


# Двигатель

Научно-технический журнал № 4 (40) 2005



**Авиация в России -  
не только сбывшиеся  
наиболее дерзновенные мечты,  
но и, воистину, рукотворное чудо**

## Редакционный совет

- Аршавский А.Л.,**  
гл. конструктор НПП "ЭГА"
- Бондин Ю.Н.,**  
ген. директор ГП "НПК газотурбостроения  
"Зоря"-Машпроект", Николаев
- Губертов А.М.,**  
зам. директора ФГУП "Исследовательский центр  
им. М.В. Келдыша"
- Данилов О.М.,**  
ген. директор ЗАО "Центральная компания  
МФПГ "БелРусАвто", Москва
- Дическул М.Д.,**  
пред. совета директоров ОАО "Пермский  
моторный завод" и "Авиадвигатель"
- Жарнов В.М.,**  
гл. конструктор ПО "Минский моторный завод"
- Иноземцев А.А.,**  
ген. директор - ген. конструктор  
ОАО "Авиадвигатель", Пермь
- Каблов Е.Н.,**  
ген. директор ГНЦ ВИАМ, член-корр. РАН
- Каторгин Б.И.,**  
ген. конструктор 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", Тольятти
- Крымов В.В.,**  
зам. ген. директора ФГУП "ММПП "Салют"  
по науке
- Кутенев В.Ф.,**  
зам. ген. директора ГНЦ НАМИ по  
внешнеэкономическим связям
- Муравченко Ф.М.,**  
ген. конструктор МКБ "Прогресс", Запорожье
- Новиков А.С.,**  
ген. директор ММП им. В.В. Чернышева
- Пустовгаров Ю.Л.,**  
ген. директор ОАО "УМПО"
- 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", Пермь
- Тресвятский С.Н.,**  
ген. конструктор СНТК им. Н.Д. Кузнецова,  
Самара
- 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 Бажанов

**Заместитель главного редактора**

Дмитрий Боев

**Ответственный секретарь**

Александр Медведь

**Финансовый директор**

Дмитрий Чекин

**Редакторы:**

Александр Гомберг, Андрей Касьян,

Валентин Шерстянников

**Литературный редактор**

Лидия Рождественская

**Художественный редактор**

Александр Медведь

**Техническая поддержка**

Ольга Лысенкова

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

Александра Бажанова,

Дмитрия Боева,

Александра Медведя,

Владимира Романова

**Адрес редакции  
журнала "Двигатель":**

111116, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2

Тел.: (095) 362-3925

Факс: (095) 362-3925

engine@zebra.ru

boeff@yandex.ru

www.dvigately.ru

## УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ООО "Редакция журнала "Двигатели"©

генеральный директор Д.А. Боев

зам. ген. директора А.И. Бажанов

.....  
Рукописи не рецензируются  
и не возвращаются.

Редакция не несет ответственности  
за достоверность информации  
в публикуемых материалах.

Мнение редакции не всегда  
совпадает с мнением авторов

Перепечатка опубликованных  
материалов без письменного  
согласия редакции не допускается.

Ссылка на журнал при перепечатке  
обязательна.

.....  
Научно-технический журнал "Двигатель"  
зарегистрирован в

Государственном Комитете РФ по печати  
Пер. № 018414 от 11.01.1999 г.

Отпечатано

ЗАО "Фабрика Офсетной Печати"  
Москва

Тираж 15 000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная



# СОДЕРЖАНИЕ

- 2. ОАО "Уфимское моторостроительное производственное объединение": стабильный путь к успеху**  
Ю. Пустовгаров
- 4. Первый шаг в создании двигателя нового поколения для истребительной авиации**  
В. Быстров, М. Гойхенберг, А. Котельников, Е. Марчуков, И. Осипов
- 5. НПП "ЭГА": динамика развития. 1940-2005**  
А. Аршавский
- 6. МАИ - 75 лет!**  
Интервью с А. Матвеенко
- 8. Владельцы Ил-76 сделают правильный выбор!**  
В. Куликов, И. Осипов, А. Элькес
- 10. Чудо, ставшее традицией**  
Интервью с И. Новиковым
- 12. К вопросу о переименованиях, или: Как Вас теперь называть?**  
Э. Намсараев
- 13. Исключительная производительность для высокопроизводительных вычислительных систем**
- 14. Технологии снижения акустического шума вычислительной техники**
- 16. "ДЕЛКАМ" развивает сотрудничество с российскими авиационно-космической и оборонной отраслями промышленности**
- 17. Программный комплекс для решения задач роторной динамики DYNAMICS R4.0**
- 18. Хроника фронтового бомбардировщика**  
А. Николаев
- 22. Совершенствование моторов "Испано-Сюиза" 12Y Владимиром Яковлевичем Климовым**  
В. Котельников
- 26. Разделение неделимого, или ядерный реактор для "чайников"**
- 30. Велосипед - машина, в которой человек - двигатель**
- 32. Буду любить всегда**  
А. Маркуша
- 36. С газом. Без газа**  
А. Михайлов
- 39. Прямые преобразователи энергии**  
А. Касьян
- 40. О "немецком следе" в истории отечественного ракетостроения**  
В. Рахманин
- 43. Европейская подшипниковая корпорация: лучшие решения для ВПК России**
- 44. Турбулентность, вихри и жгуты**  
Ю. Кочетков
- 46. Так рождался знаменитый "Скад"**  
Ю. Бобрышев
- 50. Сравнительные преимущества различных систем клапанов в автомобильных двигателях**  
Б. Лобач - Жученко
- 52. Шаг вперед и два шага назад**  
А. Кириндас



# ОАО "УФИМСКОЕ МОТОРОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ": СТАБИЛЬНЫЙ ПУТЬ К УСПЕХУ



**Юрий Пустовгаров**, генеральный директор ОАО "УМПО"

В конце июня в Бангалоре - научно-промышленной столице Индии - состоялось подписание контракта, предусматривающего разработку и совместное производство авиационного двигателя для индийского учебно-тренировочного самолета.

С российской стороны контракт подписали представители ФГУП "Рособоронэкспорт", НПО "Сатурн" и ОАО "УМПО".

В истории индийско-российских отношений АЛ-55 - первый авиационный двигатель, сотрудничество по которому началось с этапа разработки, и УМПО участвует в нем с первых шагов. Если процесс пойдет удачно, поставка двигателя начнется с 2008 г.

Эта программа является для объединения стратегической. В перспективе - создание совместно с НПО "Сатурн" целого семейства авиационных ГТД, предназначенных для учебно-тренировочных, учебно-боевых самолетов и беспилотных летательных аппаратов. Кроме того, появится возможность разработки гаммы стационарных двигателей различного назначения.

В настоящее время работы, связанные с внедрением двигателя, возглавляет генеральный конструктор НПО "Сатурн" Александр Александрович Саркисов. Активное участие в процессе принимает уфимское КБ НПП "Мотор".

Начальный этап разработки будет затратным и потребует концентрации всех экономических и финансовых ресурсов. Но за программой - авиационное будущее УМПО и долгая, долгая жизнь.

На протяжении восьми десятилетий основной задачей предприятия был и остается выпуск современной качественной авиационной техники. За время существования выпущено более 50 базовых и модифицированных авиационных двигателей, которые устанавливались на 170 типах и модификациях самолетов. Для ракет различного класса выпущено более 25 моделей и модификаций жидкостных реактивных двигателей. На самолетах с уфимскими двигателями поставлено более 100 мировых авиационных рекордов. Президент России В.В. Путин назвал авиационные двигатели, производимые ОАО "УМПО", "безусловной гордостью России".

## **Авиационные двигатели для военной и гражданской авиации**

- АЛ-31Ф, АЛ-31ФП для самолетов Су-27, Су-30, Су-35 и их модификаций;
- Р-95Ш и Р-195 для семейства самолетов Су-25;
- Д-436Т1 для среднемагистрального самолета Ту-334 и Д-436ТП для многофункционального самолета-амфибии Бе-200.

ОАО "УМПО" выполняет различные виды ремонта авиационных двигателей и выпускает запасные части для нужд Министерства обороны.

Перспективным направлением деятельности ОАО "УМПО" является освоение серийного производства двигателя АЛ-55 для учебно-тренировочных самолетов, а также отработка технологии освоения в производстве двигателя пятого поколения с дальнейшим выходом на его серийное изготовление.

## **Узлы вертолетной техники:**

- колонки несущих винтов для вертолетов Ка-27, 28, 29, 30, 31, 32;
- узлы трансмиссии (автомат перекоса, блок вентилятора и тормоз несущего винта) для вертолетов Ми-26.

## **Газоэнергетическое и газоперекачивающее оборудование**

- приводы АЛ-31СТ для газоперекачивающих агрегатов;
- приводы АЛ-31СТЭ для газоэнергетических установок;
- газоперекачивающие агрегаты ГПА-16Р "Уфа".

В ближайшей перспективе - завершение подготовки к производству энергетических установок ГТЭ-18.

## **Товары народного потребления**

Значительную долю производства составляет выпуск высокотехнологичной гражданской продукции, наукоемких изделий бытового назначения и товаров повседневного спроса. Объединением изготовлено более 8 миллионов автомобильных двигателей, свыше 140 тысяч комбайновых моторов, более трех



миллионов малолитражных бензиновых двигателей, более 150 тыс. мотоблоков "Агро", свыше 15 тыс. снегоходов "Рысь". Кроме того, ОАО "УМПО" выпускает:

- мотоблок "Агро" с комплектом навесного оборудования;
- снегоходы "Рысь-500";
- токарно-винторезный станок 1У61М.

**Реализация продукции**

Реализация продукции ОАО "УМПО" построена на эффективной системе сбыта, учитывающей вопросы ценообразования, качества и продвижения на рынке.

В настоящее время активизирована работа сервисного центра, запущена рекламная кампания. Главной задачей является максимальное удовлетворение запросов потребителей.

Основными регионами сбыта авиационной техники являются страны Тихоокеанского региона и Юго-Восточной Азии.

Товары народного потребления и продукция гражданского назначения распространяется в Республике Башкортостан, Москве и Московской области, Поволжском районе, в районах Урала и Сибири, Ижевской, Пермской и Нижегородской областях, Краснодарском крае.



Узлы вертолетной техники приобретаются Республикой Корея, Архангельской, Тюменской, Ростовской и Мурманской областями, Приморским краем (Владивосток).

**Внешнеэкономическая деятельность ОАО "УМПО". Перспективы развития**

Основная продукция - это двигатели АЛ-31Ф и АЛ-31ФП, которые на современном этапе имеют ограниченный спрос. Возникает насущная необходимость проведения работ, связанных с их модернизацией, а также с освоением производства более современных двигателей.

Глобальная задача, стоящая не только перед объединением, но и перед всей авиационной промышленностью, - разработка, освоение и выпуск двигателя нового, пятого поколения. Кроме того, должен быть налажен выпуск двигателя АЛ-55 для учебно-тренировочного самолета.

По итогам 2004 г. доля новых изделий в объединении составила 32,3 %, что на 9,7 % больше аналогичного показателя в 2003 г.

В 2005 г. этот показатель должен увеличиться еще больше за счет новых изделий, которые необходимо будет изготовить в обязательном порядке.

В условиях современной рыночной экономики разработка и постановка на производство новых изделий становится зачастую невозможной без участия других предприятий аналогичного профиля.

Главным источником поступления денежных средств в 2005 г.



останется поставка продукции на экспорт. Реалии таковы, что российские ВВС пока не планируют закупать новую технику, хотя в настоящее время ОАО "УМПО" приступило к выполнению госзаказа на поставку ремонтных двигателей АЛ-31Ф.

С учетом портфеля заказов утвержден план выпуска товарной продукции на 2005 г., предусматривающий увеличение объемов производства. Запланированный рост объема производства к 2004 г. - 100,4 %. Этот объем подтвержден наличием договоров и контрактов с заказчиками.

Всем подразделениям УМПО предстоит напряженная работа, чтобы максимально повысить эффективность труда и отдачу каждого инженерно-технического работника, в первую очередь благодаря внедрению в полном объеме системы управления предприятием "БААН".

С успешной реализацией этого проекта руководство объединения связывает значительное повышение экономической эффективности. Система "БААН" позволит максимально оптимизировать движение финансовых потоков и ускорить оборачиваемость финансовых средств. Мы не собираемся сдавать позиции стабильно работающего и постоянно развивающегося предприятия.

**Девиз УМПО: надежность и качество всегда и во всем.**



**450039, Башкортостан, г. Уфа, ул. Ферина, 2**  
**Телефон: (3472) 38-58-02 для справок**  
**38-75-44 отдел маркетинга**  
**38-58-11 отдел поставок**  
**(095) 911-13-11 представительство в г. Москве**  
**Факс: (3472) 38-37-44**  
**Телекс: 162340 RICA RU**  
**http://www.umpo.ru**  
**E-mail: umpo@umpo.ru**



# ПЕРВЫЙ ШАГ В СОЗДАНИИ ДВИГАТЕЛЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ИСТРЕБИТЕЛЬНОЙ АВИАЦИИ

НТЦ им. А. М. Люльки ОАО "НПО "Сатурн":  
**Валентин Быстров**, зам. начальника отдела  
**Михаил Гойхенберг**, главный специалист

**Андрей Котельников**, зам. главного конструктора  
**Евгений Марчуков**, зам. генерального конструктора  
**Игорь Осипов**, ведущий конструктор

**Специалистами ОАО "НПО "Сатурн" разработана концепция и определены основные параметры модернизированного двигателя АЛ-31Ф/ФП. Показатели машины и жизненного цикла модернизированного двигателя заметно превышают данные двигателя-прототипа. Новый двигатель, получивший условное название 117С, успешно прошел первые летные испытания в ЛИИ им. Громова в составе летающей лаборатории "10М-10" ОКБ Сухого.**

Распоряжением Правительства РФ НПО "Сатурн" определено головным разработчиком двигателя для военной авиации нового поколения. Производство узлов осуществляется в кооперации на предприятиях Рыбинска, Уфы и Москвы. Создаваемый двигатель станет основой для развития отечественной газотурбинной техники на ближайшие 25-30 лет.

