили ранения. К январю 1964 г. разбились еще три самолета. Во второй половине 1960-х годов аварийность самолетов снизилась, но все же была достаточно высокой, и к моменту снятия B-58 с вооружения всего было потеряно около 20 % построенных машин. Наибольший резонанс получили катастрофы, происшедшие в 1961 и 1965 гг. на парижских авиасалонах.

Вследствие плотной компоновки доступ к агрегатам при наземном обслуживании был затруднен, и B-58 слыл у наземного персонала "кошмарным" самолетом. Например, один из часто заменяемых элементов РЛС можно было извлечь лишь после извлечения из кабины спасательной капсулы. После замены элемента капсулу нужно было водворить на место для подключения питания и проверки работы РЛС, а если она все же не работала, то вся процедура повторялась вновь. Требования к квалификации летного и наземного обслуживающего персонала B-58 были весьма высокими. Строевые летчики подбирались по личной рекомендации командира авиакрыла и должны были иметь налет на реактивных самолетах не менее 1000 ч, из них 500 ч в качестве командира экипажа многодвигательного реактивного самолета (B-47, B-52, KC-135).

Между тем в начале шестидесятых годов прошлого века наиболее перспективным способом прорыва ПВО был признан маловысотный полет с огибанием рельефа местности. В 1965 г. было решено создать средний стратегический бомбардировщик FB-111 на основе истребителя-бомбардировщика F-111, разработанного той же фирмой "Конвэр" (вошедшей к указанному времени в концерн "Дженерал Дайнемикс"). Снятие B-58 с вооружения началось в ноябре 1969 г. (через месяц после поставки САК первого самолета FB-111) и завершилось через два месяца - 16 января 1970 г. Вначале уцелевшие B-58 были помещены на хранение в аризонской пустыне близ авиабазы Дэвис-Монтана, а в 1977-1979 гг. они были разделаны на металлолом.

К 15-ЛЕТИЮ ПЕРВОГО В МИРЕ ЛЕТНОГО ИСПЫТАНИЯ ГПВРД НА ЖИДКОМ ВОДОРОДЕ

ЦИАМ им. П.И. Баранова: **Вячеслав Афанасьевич Виноградов, Вячеслав Львович Семенов, Юрий Моисеевич Шихман**

28 ноября 2006 г. исполнилось 15 лет со дня первого в мире полета гиперзвукового прямоточного двигателя (ГПВРД) на жидком водороде. Это на самом деле этапное событие для авиакосмической отрасли всего мира. Полет обсуждался даже на заседании конгресса США. Проходит время, память о событии стирается, и, к сожалению, наслаиваются искажения. Авторы статьи сочли необходимым напомнить историю этой разработки.

Гиперзвуковые прямоточные двигатели разрабатывались в СССР с 50-х годов прошлого столетия. В 1957 г. профессор Е.С. Щетников подал заявку на изобретение ГПВРД и впоследствии получил авторское свидетельство. Работы, выполненные в 1950-1960-х годах в Центре им. Келдыша, где тогда работал Е.С. Щетников, в ЦИАМ и ЦАГИ, показали перспективность использования ГПВРД для авиационно-космических летательных аппаратов. Тогда же было определено, что наиболее ценную и достоверную информацию о свойствах этих двигателей могут дать их летные испытания.

С конца 1960-х годов велись исследования возможностей проведения летных испытаний. Ограниченный объем статьи не позволяет представить сведения о работах по летным испытаниям ГПВРД, выполненным за рубежом. Отметим только, что летные испытания гиперзвукового двигателя в США предполагались еще в 1960-х годах на ракетном самолете X-15, но реально первое испытание модели ГПВРД на экспериментальном летательном аппарате X-43A с ракетной системой выведения было проведено только в марте 2004 г. Авторы все же надеются, что заинтересованный читатель сможет самостоятельно составить представление об этих работах по публикации в отечественной и зарубежной печати.

Наиболее интенсивная и целенаправленная деятельность в области гиперзвуковых исследований началась в рамках комплексной программы "Холод", утвержденной комиссией Президиума Совета Министров СССР в 1979 г. Головной организацией по разработкам и испытаниям двигателей на криогенном топливе в этой программе был определен ЦИАМ. По программе "Холод" планировалось создание экспериментального водородного ГПВРД и проведение цикла его летных испытаний на гиперзвуковых летающих лабораториях (ГЛЛ). Над созданием ГЛЛ "Холод" и экспериментального ГПВРД под руководством и по техническим заданиям ЦИАМ работало более 20 предприятий и организаций Минобрпрома, Минобороны и, впоследствии, институты Академии наук СССР.

Было определено, что для испытаний ГПВРД наиболее целесообразны ГЛЛ с ракетными системами выведения. После рассмотрения нескольких типов ГЛЛ в качестве основного был выбран конверсионный вариант, разработанный на базе зенитной ракеты комплекса С-200 МКБ "Факел". В МКБ "Факел" совместно с ЦИАМ была разработана общая компоновка ГЛЛ "Холод", производилась общая сборка и изготавливался специальный отсек головной части с гиперзвуковым двигателем и системами обеспечения его работы, который устанавливался вместо штатного боевого отсека ракеты. Специалисты МКБ "Факел" участвовали в подготовке и проведении пусков ГЛЛ "Холод".

ТМКБ "Союз" совместно с ЦИАМ, предложившим схему жидководородного двухрежимного ГПВРД, облик двигателя и принципы его регулирования, разрабатывали и изготавливали экспериментальный двигатель Э-57. Система автоматического регулирования подачи топлива была разработана и изготовлена ОАО "ЭГА" (ранее МКБ "Темп") также совместно с ЦИАМ. В ЦАГИ совме-

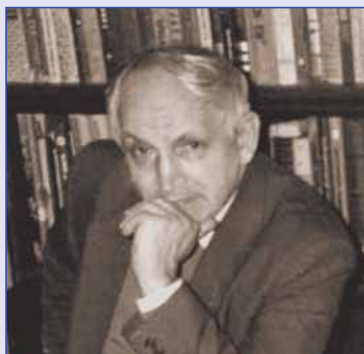
стно с ЦИАМ были проведены испытания малоразмерной модели ГПВРД с головным отсеком ГЛЛ.

НПО "Криогенмаш" совместно с ЦИАМ выполнил комплекс работ, связанных с созданием бортовой системы хранения и подачи жидкого водорода. Мобильный заправочный и транспортный жидководородный комплекс был разработан в ЦИАМ и эксплуатировался совместно со специалистами Минобороны. ОАО "Горизонт" выполнило необходимое дооборудование стартовой позиции комплекса С-200 и стенда для технологической подготовки ГЛЛ "Холод" к летному испытанию. В АО "Аэроэлектрик" (МАЗ "Дзержинец") выполнены доработки пусковой системы С-200 на стартовой позиции применительно к условиям старта ГЛЛ "Холод". Пуск ГЛЛ "Холод" проводили совместно военнослужащие полигона "Сары-Шаган", сотрудники МКБ "Факел" и ЦИАМ.

В работах по программе "Холод" участвовали многие сотни сотрудников, но все-таки главная часть исследований и разработок выполнена в ЦИАМ. В марте 1979 г. в ЦИАМ была создана рабочая группа для разработок экспериментального ГПВРД и его систем, стендовых испытаний двигателя, проектирования и изготовления бортовой системы хранения и подачи жидкого водорода и общей компоновки головных отсеков ГЛЛ "Холод", подготовки и проведения летных испытаний. Руководителем этой группы был назначен профессор Р.И. Курзинер, в нее вошли сотрудники подразделений 300, 500, 700, 005, 008, 009. В разное время научное руководство этими работами осуществляли Р.И. Курзинер, Д.А. Огородников, В.А. Сосун, С.М. Шляхтенко.

Огромный объем работ был выполнен опытным производством ЦИАМ. Здесь изготавливались отсеки ГЛЛ "Холод" и оборудование для стендовых испытаний ГПВРД и его систем. Эти работы велись под руководством Ю.Н. Баранова, А.В. Воронова и А.И. Толченова. Наиболее активное участие в решении возникавших проблем принимали Ю.М. Шихман, В.А. Виноградов, М.В. Строкин, Р.Б. Ших, Г.Г. Жадан, В.Н. Строкин, В.А. Грачев, Р.В. Албегов, М.Д. Петров, В.А. Степанов, Г.П. Степанов, Г.А. Клеянкин, А.Н. Антонов и др.

В 1991 г. завершилась программа исследований и предполетной отработки ГПВРД и его систем. За тринадцать лет были исследованы основные элементы и системы экспериментального ГПВРД (воздухозаборник, камера сгорания, сопло, системы воспламенения, охлаждения, хранения, топливopитания и регулирования расхода топлива), проведены стендовые испытания моделей водородного ГПВРД, изучены основные принципы, закономерности и особенности организации рабочего процесса в тракте водородного ГПВРД, работающего в диапазоне чисел Маха полета $M = 3,5...6$, разработаны рекомендации по конструкции летного варианта двигателя для ГЛЛ "Холод" с системами топливного охлаждения и регулирования. В 1988 г. для отладки системы управления ракеты были проведены два летно-конструкторских испытания ракеты комплекса С-200 с габаритно-весовыми макетами головных отсеков.



Рувим Исаевич Курзинер - первый руководитель работ по гиперзвуку в ЦИАМ

Программа исследований и предполетной отработки водородного двухрежимного ГПВРД завершилась испытаниями летного образца экспериментального двигателя на гиперзвуковом стенде с обдувом при $M = 5$. В этих испытаниях были подтверждены параметры воздухозаборника и возможности запуска двигателя с розжигом камеры сгорания при $M = 5$, показана работоспособность системы охлаждения при подаче жидкого азота, моделирующей подвод жидкого водорода. Всего в рамках программы предполетных исследований ГПВРД на стендах БМГ и Ц-101 были испытаны макетный образец и несколько вариантов моделей двигателя, включая летный образец.

В сентябре 1988 г. подготовку и проведение летных испытаний ДГПВРД на ГЛЛ "Холод" поручили отделу 012. Руководителем работ был назначен В.Л. Семенов, научное руководство возлагалось на А.С. Рудакова. С этого времени на полигоне "Сары-Шаган" интенсивно продвигалось создание стенда С-57-012, предназначенного для предполетной технологической подготовки и заправки ГЛЛ "Холод". Начальником стенда был назначен ведущий инженер Э.В. Морозов. На стенде смонтировали уникальное вакуумное и компрессорное оборудование, пульты и имитаторы для проверки бортовых систем. В эксплуатацию стенд был принят в ноябре 1990 г.

28 ноября 1991 г. был осуществлен первый полет ГЛЛ "Холод" по полной программе с запуском ГПВРД. Подготовка пуска выполнялась группой сотрудников ЦИАМ: В.Л. Семенов (руководитель), М.В. Строкин, Э.В. Морозов, Р.Б. Ших, Ю.М. Шихман, Г.Г. Жадан, О.Ф. Погорелова, А.Н. Колчеев, Г.П. Бурова, Н.В. Савкин и М.В. Сас (представитель Заказчика). Этот коллектив совместно с военнослужащими и сотрудниками МКБ "Факел" выполнил весь технологический цикл подготовки и пуска ракеты от доставки на полигон жидкого водорода из города Чирчик (Узбекистан) до заправки на стартовой позиции бортовой емкости при помощи оборудования и по технологии, разработанным в ЦИАМ.

Зафиксированное в первом летном испытании ГПВРД максимальное число M составило 5,8. Двигатель в первом летном испытании проработал 28 с, в процессе полета он дважды включался автоматически. Таким образом, впервые в мире в условиях летного испытания была доказана работоспособность гиперзвукового ПВРД.

В ходе летного испытания жидководородный ГПВРД с системами топливного охлаждения и регулирования расхода топлива работал при дозвуковой и сверхзвуковой скоростях потока в камере сгорания. Экспериментальная САУ ГПВРД подтвердила заявленные характеристики, нормальную работоспособность и обеспечила запуск двигателя, а система охлаждения поддержала работоспособность двигателя без нарушения его конструктивной целостности. Результаты летного испытания позволили сформировать представление о рабочем процессе и параметрах экспериментального двигателя (тягово-экономические параметры двигателя и параметры, характеризующие эффективность работы его узлов и систем), а также определить направления дальнейших исследований, направленных на совершенствование двигателя, ГЛЛ и технических средств летных испытаний ГПВРД.

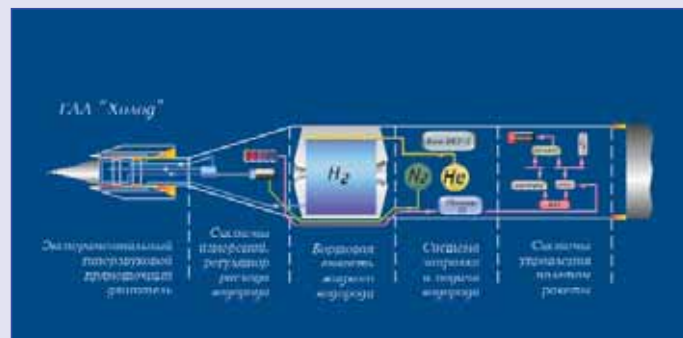
Указанное событие получило широкий отклик в мировой прессе, а ЦИАМ завоевал передовые позиции в области гиперзвуковых исследований. Работа получила высокую оценку научной общественности во всем мире, ряд сотрудников ЦИАМ во главе с его начальником Д.А. Огородниковым в 1993 г. был награжден грамотами и памятными медалями Федерации космонавтики России и золотыми медалями Международного общества аэродинамики и космонавтики США за выдающиеся достижения в области освоения космоса. Руководители работ - В.Л. Семенов, М.В. Строкин и



Сотрудники ЦИАМ - создатели экспериментального жидководородного двухрежимного ГПВРД и гиперзвуковой летающей лаборатории "Холод", 1992 г. Сидят (слева направо): В.А. Виноградов, Г.П. Бурова, Г.П. Степанов, О.Ф. Погорелова, В.А. Сосунов, Д.А. Огородников, Ю.Н. Баранов, Ю.М. Шихман, В.Н. Строкин, М.В. Строкин, Л.А. Белостоцкий, Р.Б. Ших. Стоят: А.А. Дюнин, В.Ф. Каргина, Т.Ф. Соколова, Ф.Я. Косоротиков, О.П. Майорова, А.Н. Колчеев, А.И. Толченов, О.Б. Мухин, А. Сейфетдинов, В.Л. Семенов, В.А. Грачев, А.Н. Михайлов, Б.П. Кузьмин, Г.Г. Жадан

Ю.М. Шихман - стали обладателями золотых медалей Ассоциации авиадвигателестроения (АССАД) России.

Дальнейшие испытания экспериментального жидководородного ДГПВРД на ГЛЛ "Холод" в 1992 и 1995 гг. проводились по контрактам с Национальным научным центром Франции (ONERA), а в 1997 и 1998 гг. по контракту с Национальным космическим агентством США (NASA). В проведении полетов участвовали также ученые Казахского государственного университета и Национального центра радиоэлектроники и связи. Состав бригады от ЦИАМ в основном остался прежним. В разное время в работах по ГПВРД участвовали и другие сотрудники ЦИАМ: А.П. Иванов, Е.М. Галанкин, Н.И. Варламова, О.Б. Мухин, В.С. Корягин, Н.Н. Кобызев. При последнем испытании, проведенном в 1998 г., была достигнута скорость полета $M = 6,5$. Результат оставался непревзойденным до 2002 г., а экспериментальный двигатель такой же схемы, изготовленный в КБХА, проработал более 77 с без разрушения конструкции.



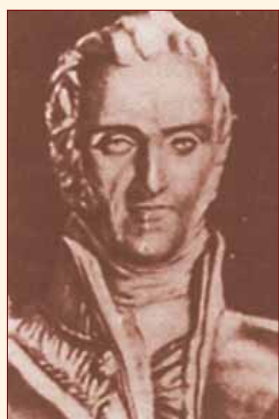
На фоне несомненных успехов в области создания ГПВРД в США и Австралии следует отметить, что в отличие от зарубежных образцов на ГЛЛ "Холод" экспериментальный двигатель являлся практически полным аналогом реального двигателя. Его проточный тракт охлаждался топливом, двигатель работал под управлением бортовой системы регулирования, совмещавшей функции управления расходом топлива по внутريدвигательным параметрам и диагностики параметров рабочего процесса и теплового состояния элементов конструкции.

Важным достижением является также развитие методов испытаний и анализа полученных данных, позволяющее по результатам измерений определять параметры двигателя и эффективность рабочего процесса в узлах и системах (тяга, коэффициент полноты сгорания топлива и т.п.), а также выполнить верификацию математических моделей рабочего процесса с учетом химических реакций горения водорода в проточном тракте камеры сгорания экспериментального ГПВРД.

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ. ЗАЧЕМ ЕЙ ПУЛЬСАЦИИ.

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

Турбулентность сопровождает нас везде, где есть машины и аппараты, двигатели и энергоустановки, где используются рабочие тела в виде трех известных фазовых состояний: жидкости, газа и плазмы. Теоретическое описание турбулентных течений остается большой научной проблемой. Многие известные подходы к ее решению в настоящее время являются приближенными, и в большей своей части основаны на эмпирических моделях турбулентности.



Луи Мари Анри Навье
(1785 - 1836)

Турбулентные течения жидкости, газа и плазмы возникают практически во всех ситуациях, связанных с эксплуатацией машин и аппаратов, работающих на подвижных рабочих средах. На сегодняшний день наиболее представительным и надежным методом исследования структуры таких течений является экспериментальный. Этот метод, как правило, является наглядным и позволяет получить количественные результаты.