Новый двигатель создается на основе имеющегося научно-технического задела предприятия, что значительно снижает технические риски при его разработке. ОАО "НПО "Сатурн" как разработчик одного из лучших в мире двигателей четвертого поколения АЛ-31Ф/ФП [1] реализует концепцию глубокой модернизации узлов серийных двигателей, эксплуатирующихся в составе самолетов Су-27/30 российских и зарубежных ВВС. Основным достоинством концепции является возможность проведения модернизации в условиях капремонта на серийных и авиаремонтных заводах с использованием существующей материальной части и заменой 20...35 % узлов и деталей, что явно привлекательно для заказчиков даже по чисто экономическим соображениям. Модернизированные двигатели предназначены для установки на самолеты как российских ВВС, так и, что очень важно, на его экспортную модификацию Су-35.

Как подтверждение правильности поэтапного принципа модернизации, следует отметить успешные результаты проведенных летных испытаний, начиная с марта 2004 г. Итогом серии испытаний стал полет в июле 2005 г. на максимальный Мах самолета Су-27 с двумя новыми двигателями.

При разработке двигателя был использован уникальный инженерно-исследовательский потенциал, современное технологическое оборудование и передовые технологические процессы, в том числе новые численные методы пространственного проектирования с применением самых современных информационных технологий и методик. Можно сказать, что создана солидная основа для решения задач разработки двигателя следующего поколения.

Новый двигатель при повышенной тяге (более 14000 кгс) обладает значительным ресурсом, заметно превышающим аналогичные показатели двигателя-прототипа [1], и возможностью его эксплуатации по техническому состоянию на базе новой цифровой систе-

мы управления с углубленной диагностикой, и все это с учетом того, что при небольшой доработке мотогондолы двигатель может быть установлен на любой самолет семейства Су-27 и Су-30.

В результате повышения эффективности узлов двигателя удалось снизить:

- удельную массу двигателя на 14 %;
- стоимость жизненного цикла на 30 %;
- удельный расход топлива на основных режимах более чем на 4 %.

Одновременно произошло повышение:

- показателей безотказности в 1,5...2 раза;
- ресурса более чем в два раза;
- удельной тяги на 9 %.

Использование указанных выше сравнительных параметров в качестве исходных данных для двигателя условного самолета гражданской авиации показало увеличение коммерческого дохода владельца самолета с аналогичным образом обновленным двигателем на \$110 млн. [2].

Достигнутые в ходе стендовых и летных испытаний двигателя результаты можно считать уникальными для российского авиадвигателестроения, и ставит этот двигатель в один ряд с современными зарубежными разработками.

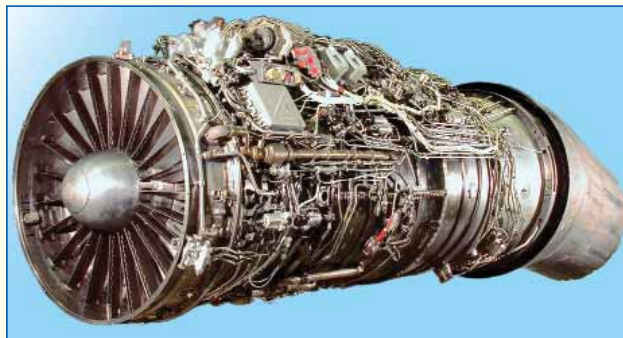
Самолет - летающая лаборатория с двумя такими двигателями разогнался до скорости, более чем в два раза превышающей скорость звука, и при этом средства объективного контроля зафиксировали

устойчивую и надежную работу силовой установки.

Есть твердая уверенность в том, что новый двигатель ждет, как минимум, такой же успех, которого достиг его предшественник АЛ-31Ф, прославивший на самолетах семейства Су-27 российское оружие на весь мир. **П**

## Литература:

1. В. Чепкин. Шедевр двадцатого века // Двигатель (научно-технический журнал). 2000. № 1. С. 12-13.
2. Е. Марчуков, В. Андреев, В. Куликов, И. Осипов. Методика расчета доходности от эксплуатации двигателей самолетов ГА // Двигатель (научно-технический журнал), 2005. № 1. С. 12-13.



## THE FIRST STEP IN CREATION ENGINE OF NEW GENERATION FOR MILITARY AIRCRAFTS

There is presented the description of concept and base parameters of modified AL-31F engine, which was elaborated in ОАО "NPO "Saturn" company. Characteristics of engine performance and life cycle of modified machine are remarkably higher than initial engine corresponding data. New engine got conventional name 117C and has successfully passed first flight tests in Gromov's LII flying laboratory "10M-10" Sukhoi company.

# НПП "ЭГА": 1940 - 2005 ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ



**Андрей Аршавский**, генеральный директор - главный конструктор ОАО "НПП "ЭГА"

Научно-производственное предприятие "Электронная гидроавтоматика" - ведущий российский разработчик систем автоматического управления (САУ) газотурбинных двигателей авиационного и наземного назначения. За 65 лет нами разработаны и внедрены в серийное производство агрегаты и САУ для различных типов авиационных двигателей - от карбюраторов поршневых моторов времен Второй мировой войны до систем управления двигателями пятого поколения. Продукция НПП "ЭГА" обеспечивает надежную эксплуатацию двигателей отечественной военной и гражданской авиации не только по всей России, но и во многих странах мира. САУ и отдельные агрегаты установлены на двигатели большинства самолетов семейств Ту, Ил, Як, Ан и вертолетов Ми. Высокие тактико-технические и летные качества известных во всем мире семейств боевых самолетов МиГ, Су и ряда других обеспечивают во многом благодаря нашим агрегатам.

системы проектирования, производства и управления. В "ЭГА" работает более 800 человек, многие из которых имеют ученые степени, являются лауреатами российских и международных премий в области авиадвигателестроения. Наш коллектив обладает уникальным и богатейшим опытом и способен выполнять самые сложные задачи в кратчайшие сроки. Именно это снискало НПП "ЭГА" уважение российских и зарубежных коллег и партнеров. Наша продукция не только не уступает, но зачастую и превосходит по качеству и уровню разработки многие зарубежные аналоги.

У нас существует большой задел оригинальных, не имеющих аналогов в мировом агрегатостроении разработок. Это касается:

- конструктивных решений в топливных насосах;
- счетно-решающих механизмов и различных узлов измерения частоты вращения, температуры и давлений;
- технологических приемов изготовления гидромеханических узлов и электронных устройств;
- методик контроля различных параметров узлов и агрегатов;



Проектирование новых систем ведется с учетом технологических возможностей и особенностей производителя серийной продукции, что в значительной степени сокращает общие затраты, сроки ее изготовления и поставки.

Все разработанные на предприятии системы осуществляют управление двигателем в полном объеме. Надежность наших разработок подтверждается статистикой: выключений двигателя на земле и в полете из-за конструктивных и производственных дефектов системы управления за последние 20 лет эксплуатации не наблюдалось.

"ЭГА" располагает уникальным экспериментально-исследовательским комплексом, обеспечивающим полный объем испытаний разрабатываемых систем на соответствие международным стандартам. Таким образом, предприятие предлагает заказчикам полный цикл работ - от помощи в разработке технического задания до выпуска документации, проведения испытаний и сдачи в серийное производство. Собственная современная производственная база предприятия обеспечивает выпуск опытных и серийных агрегатов и устройств, как гидромеханических, так и электронных. Агрегаты "ЭГА" серийно производятся на заводах России и в ряде зарубежных стран по лицензиям. Предприятие осуществляет авторское сопровождение своих разработок в течение всего их жизненного цикла.

"ЭГА" постоянно расширяет ассортимент, совершенствует уровень и качество продукции, инвестирует значительные средства в научно-исследовательские разработки. На предприятии успешно используются современные интегрированные интеллектуальные си-

- оригинальных стендов для проведения доводочных работ и анализа работоспособности изделий;

- схемотехнических решений функциональных ячеек и электронных блоков;

- программного обеспечения электронно-цифровых регуляторов.

Опыт разработки предприятием авиационных САУ, насчитывающий более 40 лет, успешно используется для создания высокоэффективных силовых приводов наземных энергетических и газоперекачивающих установок на жидком и газообразном топливе. Оборудование с маркой "ЭГА" хорошо известно в России и за рубежом.

"ЭГА" разрабатывает конструкторскую документацию и поставляет готовую продукцию также иностранным заказчикам, в частности во Францию, Южную Корею, Китай и Индию.

НПП "ЭГА" имеет государственные лицензии на разработку, изготовление и осуществление авторского надзора в области электронно-гидравлических систем управления и топливopодачи газотурбинных двигателей, а система контроля качества нашего предприятия сертифицирована на соответствие международным стандартам ISO 9001-2000.

П

**ОАО "НПП "ЭГА":**

**Россия, 127015, Москва, ул. Правды, д. 23.**

**Тел: (095) 257-0111, (095) 257-4227 (маркетинг).**

**Факс: (095) 257-1606.**

**E-mail: nppeha@nppeha.ru**

**www.nppeha.ru**



# МАИ - 75 ЛЕТ!

Редакция журнала предполагала накануне юбилея МАИ взять интервью у его ректора Александра Макаровича Матвеевко и задать вопросы о двигательном факультете. Но для ректора вуза каждый факультет дорог. Поэтому Александр Макарович поделился с нами проблемами института, рассказал о путях их решения и о перспективах дальнейшего развития МАИ.

**"Двигатель":** Александр Макарович, расскажите о положении в институте на момент Вашего избрания на должность ректора института.

**Александр Матвеевко:** Я ректор с мая 1992 г. Это были очень трудные годы. Денег не было ни на что, кроме зарплаты сотрудникам и стипендии учащимся. Причем зарплата была в 2...3 раза меньше, чем в промышленности. И сейчас она довольно низка: у профессора, доктора - 6 тыс. руб., у доцента - 4 тыс. Как минимум она должна быть порядка 15 тыс. Только к 2008 г. Академия наук предполагает довести зарплату докторам, профессорам до 30 тыс.

В те годы не было денег и на содержание, и на ремонт. Не на что было содержать общежития, базы отдыха, учебный аэродром под Волоколамском. И все же, несмотря на трудности, летная практика не прекращалась. Удалось сохранить все восемь филиалов института: на Байконуре, в Ахтубинске, Жуковском, Люберцах, Серпухове, Таганроге и два в Химках. С помощью филиалов решалась и сейчас решается громадная социальная задача. Детям из малообеспеченных семей нет необходимости ехать учиться в столицу.

**"Д":** Александр Макарович, скажите, пожалуйста, а какова динамика изменения преподавательского и студенческого состава?

**А.М.:** У нас обучается 15 тысяч студентов. Каждый год мы принимаем по 2500 студентов на бесплатные места и 700-800 человек на платные (стоимость обучения до \$1500 в год на инженерных факультетах). Но учиться у нас очень трудно, и до конца доучивается примерно половина.

Преподавателей у нас около двух тысяч, и их число практически неизменно. Хуже обстоит дело с научными сотрудниками. В благополучные годы их число достигало четырех тысяч, сегодня их менее тысячи. Такое положение дел нас не может не волновать, так как высшая школа в России покоится на двух китах: непрерывность обучения и выполнение НИР и ОКР. У нас есть самолетное конструкторское бюро, причем МАИ - единственное в мире учебное заведение, которое создало, испытало и довело до серийного производства легкий самолет в одно- и двухместном варианте. МАПО "МиГ" выпустило более 300 машин, 200 из которых продано за рубеж. В России эти самолеты используются в основном для химической обработки полей и делают это чрезвычайно эффективно. Стоимость обработки одного гектара земли с помощью этих машин обходится в \$6 и самолет окупается за один сезон.

**"Д":** Благодаря чему удалось выжить в постперестроечные годы?

**А.М.:** В основном благодаря аренде. Других способов мы не нашли, а вопросом платной учебы мы тогда еще не владели. Нам для нормального функционирования необходимо порядка 1,5 млрд рублей, а государство нам даже на этот год выделило всего 428 млн рублей. Столько же мы зарабатываем сами, а где взять остальные 500 млн? Из-за подобного недофи-

нансирования нам не удается в полной мере издавать учебники и другую литературу, совершенствовать лабораторную базу. Все это снижает качество учебного процесса.

Из-за того, что предприятия промышленности практически простаивают, очень сильно страдает производственная практика студентов. Предприятия берут на практику только тех студентов, с которыми заключены договоры о последующей после завершения учебы работе. А ведь еще студенту надо проходить технологическую, летно-эксплуатационную, конструкторскую и преддипломную практики.

Кстати, мы видим, что из всех КБ наиболее дальновидным в прошлые годы было КБ Сухого, которое в настоящий момент не имеет кадровой проблемы. Теперь спохватились и другие самолетные КБ, стали давать молодым специалистам более приличные зарплаты.

**"Д":** Каков конкурс в МАИ?

**А.М.:** На технические факультеты порядка двух человек на место. На гуманитарных факультетах по пять человек. Мы считаем, что это ненормально. Государство должно путем регулирования зарплаты поднимать престиж инженерных должностей, а не банковских.

В этом году резко возросло число абитуриентов - не москвичей. Если в недавнем прошлом ежегодно их было около 800 человек, то сегодня их более 1500 (еще немного, и восстановится обычная пропорция).

**"Д":** Куда идут работать выпускники Вашего института?

**А.М.:** Из стен института с дипломами ежегодно выходят около 1700 человек. Две трети выпускников работают по полученной специальности.

Ежегодно около 350 выпускников после окончания учебы служат в армии на офицерских должностях. После службы они идут работать в различные предприятия и организации авиакосмической отрасли. И работают эффективно, так как знание эксплуатации способствует формированию профессионализма. Именно по этой причине я отрицательно отношусь к идее сокращения числа вузов с военными кафедрами. Кстати, крайне важно и то, что многие остаются служить в армии.

**"Д":** Где, кроме авиации и космоса, работают выпускники МАИ?

**А.М.:** Выпускники третьего факультета идут работать не только на предприятия авиационно-космической отрасли, но и на флот и железные дороги. Мы получили государственную премию за разработку тиристорных преобразователей для электричек. Эта же кафедра получила госпремию по работам в области сверхпроводимости. В связи с известными событиями в экономике России нами было уменьшено количество специалистов, готовившихся по определенным специальностям для предприятий оборонных отраслей промышленности. Но ни одной специальности не было потеряно. Одновременно было увеличено число студентов на экономическом факультете, менеджмента, защиты информации экологии и др.



**"Д":** Если можно, несколько слов о премиях, полученных институтом.

**А.М.:** Сотрудники МАИ до 1992 года получили более сотни премий. Затем был вынужденный перерыв, после которого государственной премией отмечена разработка самолета "Авиатика-МАИ". Есть надежда, что созданный в институте новый самолет МАИ-223 поступит в авиацию РОСТО для подготовки будущих летчиков. С 1996 г. мы получили две государственные и 12 премий правительства в области науки и техники, две премии президента России и две премии правительства в области образования.

**"Д":** Платное образование. Что это такое?

**А.М.:** Платное образование теперь основной вид зарабатывания денег. Многие получают за время бесплатного обучения второе образование, но уже платное. Первый диплом, как правило, по инженерной специальности, второй - бакалавра - по специальностям "менеджмент", "прикладная математика", "управление качеством", "экология", "иностраный язык" и др. По два диплома ежегодно получают до 40 % выпускников.

Платное обучение приносит в казну института порядка 175 млн рублей в год, но из этой суммы на содержание МАИ идет только 25 %.

Надо отметить, что в последние годы из бюджета стали поступать, хотя и недостаточно, деньги на ремонт и на издание учебников.

**"Д":** По каким новым специальностям можно получить образование?

**А.М.:** После длительного перерыва мы возобновили подготовку специалистов по поршневым двигателям. Это связано, во-первых, с тем, что продолжается эксплуатация самолетов с поршневыми двигателями, и, во-вторых, с тем, что мы сами строим небольшие самолеты с такими двигателями. По разным причинам нам пришлось самим заняться серийным производством нами же созданного самолета. Нашли помещения под производственные площади. Установили оснастку и приступили к строительству самолетов. Вот здесь все и замкнулось: мы учим студентов создавать конструкцию, отрабатывать технологии, проводить необходимые научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, проводим производственную практику в своих цехах. На своей летной базе проводим летно-эксплуатационную практику.

Работают у нас и два вертолетных конструкторских бюро. Создано несколько проектов вертолетов, причем на одном из них прорабатывается возможность вертикальной установки двигателя, что значительно упрощает конструкцию редуктора.

**"Д":** Каково Ваше отношение к идее реформирования системы образования?

**А.М.:** Предполагается, что в России будет только 20 элитных, национальных университетов. Мое мнение - их должно быть больше, причем более половины из них должны быть отраслевыми, как, например, медицинские и инженерные вузы.

В соответствии с Болонским соглашением мы должны интегрироваться в европейскую систему подготовки специалистов. А это означает, что мы должны перейти на двухступенчатую подготовку (бакалавр, магистр) по схеме 3+2 или 4+1, затем на докторантуру. Конечно, бакалавр получает более высокую по сравнению с техником фундаментальную подготовку, но у него слабее практические навыки.

Бакалавру нужно дополнительное обучение, и на Западе он его получает на производстве, где организована система повышения квалификации. У нас такая система отсутствует. Только на отдельных, очень редких российских предприятиях есть такое обучение. Но Болонским соглашением разрешается обучение и по традиционным для отдельных стран схемам подготовки некоторых специальностей, к которым можно отнести и подготовку инженеров и врачей. Для этих специальностей важно обеспечить непрерывность обучения.

**"Д":** Как можно заработать деньги и на что их можно потратить?

**А.М.:** Где взять деньги на повышение зарплаты и решение других вопросов? Во-первых, за счет частичного платного обучения для всех. Но плата за обучение должна быть в пределах 10 % от стоимости обучения и не выше средней месячной зарплаты в конкретном регионе как плата за год.

Кстати, во всех государственных вузах США деньги за обучение берутся именно по такой схеме. Есть у них и недофинансирование всех государственных университетов, но только на 15...20 %. Подрабатывают, главным образом, на плате за обучение и выполнении договорных работ. А вот деньги ректор распределяет оригинально: он дает деньги тому факультету, где был выше конкурс. А это бывает потому, что декан факультета нашел методы, которые привлекают абитуриентов к поступлению именно на данный факультет. Это может быть и привлечение к чтению лекций знаменитых конструкторов, и организация годовых стажировок на известных фирмах. Таким образом ректор стимулирует более активную работу факультетов.

Для привлечения дополнительных источников финансирования в институте ведутся поисковые работы, на основе которых возможно заключение контрактов по созданию новой техники, причем не только авиационно-космической. Так с Российскими железными дорогами заключен контракт на научное сопровождение проекта по установке на локомотив газотурбинного двигателя, работающего на сжиженном газе. Оказалось, что, несмотря на более высокие по сравнению с дизельным двигателем удельные расходы топлива, общие расходы получаются меньше. Выполнение подобных контрактов приносит институту немалые деньги.

На что необходимо тратить деньги от платы за обучение? Во-первых, на повышение зарплаты преподавателей и доведение ее до уровня 15 тыс. рублей. Вторую половину необходимо направлять на оснащение лабораторий, на компьютерное обеспечение учебного процесса, приобретение современного инструмента.

Мы возвращаемся к формированию студенческих отрядов. Их мы привлекаем для обеспечения охраны института, проведения уборки помещений и территории, а также ремонта зданий и мебели. Здесь решается комплекс задач: и снижение материальных затрат, и финансовая поддержка студентов.

**"Д":** С какими организациями МАИ сотрудничает и по каким вопросам?

**А.М.:** Мы - головной вуз среди аэрокосмических учебных заведений России. У нас тесная связь со всеми аэрокосмическими университетами. Многие нас связывает с ОКБ "Сухой" и ОКБ Микояна.

Совместно с французской компанией Snesta второй факультет проводит работы, связанные с созданием ЖРД, а с фирмой "Аэроспасьяль" - с созданием прямоточного воздушно-реактивного двигателя. На стенде, разработанном в МАИ, проводятся исследования ПВРД на керосине, и уже достигнута скорость, соответствующая  $M=4$ . В дальнейшем будет осуществлен переход на водород и штурм новых скоростей.

**"Д":** И в заключение несколько слов о двигательном факультете...

**А.М.:** В институте двигательный факультет является самым мощным из всех. Раньше других он начал научные исследования, имеет превосходную экспериментальную базу. На основе этого факультета образовано два института: плазменных двигателей и низких температур. За разработку плазменных двигателей, работающих в системах коррекции геостационарных спутников, факультет получил государственную премию.

На факультете работают 248 профессоров и докторов. Только вот средний возраст их - 60 лет. Да и выпускников аспирантуры маловато, молодежи можно привлечь только жильем. Для решения этой проблемы планируем для молодых специалистов (до 30 лет) предоставлять ипотечные кредиты. Первый взнос порядка 10...30 %. Институт будет помогать, но только тем, кто заключит контракт на работу в МАИ сроком на 10 лет. **П**

# ВЛАДЕЛЬЦЫ ИЛ-76

## СДЕЛАЮТ ПРАВИЛЬНЫЙ ВЫБОР!



ОАО "НПО "Сатурн":

**Владимир Куликов**, зам. главного конструктора,  
**Игорь Осипов**, ведущий конструктор,  
**Александр Элькес**, главный конструктор

В этом письме продолжается обсуждение сравнительных качеств двигателей ПС-90А и Д-30КП "Бурлак" для парка самолетов Ил-76. Напомним историю вопроса. В [1] была представлена методика расчета сравнительной доходности эксплуатации самолетов ГА (далее называется "Методика"), и в качестве одного из примеров рассматривалась экономичность использования указанных двигателей для Ил-76. На основании рекламных данных было показано, что установка "Бурлака" позволит получить за время жизненного цикла самолета на \$115 млн больше, нежели при эксплуатации ПС-90А. Этот выигрыш имел следующие составляющие [1]:

1) \$27 млн: из-за меньшего часового расхода топлива и веса двигателя "Бурлак", причем \$15 млн будет получено из-за меньшей платы за топливо, а \$12 млн - вследствие большей полезной нагрузки, забираемой на борт;

2) \$8 млн: вследствие меньшей цены четырех "Бурлаков";

3) \$12 млн: из-за меньшей платы за ремонты двигателей;

4) \$68 млн: вследствие меньших затрат на покупку потребных самолету двигателей за время жизненного цикла (ЖЦ).

Почти не оспаривая, в целом, правильности предложенного авторами общего подхода к сопоставлению различных двигателей, генеральный директор ЗАО "УК "Пермский моторостроительный комплекс" А. А. Иноземцев категорически не согласен с выводами относительно преимуществ "Бурлака", что он и выразил в своем письме в редакцию ([2]; далее называется "Письмом"). Посмотрим, чем обосновывал автор свое мнение.

Во-первых, он утверждает, что "при более объективном сравнении" среднечасовой расход топлива двигателя ПС-90А составляет 1688 кг/ч, а не 1977 кг/ч, что было положено авторами [1] в основу вычислений, и соответствует заявленному основным техническим данным двигателя ПС-90А.

Поскольку авторы не располагают высотно-скоростными характеристиками двигателя ПС-90А, приходится поверить автору "Письма" на слово и принять приведенный в [2] среднечасовой расход  $Q_{\text{рас}} = 1688$  кг/ч в качестве характеристики двигателя ПС-90А. Тогда составляющая выигрыша по пункту 1), рассчитанная нами, упадет до \$0,7 млн (плюс \$3,4 млн за счет большей полезной нагрузки Ил-76 с "Бурлаком", обусловленной меньшей массой четырех "Бурлаков", не компенсируемых меньшим запасом топлива, который берется на борт самолета с ПС-90А, минус \$2,7 млн большей платы за топливо, расходуемое "Бурлаком" "теперь" за время ЖЦ).

Но это - единственная корректировка расчета [1], которую могут (и то условно!) сделать авторы "Методики". Утверждение автора "Письма", что для ПС-90А "начальные ресурсы, согласованные в настоящее время (5000 назначенный и 2500 - межремонтный),

должны быть увеличены в расчетах, по крайней мере, до прогнозируемых на 2007 г., - 24 000 ч (назначенный) и до 6000 ч (межремонтный)" не могут быть приняты как доказательные, поскольку базируются лишь на том, что "отдельные экземпляры" варианта ПС-90А-76 достигли общей наработки 20 000 ч. Между тем, заявленные (а не прогнозируемые!) высокие ресурсные параметры "Бурлака" подтверждены почти 40 млн ч суммарной наработки семейства двигателя-предшественника Д-30КУ/КП. ОАО "НПО" Сатурн" готово отвечать за ресурс "Бурлаков", а не просто обещать будущую долговечность машин, которых в активной эксплуатации всего-то 110 единиц на всех самолетах (в том числе Ту-204, Ту-214, Ил-96) (информация взята с сайта "Пермские моторы").

Сомнения автора "Письма" в продажной цене "Бурлака" (\$1,5 млн) нам, мягко говоря, непонятны. Ведь фактически анонсировав цену мотора в таком авторитетном журнале, как "Двигатель", предприятие в лице авторов "Методики", своих ответственных сотрудников, берет на себя определенные обязательства, и это не может быть неясным читателю. Автор "Письма" в качестве источника своих сомнений приводит цену двигателя-предшественника "Бурлака", которая составляет около \$2 млн, но в данном случае он просто не владеет вопросом. Низкая стоимость ремоторизации Ил-76 обусловлена высокой степенью унификации Д-30КП "Бурлак" с базовым двигателем Д-30КП-2 (75 %). Хорошо известна тенденция снижения цены двигателя при его столь массовом серийном выпуске (так называемая лямбда-характеристика любого изделия). Так что и эта попытка коррекции цифр - исходных данных методики [1] - никак не может быть признана убедительной.

Таким образом, в результате тщательного анализа представленных в "Письме" данных сравнительная доходность эксплуатации "Бурлака" по сравнению с ПС-90А снизится со \$115 млн до \$89 млн, что не является основанием для пересмотра вывода о заметной предпочтительности двигателя Д-30КП "Бурлак" перед ПС-90А для самолетов Ил-76.

Теперь отметим еще один аспект "синхронизации во времени" (терминология автора "Письма"), т. е. вопрос о будущих эксплуатационных параметрах рассматриваемых двигателей. Техническим заданием на проектирование "Бурлака" ставилась цель повысить тягу двигателя с 12 до 13 тс. Однако в ходе стендовых испытаний удалось не только достичь намеченного результата, но и превысить его, вплотную приблизившись к 14 тс. Именно этот показатель при последующей доводке и станет нормой. Большая тяга двигателя позволит увеличение взлетной массы самолета Ил-76 до 195 т, сохранить взлетную тягу при температуре окружающей среды до +30 °С и при старте из "высокорасположенных аэропортов и с ко-



# ООО "Всеобщая страховая Компания" Universal Insurance Company



Россия, 101990, Москва,  
Петроверигский пер., 4  
Тел./факс: (095) 923-2102  
E:mail: univic@caravan.ru

ротких взлетных полос". Этот фактор парирует также утверждение автора "Письма", что "возможные ограничения по предельным температурам газа перед турбиной и уровню шума будут препятствовать дальнейшему развитию самолетов Ил-76Т, ТД, их удлиненных модификаций Ил-76МФ, ТФ, а также ремоторизации самолетов типа Ил-86". Эти вопросы для "Бурлака" уже решены, по крайней мере, с технической точки зрения.