С теоретической точки зрения весьма полезны расчетные методы, которые базируются на решении уравнений математической физики. И главным для газодинамики сплошных сред является фундаментальное векторное уравнение Навье-Стокса, которое описывает широкий класс вязких, сжимаемых течений жидкости, газа и плазмы. Нет оснований сомневаться, что это уравнение справедливо для ламинарных и турбулентных течений. Существует большое число частных газодинамических задач, которые подтверждают соответствие экспериментальных результатов и решений этого уравнения.

Уравнение Навье-Стокса построено на балансе импульсов или сил, действующих на элементы среды,

$$\rho \frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\text{grad}P + \mu \Delta \mathbf{v} + \frac{1}{c} [\mathbf{j} \text{rot} \mathbf{j}].$$

В левой части уравнения расположен инерционный член. В правой части последовательно - силы давления, вязкости и сила Лоренца. Написанное уравнение является весьма сложным и в настоящее время аналитически оно не решено, хотя существует много методов, при помощи которых оно решается численно. Но все же желанием исследователей турбулентных течений всегда было получение конечных математических соотношений, позволяющих проводить наглядный анализ и определять области допустимых значений. Поэтому решение уравнения Навье-Стокса максимально преобразовывалось или упрощалось. Так, например, для стационарного течения жидкости и газа уравнение приобретало вид уравнения Пуассона:

$$\Delta V = \frac{W_{\text{кор}}}{\nu},$$

где левый член - лапласиан скорости, а правый - величина кориолисова ускорения, разделенная на кинематическую вязкость. Строго говоря, при этом сделано первое упрощение, суть которого сводится к пренебрежению частной производной по времени и сужению класса течений до стационарных для жидких и газообразных сред. Взамен получили возможность провести математический анализ.

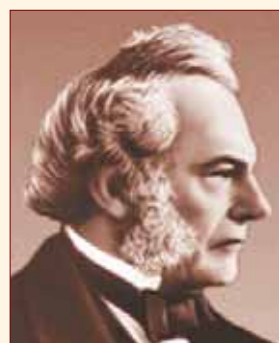
Существуют и другие упрощения уравнения Навье-Стокса, которые на разных этапах развития газодинамики позволяли отвечать на теоретические и практические вопросы, связанные с турбулентностью. Ниже проведен анализ других наиболее известных упрощений.

Уравнение Эйлера. Хотя это уравнение появилось гораздо раньше уравнения Навье-Стокса, можно считать, что оно является неким упрощением. Действительно, если пренебречь вязкостью, то уравнение Навье-Стокса принимает вид уравнения Эйлера:

$$\rho \frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\text{grad}P.$$

Это уравнение справедливо вдали от стенок каналов и обтекаемых тел. Вблизи стенок сильно эффекты вязкости, которые значительно меняют структуру и режим течения. Наиболее эффективно дифференциальные уравнения Эйлера могут использоваться в сверхзвуковой части сопла, где поток можно считать идеальным. Приближение Эйлера также можно использовать для газов с низкой вязкостью и при работе на низких температурах (атмосферный воздух).

В практических расчетах используется комбинированный подход - ядро потока рассчитывается по уравнению Эйлера, а поток у стенок - по уравнению Навье-Стокса. Если учесть, что все реальные рабочие тела являются вязкими, то уравнение Эйлера всегда является приближенным.



Джордж Габриель Стокс
(1819 - 1903)

Первое, о чем я попрошу
Создателя,
когда предстану перед ним,
будет раскрытие тайн
турбулентности.
Теодор фон Карман

Использование симметрии. Часто при расчетах течений используют симметрию. Обтекание осесимметричных тел и течение в осесимметричных соплах наталкивают на искушение использовать в расчетах этот факт и из трех дифференциальных уравнений векторного уравнения Навье-Стокса оставить два. При этом свести трехмерную постановку задачи к двумерной, считая, что симметричные координаты можно опустить. В этом случае сильно упрощается расчетный процесс. Для отдельных случаев создаются условия получения аналитического решения. И все было бы хорошо, если бы не турбулентность. А она нарушает все планы и снижает надежду на успех. Дело в том, что с увеличением числа Рейнольдса осесимметричная картина турбулентного течения нарушается. При обтекании поперечного цилиндра появляется дорожка Кармана; при течении в сопле с градиентом давления образуются вихри Тейлора-Гертлера, а при обтекании сферы (журнал "Двигатель", № 4 (46), 2006 г.) в ближнем следе образуется плотно упакованная "оплетка". И не удивительно то, что расчеты с осесимметричным допущением никогда не дают подобных конфигураций. В одномерном приближении эффекты пространственных течений (турбулентности) теряются еще больше.

Линеаризация. Хуже обстоит дело, когда излагаются не от координат, а от нелинейных членов. Ведь векторное уравнение Навье-Стокса или, что то же самое, система трех дифференциальных уравнений Навье-Стокса состоит из нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка. Это уравнения колебательного типа или волновые. Решения этих уравнений могут быть либо периодическими, либо солитоновыми (журнал "Двигатель", № 2 (38), 2005 г.). Если из уравнений Навье-Стокса удалить нелинейный конвективный член, то система станет линейной и решением такой системы будут гармонические функции типа

$$u = Ae^{i(\omega t - kx)},$$

а локализованные стационарные решения, характеризующие турбулентность, будут утрачены. Другими словами, используя линеаризацию, мы сами себе определяем решение в виде гармоник, игнорируя важные эффекты, определяющие структуру турбулентности. С методической точки зрения использование линеаризации позволило разработать новые подходы к исследованиям в гидрогазодинамике. Был разработан аппарат изучения устойчивости, который был взят за основу при объяснении перехода от ламинарного течения к турбулентному. Великолепный математический аппарат демонстрировал преимущество различных дисциплин. К сожалению, результаты многочисленных теоретических исследований течения при переходе его к турбулентности не совпадали с экспериментальными данными. Поэтому разработать методику определения критического числа Рейнольдса не удалось.

Приближение пограничного слоя. Одним из способов решения уравнения Навье-Стокса является способ выделения вязкой пристенной области и области условно потенциального течения. При этом область, расположенная далеко от стенки может считаться невязкой. Газодинамические решения для этой области находят из уравнения Эйлера. В области, находящейся непосредственно около стенки, эффекты вязкости проявляются наиболее сильно. Приближение Эйлера здесь несправедливо. Эта пристенная вязкая область называется пограничным слоем и имеет следующие особенности:

1. Пограничный слой весьма тонок по сравнению с размерами канала.
2. Скорость потока на стенке практически равна нулю (эффект прилипания).
3. Течение в пограничном слое сдвиговое с переменным профилем скорости.

Эти особенности позволяют упростить эллиптические уравнения Навье-Стокса и в дальнейшем свести их к параболическим.

Наиболее строгое упрощение сделал Людвиг Прандтль, который для абстрактной плоской задачи, предусматривающей обтекание пластины полубесконечным потоком, ввел понятие толщины пограничного слоя. При этом Прандтль использовал свойство профиля скорости, имеющего вид кривой насыщения. Для определения толщины пограничного слоя им было установлено отличие текущей скорости в пограничном слое и скорости на бесконечности, которое составляло один процент $V = 0,99 \cdot V_\infty$. В месте, где эта зависимость выполнялась, заканчивался пограничный слой, а толщина в этом месте была названа толщиной пограничного слоя (δ).

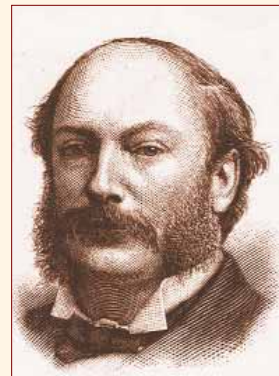
Далее Прандтль произвел оценку членов уравнений Навье-Стокса применительно к этим условиям и среди прочего показал, что толщина пограничного слоя порядка обратной величины корня из числа Рейнольдса $\delta \sim (Re)^{-0.5}$, градиент давления поперек пограничного слоя порядка толщины пограничного слоя $dp/dy \sim \delta$. Эти оценки позволили преобразовать уравнение Навье-Стокса до двух более простых:

$$u \frac{du}{dx} + V \frac{du}{dy} = -\frac{dp}{dx} + \nu \frac{d^2 u}{dy^2} \quad u \frac{dp}{dy} = 0.$$

На практике подобные упрощения необходимо производить особенно осторожно. Когда решаются задачи обтекания различных тел или течений в соплах, необходимо осознавать, что нюансы турбулентности скрываются именно в отброшенных членах, а прямая замена трехмерных течений на плоские лишает задачу градиентности.



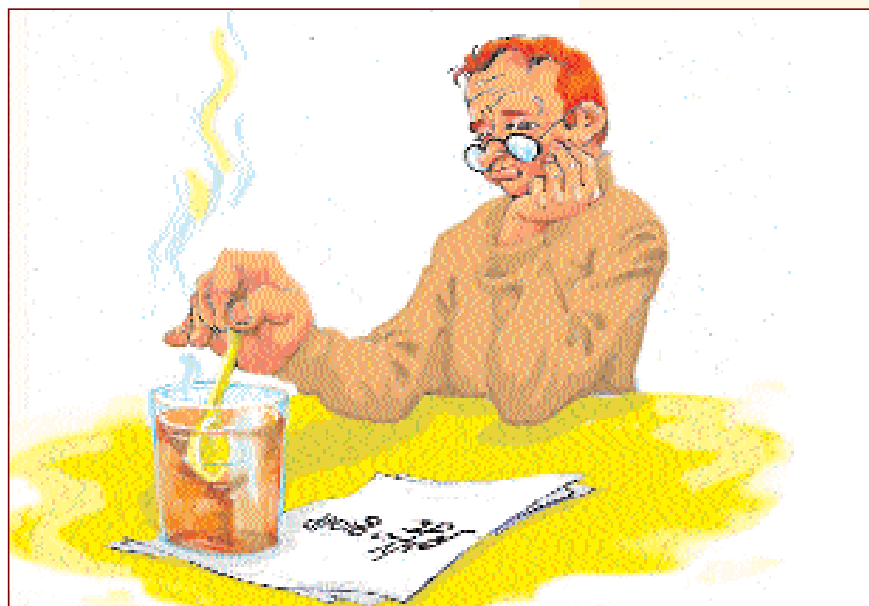
Леонард Эйлер
(1707 - 1783)

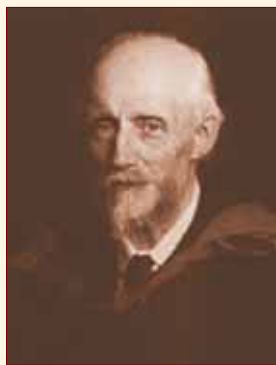


Джон Уильям Стретт, лорд Релей
(1842 - 1919)



Людвиг Прандтль
(1875 - 1953)





Осборн Рейнольдс
(1842 - 1912)

В эпохах, умах, коридорах,
Где разум, канон, габарит -
Есть области,
Скрывшись в которых,
Разнузданный хаос царит.
Игорь Губерман

Упрощение Рейнольдса. Упрощение Рейнольдса основывается на статистическом определении турбулентного течения. В отличие от волновой концепции (журнал "Двигатель", № 4(46), 2006 г.) статистическая теория предполагает наличие в потоке большого количества отдельных невзаимосвязанных мелких вихрей различной интенсивности, непрерывно меняющих свое положение, при которых происходит перенос масс жидкости между ее соседними слоями. Эти мелкие массы, которые Л. Прандтль называл молями, перемещаясь, вызывают, так называемые, пульсации параметров потока: давления P^l , скорости U^l , плотности ρ^l и т.д. Строго говоря, пульсации - это отдельные толчки со стороны турбулентного потока, которые может зафиксировать замечательный измерительный прибор - термоанемометр. Этот прибор, независимо от причины возникновения, может фиксировать любые всплески, выбросы, колебания среды и просто случайные перемещения. В общем, он записывает все, что пыхает и вздрагивает. Такой прибор оказался весьма кстати и на протяжении уже долгих лет используется для исследования сложных турбулентных течений.

В целях объяснения структуры турбулентности абсолютные значения параметров было принято выражать в виде алгебраической суммы некоторой средней величины и пульсационной составляющей:

$$p = \bar{p} + p^l, \quad u = \bar{u} + u^l.$$

Считалось, что осредненное по времени движение характеризуется полем скоростей и определяется руслом, в котором происходит движение. Кроме того, предполагалось, что поле пульсационных скоростей, интенсивность которого определяется степенью турбулизации потока, является характеристикой, зависящей от времени.

Эти умозрительные допущения легли в основу нового представления Рейнольдсом уравнений Навье-Стокса. Проще говоря, О. Рейнольдс эти уравнения "распульсировал". Он получил из трех уравнений Навье-Стокса свои шесть уравнений. Немедленно возникла проблема замыкания этих уравнений - потребовалось дополнительно три граничных условия. До сих пор эта проблема в общем виде не решена.

Запись этих уравнений повлекла за собой целый ряд новшеств. Появились правила осреднения параметров по Рейнольдсу. Было введено понятие касательного напряжения (Рейнольдсово напряжение):

$$\tau = -\rho \cdot \overline{u^l v^l}.$$

Кроме того, были введены понятия турбулентной вязкости, масштаба турбулентности l и спектральной функции распределения энергии по масштабу ϵ . В дальнейшем все эти параметры вычислялись с помощью корреляционных зависимостей, полученных экспериментально при помощи показаний термо-

анемометра с последующей статистической обработкой: $v' = (l \cdot \epsilon)^{0.33}$ - закон Колмогорова - Обухова.

Замыкание уравнений, то есть введение дополнительных соотношений, необходимых для их решения, осуществляется с помощью специально разработанных моделей турбулентности. В настоящее время в литературе представлено около двух десятков аналогичных моделей. Они все, как правило, основываются на гипотезах (гипотеза о пути перемешивания Прандтля, гипотеза Тейлора о переносе завихренности и т.п.) и результатах экспериментов на плосковоздушных "холодных" моделях. С помощью моделей турбулентности находится связь пульсационных составляющих турбулентного потока и осредненных значений параметров, например:

$$\overline{u^l v^l} = -l^2 \left| \frac{du}{dy} \right| \cdot \frac{du}{dy},$$

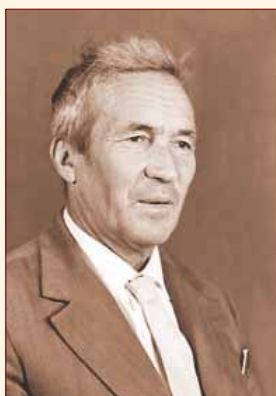
где l - длина пути перемешивания. При этом значение коэффициента турбулентной вязкости выражается в виде

$$\mu_{\text{турб}} = \rho \overline{u^l v^l} / \frac{du}{dy}.$$

Таким образом, введенные в уравнения понятия пульсаций были необходимы для использования на промежуточном этапе преобразований обширного экспериментального статистического материала с целью изыскания подходов к решению собственно уравнений Навье-Стокса. Нагромождение формул и символов в уравнениях Рейнольдса по сравнению с уравнениями Навье-Стокса, тем не менее, на практике позволяет несколько сократить время расчетов и более быстрым путем получить осредненные значения параметров турбулентных течений. Однако точность решения уравнений Рейнольдса теперь уже существенно зависит от адекватности выбранной модели турбулентности, которая уже предопределяет внутреннюю структуру течения.

В заключение остается сказать, что любой метод расчета будет полезен для практики лишь в том случае, если он тщательно верифицирован, то есть проверен экспериментально. Этот метод будет полезен тогда, когда основополагающее уравнение при решении будет максимально сохранено, когда сделанные упрощения и допущения не искажают его.

К счастью, для описания турбулентности мы имеем такое векторное уравнение. Это именно уравнение Навье-Стокса. Для того, чтобы решить это уравнение, можно воспользоваться мощными высокоскоростными электронно-вычислительными машинами. Но и на этом пути исследователей встречаются многочисленные трудности. Поэтому остается одно - решить эту замечательную систему аналитически, и тогда многие, а может быть и все проблемы турбулентности будут сняты. **И**



Андрей Николаевич Колмогоров
(1903 - 1987)



От ламинарного потока к развитой турбулентной структуре

**Экономия
рабочего
времени
до 49%***

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



Исключительная производительность для высокопроизводительных вычислительных систем

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



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
(095)- 725-8008
www.arbyte.ru



Альметьевск	Белфорт (8553) 31-87-71
Благовещенск	См Групп (4182) 37-22-22
Владимир	Электрон-сервис (0822) 33-60-01
Волгоград	VOGG'S (8442) 37-75-75
Воронеж	Криста-Офис (0732) 71-84-75
Екатеринбург	Дилан-Компьютер (343) 214-46-77
Калуга	Пл 8 Плюс (0842) 55-48-88
Казань	Стандарт (8432) 92-10-55
Киров	ВНТ (8332) 64-04-10
Кострома	Стал (4942) 54-15-35
Курск	КОС (0712) 53-15-08
Липецк	Регард-Тур Электроникс (0742) 22-05-55

Минск	Белфорт (017) 234-20-54
Набережные Челны	Белфорт (8552) 29-68-25
Нижний Новгород	Онлайн (8312) 18-46-46
Новосибирск	Арбайт Компьютерз Сибирь (3832) 12-57-70
Оренбург	Белфорт Компания (3532) 70-30-64
Орск	Контакт Плюс (3537) 25-05-98
Санкт-Петербург	Симета Плюс (812) 235-17-75
Смоленск	Компкомпани (0812) 55-80-39
Улан-Удэ	ИАЦ г. Улан-Удэ (3012) 43-62-25
Уфа	Белфорт (3472) 25-37-77
Чебоксары	Копир-Сервис (8352) 74-11-00



ГОРЮЧЕЕ - КАКИМ ЕМУ БЫТЬ?