И, наконец, последнее. Автор "Письма", безусловно, прав, когда утверждает, что представленная в [1] методика не учитывает все экономические составляющие самолетного и двигательного бизнеса. Но авторы [1] и не претендовали на учет всех аспектов конкретной экономической ситуации в области эксплуатации одного из флагманов отечественных "самолетов-грузовиков", особенно на учет тех аспектов, которые связаны с проблемой массовой ремоторизации Ил-76. А эта ситуация во многом чрезвычайная. По оценке Института экономики авиационной промышленности, нуждающаяся в срочной модернизации часть парка Ил-76 составляет более ста самолетов, пригодных для дальнейшей коммерческой эксплуатации на протяжении ближайших 10-12 лет. В случае модернизации, приемлемой для компаний, которые владеют Ил-76, этот парк способен приносить доход в размере \$200-270 млн в год. При этом рыночная стоимость неремоторизованного Ил-76 с 10-15-летним стажем (а более новые Ил-76 в российской авиации практически отсутствуют) составляет не более \$10 млн, и летать им остается не очень долго. Стоимость же ПС-90А - \$3,5 млн, а на самолет их устанавливается четыре. Поставив ПС-90 на крыло, самолет нужно интенсивно эксплуатировать лет 15, чтобы окупить затраты на установку новых двигателей. Серийное производство "Бурлаков" намечено на начало 2007 г. Выполнение этой программы ОАО "НПО "Сатурн" нужно не только гражданским авиакомпаниям - грузоперевозчикам, но и военно-транспортной авиации, да и всей России в целом. Ведь старые двигатели на самолете Ил-76 не удовлетворяют экологическим нормам ИКАО по уровню шума и эмиссии.

Североамериканский и европейский рынки сейчас для этих самолетов закрыты. Из-за этого за последние три года эксплуатанты Ил-76 недополучили примерно \$300 млн. При этом спрос на грузоперевозки не исчезнет, а будет, скорее всего, удовлетворяться старыми зарубежными лайнерами. Российская же производственная и авиатехническая база по обслуживанию самолетов и двигателей этой размерности в этом случае будет не востребована, и значит, отечественные предприятия будут простаивать и не обогащать бюджет РФ налоговыми поступлениями, а, наоборот, без конца просить помощи у небогатых федеральных программ. □



## Литература

1. Е. Марчуков, В. Андреев, В. Куликов, И. Осипов. Методика расчета доходности от эксплуатации двигателей самолетов ГА//Двигатель, № 1, 2005, с. 12-13
2. А. Иноземцев. В споре рождается истина?..//Двигатель, № 3, 2005, с. 8-9

# ЧУДО, СТАВШЕЕ ТРАДИЦИЕЙ



**Ставшее уже традиционным Московское аэрошоу, носящее в этом году имя "МАКС-2005" вновь состоится в августе в подмосковном городе Жуковский. Здесь, в самом авиационном городе России, где сосредоточены наши самые известные авиационные научные центры - ЛИИ, ЦАГИ и другие, уже почти 15 лет проводятся международные авиасалоны. Наш корреспондент побывал в офисе ОАО "Авиасалон" - организатора этой выставки, и побеседовал с его генеральным директором Игорем Константиновичем Новиковым.**



**"Двигатель":** Игорь Константинович! Чем в самом общем смысле отличается VII Авиасалон в России от предыдущих?

**Игорь Новиков:** Во-первых, МАКС этого года - новый этап развития Авиасалона в России. Прежде всего это выражается в об-

ретении Салонам нового статуса. То, о чем мы объявляли по окончании прошлого Салона, стало реальностью: постановлением правительства нашим деловым праздником в Жуковском присвоен статус выставки федерального значения. Есть и еще одно новшество: по мнению иностранных инвесторов и зарубежных фирм, мы выходим на уровень значимого Международного салона. Это сказывается как на представительстве иностранных фирм, так и на активности российских участников. В этом году мы ожидаем представителей более чем из 40 стран. Планируем значительное увеличение числа участников. Намечена прекрасная летная программа. Самое, пожалуй, важное, что значимо для любого салона - это новинки. Новинок будет очень много - как по доработкам, так и по новой технике.

**"Д":** Какие отношения у организаторов Авиасалона с администрацией города Жуковского, Москвы и Московской области?

**И.Н.:** Прежде всего, я хотел бы сказать, что структура Авиасалона отличается от предыдущего. Организатором Салона по постановлению Правительства России является Агентство по промышленности РФ. Оргкомитет возглавляет министр промышленности и энергетики Христенко. Это позволит соблюсти баланс интересов министерства и Роспрома. Серьезную помощь оказывает нам Московская область - даже распоряжение ее губернатора о подготовке к Салону появилось существенно раньше, чем федеральные нормативные документы. Область нам всегда помогала и в инфраструктуре, и в транспортно-дорожных проблемах, и административно: точно так же будет и на этом МАКСе. Впервые на МАКС будет работать деловой центр города Москвы. Иначе



говоря, на этот раз у Москвы будет свое шале и не один день города на Салоне, как раньше, а целая недельная программа.

**"Д":** Как связаны наши салоны с мировыми авиационными форумами?

**И.Н.:** Город Жуковский - центр авиационной науки. В мире все знают Ле Бурже как пригород Парижа и место проведения парижского авиасалона и Жуковский, пригород Москвы. И нам бы, конечно, очень хотелось, чтобы Жуковский был известен в мире как центр проведения российского салона МАКС. Администрация МАКСа

контактирует с организаторами всех крупнейших мировых авиационных форумов. Взаимный обмен информацией дает много полезного для проведения наших авиационных выставок, помогает провести их по-деловому, сохранив тем не менее атмосферу праздника. Мы находимся в постоянном информационном



общении, например, с организаторами французского салона, хотя они наиболее "закрыты" среди всех других организаторов авиасалонов. Ну, нам с ними невозможно меряться опытом проведения подобных мероприятий, это же патриархи - 90 лет истории авиационных выставок! Нам импонирует общая направленность Парижского салона, мы также стремимся стать Салоном, значимым в смысле технической политики, а не просто выставкой какой-то привезенной нам техники.



**"Д":** Как решаются вопросы с прибыльностью?

**И.Н.:** Наши МАКСы никогда не были ни убыточными, ни дотационными. Только первый из них приходилось финансировать из федерального бюджета для "запуска" этой системы. И вся полученная прибыль шла на развитие инфраструктуры Салона, строительство шале, поддержание в требуемом состоянии площадки ЛИИ, подъездных путей, дорог и самого Жуковского. Вот и к этому МАКСу мы строим 29 новых шале. Это порядка трех тысяч квадратных метров новой площади - офисных помещений, помещений для переговоров и встреч. Колоссальные средства тратятся на обеспечение безопасности, на обеспечение летной программы, на подготовку аэродрома и всего того, что связано с летной программой.

**"Д":** Что будет показано в воздухе в этом году?

**И.Н.:** Летная программа уникальна. Аналогов ей нет ни на одном из салонов мира. Мы всегда стремились сделать ее такой: интересной, показательной. В авиации должно сохраниться ощущение достижимости казалось бы невозможного, чуда обретения крыльев. Большинство наших фирм готовит новинки. Не будем раскрывать их содержание, это должно быть сюрпризом, но могу сказать, например, что туполевская фирма планирует показать и свои основные гражданские самолеты и очень много своей военной техники. По традиции фирма Сухого покажет почти все свои летательные аппараты. В том числе и те, которые находятся на вооружении и в стадии разработки и доводки. В летной программе будут участ-



вовать и "Иркут", и КНААПО, и все наши вертолетостроительные объединения. Новые пассажирские и транспортные самолеты также будут показаны в полете. Мы хотим, чтобы показательные выступления стали основой летной программы МАКСа. Впервые за все время проведения Салонов прославленные наши пилотажные группы "Стрижи" и "Витязи" будут базироваться в Жуковском, на аэродроме ЛИИ им. Громова. А, следовательно, зрители смогут увидеть как взлет, так и посадку наших пилотажных групп. Пилоты покажут свою программу в полном объеме, не экономя топливо на пролет до Кубинки, как раньше. Многие видели пролет "девятки" самолетов над Кремлем, а теперь эта "девятка" покажет высший пилотаж, что также очень интересно. Конечно, в полетах примет участие наша российская пилотажная группа "Русь".

Из иностранных пилотажников - почти все наши старые друзья обещали прилететь. "Патруль де Франс" - летчики французских ВВС на "Мираж-2000" - обещали еще раз нарисовать в небе Жуковского сердце - для российских женщин. Будут итальянские "Фрече триколоре". На этот раз они приготовили "пилотажную изюминку" - грузовой пилотажный самолет В-222. Это - транспортный самолет, который может, тем не менее, без снисхождения к классу кру-



тить "бочки" и "петли". По-прежнему хорошей командой придут американские ВВС. На этот раз взамен заслуженного В-52, они привезут другую свою легенду - В-1. В полетах примут участие F-16 последних модификаций.

Традиционно очень серьезна будет экспозиция по двигательной тематике. Ее готовят по разделам - пермский куст предприятий, в своем отдельном павильоне выставляется "Сатурн" из Москвы и Рыбинска, украинские моторостроители, уфимцы, московский "Салют" и многие другие. В том же павильоне будет представлена и авиационная наука - ЛИИ, ЦАГИ и другие институты. Запланирован, кроме того, и отдельный павильон, в котором сконцентрируются Государственные научные центры. Наука будет традиционно представлена полно и интересно, и мы надеемся, что будет отдельная экспозиция авиационных вузов.



Также будет вновь проведена детская программа "Юнимакс", которая на предыдущем Салоне вызвала большой интерес посетителей. По своему разнообразию она не менее богата, чем сам Салон. Здесь будет представлено детское и юношеское техническое творчество, моделизм. Будет и спортивная программа: если хотим жить и работать дальше, то именно сейчас надо работать с детьми и молодежью. "Юнимакс" организуется ОАО "Авиасалон" совместно с администрацией города Жуковский, рядом коммерческих фирм и государственных научными центрами - ЛИИ и ЦАГИ.

**"Д":** Будет ли отличаться программа выставки в различные дни?

**И.Н.:** Выставка будет работать по классической международной схеме - первые дни - только для участников и бизнес-посетителей. И публичные дни: пятница - суббота - воскресенье, когда будут в основном показательные полеты и демонстрационная программа. В первые же дни акцент будет сделан на демонстрационные полеты новейших самолетов.



И публичные дни: пятница - суббота - воскресенье, когда будут в основном показательные полеты и демонстрационная программа. В первые же дни акцент будет сделан на демонстрационные полеты новейших самолетов.

**"Д":** Как будут организованы проезд, стоянки и прочее?

**И.Н.:** Мы улучшаем сервис и повышаем удобства для наших посетителей и экспонентов. В этом году на территории выставочного комплекса изменяется

схема движения и появляется новая автостоянка для бизнес - посетителей. Мы планируем в первые три дня принять до 50 тысяч бизнес-посетителей. И мы точно знаем, что, какая бы ни была погода, 50 тысяч зрителей к нам придут всегда!

Упрощается и улучшается схема движения по выставочному комплексу. Будет организовано круговое движение по



двум подъездным магистралям к Жуковскому. Мы сохраняем идеологию передвижения к Салону - использование бесплатной автостоянки "Быково" для перехвата личных автомобилей в публичные дни с доставкой посетителей автобусами, и точно так же - автобусами - от платформ "Отдых" и "42-й километр" во все дни работы. В бизнес-дни можно будет по билетам МАКС проехать на территорию комплекса. Билеты будут продаваться на местах, но лучше приобретать их заранее у всех наших операторов.



**"Д":** Какова цена входных билетов на МАКС и как будут попадать туда дети?

**И.Н.:** В публичные дни входной билет на МАКС будет стоить 300 рублей, а детский - 50 рублей. В бизнес-дни билет будет стоить 1200 рублей, а при предварительной продаже - 1000 рублей. Пропуск на автостоянку на один день также будет стоить 1000 рублей.

Дети могут попадать на МАКС только в публичные дни. Проход детей до 7 лет - бесплатный, с 7 до 14 лет - по детскому билету.

**"Д":** В каком состоянии реализация Вашей давней идеи о постоянных выставках на поле ЛИИ?

**И.Н.:** Вновь построенные 29 шале задуманы как раз в плане развития выставочного комплекса в ЛИИ, для организации здесь нового экспозиционного центра военно-технического сотрудничества между различными государствами. Мы очень надеемся на поддержку Федерального центра и соответствующих министерств и ведомств. Сейчас уже есть договоренность с федеральной службой по военно-техническому сотрудничеству, что в августе следующего года на территории ЛИИ состоится наземная сухопутная выставка по ВТС, совмещенная с фестивалем пилотажных групп. Это - первый этап развития нашего комплекса, а дальше, надеюсь, наш МАКС из выставки федерального значения перерастет в национальную выставочную программу, что будет поддержано администрацией президента, Президентом России и правительством. Это даст возможность сформировать удивительно интересный выставочный комплекс мирового уровня, способный принимать любую экспозицию.



И на прощание. Мы бы хотели, чтобы каждый участник и посетитель Салона почувствовал, что авиация в России - не только сбывшиеся наиболее дерзновенные мечты, но и, воистину, рукотворное чудо. А наш ставший уже регулярным Салон - традиционное воплощение этого чуда сбывшейся мечты.

Ждем всех вас на нашем Салоне. Спасибо.



## К ВОПРОСУ О ПЕРЕИМЕНОВАНИЯХ, ИЛИ: КАК ВАС ТЕПЕРЬ НАЗЫВАТЬ?

Эрнст Намсараев, начальник отдела ЦИАМ



ДА ЗДРАВСТВУЕТ МОГУЧАЯ АВИАЦИЯ  
СТРАНЫ СОЦИАЛИЗМА!

В этом году головной НИИ российского авиодвигателестроения готовится отмечать очередной юбилей. Мы, работающие долгие годы в институте, уже давно, знаем только одно название - ЦИАМ, или более полно - Центральный институт авиационного моторостроения имени Петра Ивановича Баранова. Интересно, как наш институт назывался при его рождении, 75 лет тому назад?

Вот что открывает нам история:

...Собственно, на той площадке, где сейчас расположен институт,

НАМИ под руководством профессора Н.Р. Бриллинга предполагало создавать институт автотракторных моторов. Первоочередность этой нужной инициативы поставили под сомнение в известном письме 19 авиационных специалистов от 13 августа 1930 года, обращенном к руководству страны и партии, понимая, что в возможной будущей войне значение авиации будет доминирующим, а отсутствие отечественной базы создания авиамоторов лишает страну самостоятельности в авиационном строительстве. Это подталкивало к принятию судьбоносного для нашего института решения: ставился вопрос о создании "единого центрального Института по опытному строительству авиамоторов и самолетов". Сотрудники НАМИ с этой точкой зрения были не согласны, поскольку резонно считали, что автомобильные и тракторные (а значит и танковые) моторы для обороны страны имеют не меньшее значение.