Александр Идин

(Окончание. Начало в № 2-5 - 2006)

Весь мир следит за сводками с торгов нефтью, которые стали напоминать фронтовые. Малейшее изменение ее стоимости становится новостью номер один всех информационных агентств, а вслед за колебаниями цен на нефть начинают раскачиваться курсы валют. Но человек, желая жить в комфорте (особенно в промышленно развитых странах), все же идет на рост энергопотребления, впрочем, с оглядкой на экологические проблемы. Анализ информации, поступающей со всех уголков планеты, позволяет сделать вывод о том, что покрытие дефицита энергии и постепенное замещение традиционных источников энергии (нефти, газа, угля и т.д.) будет осуществляться путем изготовления горючего из биомассы. Специалисты предполагают, что уже через 20 лет из биомассы будет вырабатываться до 25 % энергии, потребляемой в мире. Основанием для такого вывода может служить, с одной стороны, динамика роста цен на нефть, а с другой - сведения о росте производства и потребления горючего из биотоплива.

В США для производства этанола будет использовано около 25 % урожая кукурузы. Сейчас этот показатель составляет 14 %, что позволяет производить около 15 млрд литров биотоплива в год. Согласно закону об энергетической политике, к 2012 г. производство этанола должно выйти на уровень 28,4 млрд литров. Ожидается, что с помощью биотехнологий удастся увеличить содержание крахмала в кукурузе, а также усовершенствовать саму технологию производства спирта. Планируется, что благодаря этому удастся увеличить выход этанола (сейчас из тонны кукурузы удается получить около 413 л этанола). Помимо кукурузы в США планируют использовать для производства этанола и другие виды сырья, в частности, отходы сельского и лесного хозяйства. Кроме того, США импортируют спирт: в среднем ежемесячно ввозится около 95 млн литров бразильского этанола.

Бразилия является крупнейшим в мире производителем этанола. Этанол изготавливается по технологии ферментации и дистилляции сахарного тростника. Спирт заправляется в топливные баки все большего числа бразильских автомобилей. В настоящее время 7 из 10 новых автомобилей, которые приобретают покупатели в Бразилии, способны работать как на этаноле, так и на бензине. Компьютерные датчики, установленные в двигатели, управляют созданием оптимальной смеси как при заправке этанолом, так и при использовании традиционного бензина или смеси этанол-бензин. На всех автозаправочных станциях в Бразилии имеются колонки с этанолом. Более того, на обычных бензозаправках бензин продается только в смеси с 25 % этанола.

Если стоимость одного барреля (159-литровая бочка) нефти будет около \$70, то производство горючего из биотоплива становится рентабельным при использовании современной технологии. Но темпы поисковых работ в этой сфере столь велики, что каждые три месяца происходит появление на свет нового горючего или нового источника для его получения. Что же касается технологий, то они постоянно совершенствуются.

По дорогам США в конце 2005 г. уже бегало почти шесть миллионов автомобилей, которые заправля-

лись горючим E85 (85 % этанола и 15 % бензина). Только с конвейеров компании Ford сошло 1,5 млн автомобилей с "всеядными" двигателями. Для повышения заинтересованности покупателей в приобретении экологически более чистых машин компания General Motors дарит покупателю машины карточку на \$1 тыс. для заправки горючим E85. Продажа E85 на автозаправках США растет, и в 2005 г. она составила 30 % общего количества проданного горючего. Тогда в США было произведено 10 млрд литров этанола, 10-процентная добавка которого в бензин снижает на 30 % токсичные выбросы. В результате суммарные выбросы от автотранспорта в США сократились на 7,8 млн т.

Машины, рассчитанные на использование биотоплива, выпускают и в Европе, но больше всего на Востоке (Mazda, Nissan, Isuzu). Чтобы еще больше стимулировать продажи таких машин правительствами разных стран предоставляются налоговые льготы, как покупателям, так и производителям и продавцам горючего E85. Если сейчас себестоимость этанола E85 пока выше, чем у бензина, то с расширением сети производства и продаж непременно произойдет снижение себестоимости E85 и, следовательно, снижение цены. Уже сейчас в некоторых странах, например, в Швеции смесь этилового спирта и бензина на 25 % дешевле чистого бензина. Таким горючим может заправляться SAAB 9-5 FFV BioPower, двухлитровый двигатель которого на этой смеси развивает 180 л.с., что на 30 л.с. больше, чем при работе на бензине.

В Германии продажи авто с двигателями, работающими на E85, до недавнего времени сдерживались почти полным отсутствием этого горючего на заправках. Но в 2005 г. немцы продали 2 % такого горючего, а к 2010 г. они расширят его продажу до 5...6 %. Популярности E85 непременно будет способствовать решение немецкого правительства о налоговых льготах на этот вид горючего.

В Британии этанол сначала делали только из пшеницы. Затем специально для автомобилей Ford Focus FFV, принадлежащих полиции и муниципальным службам в графстве Сомерсет, было решено построить завод с годовым объемом производства до 131 млн л этанола. Спирт решено изготавливать из сахарной свеклы, пшеницы и кукурузы. Одновременно будет открыто более 100 заправок, продающих E85 в Великобритании.

Исходным материалом для расширенного производства биотоплива в Европе может стать растение *miscanthus* (слоновая трава), достигающее высоты четырех метров и при этом активно поглощающее из атмосферы углекислый газ. Эта трава, выращенная на 10 % пахотных полей в Европе может дать 9 % всей необходимой электроэнергии. Сверхурожайный гибрид *miscanthus* обеспечивает получение 60 т биомассы с гектара, что эквивалентно 180 баррелям (28,6 т) нефти. Британское министерство окружающей среды и сельского хозяйства уже выделило средства на программу по выращиванию *miscanthus* и переводу электростанций на биотопливо.

В августе 2005 г. в США был принят закон об энергетической безопасности и потребительском выборе, в соответствии с которым к 2015 г. двигатели всех автомобилей в стране должны работать как на традиционном горючем, так и на горючем из биотоплива.

ЕЭК ООН приняла резолюцию о переводе к 2020 г. 23 % европейского автотранспорта на альтернативное топливо: 10 % - на природный газ, 8 % - на биогаз и 5 % - на водород.

В мире ежегодно образуется 170...200 млрд т биомассы (древесины, сельхозпродукты, отходы сельского хозяйства и т.д., что эквивалентно 70...80 млрд т нефти).

Источником производства биотоплива может служить не только простая трава, но и морская. Море выбрасывает на берег громадные массы водорослей, которые с трудом удается утилизировать. В Японии нашли ферменты, перерабатывающие водоросли в метан, на котором работают газотурбинные двигатели сравнительно небольших по мощности электростанций. Даже в Австралии начали вырабатывать метан... из некондиционных бананов, которых ежегодно образуется порядка 20 тыс. т.

В России уже давно проводятся исследования возможности применения диметилового эфира. Это горючее используется в дизельных двигателях ЗИЛ 5301 "Бычок". Важнейшим достоинством такого топлива считается отсутствие выбросов сажи (как известно, сажа, в изобилии вылетающая из выхлопных труб дизельных двигателей грузовиков и автобусов, является сильным канцерогеном). КАМАЗ также приступил к переделке своих двигателей для работы на диметилево-м эфире. В некоторых странах (Япония, Корея и др.) уже построены заводы по производству диметилового эфира, в основном из природного газа. А вот в Швеции диметилево-м эфир планируют получать путем переработки биомассы и отходов бумажного производства.

Для дизельных двигателей существует свое альтернативное горючее. Например, жидкость B5, содержащая наряду с обычным дизельным горючим 5 % биотоплива. Для выработки биодизельного горючего ("биодизеля") используют растительное масло: подсолнечное, рапсовое, соевое, пальмовое, хлопковое и т.д. Наиболее выгодным оказалось рапсовое масло. Во-первых, с одного гектара посева рапса можно получить до 15 т биотоплива. Во-вторых, при работе двигателя на рапсовом масле снижаются выбросы в атмосферу углеводорода, сажи и оксидов азота, отсутствует сера и ароматические углеводороды - канцерогенные вещества, присущие обычному дизельному горючему. Но имеются у рапсового масла и отрицательные стороны. Оно обладает повышенной вязкостью (что затрудняет работу при низких температурах), через определенное время работы цилиндры и поршни покрываются углеродистыми отложениями, а форсунки закоксовываются. Оптимальной оказалась смесь 20 % рапсового масла и 80 % дизельного горючего. На таком горючем современный дизель может работать без переделок.

Взвесив все "за" и "против", Малайзия с 2007 г. намерена полностью отказаться от использования нефтяного дизельного горючего и перейти на использование биотоплива. Новый вид горючего станет обязательным для продажи на всех автозаправочных станциях страны. Закон коснется как малайзийских нефтяных компаний, так и компаний из других стран, которые должны будут перейти на продажу биодизельного горючего в течение пяти месяцев после вступления закона в силу. Уже появилась первая партия автомобилей с двигателями, работающими на биотопливе. Эти машины были переданы государственному организационному ведомству. После того, как в следующем году все транспортные средства, принадлежащие правительственным структурам, перейдут на новое горючее (B5), в Малайзии начнется широкомасштабная кампания и среди населения.

Широким фронтом ведутся исследования, направленные на внедрение водородного горючего. В предыдущей части статьи рассказывалось, что применение водорода способствует улучшению экологических показателей автомобильного двигателя. Желая использовать это свойство, специалисты канадской компании Canadian Hydrogen Energy занялись разработкой бор-

тового электролизера, в котором из дистиллированной воды получают водород и кислород. Горючее (бензин, солярка или природный газ) перед тем, как попасть в цилиндры, насыщалось этими газами. В результате расход горючего снизился на 10 %, улучшились экологические характеристики двигателя, а также его к.п.д.

Оказалась чрезвычайно интересной еще одна идея, рассмотренная у природы. Как известно, в клетках растений под действием света расщепляется CO_2 , в результате чего углерод идет на "постройку" растения, а кислород возвращается в атмосферу; благодаря чему, кстати, мы и живем. Если бы удалось наладить подобным образом получение водорода из воды (или другого вещества), то, вероятно, была бы решена энергетическая проблема человечества. Как в средние века алхимики искали философский камень, так и сейчас химики, физики и биологи ищут способ получения водорода простым и дешевым способом. Группа японских специалистов, вспомнив, что для осуществления некоторых реакций необходимо присутствие катализатора, решила найти такой для получения водорода. Поиск завершился успехом: оказалось, что в присутствии рутения совместно с некоторыми сульфидами - ZnS (цинковым), CuInS_2 (медно-индиевым), AgInS_2 (серебряно-индиевым) был получен водород из воды под действием световой энергии.

Одновременно другая группа ученых, на этот раз американских, проводит исследования, связанные с получением водорода из водорослей напрямую, минуя стадию синтеза метана. Они надеются, что выход водорода будет на порядок больше, чем по "традиционной" технологии.

Да, ученые, инженеры и просто любители не оставляют попыток создать такое горючее, которое бы решило все проблемы автотранспорта. Но горючее не существует само для себя. Оно сжигается в конкретном двигателе или в ДВС, входящем в силовую установку (теперь в машинах устанавливается не только ДВС, но и электродвигатель, и системы рекуперации, запаасающие энергию во время торможения машины). Для выбора той или иной схемы силовой установки машины необходимо учитывать большое число параметров, в том числе и реальный к.п.д. использования горючего в конкретной машине с учетом затрат на его выработку, транспортировку и т.д. Появление машин с гибридными силовыми установками, а также машин, в которых установлены только электродвигатели, требует учета затрат на выработку электроэнергии (добычу угля, получение электроэнергии и ее доставку к потребителям).

По мнению ряда ученых, будущее - за водородными авто на топливных элементах, а не за легковушками с ДВС, сжигающими водород вместо бензина. По пути создания топливных элементов для легкового автомобиля пошли, в частности, BMW и Mazda. Дело в том, что к.п.д. у топливных элементов вдвое больше, чем у ДВС, и, следовательно, потенциально они обеспечивают вдвое больший пробег на каждый килограмм водорода.

Японии приходится утилизировать большое количество навоза (более 550 тыс. тонн). Для решения этой проблемы токийскими учеными разработана технология получения бензина из коровьего навоза с использованием специальных катализаторов. Тем самым "убиваются сразу два зайца": обеспечивается меньшая зависимость от поставщиков нефти и утилизируются продукты жизнедеятельности животных.

Этанол легко смешивается в любой пропорции с бензином, и при его содержании в горючем менее 20 % никакой переделки ДВС не требуется. При большем количестве этанола уже требуется переоборудовать систему зажигания и питания. Он хорошо испаряется и горит, хотя и с меньшей теплоотворной способностью, чем у бензина.



СУДОВЫЕ ПАРОВЫЕ ТУРБИНЫ

Виктор Сергеевич Шитарев, капитан дальнего плавания

Сегодня паровые турбины вместе с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) остаются основным видом ЭУ судов торгового флота. В их непрекращающемся соревновании пока перевес на стороне ДВС. Если брать статистику до середины XX века, то здесь можно выделить такие данные. Доля турбоходов в общем тоннаже мирового флота в 1939 году составляла 14,3%; а в 1958 году она поднялась до 29,2%. Пока перевес на стороне ДВС. Расширение области применения ДВС в послевоенные годы обусловлено определенными успехами в повышении агрегатной мощности, облегчением конструкции благодаря широкому применению сварки, и, самое главное, использованием дешевого мазута в качестве топлива для ДВС. Это привело к тому, что расходы на топливо для теплоходов оказались почти на 30% ниже, чем для пароходов.

Однако не все так просто. Отчетные данные нескольких крупнейших судоходных компаний показывают, что даже при хорошей организации ремонтных работ, связанных с эксплуатацией ДВС, и портового обслуживания танкеры-теплоходы теряют за год около 20 суток ходового времени, по сравнению с пароходами, оборудованными ЭУ с паровыми турбинами. Продолжительность ремонта турбозубчатого агрегата (ТЗА) в 1,5...2,7 раза меньше, чем длительность ремонта ДВС, а стоимость ремонта - вдвое ниже. За последние годы расход топлива на турбоходах снижен до 225 г/эл.с.·ч. У дизелей он пока застрял на показателе 165 г/эл.с.·ч. Что же касается турбин на тепловых электростанциях (ТЭЦ), то там этот показатель уже доведен до 160 г/эл.с.·ч.

Прослеживаются пути и дальнейшего совершенствования паровых турбин. Это повышение давления пара перед турбиной, которое постепенно наращивается. Если старые турбины работали при давлении до 30 ата, то новые, мощностью 8000...20 000 л.с., работают при давлении 40...50 ата. Некоторые, мощностью более 15 000 л.с., уже рассчитаны на давление пара

55...65 ата. Температура пара перед турбиной связана с давлением. Например, при давлении до 35 ата она составляет 395...420 °С. При давлении 40...45 ата - уже 440...450 °С; а при более высоком давлении - 480...500 °С.

Случаи применения более высоких параметров пара на морских судах пока относительно редки. Но вот на танкерах типа "Атлантик Симэн", построенных в 1952-1953 годах, с турбинами мощностью 18 000 э.л.с. перегрев пара составлял 570 °С; на судах типа "Нестор" - 510, и на танкерах типа "Калтекс Ньюкасл" - 505 °С. Эффективный к.п.д. ТЗА в пересчете на параметры 41 ата и 450 °С по данным испытаний достигает 0,805 при мощности турбины 20 000 л.с.; 0,8 - при 15 000 л.с.; 0,785 - 10 000 л.с. и 0,76 - 5000 л.с. ЭУ турбоходов включают турбину высокого давления (ТВД) и турбину низкого давления (ТНД). Частота вращения ТВД лежит в пределах 5000...7000 об/мин; а ТНД - 3000...4000 об/мин.

Немецкая фирма "Ховальтсверке" много лет занималась строительством паротурбинных ЭУ для сухогрузных судов и танкеров. Проектируемые фирмой ТЗА имели номинальную мощность 10 000 э.л.с.; максимальную - 11 000 э.л.с. Установка имела в своем комплекте ТВД и ТНД; давление пара перед ТВД 43 ата; его перегрев 443 °С. ТВД на полном ходу имеет частоту вращения 5120 об/мин; ТНД - 3330 об/мин; на гребной винт с помощью редуктора "подается" 97 об/мин, что позволяет получить самый высокий пропульсивный к.п.д. винта. Фирма выпускала в аналогичном конструктивном исполнении и более мощные ТЗА - 12 000 э.л.с. и 16 000 э.л.с., рассчитанные на параметры пара 60 ата с перегревом до 450 °С.

Надо сказать, что отечественное турбостроение всегда находилось на высоком мировом уровне. В середине прошлого века ленинградский Кировский завод строил ТЗА мощностью 13 000 э.л.с. для судов грузоподъемностью 10 000 тонн. Такая турбина была установлена на сухогрузе (турбоходе) "Ленинский Комсомол". Характеристики этого ТЗА весьма высоки: мощность номинальная, подаваемая на гребной вал - 13 000 э.л.с. (максимальная - 14 300 э.л.с.); частота вращения гребного винта - 100 об/мин. ТВД имела частоту вращения 5350 об/мин, а ТНД - 3580 об/мин. Параметры пара составляли: давление - 40,5 ата, перегрев - 450 °С; давление в конденсаторе - 0,05 ата. Агрегат весил на две тонны меньше, чем ТЗА фирмы "Ховальтсверке" аналогичной мощности.

В 1959-1965 годах в Советском Союзе была принята программа постройки танкеров грузоподъемностью 25 000 тонн со скоростью хода 18 узлов. Для них был спроектирован ТЗА мощностью 19 000 э.л.с., после чего ленинградский Кировский завод приступил к их постройке. Эти ТЗА имели номинальную мощность 19 000 э.л.с. (максимальная - 20 900 э.л.с.), при этом частота вращения гребного винта составляла 110 об/мин.

Эскадренный миноносец типа "Новик" (на снимке - эсминец "Незаможник") оснащался двумя турбозубчатыми агрегатами общей мощностью 41 910 л.с. В ходе одного из пробегов "Новик" развил скорость хода 37,3 узла (69,08 км/ч)



Номинальная частота вращения ТВД - 4780 об/мин, ТНД - 2900 об/мин; параметры пара: давление 40,5 ата, перегрев - 465 °С. По сравнению с мировыми аналогами характеристики наших ТЗА были весьма высокими.

Перспективы развития паровых турбин еще более расширились в связи с развитием атомной энергетики. Все построенные и строящиеся в настоящее время судовые атомные энергетические установки (АЭУ) в качестве главного двигателя имеют паровые турбины. А на береговых ТЭЦ мощность турбин доведена до одного миллиона э.л.с. Здесь альтернативы турбинам просто нет.

Благодаря турбинам скорость российских эсминцев еще в начале XX века перевалила за 30 узлов. Первым таким эсминцем был "Новик", включенный в состав Балтийского Флота 22 августа 1913 года. Корабль имел три гребных винта, вращавшихся на полном ходу с частотой 645 оборотов в минуту при мощности главных турбин 41 910 л.с. В ходе одного из пробегов была достигнута скорость хода 37,3 узла (69,08 км/ч). Эсmineц принимал активное участие в боевых операциях первой мировой войны. На минах, поставленных "Новиком" у берегов Германии 6 декабря 1915 года, подорвались и погибли легкий крейсер "Бремен", два немецких эсминца и сторожевой корабль. 17 августа 1916 г. "Новик" взял верх в бою с немецкими эсминцами V-99 и V-100; за 17 минут боя корабли противника получили 11 попаданий русских снарядов и были вынуждены ретироваться. При отходе один из эсминцев подорвался на mine и затонул.

"Новик" стал головным при постройке целой серии эсминцев. Четыре орудия главного калибра "Новика" имели калибр 102 мм и могли поражать цель на расстоянии более 13 километров. 13 июля 1926 года эсmineц получил наименование "Яков Свердлов". Он принимал участие в Великой Отечественной войне и погиб во время перехода кораблей Балтийского флота из Таллина в Кронштадт 28-29 августа 1941 года.

Перед началом войны с Германией в Советском Союзе была построена серия эсминцев проекта 7 (тип "Гневный"). Их ЭУ состояла из двух турбин мощностью по 24 000 э.л.с., что позволяло кораблям этого типа развивать скорость полного хода 38,5 узла (71,3 км/ч), они имели более мощное артиллерийское вооружение, включавшее четыре пушки калибром 130 мм и две 76-мм зенитки. Позднее, 11 сентября 1941 года вступил в строй эсmineц "Опытный" (во время постройки - "Серго Орджоникидзе"). При мощности ЭУ 70 000 л.с. корабль был способен развить скорость хода более 42 узлов (77,8 км/ч).

Но "пальму первенства" все же придется отдать лидерам эсминцев "Ленинград", "Москва", "Харьков", построенным в 1936-1938 годах. Имея ЭУ из трех турбин мощностью по 22 000 э.л.с., корабли развивали скорость полного хода более 43 узлов и были вооружены пятью орудиями калибром 130 мм. Перед самой войной были построены лидеры "Баку", "Минск", "Тбилиси". Самым же быстроходным был лидер Черноморского флота "Ташкент". Судя по рассказам служивших на нем моряков, он ходил со скоростью 45 узлов. Между собой моряки называли корабль "голубым экспрессом", потому что его скорость была вполне сопоставима



со скоростью самых быстрых пассажирских железнодорожных составов того времени. "Ташкент" остался в истории мирового судостроения одним из самых быстроходных кораблей (если не считать торпедных и ракетных катеров).

Таким образом, если паровая поршневая машина позволила эсминцам преодолеть 30-узловой рубеж скорости, то паровая турбина подняла его до 40-45 узлов.

А между тем, на просторах Атлантики происходили события, оставившие в истории мореплавания заметный след. Пассажирские лайнеры пересекали океан с наивысшей скоростью, на какую они только были способны. Лидеру-скороходу присуждался приз "Голубая лента Атлантики". И надо сказать, что борьба шла бескомпромиссная, в борьбе за пассажиров каждый стремился показать все, на что способен. В том числе и в сфере обслуживания пассажира. Однако к 30-узловому рубежу скорости хода трансатлантические лайнеры подошли только в тридцатых годах прошедшего века.

16 июля 1929 года под командованием капитана Цигенбаума из порта Бремерхафен вышел в рейс через Атлантику в Нью-Йорк немецкий лайнер "Бремен". Судно имело паротурбинную ЭУ. За три дня до этого события в том же направлении вышел турбоход "Мавритания" под командованием капитана Мак Нейла. "Мавритания" прошла весь путь с отличным для нее результатом - за пять суток и один час, показав среднюю скорость хода 25,53 узла. "Бремен" преодолел этот путь за 4 суток, 17 часов, 42 минуты и со средней скоростью 27,9 узла. Капитан "Мавритании" Мак Нейл был первым, кто поздравил своего коллегу Цигенбаума с блестящим рекордом. Но в августе 1933 года этот рекорд был побит итальянским лайнером "Рекс", развившим в трансатлантическом переходе среднюю скорость 28,9 узла.

Теперь пришло время рассказать о самом большом, самом быстроходном и самом знаменитом французском лайнере "Нормандия". Закладка судна произошла на судовой верфи Пенее в Сен-Назере, Франция, по заказу судовладельца "Френч Лайн" в 1931 году. В свой первый рейс до Нью-Йорка из порта Гавр "Нормандия" отправилась в 1935 году. По этому случаю на борту лайнера балетной труппой французского театра Гранд-Опе-

Лидер эсминцев "Минск" с тремя ТЗА суммарной мощностью 66 000 л.с. был способен развить максимальную скорость 43 узла. Корабль был вооружен пятью 130-мм пушками главного калибра и двумя четырехтрубными торпедными аппаратами

ра был дан концерт в самом большом салоне. В первом рейсе совершали вояж 1013 пассажиров, их обслуживал экипаж в 1300 человек. В этом рейсе "Нормандия" перекрыла все достижения лучших лайнеров мира, показав на переходе среднюю скорость хода 30 узлов. Свыше 100 000 жителей Нью-Йорка собрались на специально построенном причале, чтобы встретить "Нормандию". Над судном летал самолет, с которого через мощный усилитель гремела "Марсельеза".

Тысячи любопытных уплатили по 50 центов за право осмотра лайнера. Их поражало все: и настоящий живой сад, и театр, и ночной клуб, и костел, и телефонная станция на 1100 абонентов, и 11 палуб, соединенных между собой 23 лифтами. На обратном пути из Нью-Йорка в Европу "Нормандия" побил собственный рекорд, показав среднюю скорость хода 30,3 узла. Энергетическая установка лайнера мощностью 160 000 л.с. была уникальна: "Нормандия" оказалась первым в мире турбоэлектроходом. Его машины зарекомендовали



себя высокоманевренными, очень надежными, хорошо приспособленными к самым различным условиям эксплуатации. За первый год своей эксплуатации "Нормандия" принесла своим владельцам 200 тысяч фунтов стерлингов чистой прибыли.

Популярность лайнера была очень велика. В газетах и журналах появились рисунки "Нормандии", поставленной "на попа" рядом с Эйфелевой башней; башня оказалась на 15 метров короче лайнера, а по массе она оказалась в 7 раз легче его. Судно спроектировал русский эмигрант, бывший штабс-капитан Корпуса корабельных инженеров В.И. Юркевич. До революции он служил на Балтийском судостроительном и механическом заводе. В работе над проектом ему помогали русские инженеры А.Н. Жаркевич, спроектировавший гребные винты, и А.М. Петров. Разработанная В.И. Юркевичем форма корпуса была идеальной. Рыбаки, наблюдавшие с борта своих суденышек за ходом "Нормандии", были поражены тем, что лайнер на скорости 30 узлов практически не поднимал никакой волны, он как будто скользил по воде. По выражению журналистов, "Нормандия" сочетала в себе грациозность яхты с богатством Версальского дворца.

Кстати, обеденный салон для пассажиров первого класса на лайнере был на 16 метров длиннее

знаменитого зеркального зала этого дворца и весь сверкал от обилия хрусталя и позолоты. На судне были даже собачьи каюты, где пассажиры могли оставить на время своих питомцев. На борту "Нормандии" побывало много известных людей. Предоставим слово нашим популярным писателям, Илье Ильфу и Евгению Петрову:

"Мы отправились осматривать пароход. Пассажир третьего класса не видит корабля, на котором он едет. Его не пускают ни в первый, ни в туристский классы. Пассажир туристского класса тоже не видит "Нормандии", ему тоже не разрешается переходить границ. Между тем первый класс - это и есть "Нормандия". Он занимает по меньшей мере девять десятых всего парохода. Все громадно в первом классе: и палубы для прогулок, и рестораны, и салоны для курения, и салоны для игр в карты, и специальные дамские салоны, и оранжереи, и где толстые французские воробьи прыгают на стеклянных ветвях и с потолка свисают сотни орхидей, и театр на 400 мест, и бассейн для купания - с водой, подсвеченной зелеными электрическими лампами, и торговая площадь с универсальными магазинами, и спортивные залы, где пожилые лысоватые господа, лежа на спине, подбрасывают ногами мяч, и просто залы, где те же лысоватые люди, уставшие бросать мяч или скакать на цандеровской деревянной лошадке, дремлют в расшитых креслах, и ковер в самом главном салоне весом в тридцать пудов. Даже трубы "Нормандии", которые, казалось бы, должны принадлежать всему пароходу, на самом деле принадлежат первому классу. В одной из них находится комната для собак пассажиров первого класса. Красивые собаки сидят в клетках и безумно скучают. Обычно их укачивает. Иногда их выводят прогуливать на специальную палубу..."

На "Нормандии" после фантастического перелета по маршруту Москва - Северный полюс - Америка возвращались домой прославленные летчики В.П. Чкалов, Г.Ф. Байдуков и А.В. Беляков в июле 1937 года. Рекорды "Нормандии" в августе 1936 года побил английский турбоход "Куин Мэри" показав на переходе среднюю скорость хода 30,99 узла. На обратном пути в Европу эта скорость составила 30,69 узла. Как же сложилась дальнейшая судьба "Нормандии"?

1939 год для "Нормандии" оказался очень успешным. До августа лайнер совершил 139 рейсов и перевез 133 170 пассажиров. В свой последний рейс из Гавра "Нормандия" вышла 23 августа и 28 августа пришла в Нью-Йорк. За сутки до нападения Германии на Польшу лайнер должен был выйти в рейс на Европу, но его также как "Бремен", "Аквитанию" и другие лайнеры, задержали в Нью-Йорке по приказу Рузвельта. Началась Вторая мировая война. 12 декабря 1941 года, через полтора года после падения Франции, "Нормандия" была мобилизована ВМФ США в качестве военного транспорта и получила новое наименование - "Лафайет". Судно встало на переоборудование к причалу № 88 Нью-Йоркского порта.

9 февраля 1942 года на борту судна возник сильный пожар. Пожарные службы порта, да и всего города, сработали оперативно. Беда в том, что береговые пожарные расчеты хорошо тушат пожары на береговых объектах, но вот тушить судовые пожары они не умеют. Тушением пожара на "Нормандии" руководил адмирал Эндрюс, руководил безгра-

мотно. Пожарные влили в корпус судна почти 100 000 тонн воды, после чего судно потеряло остойчивость и легло на грунт с креном 80 градусов на правый борт. В начале пожара к борту "Нормандии" прибыли ее капитан Р. Пунье и В.И. Юркевич. Они предложили адмиралу Эндрюсу свою помощь в ликвидации пожара, но напыщенный американский во-яка от их помощи отказался, их даже не пустили за оцепление. А когда американский адмирал понял, что, отказавшись от помощи главного строителя и капитана, он совершил откровенную глупость, было уже поздно. В.И. Юркевич молча наблюдал за гибелью "Нормандии" со слезами на глазах.

Последним обладателем приза "Голубая лента Атлантики" стал американский турбоход "Юнайтед Стейтс", построенный в 1952 году на судовой верфи "Ньюпорт Ньюс" в США для пароходной компании "Юнайтед Стейтс Лайнз". Длина судна 291,28 м, ширина 30,96 м, осадка 10,98 м; водоизмещение судна около 51 000 тонн; мощность турбинной ЭУ, официально объявленная, 235 000 л.с., проектная скорость хода 30,7 узла. Судно построено по проекту талантливого конструктора У.Ф. Гиббса (по слухам он происходит из русской эмигрантской семьи, так во всяком случае писал журнал "Америка" в начале 50-х годов).

Итак, 3 июля 1952 года, под командованием командора торгового флота США Гарри Манинга "Юнайтед Стейтс" вышел в море по маршруту Нью-Йорк - Гавр - Саутгемптон. На борту лайнера в качестве пассажирки присутствовала дочь президента США Гарри Трумэна, Маргарет Трумэн. Сам Гарри Трумэн считал "Юнайтед Стейтс" своим детищем, поскольку приложил немало сил, доказывая в Конгрессе США целесообразность постройки такого судна.

Опытнейший капитан Г. Манинг не форсировал события. В первый день плавания лайнер шел с относительно небольшой скоростью, зато на второй день пути судно развило скорость хода 35,6 узла, а на третий - 36,17 узла. Всем стало ясно - на просторы Атлантики вышел новый рекордсмен, чьи скоростные характеристики выше, чем у его собратьев, почти на 5 узлов. Поэтому вполне заслуженно 12 ноября 1952 года представитель комитета по присуждению Голубой ленты герцог Сатерлендский вручил президенту компании "Юнайтед Стейтс Лайнз" Джону Франклину кубок "Голубая лента Атлантики". Церемония передачи кубка в Америку состоялась у причала № 4 Нью-Йоркского порта, где в то время стоял на швартовых "Юнайтед Стейтс".

Этот лайнер не раскрыл всех своих возможностей и во многом остался загадкой для морских специалистов, многое на нем засекречено до сих пор. За все время эксплуатации пары поднимали только в трех котлах, один паровой котел не вводился в действие, но это не мешало судну развивать скорость полного хода более 36 узлов. Расчеты показывают, что при введении в действие четвертого котла судно могло бы развивать скорость хода более 42 узлов. В общем, на мерной миле "Юнайтед Стейтс" мог бы посостязаться в скорости хода с советским лидером эсминцев "Ленинград".

Что же касается "Нормандии", то опыт постройки ее ЭУ пригодился в наши дни. Дело в том, что атомная паропроизводящая установка (АППУ) вырабатывает пар со сравнительно невысокими па-



Современный российский эскадренный миноносец проекта 956 оснащен двумя турбозубчатыми агрегатами суммарной мощностью 100 000 л.с. Максимальная скорость корабля - 32 узла

раметрами - давлением около 30 ата и перегревом около 300 °С. Этот пар подается на паровую турбину, которая приводит в действие генератор электрического тока. С судовой электростанции энергия подается на гребной электродвигатель. По такой схеме работают ЭУ всех отечественных атомных ледоколов, таких как "Арктика", "Сибирь", "Таймыр" и других. Та же схема действует и на атомных подводных лодках.

Интересно, что параметры пара АППУ позволяют построить и паровую поршневую машину. А это значит, что на железные дороги могли бы выйти атомные паровозы (атомные локомотивы). Малогабаритные транспортные атомные силовые установки в свое время проектировались и у нас в стране, и за рубежом, но угроза радиационной аварии при крушении такого рода транспортного средства умирала пыл энтузиастов. Впрочем, не исключено, что в будущем интерес к атомным ЭУ вновь возникнет, а это означает, что для паровой машины и паровой турбины многое еще впереди...

Мощность двухвальной главной энергетической установки атомного ледокола "Таймыр" составляет 54 000 л.с.



ПОДВОДНЫЙ УДАР

Сергей Леонидович Мальчиков

(Продолжение. Начало в № 4-5 - 2006)

Почти десять лет, прошедшие с момента предложения И.Ф. Александровским своего изобретения, были упущены, и Уайтхед, имевший производственную базу, ушел далеко вперед, создав торпеду, по всем параметрам превосходящую полукустарный российский аналог. Один из виновников затягивания времени, адмирал А.А. Попов, решил запоздало проявить патриотизм и призывал не заказывать торпеды за границей. Но дальнейшее промедление становилось опасным, и Россия была вынуждена после сложных переговоров подписать 11 марта 1876 г. контракт с заводом в Фиуме. По этому договору за 9000 фунтов стерлингов Россия получала "секрет Уайтхеда" с правом пользования им без ограничений при условии сохранения его в тайне от стран, еще не ставших обладателем этого изобретения. Контракт предусматривал также поставку 100 "самодвижущихся мин" для российского флота, первые 20 из которых были получены в 1876 г. в точном соответствии с оговоренными сроками. В свою очередь, по условиям договора, на завод в Фиуме прибыли российские офицеры и мастера для ознакомления на месте с технологией торпедного производства. В 1877 г. в Россию поступили еще 55 торпед и в 1878 г. - последние 25 экземпляров.

Практически одновременно с подписанием контракта в Кронштадте и Николаеве были срочно организованы мастерские для изготовления, сборки и хранения торпед, что было тогда достаточно сложно. Ведь только для Кронштадтской мастерской необходимые детали поставляли около десяти российских и зарубежных заводов, в число которых входили Пароходный завод в Кронштадте, Невский судостроительный и механический завод, Венский металлообрабатывающий завод и ряд других.