В Реввоенсовет с указанным коллективным письмом поехал его автор и инициатор, будущий великий конструктор авиационных и танковых дизелей, а тогда - недавний выпускник Академии им. Жуковского и бывший комиссар Гражданской войны Алексей Дмитриевич Чаромский. Его принял начальник Главного управления ВВС РККА Петр Иванович Баранов, горячий поклонник создания отечественной авиации и однополчанин Чаромского.

Расширенное заседание Реввоенсовета СССР по вопросу о создании нового института состоялось 3 декабря 1930 года. На нем

присутствовало много технических специалистов из армии, НАМИ, ЦАГИ. Решение этого заседания (протокол № 27, п. 2, пп. 1) явилось тем документом, который поставил точку в вопросе: "Быть или не быть?" В нем говорилось: "...объединить в составе ВАО Авиамоторный Отдел ЦАГИ и отдел опытного моторостроения завода № 24 ВАО - в единый Опытный Авиамоторный Институт". Здесь ВАО - Все-союзное авиационное объединение - "букет" из авиационных предприятий. Так что ОАИ - первое из имен нашего института.

Затем - примерно через полгода, а может и раньше - в различных документах стало фигурировать название "Институт авиационного моторостроения" - ИАМ. Говорят, что такое название придумал и ввел в оборот Б.С. Стечкин (первый "собирающий" нашего института и первый же его начальник), считая совершенно непроизносимой аббревиатуру из одних гласных. Площадку в Лефортово вместе со всем, что уже успел построить НАМИ, передали новому институту (группа моторостроителей НАМИ влилась в коллектив нового института).

Это название тоже просуществовало недолго. Приказом по Народному комиссариату тяжелой промышленности № 435 от 29 июня 1932 года Институт авиационного моторостроения был переименован в Центральный институт авиационного моторостроения - ЦИАМ.

"Крестный отец" института, П.И. Баранов с 1931 года руководил главным управлением авиационной промышленности. Вскоре он стал заместителем наркома тяжелой промышленности Г.К. Орджоникидзе. В 1933 году Баранов погиб, направляясь на самолете в Коктебель, где у горы Климентьева с 1932 года открывал им же инициированные ежегодные планерные полеты. В приказе по Народному комиссариату тяжелой промышленности № 805 от 14 сентября 1933 года говорится: "Учитывая выдающиеся заслуги в авиационной промышленности безвременного погибшего заместителя наркома тяжелой промышленности Петра Ивановича Баранова и ходатайство местных партийных и общественных организаций об увековечении его памяти, приказываю: заводу № 29 и Центральному институту авиационного моторостроения (ЦИАМ) присвоить имя П.И. Баранова". Почти одновременно с ЦИАМ и Омским авиазаводом стала носить имя своего создателя П.И. Баранова планерная база в Коктебеле. **П**

## АВИАДВИГАТЕЛИ XXI ВЕКА

Уважаемые коллеги!

Приглашаем вас принять участие в работе

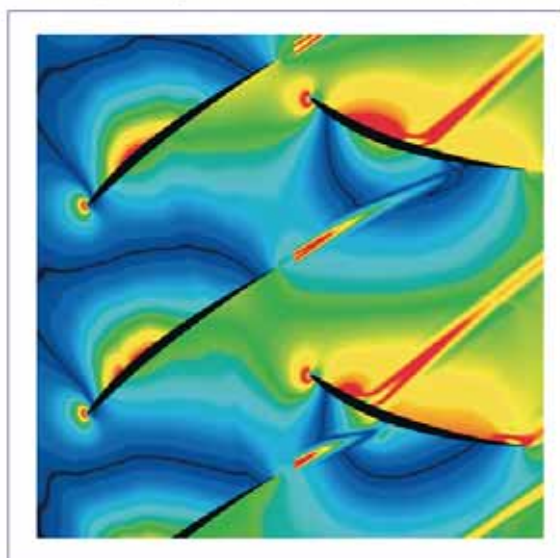
II Международной научно-технической конференции

### ПРОБЛЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ

- Обобщение опыта российских и зарубежных ученых в области разработки перспективных авиационных двигателей
- Обеспечение технологической готовности к созданию перспективных авиационных двигателей и энергоустановок
- Повышение эффективности разработки двигателей и их узлов на основе развития методов проектирования и математического моделирования
- Обеспечение высокой надежности, ресурса, безопасности полетов
- Обеспечение защиты окружающей среды при эксплуатации авиационных двигателей
- Интеграция силовых установок и ЛА

По вопросам участия в Конференции обращаться в Оргкомитет

6-9 декабря 2005, г.Москва, ЦИАМ



Оргкомитет Конференции:

111116, Москва, ул. Авиамоторная, д. 2.

Тел.: (095) 362-55-46, 261-65-46.

Факс: (095) 267-1354.

E-mail: [aeroconf@ciam.ru](mailto:aeroconf@ciam.ru) [www.aeroconf.ciam.ru](http://www.aeroconf.ciam.ru)



# Исключительная производительность

## для высокопроизводительных вычислительных систем

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



### Наивысшая производительность для САПР

- результат совместной работы с ведущими производителями программного обеспечения для САПР: UGS, PTC, AСКОН, MSC, Software, CATIA, Autodesk
- совместимость с широким кругом приложений для САПР и ГИС

### Самый низкий уровень акустического шума

- уровень шума ARBYTE CADStation WS600 не превышает 35 dBA
- результат совместной работы с кафедрой акустики Физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
- уникальные технические решения



### Самая низкая стоимость владения

- лучшая цена среди графических рабочих станций с аналогичными характеристиками
- 5 лет гарантии. Гарантированное максимальное время ремонта 5 рабочих дней в любом из 100 сервисных центров ARBYTE

Рекомендации по применению рабочих станций ARBYTE CADStation с прикладными пакетами САПР

	ARBYTE WS200	ARBYTE WS400	ARBYTE WS600
САД-СИСТЕМЫ			
AutoCad	■	■	■
ArchiCad	■	■	■
КОМПАС	■	■	■
Inventor	■	■	■
SolidWorks	■	■	■
SolidEdge	■	■	■
Unigraphics	■	■	■
PTC Pro/Engineer	■	■	■
Catia	■	■	■
САЕ-СИСТЕМЫ			
MSC.Patran	■	■	■
MSC.Adams	■	■	■
MSC.Nastran	■	■	■
MSC.Dytran	■	■	■
ANSYS	■	■	■
CFX-5	■	■	■

■ совместима ■ рекомендована

**ARBYTE®**  
www.arbyte.ru

Москва ARBYTE (095) 725-8008,  
Verysell Distribution (095) 777-33-45, 935-79-79

Альметьевск: Белфорт (8553) 23-87-87 • Архангельск: ООО "Сивералмас" (8192) 65-71-84 • Благовещенск: ООО "Системный Интегратор" (4102) 59-95-33  
• Владимир: Электрон-сервис (0922) 33-80-01 • Воронеж: Креста-Офис (0732) 71-84-75 • Калуга: ПИ В Плюс (0842) 56-48-88 • Киров: ВИТ: (8332) 64-04-10 • Кострома: Стел (0942) 54-15-35 • Курск: ООО "Ко5" (0712) 53-15-06 • Липецк: ООО "Рагарад-Тур Электроника" (0742) 22-05-55 • Минск: Белфорт (017) 234-20-54 • Набережные Челны: Белфорт (8552) 39-65-25 • Нижний Новгород: ОнЛайн (8312) 35-36-01 • Новосибирск: Арбайт Компьютерз Сибирь (3832) 12-57-79 • Оренбург: Белфорт Колинкомани (3532) 70-30-61 • Орск: Контакт Плюс (3637) 25-05-98 • Пенза: Милана (8793) 97-45-85 • Улан-Удэ: ИАЦ Администрации г. Улан-Удэ (3012) 49-62-25 • Уфа: Белфорт (3472) 25-37-77 • Чебоксары: Копир-Сервис (8352) 74-11-00



# ТЕХНОЛОГИИ СНИЖЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ШУМА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ (РЕШЕНИЯ ARBYTE)

Не так давно американские ученые обнаружили, что высокий акустический шум и посторонние звуки на рабочем месте приводят к тому, что сотрудники начинают чаще ощущать дискомфорт и острую потребность в принятии пищи. Удовлетворение этой потребности ведет не только к дополнительным потерям рабочего времени, но также способствует набору избыточного веса, который, нет нужды говорить, негативно сказывается на продуктивности работы квалифицированного специалиста.

Этому "открытию" американцев можно было бы и улыбнуться, если бы проблема негативных последствий повышенного акустического фона на рабочем месте не стояла так остро. Медицинские исследования подтверждают, что шумы, превышающие нормативы, отрицательно сказываются на центральной нервной системе, вегетативных реакциях, артериальном давлении и деятельности многих внутренних органов. Научно доказано, что шумы даже относительно малой интенсивности неблагоприятно влияют на здоровье людей, заметно снижают производительность труда, в том числе умственного. Под влиянием шума изменяются показатели переработки информации, уменьшается темп и ухудшается количество выполняемой работы, особенно при активной интеллектуальной деятельности.

Постоянное нарастание выделяемого компонентами компьютера тепла (по мере появления все более производительных моделей) вызывает увеличение количества охлаждающих вентиляторов и повышение скорости их вращения. Соответственно нарастает и акустический шум - его создают воздушные потоки, со свистом проходящие через различные сужения внутри компьютера, работающие лопасти и подшипники, в которых установлены валы вентиляторов.

Некоторые зарубежные производители предлагают ряд мер для снижения акустического шума, однако специализированные малошумящие компьютерные компоненты обходятся заказчику существенно дороже, чем традиционные. Это порой вынуждает забывать о комфорте (и продуктивности работы) в угоду мимолетной экономии материальных средств. Поэтому перед компанией Arbyte встала задача минимизации акустического шума, практически без увеличения при этом стоимости компьютеров.

Проблема высокого уровня акустического шума и вибраций стоит при работе на обычных компьютерах дома и на рабочих местах, но особенно остро она ощущается при выборе мощных компьютерных систем для САПР. Arbyte начал свою борьбу с шумом именно с высокопроизводительных профессиональных графических станций. Затем подобные технологии были применены по всему модельному ряду настольных систем и коснулись даже серверов начального уровня Silex (образовано от словосочетания Silent Vox).

Изучив вопрос о шуме, генерируемом подшипниками, которые устанавливаются в системе охлаждения процессора, инженеры попытались найти компромисс между высокой наработкой на отказ (70...80 тыс. ч), но большей "шумливостью" шарикоподшипников и меньшим ресурсом (30 тыс. ч) при более слабом акустическом шуме подшипников скольжения (на 2...3 дБ(А) тише шариковых подшипников качения). Решение было найдено в области технологий промышленной керамики. Специальное керамическое покрытие из оксида циркония, изготовленное по высокому классу точности, обеспечивает подшипнику скольжения повышенную прочность и надежность (наработка на отказ составляет для него примерно 300 тыс. ч, причем даже при температуре 70 °С), абразивную стойкость и химическую инертность (отсутствие коррозии) и создает при работе "самополирующий эффект". Перечисленные свойства такого подшипника в конечном счете дают возможность существенного уменьшения уровня производимого вентилятором шума.

Что касается блоков питания, то теперь компания использует изделия одного из наиболее авторитетных в этой области производителей - тайваньской FSP Group (она обладает собственной технологией изготовления "жидкостных" подшипников, позволяющих снизить шум еще кардинальнее, чем при использовании подшипников с керамическим покрытием). Применяемые российской компанией блоки питания FSP оснащены 120-миллиметровым вентилятором с гидродинамическими подшипниками, а также увеличенным количеством отверстий в корпусах.

Для процессоров вместо традиционных 60-миллиметровых используются охлаждающие вентиляторы диаметром 80 мм. Увеличение размеров (а значит, и производительности) позволи-



Профессиональная графическая станция Arbyte WS600



Монитор графической станции



ло снизить номинальную частоту вращения лопастей с 5000 мин<sup>-1</sup> и более до 2400 мин<sup>-1</sup> и таким образом уменьшить шум. При этом в зависимости от рабочей нагрузки компьютера адаптивная система управления регулирует скорость вращения вентилятора, опираясь на показания датчиков, измеряющих потребляемый процессором ток и температуру внутри компьютера. При малой нагрузке системы вентилятор автоматически останавливается, и тогда компьютер становится практически бесшумным.

Для компенсации низкочастотной вибрации винчестеров в компьютерах Arbyte используются так называемые silent-блоки - жестко закрепляемые на корпусе компьютера, выполненные из стали толщиной 0,8 мм рамочные каркасы, в которые на специальных резиновых амортизаторах устанавливаются приводы жестких дисков.

Среди прочих средств снижения шума системных блоков можно отметить корпус с толстыми металлическими стенками, дополнительно гасящими высокочастотные звуки, и малошумящие винчестеры (одни из самых тихих в отрасли, согласно независимым акустическим измерениям). Кроме того, применяется автоматическая регулировка скорости вращения системных вентиляторов в зависимости от температуры материнской платы (устанавливается в меню BIOS Setup платы Intel). Вкюпе с тонкими SerialATA-кабелями, улучшающими воздухооток в нижней части корпуса (по сравнению с традиционными плоскими IDE-шлейфами) эта авторегулировка на практике заметно снижает шум от системного блока в моменты невысокой загрузки процессора, или когда нагрузка на него носит кратковременный эпизодический характер (то есть как раз в моменты интенсивной умственной деятельности оператора - именно тогда, когда это и требуется).

В целом подобные решения позволили компании добиться поставленной цели, и в конце сентября 2004 г. группа компаний Arbyte объявила о введении нового внутрифирменного стандарта по уровню допустимого акустического шума выпускаемой компьютерной техники. Данный стандарт определяет жесткие нормы на максимально допустимый уровень излучаемого акустического шума и применяется ко всему спектру вычислительной техники, производимой Arbyte, которая предназначена для установки в рабочих помещениях. Таким образом, в настоящее время стандарт охватывает настольные ПК, графические рабочие станции и серверные системы начального уровня. В частности, максимально допустимый скорректированный уровень шума настольных систем при полной загрузке процессора не должен превышать 35 дБ(А). Это соответствует московским санитарным требованиям на шум в помещении в ночное время, а по действующему в настоящий момент государственному стандарту ГОСТ 12.1.003-83 "ССБТ. Шум. Общие требования безопасности", содержащему нормы на уровни шума для различных видов деятельности, такой уровень шума допустим при "работе по выработке концепций, новых программ, творчества, преподавания".