В начале лета 1878 г. первые торпедные мастерские в Кронштадте начали работать и к осени того же года изготовили торпеду отечественного производства. Ее испытания, проведенные на Восточном Кронштадтском рейде 30 сентября 1878 г., были

признаны вполне успешными. Управляющий Морским ведомством К.П. Пилкин писал, что "торпеда не уступала ни в чем сделанной на заводе Уайтхеда" и была дешевле в полтора раза. К концу 1878 г. в Кронштадтской мастерской находились в производстве около 20 торпед. С небольшим отставанием от кронштадцев была налажена сборка отечественных торпед и в Николаевском Адмиралтействе. Однако возможности производства торпед на российских предприятиях были крайне ограниченными. Мастерские не обеспечивали стремительно возрастающие потребности флота, поэтому Уайтхеду заказали еще 150 торпед: в 1878 г. - 90 и в 1879 г. - 60.

Продолжение подобной практики вело к тому, что в ближайшие годы наш флот мог полностью оказаться в зависимости от поставок торпед из-за рубежа. Поэтому по поручению руководства Морского министерства в 1882 г. заведующий минной частью флота контр-адмирал К.П. Пилкин объявил конкурс для определения будущих производителей этого оружия на отечественных заводах. Конкурс выиграли казенный Обуховский завод и частный Машиностроительный чугуно-литейный и котельный завод Г.А. Лесснера, которые в 1882-1883 гг. начали выпуск торпед. Была сделана попытка внедрения стандартизации в процесс производства торпед. Так, выпуск наиболее важной детали - резервуара для сжатого воздуха - был доверен Обуховскому заводу. По ходатайству контр-адмирала К.П. Пилкина несекретные части мин стали заказывать частным заводам. Мастерская была занята лишь сборкой. Были также введены особые обозначения для изготовителей торпед. Завод Лесснера помечал свои изделия буквой "Л", Обуховский - буквой "О", и т.д. Уже в 1884 г. на вооружении флота имелось три образца торпед калибра 380 мм, отличавшихся длиной: 5,79, 4,72 и 3,2 м.

Отечественные заводы прилагали все возможные усилия к увеличению выпуска торпед для русского флота. Так, за период с 1884 по 1891 гг. Обуховский завод изготовил 208 торпед, завод Г.А. Лесснера сдал флоту 176 экземпляров, Кронштадтские и Николаевские мастерские - 28 и 30 штук, соответственно. В то же время на кораблях и катерах флота имелось 288 торпедных аппаратов, или, как их тогда называли, "спусковых аппаратов", на каждый из них полагалось по три торпеды. Однако к 1891 г. на флоте было всего 720 торпед, из них для практических занятий офицеров и команд использовалось не более 250 штук, причем из этого количества 100 штук, выпущенных до 1880 г., считались устаревшими. Средств для обновления и замены парка имеющихся торпед систематически не хватало, т.к. на эти

Русская миноноска постройки 1887 г.





цели Морское министерство в год имело право израсходовать не более 320 тыс. руб. На эти деньги можно было заказать всего 75 новых торпед калибра 380 мм, имеющих длину 5,79 м. Для большей уверенности в том, что торпеды поразят цели в боевых условиях, проводились их пристрелки, что также отнимало немало средств флота.

Таким образом, практически до конца XIX века торпедное оружие в русском флоте развивалось в направлении улучшения и совершенствования образцов, приобретенных у Уайтхеда. В частности, без изменения калибра торпед вносились некоторые изменения в их конструкцию, увеличивался заряд взрывчатого вещества, повышалась скорость. Но дальность хода увеличить не удалось. На скорость и дальность хода торпед большое влияние оказывает точное поддержание курса, т.к. чем меньше отклонений от заданного курса, тем меньше времени требуется для преодоления расстояния до цели. И лишь через 30 лет после появления торпеды (в 1896 г.) был изобретен для нее второй автоматический рулевой для управления движением по направлению, т.н. прибор Обри (первым, как известно, был прибор для управления движением подводного снаряда по глубине - гидростат). По своему устройству прибор Обри напоминает волчок. При вращении такого волчка с очень большой скоростью его ось постоянно сохраняет пространственное положение. Назван был такой волчок гироскопом, от греческих слов *gyros* - круг и *skopos* - смотрю. В торпедной гидроскоп соединялся посредством тяг и специального рулевого механизма с вертикальными рулями таким образом, чтобы при движении торпеды по правильному курсу рули оставались неподвижными. Если торпеда уклонялась от курса, а положение оси вращающегося волчка в пространстве сохранялось неизменным, то тяги, соединяющие волчок гироскопа с рулями с помощью рулевой машинки изменяют положение вертикальных рулей, заставляя подводный снаряд вернуться на прежний курс. Только после этого вертикальные рули снова возвращаются в нейтральное положение. Основным условием такой работы гироскопа является очень быстрое его вращение, причем число оборотов в минуту должно было быть не менее двадцати тысяч.

На рубеже XIX и XX столетий самой совершенной на русском флоте считалась торпеда, принятая на вооружение в 1898 г. Проект ее был подготовлен на заводе Г. Лесснера на основе торпед Уайтхеда, а серийное производство несколько лет осуществлялось на заводах Лесснера и Обуховском. Этот образец имел калибр 380 мм, дальность хода 550 м, скорость до 30 узлов и массу заряда взрывчатого вещества до 65 кг. По сравнению с торпедами, приобретенными в 1876 г. по первому контракту с Уайтхедом, удалось увеличить объем воздушного резервуара до 0,266 м³ и повысить в нем давление до 100 атм. Были применены четырехлопастные винты, благодаря чему значительно возросла скорость торпеды и немного увеличилась дальность хода. Улучшение обводов зарядного отделения позволило почти в

два раза увеличить массу взрывчатого вещества, а в кормовой части - разместить более мощный двигатель. В то же время не была учтена прекрасная работа лейтенанта Н.Н. Хлодовского "Законы морской силы", опубликованная в 1898 в "Морском сборнике", в которой автор делал вывод, что рост водоизмещения кораблей является объективной закономерностью, которую необходимо учитывать при определении калибра торпед. В результате все руководящие органы Морского министерства уверовали в перспективность на много лет 380-миллиметровой модели и не приняли во внимание, что почти все флоты мира на рубеже столетий перевооружались торпедами калибра 450 мм. Поэтому торпеды образца 1898 г., не считая заказанных Шварцкопфу в 1904 г., были основным типом торпедного оружия, применявшимся Российским флотом в русско-японской войне 1904-1905 гг.

С момента приобретения первых торпед у Уайтхеда постоянно вносились изменения в отдельные узлы и механизмы. Это привело к тому, что к началу XX века в русском флоте было 17 модификаций торпеды. Японцы внимательно наблюдали за всеми изменениями в конструкции торпед, с учетом которых заказывали это оружие на заводе в Фиуме. Так, в декабре 1898 г. лейтенант Е.П. Елисеев, принимавший на этом заводе очередную партию торпед для России, сообщал о выполнении для Японии огромного заказа на 813 торпед, 130 "выбрасывающих аппаратов" и 50 "жироскопов". Он же сообщил об испытании гигантской торпеды калибром 70 см, способной преодолевать расстояние до 1000 м со скоростью 24 узла, а до 3000 м - со скоростью 23 узла. Такие торпеды с зарядом 100 кг тайно собирались для японцев. В сообщении также сказано, что завод Уайтхеда выполняет японский заказ не только на торпеды, но и на "всевозможные специальные станки как для выделки жироскопов, так и для мин, а также шаблоны, формы и даже... мелкие винторезные инструменты". Японцы приобретали не только продукцию этого завода, но и технологию, готовясь к приближающейся войне с Россией. В 1901 г. они заказали на заводе Уайтхеда 163 торпеды калибром 450 мм и длиной 6,5 м с увеличенной емкостью резервуара сжатого воздуха, давление в котором доведено до 150 атм, что при том же трехцилиндровом двигателе позволяло преодолевать расстояние в 2000 м со скоростью 26,8 узлов. В России аналогичные торпеды были приняты только в 1904 г.

После победы в японо-китайской войне 1894-1895 гг. Япония захватила Корею и потребовала от Китая уступить ей Ляодунский (Квантунский) полуостров, включая военно-морскую базу Порт-Артур. По мирному договору 1895 г., подписанному в г. Симонсеки, к Японии отходила южная часть Маньчжурии, т.е. Ляодунский полуостров с Порт-Артуром, а также Формоза (Тайвань) и Пескадорские острова. Корея становилась "независимой", Китай должен был выплатить огромную контрибуцию. Однако Россию, Францию и Германию не устраивало укрепление положения Японии в этом регионе, и они потре-



Схема торпеды Уайтхеда



Торпедный аппарат на крейсере "Россия"

бовали, чтобы Япония возвратила Ляодунский полуостров, подкрепив свое требование посылкой трех военных эскадр. Япония отступила, увеличив контрибуцию Китаю. За "помощь" Франция получила выгодные концессии в Китае, Германия - бухту Киао-Чiao с портом Циндао, а России в 1898 г. был передан в аренду весь Ляодунский полуостров на 25 лет. Незамедлительно Россия начала в Порт-Артуре строительство главной военно-морской базы, а в г. Дальний - торгового порта. Япония, желавшая за-получить Китай, Корею, Маньчжурию и Дальний Вос-ток, начала подготовку к новой войне. В 1903 г. ее отношения с Россией резко обострились.

К надвигавшейся войне Россия не была готова. Строительство укреплений в Порт-Артуре началось лишь в 1901 г. и продвигалось медленно. Акватория порта состояла из внешнего рейда, Восточной и За-падной гаваней. Порт-Артур служил базой Первой Тихоокеанской эскадры в составе семи броненос-цев, девяти крейсеров, 24 миноносцев, четырех ка-нонерских лодок, двух минных заградителей и двух минных крейсеров (командующий - вице-адмирал О. Старк). Основными носителями торпедного ору-жия являлись миноносцы, вооруженные двумя-тремя неподвижными торпедными аппаратами. Броненос-цы и крейсера также имели от двух до шести торпед-ных аппаратов. Минные катера могли принимать до

двух торпед. Следует отметить, что подводные лодки намного позднее получили торпеды на вооружение: с 1897 г. во Франции, с 1899 г. - в США. В 1902-1904 гг. их примеру последовали Англия, Германия, Россия и Италия, причем первый выстрел торпедой в боевой обстановке с подводной лодки имел место во время первой Балканской войны 1912 г., когда греческая подводная лодка "Delphinos" потопила в Эгейском море турецкий транспорт.

Но вернемся к началу русско-японской войны. Основные силы русской эскадры располагались на внешнем рейде, практически не защищенном со сто-роны моря. В ночь на 9 февраля (27 января) 1904 г. японские миноносцы незамеченными вошли на внешний рейд и атаковали русские корабли. Из 16 выпущенных торпед в цель попали только три, нане-вшие серьезные повреждения броненосцам "Ретви-зан", "Цесаревич" и крейсеру "Паллада". После ве-роломного нападения японцев корабли 1-й Тихооке-анской эскадры перешли на внутренний рейд. В дальнейшем японцы сделали несколько попыток за-купорить узкий выход из внутренней гавани путем за-топления в нем пароходов, груженных камнем (бран-деров). Так, в ночь на 14 (27) марта при отражении второй попытки торпедой с русского миноносца "Сильный" под командой лейтенанта Е. Криницкого был потоплен один из таких брандеров, второй был потоплен торпедой с миноносца "Решительный" под командой лейтенанта В. Травлинского. Во время третьей попытки в ночь на 7 (20) апреля минный ка-тер с броненосца "Победа" выпустил торпеду в японский брандер, который быстро затонул. Кате-ром с этого же броненосца 2 (15) декабря 1904 г. торпедой был потоплен японский миноносец.

Масштабы применения торпедного оружия по сравнению с русско-турецкой войной 1877-1878 гг. значительно возросли. В 1904-1905 гг. русский флот использовал 25 торпед, 11 из которых попали в цель (см. табл.). Большой процент попаданий приходится на долю кораблей Владивостокского отряда, т.к. они выпускали торпеды по неподвижным судам, перево-зившим военные грузы для японской армии и оста-новленным для досмотра. Из 25 выстрелов 17 произ-

Применение торпед российским флотом в русско-японской войне

Показатель	Первая Тихоокеанская эскадра (Порт-Артур)	Вторая Тихоокеанская эскадра	Владивостокский отряд крейсеров	Всего
Выстрелено	16	2	7	25
Попало в цель	5	0	6	11
Процент попадания	31	0	86	44

Агрегаты торпеды Уайтхеда в учебном классе



вели миноносцы, по четыре выстрела - крейсера и минные катера. Подводные лодки торпедных атак не осуществляли, хотя во Владивосток было доставлено 13 лодок, восемь из которых занимались дозорной службой в заливе Петра Великого. Зная о наличии подводных лодок, японский флот не решился напа-дать на Владивосток.

Японским флотом было использовано 238 тор-пед, из них в цель попали только 19. Из общего чис-ла торпед 205 было выпущено в ночных атаках. В ряде случаев японцы проводили массированные торпедные атаки. Так, при попытке Первой Тихооке-анской эскадры прорваться во Владивосток 10 (23) и 11 (24) июня 1904 г. с японских миноносцев было выпущено 48 торпед, но без результата. При по-

пытке потопить броненосец "Севастополь" в декабре того же года японцы выпустили около 30 торпед, добившись 4 попаданий, которые нанесли повреждения русскому кораблю. Во время Цусимского сражения 14 (27) мая 1905 г. в дневных атаках кораблей Второй Тихоокеанской эскадры, поврежденных артиллерийским огнем, миноносцы противника использовали 30 торпед при пяти попаданиях, из них три в броненосец "Князь Суворов", в ночных - 75 торпед (6 попаданий).

В результате применения торпед за период русско-японской войны 1904-1905 гг. русскими кораблями было потоплено два миноносца, три военных транспорта, три брандера, повреждены два транспорта и миноносец. Японцы потопили три броненосца, два крейсера, миноносец, повредили три броненосца, крейсер, два миноносца.

Эта война показала, что при тактически правильном использовании торпеды малых миноносных кораблей (миноносцев и минных катеров) являются весьма эффективным оружием. При этом явно недостаточная дальность действия торпед исключала возможность их боевого применения более крупными кораблями, на которых имевшиеся торпедные аппараты оказались бесполезным балластом. По словам одного из участников войны, японцы имели на вооружении торпеды с дальностью хода до 3000 м, тогда как дальность торпед русского флота не превышала 900 м.

Применение торпед в боевых действиях войн конца XIX - начала XX века (японо-китайской 1894-1895 гг., испано-американской 1898 г., русско-японской 1904-1905 гг.) выявило ряд недостатков этого вида оружия. Стало ясно, что необходимо намного увеличить дальность хода торпед, их скорость, массу взрывчатого вещества, а также добиться более четкого сохранения заданного курса. В развитии торпедного оружия очень важную роль имело внедрение подогревательного аппарата, первый проект которого был представлен еще в 1899 г. лейтенантом русского флота И.И. Назаровым. Эту идею подхватила американская фирма "Блосс-Левит", годом позже сделавшая попытку практического применения этого изобретения, но оказалось, что керосиновый подогреватель воздуха крайне взрывоопасен, поэтому американцы не решились устанавливать его на торпеды. После устранения опасности взрыва с 1908 г. такие аппараты стали применять на всех торпедках. В 1912 г. к аппарату подогрева добавили устройство для впрыскивания воды (инъекции) в камеру сжигания топлива в парогазогенераторе, что дало возможность образовать парогазовую смесь, которая использовалась для работы двигателя вместо сжатого воздуха. В результате энергоемкость торпеды возросла до четырех раз, скорость - до 40...42 узлов, а дальность хода - до 6...8 км. При этом масса боевого заряда увеличилась до 110...130 кг гексогена или тротила вместо пироксилина. Одновременно с Назаровым лейтенантом Данильченко был предложен проект принципиально новой торпедной силовой установки - газовой турбины, работавшей с использованием газов, образующихся при сгорании пороховой смеси.

Кроме того, необходимо отметить увеличение калибра торпед с 450 мм до 533 мм, повышение давления воздуха в воздушном резервуаре до 170 атм, доведение в ряде образцов массы заряда взрывчатого вещества до 225 кг, замену поршневого радиального (звездообразного) двигателя одностороннего действия системы Брозерхуда двухцилиндровым горизонталь-

ным двухстороннего действия. Было разработано специальное устройство для угловой стрельбы. В системах управления торпед с 1912 г. стали устанавливать воздушные турбинки для придания ротору гироскопа нужной частоты вращения, что позволяло ему работать восемь минут, и т.д. Таким образом, к началу Первой мировой войны значительно улучшились тактико-технические данные торпед, что дало возможность увеличения дистанции стрельбы. Поэтому приходилось учитывать, что за то время, пока торпеда преодолевала расстояние до цели, атакуемый корабль успевал пройти достаточно большой отрезок пути.



В связи с этим торпедную стрельбу приходилось производить с углом упреждения, который определялся исходя из скорости хода торпеды, скорости хода корабля-цели и курсового угла этого корабля. Ошибки в измерении этих параметров приводили к частым промахам при стрельбе одиночными торпедами. Поэтому стала применяться стрельба веером или беглым огнем.