**ARBYTE**



На фото:

1 - сайлент-блок для жестких дисков

2 - вентилятор на основе промышленной керамики

3 - размещение узлов в системном блоке Arbyte WS400

4 - профессиональная графическая станция Arbyte WS400

5 - Arbyte WS400 изнутри

**ARBYTE  
ARBYTE  
ARBYTE  
ARBYTE  
ARBYTE  
ARBYTE  
ARBYTE  
ARBYTE  
ARBYTE  
ARBYTE**





Ян Фергусон

# "ДЕЛКАМ" РАЗВИВАЕТ СОТРУДНИЧЕСТВО С РОССИЙСКИМИ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ И ОБОРОННОЙ ОТРАСЛЯМИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Компания из Великобритании "Делкам" (Delcam) является крупнейшим разработчиком CAD/CAM продуктов в Великобритании. Программные продукты "Делкам" успешно применяются западные компании - производители авиационной и космической техники, такие как Boeing, Pratt and Whitney, General Electric, BAE Systems, Northrop Grumman, Westland и другие. Украинские компании "Авиан" и "Мотор Сич" также заключили контракты с "Делкам".

"Делкам" - не новичок на рынке высоких технологий для авиационной, космической и оборонной отраслей промышленности России. Компания сотрудничает с 1989 г. с Исследовательским институтом им. Крылова, с ЦАГИ, НПК "Иркут" и многими другими. В России интерес к программным продуктам компании очень высок, поэтому не удивительно, что этим летом у компании был напряженный график приема делегаций российских заводов.

В июне компанию посетили представители известных заводов уральского региона: Уралвагонзавода (изготовитель танков), Ижевского инструментального завода (город, известный производством автомата Калашникова), Челябинского тракторного завода, а так же КАМАЗа.

Члены делегаций имели возможность увидеть работу с программными продуктами "Делкам" и их применением в современных технологиях и производствах лидеров мирового машиностроения, в таких компаниях как "Ягуар", JCB, в Институте сварки и Группе быстрого макетирования в университете города Варвик (Англия).

В июле "Делкам" принимал восемь специалистов из корпорации "МиГ", которые проявили большой интерес к программным

продуктам для высокоскоростного пятикоординатного фрезерования и к новым решениям в метрологических технологиях.

В сентябре компания будет участвовать в семинаре "Новейшие технологии Великобритании для производства газотурбинных двигателей". Семинар будет организован совместно с компанией Winbro group (Великобритания) и будет проходить на ММПП "Салют" (Москва) для специалистов из различных регионов России.

Компания постарается рассказать о преимуществах продуктов "Делкам" при решении реальных производственных задач, связанных с проектированием и механической обработкой сложных аэродинамических поверхностей, с инженерным моделированием, а также специальными технологиями и программами для современной измерительной техники.

Подобная активность в работе с заказчиком могла бы удивить, но в результате такой внимательной работы с компаниями за последние девять месяцев заключены важные контракты с НПО "Сатурн".

Комментируя программы регионального развития "Делкам", Ян Фергусон - региональный коммерческий менеджер "Делкам" - сказал: "Имея в России опыт работы более 15 лет и восемь региональных офисов, "Делкам" может предложить заказчику высококвалифицированную и оперативную поддержку в различных регионах, которая имеет особое значение в авиационно-космической и оборонной отраслях промышленности. Часто высокие технические требования наших российских клиентов дают импульс к развитию новых версий наших программных продуктов. Для таких российских компаний быть "вторыми" среди лучших или быть "вторыми" на рынке совсем недостаточно".



**POWERMILL** – подготовка высокоэффективных управляющих программ для станков с ЧПУ, высокоскоростная и 5-осевая обработка

**POWERSHAPE** – моделирование сложных форм, подготовка моделей к производству

**POWERINSPECT** – контроль деталей на измерительных машинах

**СОРУCAD** – система обратного проектирования

**ARTCAM** – система электронной гравировки



**Делкам-Урал (Екатеринбург)**  
info@delcam-ural.ru  
тел.: (343) 214-46-70

**Делкам-С.Петербург**  
svm@delcam.spb.ru  
тел.: (812) 394-61-15

**Делкам-Москва**  
ar@aha.ru  
тел.: (095) 369-74-33

**Делкам-Самара**  
delcamsamara@transit.samara.ru

**Делкам-Новосибирск**  
pozdn@nrede.ru  
тел.: (3832) 46-04-55

**Делкам-Иркутск**  
marketing@delcam-irkutsk.ru  
тел.: (3952) 56-67-40

**Адекватные системы (Минск)**  
adeq\_sys@infonet.by  
тел.: (10-375-172) 96-68-03

**Центр САПР (Львов)**  
sapr@txnet.com  
тел.: (0322) 97-66-17

# ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РОТОРНОЙ ДИНАМИКИ DYNAMICS R4.0

## НОВАЯ РАЗРАБОТКА ООО "АЛЬФА-ТРАНЗИТ®"

### Назначение

DYNAMICS R4.0 является новым программным продуктом разработчика известной программы DYNAMICS R3.1.

Применяется для решения широкого спектра практических задач многовальной роторной динамики.

Рассчитываются собственные и вынужденные совместные изгибно-продольно-крутильные колебания многовальных соосных и пространственных вращающихся систем в линейной и нелинейной постановках.

Объекты исследования - газотурбинные двигатели, турбонасосные агрегаты, силовые и энергетические установки, коробки агрегатов и многие другие.

Используется на различных этапах проектирования, доводки и эксплуатации конструкций.

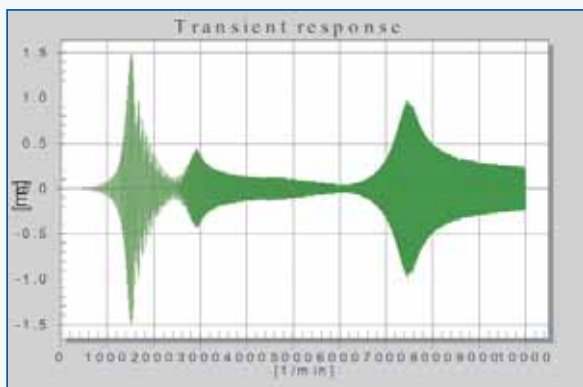


### Линейная динамика

- Частоты демпфированных собственных колебаний
- Критические частоты вращения, карты собственных частот, карты устойчивости
- Дисбалансное поведение конструкций
- Параметрический анализ - закон изменения параметров динамической системы (масс, жесткости, демпфирования, нагрузок) задается пользователем
- Учет внутреннего трения в валах
- Учет конструкционного демпфирования в узлах и деталях
- Учет аэродинамических возмущений в осевых и центробежных компрессорах
- Учет влияния статического нагружения на жесткостные свойства
- Расчет систем с различными типами шестеренчатых зацеплений
- Импорт данных из конечно-элементных программных систем и их учет при моделировании динамики роторных систем со сложной геометрией

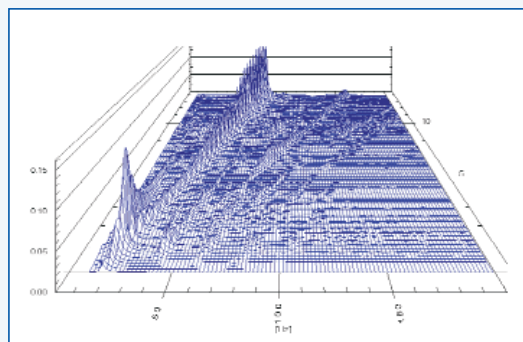
### Нелинейная динамика

- Расчеты систем с различными нелинейными элементами
- Решение задач потери устойчивости
- Произвольные внешние нагрузки - импульсные, гармонические, периодические, сила веса и т.д.
- Дополнительная обработка полученных временных сигналов (орбиты движения, СКЗ, спектры БПФ, каскадные диаграммы).



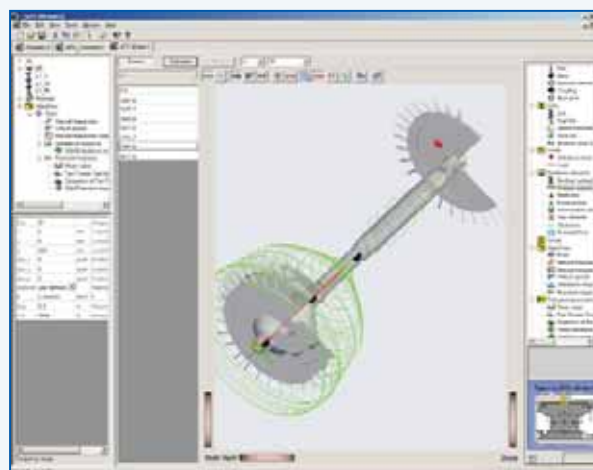
### Нелинейные элементы

- Элемент типа "зазор - упруго-демпферный ограничитель"
- Гидродинамические демпферы различных типов
- Подшипники скольжения различных типов
- Программируемый нелинейный элемент. Связь между перемещениями и силами осуществляется при помощи встроенного скриптового языка ([www.python.org](http://www.python.org))
- Возможность подключения новых элементов в общую схему расчетов
- Любые другие элементы по желанию заказчика




### Интерфейс пользователя

- Графический редактор, анимация
- Развитая система протоколов - формирование любого набора исходных данных и результатов расчета для их вывода
- База данных материалов, формируемая пользователем
- Мультиязычный интерфейс
- Развитая система ИНФО, справок, примеров, диагностики входных данных



### Наши партнеры:

ФГУП "ММП "САЛЮТ" (Москва)  
ОАО "НПО "Сатурн" (Рыбинск)  
НТЦ им. А.Люльки ОАО "НПО "САТУРН" (Москва)  
TECHWIN (SAMSUNG AEROSPACE, Южная Корея)  
INA (Германия) и другие.

ООО "Альфа-Транзит" предлагает услуги по разработке и анализу различных роторных систем с использованием современных программных средств математического моделирования, поддержке запросов заказчика, разработке экспериментальных установок для исследования различных задач роторной динамики, включая системы измерений и обработки результатов. 

© Все права защищены  
ООО "АЛЬФА-ТРАНЗИТ®" 2000-2005  
[www.alfatran.com](http://www.alfatran.com) e-mail: [lemk@alfatran.com](mailto:lemk@alfatran.com)

# ХРОНИКА

## ФРОНТОВОГО БОМБАРДИРОВЩИКА

Александр Николаев

"Что за точка в синем небе?  
- Это смерть твоя гудит!"

Т. Михайловская

(Продолжение. Начало в № 2, 3 - 2005)

### Вариант Яковлева - 2

Прошел год, и высшее командование Вооруженных Сил стало лучше осознавать достоинства и недостатки новых видов оружия. Выступая на Военном Совете ВВС в феврале 1959 г., министр обороны маршал Советского Союза Р.Я. Малиновский в следующих словах описал диалектику подхода руководства страны к ракетно-авиационной дилемме: "У нас часто говорят, что на смену авиации пришли ракеты, поэтому дело с пилотируемой авиацией закрывается и в ближайшее время пилотируемая авиация может исчезнуть. Такие разговоры имеют место у нас, но иногда проскальзывают и за границей, хотя надо сказать, что американцы как ведущая держава особый упор делают на могущество своих ВВС и всегда стараются пугать нас именно этой силой. Очевидно, они чувствуют, что другим ничем они нас запугать не могут, т.к. дело с ракетами у них нельзя сказать, что движется очень хорошо. Они в этом встречают большие трудности.

Я должен Вам сказать, что точка зрения наша, точка зрения партии и правительства такова, что ВВС сохраняют за собой очень большую роль как определяющий фактор боевых действий в будущей войне, но на помощь ВВС подходит и ракетная техника, которая с каждым годом все больше и больше будет занимать удельный вес в наших Вооруженных Силах...

Очень плохо у нас с бомбардировщиками, главным образом, с фронтовым бомбардировщиком. Сейчас мы летаем на Ил-28. Самолет этот, как говорят, "вылетался". Но другого сейчас мы не имеем. Стараемся получить в ближайшие годы новый фронтовой бомбардировщик, так называемый Як-28, но это не то, что нам хочется иметь".

Столь суровую оценку состоянию дел в отношении ФБА и яковлевской новинки, в частности, министр дал, основываясь на докладах командования ВВС. К примеру, главный инженер ВВС генерал-полковник ИТС И.В. Марков в январе 1959 г. сообщал: "Докладываю состояние вопроса об обеспечении ВВС фронтовыми бомбардировщиками.

...2. В период с 1953 г. по 1958 гг. генеральным конструкторами Ильюшиным С.В., Туполевым А.Н. и Яковлевым А.С. разрабатывались по ТТТ ВВС несколько типов фронтовых бомбар-

дировщиков: Ил-54, Ту-98, Як-26 и высотный фронтовой бомбардировщик (конструкции тов. Яковлева). Работы по всем указанным типам самолетов были прекращены, в основном вследствие отставания ТТД этих самолетов от уровня развития вооружения и техники в целом и от уровня развития авиационной техники зарубежных стран.

Это отставание имело место в результате выдачи ряда заданий на фронтовой бомбардировщик с заниженными ТТД без достаточного учета ближайших перспектив развития авиационной техники, а также в результате невыполнения промышленностью установленных правительством сроков разработки опытных образцов.

3. В опытном строительстве с 1956 г. находится легкий фронтовой бомбардировщик Як-28 с двигателями Р-11-300 с максимальной скоростью 1500...1600 км/ч, практическим потолком 16...17 км и дальностью полета на дозвуковой скорости 2200...2400 км. При установке двигателей Р-11АФ-300 могут быть получены максимальная скорость 1700...1800 км/ч и практический потолок 18 км над целью. Дальность полета может быть увеличена за счет подвесных баков до 2700 км при скорости полета 900...1000 км/ч. Дальность полета на сверхзвуковой скорости 1400...1500 км/ч будет составлять всего 1000...1100 км.

Этот самолет по летным характеристикам превосходит Ил-28, но не отвечает современным требованиям.

Установленные Правительством сроки предъявления самолета Як-28 на Государственные испытания (первый срок - IV квартал 1957 г., повторный срок - IV квартал 1958 г.) не выдержаны. Постановлением правительства от 5.1.59 г. установлен новый срок передачи самолета на Государственные испытания - март 1959 г. и дано задание на освоение его серийного производства на заводе № 39 (Иркутск) с выпуском в IV квартале 1959 г. трех самолетов.

В 1958 г. выдано задание на создание фронтового бомбардировщика на базе сверхзвукового разведчика Як-32 со сроком предъявления на Государственные испытания в IV квартале 1960 г. Однако до сего времени ЛТХ этого самолета в варианте бомбардировщика Военно-воздушными силами и Госкомитетом по авиационной технике не определены.

В силу возникших трудностей создания фронтового бомбардировщика с необходимыми ТТД, соответствующими современным требованиям к этому типу самолета, а также в связи с успехами в развитии ракетной техники, среди ряда военных работников и конструкторов появилось сомнение в необходимости развития этого типа самолета. В результате этого внимание ВВС и ГКАТ к созданию фронтового бомбардировщика ослабло, а КБ Туполева и Ильюшина, имеющие наибольший опыт в создании фронтовых бомбардировщиков, отошли от работ в этой области.

НТК Генштаба рассмотрел с участием ВВС и Сухопутных войск вопрос о перспективах развития фронтовых бомбардировщиков с учетом совершенствования других боевых средств фронтового назначения и пришел к следующим выводам:

1. Фронтовой бомбардировщик является, наряду с ракетами, одним из основных средств для действий в оперативной глубине обороны противника во фронтовой операции.



Опытный фронтовой бомбардировщик "129"

Необходимо поэтому:

А) принять меры к выполнению в установленные сроки заданий ЦК КПСС и СМ СССР по строительству и доводке опытных фронтовых бомбардировщиков и освоению серийного производства самолета Як-28;

Б) в кратчайшие сроки выдать новые задания на разработку фронтовых бомбардировщиков с учетом достигнутого уровня развития науки и авиационной техники со следующими основными данными:

- крейсерская скорость 2500 км/ч;
- высота полета над целью 23...25 км;
- практическая дальность полета при 7 % остатка топлива при скорости полета 2500...2700 км/ч на высотах, близких к практическому потолку, а также при скорости 900...1000 км/ч на высоте 10...12 км - 3000 км;
- вооружение - УРС "воздух-земля", специальные и обычные авиабомбы, обеспечивающие боевое применение;
- нормальные условия эксплуатации - с грунтовых аэродромов.

Указанные данные фронтового бомбардировщика наиболее полно отвечают условиям его боевого применения во фронтовых операциях в оперативной глубине обороны противника.

Создание такого самолета технически обоснованно и доступно для КБ, имеющих опыт строительства фронтовых бомбардировщиков".

Ну, что касается реальности создания в конце пятидесятых годов прошлого столетия фронтового бомбардировщика с данными, указанными в пункте Б, тут главный инженер ВВС слегка погорячился. Достаточно сказать, что самолет, в полной мере удовлетворяющий всем указанным требованиям, не создан и по сей день.

Реально ВВС могли претендовать только на "так называемый Як-28". Разработка прототипа легкого фронтового бомбардировщика началась в соответствии с постановлением правительства от 28 марта 1956 г. Заметим, что этим постановлением задавалась постройка фактически двух вариантов машины: Як-2АМ-11 (то есть самолет "Як" с двумя двигателями АМ-11, название которых вскоре сменилось на Р11-300) и Як-2ВК-11, однако двигатели конструкции В.Я. Климова довести до серии не удалось. А жаль. Обладая тягой 5000 кгс на номинальном режиме и 9000 кгс на форсаже, такие двигатели, вероятно, позволили бы яковлевскому ОКБ-115 создать очень сбалансированный и полезный для ВВС самолет.

Опытный бомбардировщик с двигателями Р11А-300 (тяга на форсаже 4850 кгс), получивший наименование "129", построили в 1957 г., используя элементы планера серийного Як-26. Внешне машина отличалась от Як-26 главным образом силовой установкой и высоким расположением крыла, что позволило значительно увеличить объем бомбоотсека и приподнять воздухозаборники над бетонкой. Пожелание военных - оснастить самолет оборонительной пушечной установкой - А.С. Яковлев проигнорировал, ссылаясь на отсутствие подходящего дистанционного прицела. Для исключения явления реверса элеронов крыло сделали более жестким, а сами элероны сместили ближе к мотогондолам.

5 марта 1958 г. летчик-испытатель В.М. Волков и штурман-испытатель Н.М. Шиповский совершили на опытной машине первый полет. Заводские испытания проходили под руководством ведущего инженера В.Н. Павлова. По мнению специалистов ОКБ-115, самолет в основном соответствовал предъявленным к нему требованиям, однако максимальное значение дальности полета оказалось на 400 км меньше заданного. Отмечались также недостаточная устойчивость машины на больших углах атаки.

Командование ВВС потребовало до передачи машины на государственные испытания устранить выявленные недостатки, установить испытанные катапультные кресла, обеспечить эксплуатацию самолета с грунтовых аэродромов, смонтировать радиолокационный бомбардировочный прицел РБП-3 с последующей заменой его прицелом "Инициатива-2" или радиодальномерной станцией "Лотос", а также радиосвязное и навигационное оборудование.

Доработка машин затянулась. К тому же первый опытный самолет, как водится, был построен вообще без вооружения, поэтому



Серийный фронтовой бомбардировщик Як-28И

летом 1958 г. его пришлось дорабатывать, устанавливая оптический прицел, бомбодержатели, управление створками бомбоотсека, а также систему его обогрева. Самолет "129" оказался едва ли не первым отечественным бомбардировщиком, с которого рискнули сбросить бомбу на сверхзвуке из внутреннего бомбоотсека. Ранее, экспериментируя со сбрасыванием бомб ФАБ-250М54 с самолета МиГ-19 на сверхзвуковой скорости, испытатели обнаружили, что бомбы теряли устойчивость, кувыркались и грозили повредить самолет. Осенью 1958 г., незадолго до октябрьских праздников, с самолета "129" была успешно сброшена бомба ФАБ-1500 при полете со скоростью 1400 км/ч с высоты 12 км. Как отмечал ведущий конструктор машины Е.Г. Адлер, бомба "упала недалеко от цели". Оставались две проблемы - "зуд", то есть мелкая тряска мотогондол вместе с двигателями, и вновь выявившийся, правда на большей скорости (свыше 950 км/ч у земли), реверс элеронов.

Поздней осенью 1958 г. на самолет решили установить более мощный двигатель Р11АФ-300 тягой 5750 кгс на форсаже. Мотивируя применением "новой" силовой установки, А.С. Яковлев добился выхода нового постановления правительства от 5 января 1957 г., в соответствии с которым срок предъявления машины на госиспытания переносился еще раз - на март 1959 г. В последний день марта самолет "129" предъявили военным испытателям, но те, сверившись с перечнем предъявленных требований, убедились в отсутствии на машине ряда систем (например, автопилота!) и отказались принимать бомбардировщик. Рассерженный А.С. Яковлев распорядился продолжить заводские испытания, параллельно осуществляя доводку.

В дальнейшем на самолете был достигнут потолок 16,5 км и число  $M=1,4$  (около 1500 км/ч) на высоте 11...12 км. Тяги двигателей не хватало для получения максимальной скорости, заданной правительственным постановлением! Адлер решил снять боковые кили на фюзеляже, укоротить хвостовую часть мотогондол и усовершенствовать воздухозаборники, сделав их кромку острой. 21 мая 1959 г. в первом же полете после внесенных изменений "129" разогнался до скорости, соответствовавшей  $M=1,56$  (более 1700 км/ч). Тряски в полете не наблюдалось, но реверс элеронов, обусловленный недостаточной жесткостью крыла, остался. Его решили устранить на втором опытном образце Як-28, который намечалось построить в конце июля 1959 г., после чего именно эту машину передать на государственные испытания.

Однако по ряду причин и второй опытный Як-28 получил обычное, неусиленное крыло, что не помешало ему в августе 1959 г. разогнаться до максимальной скорости, соответствовавшей  $M=1,74$  на высоте тропопаузы (11...12 км). Потолок остался прежним - 16,5 км, так как выше двигатели Р11АФ-300 нормально работать отказывались. Вновь проявился "зуд" на некоторых режимах полета. Еще одна попытка А.С. Яковлева предъявить самолет на госиспытания натолкнулась на жесткую позицию главноком ВВС К.А. Вершинина - пока реверс элеронов не будет устранен, машину не принимать! Пришлось срочно строить третий опытный самолет с усиленным крылом (его обшивку в районе центроплана по рекомендации ЦАГИ сделали стальной).

Лишь 14 сентября 1959 г. начались государственные испытания опытного бомбардировщика Як-28 (комиссию возглавлял Л.В. Жолудев). Ведущими по машине были инженер С.И. Блатов, летчик-испытатель Ф.М. Соболевский и штурман-испытатель

А.М. Халявин. Вскоре, несмотря на большое количество замечаний военных, ввиду отсутствия альтернативы "так называемый Як-28" стали внедрять в серийное производство на Иркутском авиапредприятии. Еще в конце 1959 г. завод построил три первых серийных Як-28 ("без буквы" - они имели только оптический прицел ОПБ-11 и не являлись всепогодными). В следующем году были выпущены еще два Як-28 с радиотехнической системой ближней навигации РСБН-2 и 37 самолетов Як-28Б с весьма несовершенным радиолокационным прицелом РБП-3. Почти все Як-28Б передали заказчику для учебно-боевой подготовки. При этом гарантировали максимальную скорость в пределах 1600...1700 км/ч, практический потолок 14...15 км и дальность полета без подвесных баков 1550 км. Как нетрудно заметить, по всем основным характеристикам машина "не дотягивала" до требований постановления от 5 января 1959 г.

Но гораздо более важным с точки зрения ВВС оказалось несоответствие современным требованиям состава бортового приборно-навигационного и прицельного оборудования. Ночью и в сложных метеоусловиях с несущегося с умопомрачительной скоростью Як-28 бомбы можно было уверенно применять только по целям типа "крупный населенный пункт" или "надводный корабль", так как РБП-3 имел весьма посредственную разрешающую способность. А ведь "по определению" фронтовой бомбардировщик должен уничтожать подвижные, относительно малоразмерные цели типа колонн, групп танков и т.п. Ничего такого прицел РБП-3 на фоне земли различить не мог. Именно по этой причине ВВС ограничили масштабы производства Як-28Б небольшим количеством машин.

ОКБ-115 попало в "цугцванг" - оно имело готовый самолет, запущенный в производство, но требуемая "начинка" для него отсутствовала. Вариантов "начинки", как уже упоминалось ранее, было два: радиодальномерная станция "Лотос" (ДБС-С), работавшая совместно с двумя наземными маяками, и новая автономная бортовая радиолокационная станция "Инициатива". Недостатком первого варианта считалась возможность применения оружия бомбардировщика только по целям с заранее известными координатами, а также невысокая помехоустойчивость всей системы оружия. Второй вариант являлся "журавлем в небе" - по тем временам "Инициатива" была вполне совершенным прибором, но отличалась крайне невысокой надежностью. Впрочем, и "Лотос" требовал определенной доводки. Руководство ГКАТ нашло выход из положения: на некоторое время Иркутский авиазавод загрузили выпуском несложного учебного варианта Як-28У, на котором отсутствовали сложные электронные устройства.

Тем временем спешно продолжалась доводка варианта Як-28Л с системой "Лотос". Для этого дорабатывали третий опытный самолет. Станцию "Лотос" разместили в кабине штурмана, смонтировали новую курсовую систему, автопилот и автоматический радиокомпас. Увеличили вместимость топливной системы и доработали силовую установку, изменив форму воздухозаборных устройств на эллиптическую. Летные испытания самолета проводились в период с 30 сентября 1960 г. по 14 января 1961 г. Ведущими по машине на этапе заводских испытаний были инженеры Леонов и Ю.В. Петров, летчики В.М. Волков и В.Г. Мухин, штурман Н.М. Шиповский, а на

государственных испытаниях - инженеры С.И. Блатов и А.И. Лобанов, летчики С.Г. Дедух, Л.М. Кувшинов и В.Е. Хомяков.

Главным недостатком машины был ухудшившийся в связи с установкой станции "Лотос" обзор передней полусферы из кабины штурмана. Пришлось изменить остекление кабины, но полностью устранить этот дефект так и не удалось. Отмечались также неудобства при подвеске авиабомб. Тем не менее, 27 ноября 1961 г. самолет Як-28Л был принят на вооружение ВВС.

На самолетах Як-28Л поздних серий силовая установка состояла из двух турбореактивных двигателей Р11АФ2-300 тягой 6100 кгс на форсаже. На входе лобового воздухозаборника каждой гондолы двигателя имелось регулируемое центральное тело (конус). Каждый двигатель снабжался устройствами автономного запуска, кислородной подпитки, а также антиобледенительной системой. Топливо - авиационный керосин ТС-1 или Т-1 - размещалось в шести фюзеляжных баках общей вместимостью 5275 л и двух подвесных (под консолями крыла) баках объемом по 1050 л.

Вооружение состояло из авиабомб калибра от 100 до 3000 кг. Бомбоотсек имел систему терморегулирования, предназначенную для спецбоеприпасов. Для создания помех РЛС противника предусматривалось устройство "Автомат-2И", оно производило отстрел патронов, снаряженных металлизированным стекловолокном - отражателем радиоволн.

Практически одновременно с Як-28Л поступил на испытания бомбардировщик Як-28И с сопряженными прицелами: радиолокационным "Инициатива-2" и оптическим ОПБ-16. Опытный самолет построили на заводе ОКБ-115 в декабре 1960 г. С самого начала машину оснастили двигателями Р11АФ2-300 с всережимным реактивным соплом и круглыми воздухозаборными устройствами. Увеличили на 1000 л запас топлива, в результате чего максимальная взлетная масса машины выросла до 16 160 кг (у Як-28Л - 14 600 кг).