В предвоенный период российский флот продолжал достаточно тесное сотрудничество с Фиумским заводом, закончившим к началу 1912 г. разработку нового образца торпеды. В апреле 1912 г. был заключен договор на поставку 250 новых торпед с тем, чтобы в дальнейшем производить их на отечественных заводах. Первые два экземпляра были получены через пять месяцев после заключения контракта. Эта торпеда, названная 45-12 (45 - калибр в см, 12 - год принятия на вооружение), была самой совершенной из всех, созданных в Фиуме до Первой мировой войны. Она отличалась от ранее сконструированных наличием "подогревательного аппарата с впрыскиванием и испарением воды", благодаря которому имела значительно большую дальность и скорость хода. Однако до начала войны из заказанных 250 торпед удалось получить лишь 24. С разрыванием боевых действий связи с Фиумским заводом прервались, поэтому в дальнейшем торпеды 45-12 производились исключительно на отечественных заводах. При этом было устранено немало выявленных при пристрелках недостатков, и торпеда прошла основательную модернизацию. В ее конструкцию конструкторами заводов Г. Лесснера и Обуховского был внесен ряд изменений и улучшений. Торпеды 45-12, а также торпеды образцов 1908 г. и 1910 г. использовались кораблями Российского флота в годы Первой мировой войны. 

Продолжение в следующем номере).

"БУДУ ЛЮБИТЬ ВСЕГДА"

Анатолий Маркуша

(Продолжение. Начало в № 1 - 6 - 2005, № 1 - 5 - 2006)

Теперь думаю: а так ли на самом деле следовало поступить? Нет, конечно. Но это моя беда - я замечательно легко умею себя уговаривать. Не хватает силы воли принять решение - и начинаю мотаться, как на качелях. С одной стороны - так, но с другой стороны... наоборот. Наверное, не я один такой урод. Принять окончательное решение - это самые толковые люди подтверждают - трудно, но еще труднее довести дело до конца.

Потелепавшись туда-сюда, я все-таки пошел.

Явился, поглядел на часы - порядок.

Неужели розыгрыш? Выманили, а теперь потешаются из-за угла? Надо что-то делать. Что? Принимаю самый независимый вид и решаю: жду ровно пять минут, а там - к черту!

Прошли и пять, и десять минут... Ну, все? Все! Пошел...

И тут ко мне подлетела та самая девчонка, которая была с Сашкой Лапочкой в скверике.

- Привет! Беба, - представилась она. - Я чуть не опоздала... Не будем мелочиться из-за пустяков. Пришел - правильно! Молоток! Есть разговор... Ну, Сашку ты тогда сделал Лапулю - блеск! - Она молола, как кофейная мельница, на десятки тысяч оборотов в минуту и без остановок.

- Почему ты Беба? - вклинился я все-таки в ее трескотню. - Что это означает - Беба? Это сокращение, да?

- Темнота! Беба - значит, Берта. Бертой была супруга Пипина Короткого, мать Карла Великого. Все католики празднуют четырнадцатого июля день святой Берты. Понял? Но ты лучше скажи, чего мы здесь торчим? Пошли...

- Куда?

- Или ты любопытный, или ты пустой - без тугров, без долларов? Да не вздрагивай из-за ерунды... Сделаем аск...

- Что сделаем?

- "Аск" по-таллиннски "сделаем"... Вот смотри и учи, пока я жива!

И раньше, чем я успел сообразить, что происходит, она разлетелась к проходившему мимо солидному, хорошо одетому, заметно поседевшему уже мужчине и со странно изменившимся вдруг произношением стала быстро-быстро говорить:

- Извинит-те ты-с-чу раз... андерстен полун. Мы тал-линнск... экскурсии. Черных лебедей наблюдали? Эт-то особен-но - черны лебедди... Мы отстали от группы... Вы не могли бы...

- Ничего не понимаю, - смущенно произнес мужчина. - А лебеди-то, лебеди при чем?

- Ле-бе-ди? Эт-то душа! Моя, ваша... общая. Эт-то свободная душа мира. Я хочу лететь, как душа, лететь до самого Таллинна...

Он совсем смутился, этот бравый пожилой мужчина - можно было подумать, будто человек виноват в чем-то перед Бебкой. Он произнес скороговоркой:

- Вам нужны деньги, да? Сколько?

- О-о, много! Но эт-то не имеет значения... Сколько можете. Перышко - от крыла... Понимаете?

Больше выдержать я не мог и, тихо отступая, спрятался за киоском. Почему это наглое вымогательство называется "аск", при чем тут лебеди, при чем Таллинн? Мне было противно и неловко... Но я не успел ничего толком додумать, сообразить - подкатила Бебка. Между прочим, сегодня у нее не болтались две серьги в одном ухе и намазана она была совсем чуть-чуть. Бебка радостно, от уха до уха, улыбалась, скалила свои роскошные зубы и беззаботно объявила:

- Все! Видел, как я его на пять рэ сделала? Пошли, на кофе с мороженым... приглашаю. Алле марш в "Аиста"... Мы вольные птицы, пора, брат, пора...

Человеку надо и очень много, и почти ничего одновременно. Так, во всяком случае, я думаю. Чтобы не загнуться с голоду, требуется сущая чепуха. Чтобы исполнить каждое свое "хочу", может и всех богатств земли не хватить... Впрочем, мне следовало бы в данной ситуации думать не об этом, сказать ей: "Ни "Аист", ни ты, малохоленная Бебка, мне совершенно ни к чему. Будь здорова, категорический привет!"

Конечно, ничего такого я не сказал. Не отважился обидеть. И неловко, и жалко, и "что она может подумать?"... "Аист" оказался задрипанной закуской в задрипанном переулке. И ничего хорошего там не было. После "Аиста" - тоже...

Но сейчас я стараюсь восстановить хотя бы в приблизительной последовательности, о чем мы говорили, пока ели приторное, липкое мороженое, пока запивали его совершенно гадостным кофе. Собственно, говорили не столько мы - молотила почти исключительно Бебка: она хихикала, перескакивала с одного на другое, между делом очень смешно - это на самом деле было смешно - изображала и передразнивала других посетителей кафе. Прямо артистка Театра сатиры!

Всего мне не передать - попробую хоть конспект составить, назвать главные ее темы, к которым Бебка возвращалась снова и снова.

Сашка Лапочка совсем не ее парень, а так... "слегка знакомый". Это она повторила пять тысяч раз!

Я ей понравился с расстояния в сто пятьдесят метров. Сразу. Она моментально поняла: "Сила чувак!" И так далее.

Жизнь надо "ломать"! 25 тысяч раз было сказано. Ломать - в смысле поворачивать в желательную тебе сторону. Никого не слушать. Решать самому. Хорошая жизнь стоит дорого. Умный умеет "жить красиво". В разных вариантах она повторила это сто раз! Дураки могут только завидовать, облизываться, в худшем случае - злиться и кидаться на умных с кулаками. Ты (то есть я) еще не знаешь, как живут красиво. В свое удовольствие, не по правилам дураков. Здесь она меня откровенно поддразнивала: то намекала - молодой, зеленый, еще сто лет расти, то, наоборот, давала понять: такой мужик, если только захочет...

У меня уже началось гудение в голове от ее безостановочного треп. И когда мы, наконец, вышли из "Аиста", меня занимало одно: как бы ловчее смыться. Если это и есть свидание, то скажу откровенно: торопиться и переживать не стоило. Но, что называется откланяться мне не удалось.

- Схромаем в "бомбу"? - предложила Бибка.

- Куда? - не понял я.

- В "бомбу"! Не секешь? - она хохотнула. - Пошли, покажу.

ПОСЛАНИЕ МОИМ УЧИТЕЛЯМ

Уважаемые и неуважаемые, все педагоги, позвольте открыть в этом послании мою душу. Перед вами всеми, кто меня, кто нас учит и в меру своих возможностей воспитывает.

Достаточно давно находясь в школе (три срока, что положено отбыть в армии!), каждый день видя и на собственной шкуре ощущая, куда мы идем и куда заворачиваем, я решил обратиться к вам, хотя знаю: вы охотнее говорите, чем слушаете, особенно нас.

Нельзя ли сделать так: пусть общее время нашего ежедневного нахождения в школе будет больше, а число уроков меньше? Пусть они, уроки, не налезает один на другой. И хорошо бы, чтобы вы задавали на дом только чтение.

Предлагаю попробовать жить по такому распорядку: начинаем занятия в восемь, первый час тратим на мощную спортивную разминку. Разминка обязательна для всех - для нас и для вас...

Учиться начинаем с девяти. Два урока по одному часу и перерыв на два часа. В это время полезная работа, музыка, танцы. Все это в секциях. Кто чем хочет, тот тем и занимается. С часу до трех опять уроки по предметам. Дальше - перерыв. Обед. Можно проводить собрания, но (!) не дольше (!!) тридцати минут (!!!) заседать, а с четырех до пяти последний, хорошо бы, не самый трудный урок - или рисование, можно черчение, или обществоведение.

Вечером школа не должна закрываться. Вечером - развлечения и работа кружков. Вам давно надоело лечить нам каждый день мозги и повторять: нельзя без конца шляться по улицам просто так, невозможно часами отираться в подъездах и клеиться к прохожим, нельзя... Сами знаете, что вы нам potete. И, мне неприятно признавать, вы правы - нельзя. Но куда нам деваться?! Вот я и предлагаю - не закрывать школу вечером.

Скажу вам еще кое-что.

Хорошо учиться можно - и даже не особенно трудно. Но для этого нужно к нашему старанию приложить и ваши усилия, уважаемые воспитатели. Пожалуйста, не орите на нас, не пугайте двойками, не повторяйте все время, что без дисциплины школа существовать не может. Не надо нас уговаривать: тише, мыши - кот на крыше. Подумайте, какая нам разница, даете вы "административную", "районную", "городскую" или аж министерскую контрольную? Для чего говорят, какая контрольная? Чтобы я дрожал? Это несерьезно. С меня что требуется? Наверное, знать, а не угождать директору или министру? Правильно?

Чтобы мы больше знали, делайте уроки интересными. Занимательными. Учитесь у того Перельмана, который сочинил когда-то "Занимательную физику" и другие занимательные книги. Сколько лет прошло, многое устарело, а все равно читать как начнешь - не оторваться.

Почему на уроках такая ерунда получается: сижу слушаю, стараюсь запоминать, а ничего не выходит? Вы думаете, мы все, как один, тупые? Нет.

Сегодня, наверное, каждый второй рассуждает: "Ну-у, не буду я знать какие-то там периодические дроби или не сумею отличить коническую проекцию земли от цилиндрической, так что? Свет не перевернется".

Согласен, с такой дикостью надо бороться, но как? Не двойками же, не криком! Наш математик, наш Ферзь, никогда не приступает к новой теме, пока не растолкует, где эта, допустим, геометрическая фигура или алгебраическая формула применяются в жизни. Можно рот от удивления открыть, когда он начинает про заточку резцов рассказывать, когда объясняет, как пользоваться курвиметром, в каких случаях, или - совсем вроде не по его части - толкует о чтении кривых на электрокардиограммах. У него всегда три минуты разговора по поводу... подходящий к теме анекдот из жизни... И - порядок. Включились, поехали. Интересно!

Теперь пример "с другой стороны" - не от вас к нам, а от нас к вам. Изучаем историю Спарты. Я сообщаю: был там мальчишка, которому лисенок прогрыз живот до кишок, а пацан даже не пискнул. Пусть это только легенда. Неважно. Важно другое: эта история о том, как в Спарте вырабатывалось пренебрежение к боли, вызывает у меня в памяти пионерский лагерь. Партизанский доктор Цессарский рассказывает нам, как он без наркоза извлекал из разведчика Николая Ивановича Кузнецова осколок. Мне хочется поделиться с кем-то, рассказать... Пожалуйста, не велите мне садиться, молчать и не выступать на посторонние темы! Там, где есть связка, обязательно появляется интерес. Скорее всего, я фиговый теоретик, не сердитесь. Но одно я точно понимаю: учить надо занимательно, весело. Вы постараетесь - и мы тогда тоже постаремся, да и некуда нам будет деваться...

Не обижайтесь на мою откровенность, пишу, как думаю, самым наичестнейшим образом.

Наша школа очень унылая. Все вроде как надо - полы блестят, наглядной агитации по стенам - хоть отбавляй, горшков с цветами тоже хватает, штукатурка на голову не сыплется, а радости в нашей школе нет.

Придумали нам "самоуправление". Вроде и хорошо, и красиво... Только "начальников" из ребят столько выделили, что подчиненных, то есть рядовых Швейков, не хватает. Может, в других школах лучше, но в нашей от "самоуправления" только болтовни прибавилось, и та скучная-скучная. Мужики от этого трепы дохнут и тараканы у тети Клавы в буфете перестали усами шевелить.

Еще проблема.

Говорят, раньше были отдельные школы: для девочек - женские, мужские - для нас. Закрыли. Правильно: школа - не баня! А какое нам досталось наследство от той отдельной школы? Не думали, не замечали?

Не устали? Вы ведь не привыкли слушать. Ваше дело - говорить!

Все с ножом к горлу подступают: курить вредно и опасно! От курения бывает рак легких. Наверное, так

САМОУПРАВЛЕНИЕ



и есть, раз на пачках сигарет стали предупреждение печатать: курение вредно для здоровья. Теперь стоп!

Положим, закуриваю я. Все орут: караул!., вредно!., брось!.. Согласен. Вы правы - я не прав. Но вот закуривает Дир. И - тишина. Извиняюсь, неужели это ему полезно? А-га, ему тоже вредно. Тогда почему никто не издает закон, приказ, распоряжение, инструкцию - что там еще бывает? - в школе никто не курит. Строго запрещено, как на бензоколонке.

Понятно: курящие учителя полезут в бутылку и станут качать права, ссылаться аж на Конституцию. Дело ваше. Но я остаюсь на своей позиции: не курить - так всем. Кроме укрепления здоровья, такое положение очень бы укрепило равноправие, настоящее, а не кукольное (да, намекаю на "самоуправление" в том виде, в каком оно у нас есть).

Мне осталось сказать последнее.

Недавно учительница, имени которой я не называю по высшим соображениям и для ее же пользы, сказала про нас, ее учеников: "Какое же, однако, серое стадо вы представляете!.." Понятно, она имела в виду уровень нашего развития, воспитанность, может быть, еще и интеллект. И была, к сожалению, скорее всего, права. Обидно: правда глаза колет. Куда от нее деваться! Не буду возражать, только скажу то, что думаю: цвет "стада" не меньше чем наполовину отражает цвет самого пастуха...

Извините за откровенность, но вы же приняли мое прозвище "Вундеркинд" без возражений. Вундеркинду, наверное, можно чуть больше, чем остальным?

Самые лучшие учителя стараются научить нас не столько задалбливать, запоминать какие-то истины, сколько думать. Это очень, умноженное на миллион раз, правильно. Пожалуйста, задумайтесь и вы над этим посланием вашего не самого последнего ученика.

С надеждой Кирилл Каретников - Вундеркинд

24. Весна только-только еще началась. Пахло лопающимися почками, асфальт уже просох, и по переулкам носились крошечные смерчки пыли - неожиданно они взвивались, совсем как на картинке учебника, под которой написано: "Торнадо".

Возвращался я из школы. Настроение непонятное: и хорошо, и тоскливо сразу, а почему - понять невозможно. Иду я вижу: на перекрестке работает здорове-е-енный рыжий коток - свежий асфальт ровняет. А я запах горячего асфальта даже не могу

передать как обожаю. Остановился и во все ноздря нюхаю. Ни с какими духами не сравню! Красота!

Стою, делать мне нечего, поэтому к работе катка приглаживаюсь. Вот он промял черную полосу на рыхлом, дымящем синим асфальте по всей длине, мягко притормозил и пошел задним ходом. Но как? Катит след в след, до сантиметра точненько попадает... И снова, и опять, и еще...

Поглядел, кто в седле. Парнишка лет девятнадцати. Рыжий чуб по ветру! Модняцкая клетчатая рубашка на нем, затертые джинсы, все тип-топ на парне. Ну, с плаката человек - юный герой пятого океана,

главную роль в фильме с пятью продолжениями... А если усы приклеить, вполне может и за капитана дальнего плавания сработать. Кино!

Только парень того не знает. Ездит и ездит, без промаха прокатывается, аккуратно расширяя ровную, как стол, полосу.

Человек работал, а я стоял и удивлялся - надо же, как здорово! Вот про такую работу, наверное, и говорят: сделано как по нотам...

Кто-то остановился позади меня и задышал чуть не в самую шею. Обернулся - оказывается, Мурад Саидович. Он тоже из школы шел и тоже, как я, притормозил.

- Ловко! - говорит Мурад Саидович и цокает языком.

Понятно, Мурад Саидович в восхищении от рыжего капитана на рыжем катке! У нашего учителя физкультуры даже выражение лица сделалось каким-то праздничным.

- Смотри, как человек работает! - говорит он. - Хочется плакать от зависти. Ну почему я не стал водителем такой замечательной штуки? Катайся, радуйся - и никакой тебе дырки в голове! А тут - один руку сломал, другой ногу потянул, какой-то идиот снаряд испортил, двое других дураков подрались...

- Надоели мы вам, Мурад Саидович?

- Как сказать, Кирюша... Даже не знаю. Может быть, сам я себе надоел... Если гусар не убит в тридцать лет, говорят, это не гусар, а дрянь. Слышал?

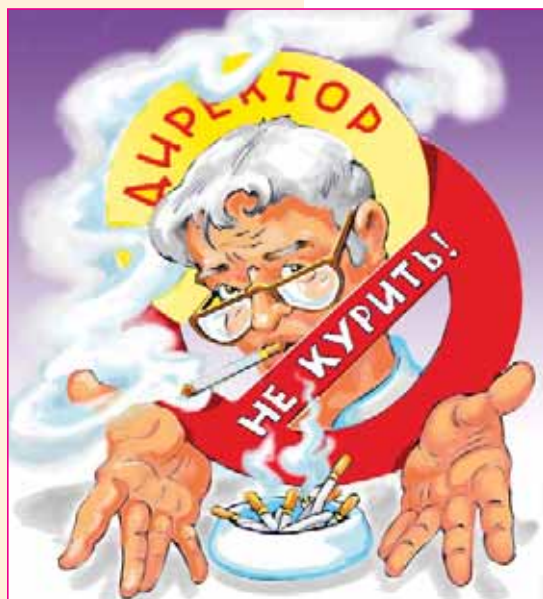
Станный день.

Поздно вечером я буду валяться на диване и представлять скачущих по зеленой степи коней и едва не до слез огорчаться, что за всю жизнь мне так и не довелось даже дотронуться до живой лошади, сесть в седло, вдохнуть запах конской гривы...

Эта мысль странным образом переключается на запах асфальта, убегающий из-под катка синий дымок и на невеселую ускользающую улыбку Мурада Саидовича. Тут и подумаю: тоскует человек по рекордам, которые не довелось побить, об олимпийском огне, что зажигают другие... Это плохо? Но почему? Что за странная привычка с утра до ночи нахваливать скромность? Я вот за что: человек должен знать себе цену! И мне всегда бывает противно слушать, что пусть, мол, люди скажут, хорошо или плохо я, например, пою или чего-нибудь еще делаю... не мне судить... как народ находит... и так далее и так далее. Ведь все это - одно притворство. Нет, я не защищаю наглость, самоуверенность. Ни в коем случае! Но знать, что человек может и чего не может, про себя знать - прямая обязанность каждого. Моя. Твоя. Общая!

А за окном будет бледное небо в дымах. Дымы вроде покачиваются, и в такт с этими подозрительными покачиваниями - не в сон ли меня клонит? - сами собой складываются строчки:

*Тропя тропу, тропи.
Трубя в трубу, труби!
Идешь сквозь ночь - иди.
Любя - люби,
и ничего не жди,
ни славы, ни признания,
ни счастья в наказанье...
Тропи,
труби,
иди!
Тропа сама - награда,
и большего - не надо.*



Стихи из меня иногда лезут (именно так - лезут, как зубная паста из тюбика). Но это совсем не значит: Кирюха - поэт! И никогда я свои рифмованные мысли не стану посылать в "Огонек" или в "Пионерскую правду". Не собираюсь я ничего печатать, не думаю добиваться славы стихами. Стихи стихам рознь! Для собственного удовольствия может каждый, кому охота сочинять. Пожалуйста! И даже правильно будет сказать: от сочинения стихов человек не испортится. Но другое дело - стихи для людей, обращенные к людям.

*Кто сказал: "Все сгорело дотла,
Больше в землю не бросите семя!?"
Кто сказал, что Земля умерла?
Нет, она затаилась на время!*

Вот такие стихи можно нести людям, печатать и гордиться ими. За такие стихи тебя обязательно признают поэтом и будут ждать каждой новой строчки, что ты сочинишь:

*Она вынесет все, переждет -
Не записывай Землю в калеки!
Кто сказал, что Земля не поет,
Что она замолчала навеки?!*

25. То веселенькое воскресенье я запомнил во всех подробностях.

Накануне отец вернулся из венгерского рейса. Позвонил уже поздно вечером, сказал, что только-только ввалился в дом, сутки ехал в сплошном дожде, устал как собака. Спросил у матери, можно ли ему зайти завтра, часиков в двенадцать, и добавил: "Тем более что кое-что надо будет вам вручить".

Слова, касающиеся вручения, мать повторила громко и откровенно осуждающим голосом, особенно "тем более".

Противно было слышать, как она выговаривала отцу, будто он что-то нехорошее или неприличное делает. А на факте посмотреть, она эти подарки, особенно заграничные, как, наверное, все вообще женщины, обожает. Доказать? Пожалуйста! Про каждую новую тряпку может или своей подруге, или соседке Марии Алексеевне целый час рассказывать - и откуда эта шмотка, и чье производство, сколько бантиков на ней и какие оборочки симпатиченькие.

А если откровенно, на вопрос отвечать, как мама могла бы шикарно одеваться, если бы не отец?

Сама говорит, сколько раз слышал: "На нашу музейно-архивную зарплату не разгуляешься", а ходит всегда в модном и дорогом. Приятно поглядеть, какой у нее вид. Особенно - по воскресеньям. Не могу ее понять, ведь отец совершенно не обязан ей ничего возить. Разошлись - все! Мог бы считать: гуляй, подруга дней моих далеких, самостоятельно. Я - вне игры.

Такие у меня были мысли, но матери я ничего не сказал. Она бы сразу начала: "Не твоего ума дело... что за привычка вмешиваться во взрослые отношения...", ну и еще двести тысяч пояснительных слов на ту же тему. Так-то оно так, может, и правильно даже. Но мне отец все-таки не посторонний, мне он не Товарищ по работе...

В воскресенье я убрался, у себя в комнате блеск навел, в коридорчике тоже, стал на кухне возиться, но мама меня прогнала с изумительной по глубине формулировкой:

- Не устраивай, пожалуйста, потемкинской деревни из нашей квартиры!

Ровно в двенадцать, как говорят, с боем часов, звонок. Отец всегда приходит минута в минуту, хоть время по нему проверяй. И никогда при этом не гово-

рит какой-нибудь чепухи вроде: "Точность - вежливость королей!" - или еще чего в таком духе.

Звонок тренькнул, я - к двери. С тех пор, как папа не живет с нами, он никогда не открывает двери ключом, хотя я знаю: свой ключ у него есть. Это точно!

Открыл. Вижу, отец в кожаной куртке, в правой руке - дорожная сумка, пузатая, синяя, в левой - гвоздички. Нет, целлофанированным гвоздичкам я не удивился: он всегда приходит с цветами. Отец вошел, поздоровался с матерью, отдал ей цветы, стал снимать куртку, а она спрашивает:

- Что с тобой, Георгий?

- В каком смысле?

- Заболел? Или влюбился? Или на работе что-нибудь?..

- Неужели заметно?

И он рассказывает, как месяца полтора назад, вернувшись из очередного рейса, сдав машину механиком, по дороге домой завернул в магазин. Решил взять хлеба, молока, чего-нибудь на ужин. Набрал, притормаживает у кассы, чтобы заплатить. А кассирша - молоденькая, хорошенькая, с глазищами - предлагает ему лотерейные билеты. Хоть один.

"Всего тридцать копеек" - это она говорит. Отец отвечает: "Я в азартные игры не играю". Кассирша строит ему глазки и говорит: "Умоляю: помогите план сделать! По билетикам тоже надо план давать".

Пока отец рассказывал, как та хорошенькая и молоденькая его охмуряла, я почему-то вспомнил Бебку и как та про лебедей лепила. Тоже гипноз... женский.

- И противно мне поддаваться,- говорит папа,- и тридцати копеек не жалко, а неприятно, что на-рушаю принцип...

- А дальше что? - потирает мать. И я замечаю: не терпится ей узнать, что же у отца с той кассиршей получилось. Женщина!

- Представляете, этот билетик - я уже и позабыл про него - падает мне буквально в руки вчера вечером, когда я держу в руках газету с таблицей. Слетает билетик с полки: проверь меня!

Тут звонят в дверь. Мама открывает, слышно, как она здоровается с Марией Алексеевной, соседкой из сто восьмой квартиры.

- И дальше? - спрашивает мама, продолжая разговор с отцом.

- Смотрю в таблицу, представь - есть. Мой номер.

- Выиграл?

- Да. "Москвич", как ни странно, выиграл.

- Не может быть! На единственный билетик! - охрипшим вдруг голосом говорит мама и сразу спохватывается: - Поздравляю!

- "Москвич"? - переспрашивает Мария Алексеевна и решительно включается в разговор: - Послушайте старого человека, Георгий Иванович, я вам только добра желаю, сами знаете. Припрячьте пока билетик. Надо на него найти хорошего покупателя. Для чего вам свой автомобиль, когда вы и так сутками за рулем? Грузины, говорят, дают бешеные деньги за счастливые лотерейные билетки.

Мама, я замечаю, с интересом поглядывает то на отца, то на Марию Алексеевну. Отец молча смотрит в стол. У меня почему-то портится настроение. Бесцеремонность какая... Когда-то эта Мария Алексеевна влезла объяснять, что мы с Олей подходящая парочка - жених и невеста, теперь отца учит! Что за люди?!

И тут я странным образом как бы отплываю от взрослых - на ум снова приходит Бебка.

(Продолжение в следующем номере).

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 - 5 - 2006)

Источником энергии в часах являются гири (потенциальная энергия), либо пружинный механизм. Первые переносные механические часы изготовил, по-видимому, около 1510 г. немецкий мастер Петр Генлейн. Успешное решение проблемы создания механических часов имеет свою историю. В 1430 г. для бургундского герцога Филиппа были изготовлены часы высотой около полуметра. Пружинный механизм был заимствован от фигурок-автоматов. Когда в 1674 г. Гюйгенс изобрел спиральную пружинку-волосок, получилось, что балансные осцилляторы могли работать в отличие от маятниковых в любом положении.

Измерения времени - самые массовые измерения на Земле: несколько десятков миллиардов измерений каждый день. У нас у всех есть часы. Сколько раз мы спрашиваем: "Который час?" Время - фундаментальная составляющая бытия. Все величайшие умы пытались разгадать его загадку. Время течет в одном направлении и его нельзя остановить. Открытие Галилеем законов движения маятника раскрыло перед естествоиспытателями новые перспективы. По сути, строгое включение времени в концепцию физики привело к рождению новой науки. В этот момент возникла и проблема "стрелы времени", т.е. его однонаправленности.

Проблема необратимости времени связана с проблемой неустойчивости. Во второй половине XIX века возникли две концепции времени. Одни ученые связывали его с динамикой, но это понимание времени не позволяло рассматривать его как становление. Подобно идеальному маятнику сложные системы и даже мир в целом "возвращались на круги своя". С другой стороны, термодинамическая точка зрения опиралась на становление, но в негативном плане (тепловая смерть). Больцман, как и Дарвин, заменил изучение отдельных особей (молекул) изучением популяций. Но если Дарвин пытался объяснить возникновение новых видов, то Больцман описывал движение системы к равновесию. Теория Дарвина встретила яростные споры. До сих пор не найдены т.н. "промежуточные формы", т.е. те, которые должны были присутствовать в процессе эволюционирования.

Вопрос о стреле времени ставит проблему роли законов природы. Наука отождествляется с процессом их поиска. Примером может служить закон Ньютона, который гласит: ускорение пропорционально силе. Ускорение указывает, с какой быстротой изменяется скорость. Закон Ньютона детерминистичен и обратим во времени, т.е. знак времени не имеет значения. Квантовая механика и теория относительности расширили границы нашего познания, но такие принципиальные положения как детерминизм и обратимость во времени остались.

Идея о существовании законов родилась в учениях стоиков и была поддержана христианским представлением о Боге, устанавливающем их для всего сущего. Теологические воззрения подкрепились наукой - динамикой, сближающей человеческое знание с божественной, не зависящей от времени, позицией.

Успехи классической науки среди прочих объяснялись описанием изменяющихся объектов в терминах, не зависящих от времени, инвариантных законов. Это являлось идеалом. Одновременно вставал вопрос: откуда возникает новое в детерминированном мире? Очевидно, необходимо усовершенствовать законы для описания процессов становления.

Все системы в рамках ньютоновой динамики одинаковы. Конечно, рассчитать траекторию Солнца, Зем-

ли и Венеры труднее, чем падающего камня. Но это считалось технической проблемой.

Рассмотрим идеальный маятник. Или, как еще говорят, осциллятор. Используем вместо ньютоновского описания гамильтоновское. Суть остается прежней, но форма другая. Для этого и координаты и импульсы определим как независимые переменные. Введем в теорию центральную величину - гамильтониан. Во многих случаях гамильтониан представляет собой фактически сумму кинетической и потенциальной энергий. Для системы записываются т.н. канонические уравнения движения, в которых все определяется гамильтонианом. Для маятника (грузика на пружинке) без трения гамильтониан зависит от квадрата импульса и квадрата координаты. Квадратичный показатель степени возникает из соображения симметрии. Перейдя от декартовых координат к полярным (каноническое преобразование), мы можем исключить потенциальную энергию и выразить уравнение движения в циклических координатах. Обычные координаты выражаются периодическими функциями от угловых координат (что и означает колебания). В случае одной степени свободы эволюция системы выражается движением по окружности. Для двух степеней система (в фазовом пространстве) движется по поверхности "бублика" (тора). Особую роль играют частоты, определяемые каноническими уравнениями. Эти частоты приводят нас к понятию резонанса, знакомого нам по качелям. Резонанс связан с передачей энергии от одного движения другому. А как еще можно раскачивать качели? Если мы заговорили о маятнике, то рассмотрим два маятника, соединенные пружиной. Запустим один из них, а другой придержим. Может показаться, что покоящийся маятник под действием пружины придет в движение; спустя некоторое время они станут колебаться случайным образом, и каждый будет обладать примерно половиной энергии. Это не так. Маятники будут периодически обмениваться энергией, и то один, то другой будут останавливаться.

Если рассматривать систему с двумя степенями свободы, то реализуются две ситуации. В том случае, если частоты каждой степени свободы относятся как целые числа, то движение чисто периодическое. В противоположном случае возникают квазипериодические колебания. Этот случай интересен тем, что траектория (линия) навивается на тор, как нитка на бублик и в пределе сплошь (!) покрывает всю его поверхность. Заметим, что линия не имеет ширины.

Долгое время считалось, что любая динамическая система интегрируема. В простейшем случае это означает, что возможно вычисление траекторий. Пуанкаре показал, что это не так. Система двух тел, например, Земля - Солнце интегрируема, а трех (Земля - Венера - Солнце) - нет. Если бы это было не так, то это означало, что все динамические системы в конечном итоге подоб-

ны системам невзаимодействующих частиц. О совершенствовании таких систем не могло быть и речи. Неинтегрируемость связана с существованием резонансов между степенями свободы.

Колмогоров, Арнольд и Мозер разработали теорию влияния резонансов на траектории. Суть сводится к следующему: существуют два типа траекторий - наподобие квазипериодических и стохастические. Увеличивая связи в системе, мы можем увеличить области, в которых проявляется стохастичность. Характер поведения точек в этих областях определяется уравнениями типа уравнения диффузии. Рассматривая подобного рода системы, мы приходим к принципиально вероятностной эволюции с нарушением симметрии во времени.

В квантовой механике аналогично классической существует разделение систем на интегрируемые и неинтегрируемые. Новая теория проводит описание микроскопических объектов в терминах "волновых функций". Основное уравнение - уравнение Шредингера. В квантовой механике, как и в классической, гамильтониан играет фундаментальную роль. Принципиальное отличие состоит в том, гамильтониан становится оператором, т.е. математическим объектом, преобразующим одну функцию в другую. Введение операторов было основополагающим шагом, преобразившим теорию. Собственные значения оператора гамильтониана соответствуют энергетическим уровням. Это можно понимать так, что энергии (оператору) ставится в соответствие множество чисел, причем эти числа определяют фактически численную величину энергии системы. Конкретное их значение зависит от вида системы. Операторы импульса и координаты не имеют собственных значений.

Основная задача квантовой механики - определение собственных значений. В отличие от классической физики, уравнение Шредингера принадлежит к так называемым волновым уравнениям. Оно имеет вид уравнения с частными производными, когда производная берется при условии постоянства всех переменных, кроме одной. Если решение уравнения Шредингера (волновая функция) известно, то мы можем вычислить ее значение и в будущем и в прошлом. Таким образом, в квантовой теории мы получаем симметрию по времени, которую не наблюдаем на практике.

Если мы немного отвлечемся от конкретного понятия функции и представим ее как точку некоторого пространства, то мы придем к т.н. гильбертову пространству. Гильбертово пространство является дальнейшим обобщением хорошо известного евклидова пространства, которое изучается в школе. По аналогии с евклидовым пространством вводится скалярное произведение (которое, определяется не через сумму, а через интеграл - обобщение суммы). В гильбертовом пространстве живут т.н. квадратично интегрируемые функции, т.е. функции конечной длины. Вдобавок гильбертово пространство бесконечномерно. Если для нужд практики требуется рассмотрение функций неопределенной длины, то необходимо модифицировать пространство. Функции ведут себя в этом случае достаточно сложно (как фракталы). Но прежде чем остановиться на этом более подробно, рассмотрим сначала принципиальное отличие простой системы от сложной.

С одной стороны мы наблюдаем такой простой объект, как маятник, а с другой, например, жизнь. Между ними можно вписать целое множество промежуточных форм по нарастающей сложности. Но ситуация гораздо сложнее. Даже такой простейший объект, как маятник, представляет собой очень сложную систему. Понять отношение простого к сложному поможет нам "ат-

трактор", т.е. то состояние, к которому в пределе стремится система. Раньше считалось, что все системы, имеющие аттрактор, подобны. Но это не так. Идеальный маятник колеблется без остановки, но реальный останавливается из-за трения. Положение равновесия и есть аттрактор. Аналогично и состояние термодинамического равновесия. Важно отметить, что идеальный маятник является примером структурной неустойчивости. Без трения аттрактора нет. Но малейшее трение радикально меняет движение маятника.

Другие системы, например, "химические часы", эволюционируют не к одному какому-нибудь состоянию, а имеют характер устойчивого периодического движения. Аттрактор в этом случае представляет собой замкнутую кривую линию. В химических колебательных реакциях концентрации соединений периодически возрастают и падают, что на первый взгляд противоречит законам природы. Если вещество реагирует и превращается в другое, то этот процесс должен происходить непрерывно без обратного превращения. Второй закон термодинамики говорит, что энтропия должна возрастать. Однако надо учитывать, что система (химическая) находится в состоянии, далеко от равновесия. В 1921 г. В. Брей сообщил об открытии колебательной реакции, что было встречено довольно прохладно. В 1958 г. Б. Белоусов открыл реакцию с бромистыми солями, в которой окраска смеси периодически менялась от бесцветной до желтой. В биологических системах можно наблюдать самые разнообразные периодические процессы, по сути химические. Если в экстракт дрожжевых клеток ввести питательные вещества, то начнутся колебания концентраций ионов водорода и никотинамодинуклеотида (соединения, обеспечивающего передачу электронов в клетке). Химические колебания обладают тенденцией к образованию пространственных структур и т.д.

Имеются системы, для которых аттрактор является не точкой, не линией, а поверхностью или даже объемом. Совсем недавно были открыты т.н. странные аттракторы, которые характеризуются дробными размерностями. Эти объекты "фрактального типа" имеют следующий смысл. Если мы хотим наполнить объем единичными кубиками, то их число будет расти пропорционально третьей степени (кубу). В случае поверхности, покрываемой квадратиками, их число растет пропорционально второй степени. Целые числа (в данном случае три и два) определяют размерность объектов. Фракталы же характеризуются дробной размерностью. Их можно встретить на практике, например, в случае аэрозольного облака, которое можно считать и объемом, и поверхностью.

Фракталы переносят нас от геометрических форм к процессам, протекающим во времени. Аттракторы с фрактальными размерностями связаны с таким поведением систем, которое не поддается предсказаниям. Это объясняется тем, что начальные условия развития системы, будучи даже бесконечно близкими, но не тождественно равными, дают различный ход эволюции системы.

(Продолжение в следующем номере).



Москва одна из первых в 1404 г. установила "для общей пользы" уличные часы. В Соловецком монастыре сохранились башенные часы, изготовленные в 1539 г. В 1673 г. в Коломенском были установлены часы с музыкальным боем. В старину на Руси отмеряли отдельно дневное и ночное время. Темп жизни позволял обходиться без минут. Этой традиции положил конец Петр I, введший европейский стандарт. Подверглись модернизации и часы на Спасской башне, установленные в 1625 г. На башне появился новый механизм с колокольной музыкой.

К 100-летию выхода первого номера журнала "Двигатель"

Уважаемые читатели!

Мы уже имели честь сообщить, что в грядущем 2007 году исполняется ровно 100 лет с тех пор, как группа энтузиастов - журналистов, инженеров, военных, спортсменов - организовала в России новый журнал, посвященный всевозможным аспектам двигателестроения, применения и эксплуатации моторов в самых различных отраслях промышленности. Журнал просуществовал до начала 1917 года, и если бы не развал хозяйства страны, последовавший за февральской революцией, жил бы и дальше.

Нам удалось восстановить историческую справедливость и продолжить дело Нагеля, Кузнецова, Маурина и прочих, практически при аналогичной по качественному составу редакционной команде. Мало того, практически все тематические разделы журнала начала века сохранились (с поправкой на технический прогресс).

В апреле 2007 года выйдет 50-й номер воссозданного нами журнала "Двигатель".

Мы решили совместить эти события и второй номер этого года будет юбилейным. В нем, кроме традиционных рубрик, будут и разделы, посвященные трудам и памяти наших предшественников.

Где-то на 25 апреля намечено празднование этого события в Политехническом музее, в свое время открывшем нам деятельность наших коллег из начала XX века. Предполагается еще ряд мероприятий. О них мы сообщим в первом номере 2007 года. Конструктивные предложения различного рода по обоим поводам принимаются.

Ждем.

Редакция журнала "Двигатель"



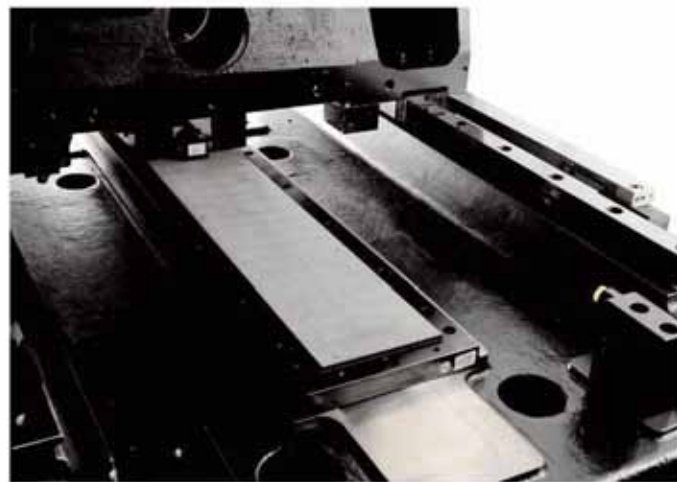


10-летняя гарантия точности позиционирования линейных электроискровых станков Sodick



Компания Sodick начала выпуск прецизионных электроискровых станков с линейными двигателями в ноябре 1998 года. К концу октября 2006 г. у многочисленных покупателей эксплуатировалось **более 16 тысяч линейных ЭИ станков Sodick¹**. Первые линейные ЭИ станки 1998-1999 годов выпуска все это время сохраняли первоначальную точность позиционирования и сохраняют ее до сих пор. Если принять в расчет работающие экспериментальные станки, изготовленные за 2 - 3 года до начала массового производства, то можно с уверенностью утверждать, что линейные приводы сохраняют самую высокую первоначальную точность неизменной в течение, по крайней мере, 10 лет эксплуатации. Принимая во внимание непревзойденные точностные свойства линейных приводов, а также их высочайшую врожденную надежность, подтвержденную многолетним опытом безотказной эксплуатации, Sodick Co., Ltd. приняла решение предоставлять на точность линейных приводов своих станков гарантию на 10 лет эксплуатации. С 1 октября 2006 г. такая 10-летняя гарантия предоставляется покупателям линейных станков Sodick в России и других государствах бывшего СССР.

-Известно, что станки с традиционными приводами, в которых используются шарико-винтовые пары (ШВП-приводы), теряют точность через 3 - 5 лет эксплуатации. Некоторые конструкции с ШВП теряют первоначальную точность раньше (например, преднатянутые одноопорные, консольные ШВП), другие чуть позже, но суть одна: все ШВП через какое-то время приходится менять, если требуется восстановить сколь-либо высокую точность позиционирования. Замена ШВП - сложная и дорогостоящая процедура, которую могут выполнить только высококвалифицированные специалисты. Однако просто замена - это полбеда. После замены по технологии, как правило, необходима лазерная юстировка, которая может выполняться только на специальном стенде. Доставка станка к юстировочному стенду при замене ШВП (часто чуть ли на всю Европу лишь один такой стенд!) - одна из проблем при эксплуатации и ремонте таких станков.



В линейном приводе всего 2 части: электромагнитный блок и плита постоянных магнитов, одна часть подвижная, другая - неподвижная. Контакта между частями нет. Взаимодействуют только магнитные поля.
Ломаться и изнашиваться, по сути, нечему!

Опять "пара"!



Современная промышленность требует увеличения производительности и повышения точности обработки. Станки должны работать быстрее, что создает большую нагрузку на ШВП, и, соответственно, их ускоренный износ. Ускоренный износ - это сокращение межремонтных периодов эксплуатации и еще большие затраты на замену ШВП. По сути, ШВП с их врожденными и неизлечимыми пороками - это тормоз в развитии современного прецизионного станкостроения, технологический анахронизм.

Sodick Co., Ltd. - первый и единственный в отрасли изготовитель ЭИ станков с бесконтактными и безыносными линейными приводами². Восемилетний, более чем успешный опыт безотказной эксплуатации ЭИ станков с такими приводами - это то, что дает компании Sodick основание для введения 10-летней гарантии на точность позиционирования. Гарантия предусматривает бесплатную замену элементов линейного привода, если в течение 10 лет обнаруживается, что линейный привод является причиной падения точности позиционирования по сравнению с точностью, указанной в прилагаемом протоколе испытаний завода-изготовителя. В России (СНГ) условия о 10-летней гарантии указываются в российских договорах поставки оборудования, а также в международных импортных контрактах.

¹ Точное количество проданных линейных станков Sodick с небольшой задержкой показывает счетчик на сайте www.sodick.com.

² Не считая 60 вырезных ЭИ станков с линейными приводами только по осям XY,

произведенных за 1,5 года японской компанией F. Приводы выполнены по схеме, от которой конструкторы Sodick отказались в 1997 г. по причине серьезных проблем с точностью из-за непрогнозируемых боковых нагрузок.

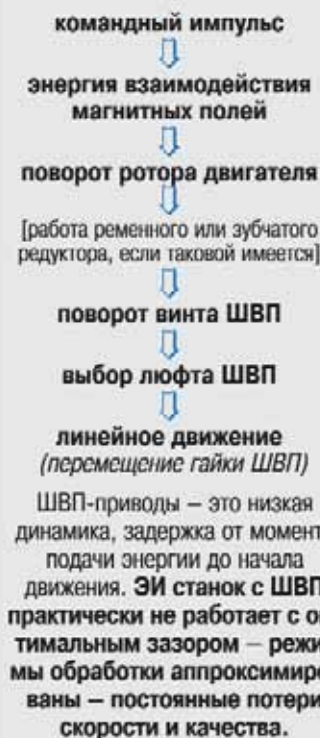
ЗАЧЕМ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫМ СТАНКАМ ЛИНЕЙНЫЕ ДВИГАТЕЛИ?

Линейные электроискровые станки производятся серийно уже 8 лет. В эксплуатации свыше 16 тысяч таких машин. Однако многие производители, от которых зависит выбор оборудования, до сих пор не понимают, что дают линейные приводы ЭИ станкам. Почему-то считается, что линейные двигатели - это большая скорость, которая медленному ЭИ процессу вроде бы и ни к чему.



Привод с ШВП и ременным редуктором в швейцарском ЭИ станке.

- Привод с ШВП – это громоздкая конструкция со сложной цепью многоступенчатого преобразования энергии в линейное движение и вращательного движения в линейное, с люфтами, большой зоной нечувствительности и неравномерностями подачи. От командного импульса до начала движения при старте и каждом реверсе – большая задержка. Судите сами, что происходит при отработке каждого перемещения:



Скорость решает другие задачи. Для электроискрового процесса важна не собственно скорость, а точность и быстродействие приводов. А если правильное, кинематическая точность, помноженная на быстродействие – то, что мы называем динамической точностью. И здесь линейные приводы вне конкуренции!

Прежде всего, что требуется от привода ЭИ станка? Давайте разберемся:

Электроискровая обработка – процесс бесконтактный, искровые разряды идут в межэлектродном зазоре. Характеристики разрядов и всего процесса в очень большой степени зависят от величины этого зазора. Чуть больше зазор – разряды слабые, еще больше – вообще пропадают. Зазор меньше – нестабильность, дуга, прижеги и т.д. Здесь как в свече зажигания – автолюбители со стажем знают! – но на порядок сложнее. Потому что сам процесс намного сложнее! Так вот, **динамическое поддержание величины зазора** – а зазор в ЭИ процессе непрерывно меняется – это и есть **главная задача привода в ЭИ станке**.

В идеале, для качественного и производительного ЭИ процесса привод должен корректировать зазор десятки раз в секунду, позиционируя электрод с точностью в микрон или лучше. Могут ли это делать с такой же точностью традиционные приводы с шарико-винтовыми парами (ШВП), если даже в лучших из них зазор (и, соответственно, люфты!) как минимум 4 мкм? А если в приводе с ШВП для удешевления еще и ременный или зубчатый редуктор?

ЭИ процесс во многих случаях – это последовательности микроперемещений. Микроперемещения требуются для так называемых орбитальных осцилляций и часто для релаксаций электрода. В проволочной вырезке обход любого сложного криволинейного контура – цепочки микроперемещений. Могут ли приводы с ШВП корректно отрабатывать микроперемещения в 1 – 2 микрона (или субмикронные), если зазоры и, соответственно, люфты в них в несколько раз больше? Люфты «вылезают» при каждом старте, реверсе и остановке движения. Напомним: люфты в ШВП-приводах усугубляют упругие деформации, тепловые деформации, кинематические погрешности частей привода и т.д.

Линейные приводы – прямые приводы, избавленные от всех пороков ШВП. В линейных приводах отсутствует многоступенчатое преобразование энергии в движение – причина возникновения люфтов и неравномерных подач. Линейные приводы Sodick способны корректировать зазор 500 раз в секунду с дискретностью подач 0,1 мкм. В результате: оптимальный зазор практически в любой момент ЭИ процесса – неизменно оптимальные режимы, стабильно максимальный съем, высокая скорость обработки и качество поверхности!

Это убедительно доказывает практика!!!



- Линейный привод – предельно простая конструкция с бесконтактной передачей усилия, прямой привод без какой-либо кинематической цепи преобразования энергии в движение и вращательного движения в линейное, без люфтов, зоны нечувствительности и неравномерных подач. Все, что происходит при отработке каждого перемещения, это:



Линейные приводы Sodick корректируют зазор 500 раз в секунду с дискретностью подач 0,1 мкм (быстродействие обратной связи в линейных станках – 20 мкс, разрешение линейек – 10 нм).

НОВЫЕ РЕШЕНИЯ В ИНСТРУМЕНТЕ - ПУТЬ К РОСТУ ДОХОДОВ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Компания ISCAR - один из мировых лидеров среди поставщиков металлорежущего инструмента. Отличительной чертой компании ISCAR является постоянные инновации в области создания новых и принципиально новых конструкций режущего инструмента, дающих неоспоримые преимущества инструментам ISCAR.

Интересы компании ISCAR в России представляет ее дочерняя компания - компания "ИСКАР - СНГ", в центре внимания которой всегда были предприятия авиационной промышленности. С 1998 г. инструменты компании ISCAR успешно работают на ряде предприятий, выпускающих авиационные двигатели и агрегаты, таких как ФГУП "ММПП" Салют", ОАО "НПО "Сатурн", ОАО "Пермский моторный завод", ОАО "МПО имени И. Румянцева", ММЗ "Рассвет" и других.

Постоянный рост потребителей инструмента ISCAR среди предприятий авиационной промышленности связан не только с высоким качеством инструмента, но и с оказанием разнообразных услуг этим предприятиям компанией "ИСКАР - СНГ": от оказания помощи в подготовке специалистов для эффективного применения инструментов ISCAR на предприятии до разработки технологических процессов обработки деталей, а также нахождения путей снижения трудоемкости обработки на существующем оборудовании.

Ниже приведены примеры отдельных конструкций инструментов, нашедших применение на предприятиях авиационной промышленности и, отличающихся, в первую очередь, высокой производительностью.

Прорывы в области токарной обработки



HELITURN - революционная конструкция резца с тангенциально расположенной пластиной, позволившая в 1,5...2 раза повысить производительность обработки и существенно снизить силы резания за счет оригинальной формы передней поверхности.



HELITURN LD - логичное развитие конструкции HELITURN, позволившее сохранить преимущества HELITURN и расширить область применения прогрессивной конструкции в ромбических пластинах с углом 80° .



ISO TURN EM - уникальная форма режущей кромки, позволяющая увеличить производительность и стойкость инструмента, при обработке жаропрочных сплавов.



Керамика IS9 - керамика для жаропрочных сплавов, позволяет увеличить производительность обработки по сравнению с твердым сплавом минимум в 5 раз.

Преимущества в "канавочной" обработке



PENTA CUT - уникальная конструкция канавочного резца для неглубоких наружных канавок, отличающийся надежностью работы, простотой трансформирования для канавок различной ширины, экономичностью.



CUT GRIP - канавочные
резцы разнообразной формы и
пластины многоцелевого
применения, работающие в
различных направлениях: на
врезание, в режиме продольного
точения, снаружи, внутри и по
торцу.

ISCAR - родоначальник канавочных резцов со сменными пластинами, обладатель самой многообразной номенклатуры канавочных резцов и пластин в мире.

Находки в области фрезерования



HELI DO - 90- и 45-градусные фрезы нового поколения с необычной, позитивной формой передней поверхности, отличающиеся повышенной прочностью режущих пластин, надежностью закрепления их в корпусе, возможностью работы с большой подачей на зуб (до 0,5 мм) - очень эффективны при работе с труднообрабатываемыми материалами.



FEEDMILL - наиболее производительная черновая фреза, отличающаяся устойчивостью в работе, возможностью работы на нежестком оборудовании, позволяющая работать с большими минутными подачами (от 3000 до 10 000 мм/мин).

Номенклатура инструментов ISCAR многообразна и велика: включает в себя инструменты для различных видов обработки: точения, фрезерования, сверления, резьбонарезания - всего порядка 40 000 наименований изделий.

Инструменты ISCAR отличаются высочайшим качеством, оригинальностью и эффективностью конструкторских решений, что делает их не просто конкурентоспособными, а позволяет по праву занимать лидирующие позиции среди инструментальных компаний мира.

Новые сверхгабаритные прецизионные линейные электроискровые станки

- ✓ Ультрадинамичные и сверхточные линейные сервоприводы
- ✓ Керамическая рабочая зона
- ✓ Встроенная 3D CAD/CAM-система
- ✓ Рекордная производительность, превосходное качество поверхности
- ✓ Контрактная гарантия точности позиционирования - 10 лет!

Прошивочный ЭИ станок AQ15L	
Осевые перемещения X,Y,Z	900 x 1500 (+500) x 600 мм
Макс. размеры заготовки	1200 x 2500 x 800 мм
Макс. вес заготовки	10000 кг
Размеры рабочего стола	1000 x 2000 мм
Цена от 419'000 евро	



Sodick

Пионер и лидер нанотехнологий в металлообработке



Вырезной ЭИ станок AQ900L	
Осевые перемещения X,Y,Z	900 x 600 x 400 мм
Макс. размеры заготовки	1200 x 900 x 400 мм
Макс. вес заготовки	4000 кг
Угол конусного резания	± 30° на толщине до 400 мм
Цена от 257'000 евро	



**В эксплуатации
уже 16000 линейных
ЭИ станков "Содик"!!!**
(на 15.12.2006г.)