Обновили связанное, навигационное и радиооборудование, установили усовершенствованный автопилот. В результате доработок планера длина фюзеляжа возросла на 550 мм. Ведущими по Як-28И во время заводских испытаний были инженеры М.И. Леонов и Ю.В. Петров, летчики В.М. Волков и В. Г. Мухин, штурман Н.М. Шиповский.

В мае 1962 г. самолет передали на государственные испытания (ведущий инженер Ю.Н. Косолапенков, летчик-испытатель В.В. Добровольский и штурман-испытатель А.М. Халявин). 28 августа 1962 г. при выполнении полета с включенным автопилотом самолет потерпел аварию из-за тряски, возникшей на высоте 1300 м. Как выяснилось, причиной ее стало малоизученное в то время явление аэроавтоупругости, проявившееся в запаздывании формирования демпфирующих воздействий рулей при полете в неспокойной атмосфере. Испытания Як-28И затянулись. В ноябре 1963 г. в НИИ ВВС поступил второй серийный самолет, выпущенный заводом № 39, а в апреле 1964 г. - третий самолет, заменивший опытную машину, которая выработала положенный ресурс.

В ходе испытаний бомбардировщика выявился ряд дефектов, требовавших срочного устранения. В их числе: тряска самолета, возникавшая при полете с открытыми створками бомболюка при скорости, соответствующей  $M=1,2...1,4$  на высотах 10...12 км, "валежка" на высоте 7500 м и приборной скорости 450...650 км/ч. Тем не менее, в 1964 г. серийные Як-28И стали выходить из сборочного цеха Иркутского авиазавода. По состоянию на 31 марта 1965 г. в строевые части были поставлены 54 самолета Як-28Л и 59 самолетов Як-28И.

В апреле 1965 г. главком ВВС К.А. Вершинин докладывал министру обороны: "При выполнении практических бомбометаний с самолета Як-28И в сентябре-октябре 1964 г. выявилась недоведенность комплекса навигационно-прицельного оборудования. Радиальное отклонение падения бомб от цели составляет более 1000 м при норме 150-300 м.

Министерство авиапромышленности затягивает доработку самолета, что вынудило ВВС с 1 января 1965 г. прекратить облет и приемку самолетов в Иркутске, так как они практически небоеспособны..."

"129" с двигателями Р11АФ-300



Як-28И с РЛС "Инициатива"



Фронтовые реактивные бомбардировщики семейства "Як-28"

Но долго так продолжаться не могло. "Рабочий класс" на заводе мог пострадать материально - ведь отказав в приемке самолетов, ВВС отказались и от оплаты заказов. Вскоре главному ВВС пришлось сменить гнев на милость и восстановить приемку бомбардировщиков. В целом за годы производства было выпущено 111 Як-28Л и 223 Як-28И. В целом, можно сделать вывод о том, что А.С. Яковлеву "не мытьем, так катаньем" удалось протолкнуть на вооружение машину, не вполне удовлетворявшую по своим качествам командование ВВС. По всем основным летным данным ударный вариант Як-28 на 10...15 % не достигал до заданных значений ТТТ, особенно в части дальности полета. Справедливости ради следует заметить, что реальной альтернативы "двадцать восьмому" в варианте фронтового бомбардировщика действительно не было, и со временем смирившийся главнокомандующий ВВС даже встал на сторону ОКБ-115, добиваясь расширения производства Як-28И, против чего категорически возражал Госплан СССР.

Первые бомбардировщики Як-28 поступили на вооружение 132-й бад, дислоцированной в Прибалтике. Затем такими машинами вооружили авиационные части Прикарпатского и Северокавказского военных округов и некоторые полки на Дальнем Востоке. Довелось "двадцать восьмым" побывать и за границей - в составе советских авиационных группировок в Венгрии, Польше и ГДР. Машине не довелось участвовать в реальных боевых действиях, если не считать эпизода со сторожевым кораблем "Сторожевой" 9 ноября 1975 г., когда на перехват мятежного сторожевика вылетали 10 Як-28. Найти цель в сложных метеоусловиях сумел только один экипаж, его бомбы упали в непосредственной близости от кормы корабля. Размер повреждений точно не известен, но по некоторым сведениям впоследствии пришлось серьезно чинить в доке руль и винты "Сторожевого". Ни один из членов экипажа "Сторожевого" при бомбардировке не пострадал.

Что касается реальности "сверхзвукового броска" самолетов семейства Як-28 (напомним, командование ВВС мечтало о том, чтобы на сверхзвуке фронтовой бомбардировщик был способен пролететь хотя бы 1000...1500 км), то здесь красноречивую оценку машине дал заслуженный летчик-испытатель СССР В.В. Добровольский: *"При отработке боевого применения в Ахтубинске мы обычно набирали 12 000 м в сторону озера Сарп, затем разворачивались в сторону аэродрома, а за ним был полигон - "цель 212", выходили на сверхзвук и бросали бомбу. Когда штурман производит сброс, ты находишься совсем недалеко от аэродрома. Энергично разворачиваешься в его сторону, двигатели - на малый газ, скорость снижения 100...120 м/с и садишься с небольшим остатком топлива. Так что я считаю Як-28 в целом совсем неплохим самолетом, однако на сверхзвуке на нем можно было бомбить район своего аэродрома или, во всяком случае, цели, находящейся от него очень недалеко..."*

Один из вариантов Як-28 должен был стать носителем крылатой ракеты. Первоначально планы были связаны с комплексом К-12, ракету которого планировали оснастить активной радиолокационной головкой самонаведения. После нескольких лет исследований выяснилось, что отечественная радиоэлектроника на том этапе развития не смогла создать устройство, способное уверенно распознавать малоразмерную цель на фоне земли, захватывать и сопровождать ее на всем протяжении полета ракеты. Вследствие этого в дальнейшем внимание было сосредоточено на создании противорадиолокационного комплекса, включавшего самолет Як-28Н, ракету Х-28 и соответствующую систему наведения. Командование ВВС неоднократно пеняло ОКБ-115 на затягивание разработки самолета-носителя, но в данном случае претензии предъявлялись не слишком обоснованные: задержка была обусловлена, главным образом, неготовностью ракеты, которую разрабатывало ОКБ-155-2 под руководством М.В. Гуревича. В связи с поздней готовностью ракеты самолет Як-28Н так никогда и не стал серийным, но сама Х-28 впоследствии нашла применение на истребителях бомбардировщиках Су-17М2 и бомбардировщиках Су-24.

В конце пятидесятых - начале шестидесятых годов прошлого столетия яковлевское ОКБ разрабатывало несколько проектов самолетов-разведчиков, являвшихся развитием семейства Як-25 - Як-28.



Серийное производство Як-28 на иркутском авиазаводе № 39

Эти машины сохраняли прежнюю схему с двигателями под стреловидным крылом, но предусматривали использование более мощных ТРД типа ВК-13 тягой 9...10 тс на форсированном режиме. В связи с заметно возросшим расходом топлива пришлось наращивать его бортовые запасы, массу и размеры машины, которые стали приближаться к размерам Ту-98.

Модели самолета Як-30 испытывались с сентября 1957 г., а продувки в ЦАГИ модели Як-30В осуществлялись в августе - октябре 1959 г. Нормальная взлетная масса оценивалась величиной 29 600 кг, максимальная масса с подвесными баками - 34 900 кг. Запас топлива - 11 000 и 16 000 кг, соответственно. Максимальная скорость по расчетам должна была составить 2450 км/ч, практический потолок 17 900 м, дальность полета 3700 км и 5300 км с подвесными баками. Дальнейшие исследования этого варианта были прекращены.

Разработка самолета Як-32 несколько меньшей размерности была доведена до эскизного проекта, подписанного А.С. Яковлевым 25 мая 1959 г. Самолет предназначался для разведки днем и ночью, в сложных метеоусловиях, в большом диапазоне скоростей и высот. Проект разрабатывался в соответствии с постановлением правительства от 31 июля 1958 г. Предъявление на государственные испытания предусматривалось в первом квартале 1960 г. Предполагалась установка двигателей ВК-13 или АЛ-7Ф1. Полетная масса: нормальная 23 500 кг, с подвесными баками 27 000 кг (запас топлива 7500 и 10 500 кг, соответственно). Максимальная скорость 2500 км/ч, практический потолок 21 000 м, дальность полета 2600 км с остатком топлива 7 %. В случае подвески баков она должна была увеличиваться до 3600 км. Именно этот вариант машины вызвал наибольший интерес у командования ВВС, которое обратилось к А.С. Яковлеву и руководству ГКАТ с предложением спроектировать в первую очередь фронтовой бомбардировщик с данными, указанными выше, а уже впоследствии на его базе разработать разведчик. Наученный горьким опытом доводки радиолокационных бомбардировочных прицелов, неготовность которых препятствовала принятию самолета на вооружение и вызывала конфликты с ВВС, Яковлев без энтузиазма отнесся к идеям К.А. Вершинина. Полномасштабная разработка Як-32 так и не началась.

Следующей проработкой ОКБ-115 стал разведчик Як-34, скорость которого планировали увеличить до 3000 км/ч, а практический потолок - до 21 000...22 000 м при дальности полета 3400 км (2200 км при скорости 2500 км/ч). Очевидно, что при переходе к скоростям порядка 3000 км/ч требовался переход на новые конструкционные материалы - сталь и титан. Машину с близкими ЛТД в тот период начало разрабатывать микояновское ОКБ-155. Уже без особых надежд в марте 1962 г. ОКБ-115 предложило вариант Як-34Р с двигателями Р21-300 (Р21А-300). Срок сдачи на летные испытания - четвертый квартал 1965 г. Но разработка будущего МиГ-25 продвинулась у конкурентов уже так далеко, что проект Як-34Р остался невостребованным. На этом ОКБ А.С. Яковлева фактически прекратило попытки создания новых фронтовых разведчиков и бомбардировщиков. Перед коллективом встали новые задачи, связанные с разработкой самолета вертикального взлета и посадки, а также пассажирских машин.

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОТОРОВ "ИСПАНО-СЮИЗА" 12У ВЛАДИМИРОМ ЯКОВЛЕВИЧЕМ КЛИМОВЫМ

Владимир Котельников

(Окончание. Начало в № 3 - 2005)



Основным направлением работы В.Я.Климова по совершенствованию мотора "Испано-Сюиза" впоследствии стал путь постепенной модернизации базовой французской конструкции. Следующим важным этапом работы конструктора стал мотор М-105, прослуживший советской авиации около 15 лет.

Этот мотор можно считать уже полностью советским, хотя он сохранил ряд принципиальных конструктивных решений французского прототипа. В сентябре 1938 г. советское правительство предложило руководству авиапромышленности заключить новый договор с фирмой "Испано-Сюиза" и получить от нее информацию о параллельных разработках, проводившихся во Франции. Через торговое представительство в Париже начались переговоры. Фирма выставила условие - вернуть деньги, выплаченные в свое время в качестве неустойки. Торговались целый год, но так и не пришли к удовлетворительному решению. А потом началась Вторая мировая война... Так что Климову пришлось самостоятельно решать возникшие проблемы.

Переходной стадией к М-105 можно считать двигатель М-103А. Несмотря на то, что он считался модификацией М-103, от последнего он отличался довольно значительно. Мотор получил усиленные коленчатый вал, картер, гильзы цилиндров и блоки. Чтобы увеличить толщину стенок гильзы и применить более надежное уплотнение, пришлось пойти на уменьшение внутреннего диаметра цилиндров. Из-за этого М-103 и М-103А стали невзаимозаменяемы по цилиндру-поршневой группе. Новый внутренний диаметр цилиндра, равный 148 мм, стал нормой для всех последующих поршневых моторов В.Я.Климова. На М-103А удалось получить взлетную мощность 1000 л.с. По оценке НИИ ВВС, по своим характеристикам этот мотор был примерно эквивалентен французскому "Испано-Сюиза" 12У51.

Возможно, именно М-103А имели в виду французские военные, когда в мае 1939 г. запросили советское правительство о возможности поставки двигателей "Испано" советского производства для уста-

новки на истребителях "Моран-Сольнье" 406 вместо "родных" "Испано-Сюиза" 12У31. Но в условиях стремительного роста советских ВВС в предвоенные годы изыскать резерв для экспорта, даже учитывая постоянную потребность в твердой валюте, было нереально.

Двигатель М-103А был запущен в серийное производство на заводе в Рыбинске в 1939 г. До начала 1941 г. он являлся основной продукцией предприятия. Однако это во многом было вынужденным шагом, обусловленным длительной доводкой нового мотора М-105. Проект М-105 разрабатывался еще с 1937 г. Он рассматривался как дальнейшее развитие М-103. По сравнению с последним у М-105 существенно усилили картер, коленчатый вал, блоки и шатуны. Но главным являлся переход к трехклапанной головке и двухскоростному нагнетателю. Степень сжатия увеличили до 7,0 и форсировали мотор по частоте вращения вала. Изменения позволили достичь номинальной мощности 1020 л.с. при максимальной 1100 л.с.

Интересно, что подобным же путем пошли конструкторы чехословацкой фирмы "Авиа", создавшие на основе мотора "Испано-Сюиза" 12Уdrs свой 12У1000С. Он тоже имел трехклапанные головки и двухскоростной нагнетатель. Максимальная мощность двигателя была около 1000 л.с. Но чехи не успели довести свой мотор до стадии серийного производства - помешала немецкая оккупация.

Первые образцы М-105 изготовили к концу 1937 г. и поставили на стенд. Но мотор не смог пройти даже достаточно кратких заводских испытаний. Происходило растрескивание блоков (в основном перемычек между клапанными седлами), картера, случались поломки коленчатого вала. Долго не могли избавиться от факельного выхлопа. Тем не менее, в июле 1938 г. два опытных мотора смонтировали на опытном самолете ВИТ-2 ("воздушный истребитель танков"). Машина продемонстрировала неплохие летные данные, но низкая надежность мотоустановки все портила.

Климов вводил в конструкцию большое количество мелких усовершенствований, постепенно увеличивая ресурс мотора. Еще раз усилили блоки, изменили конструкцию крыльчатки ПЦН. В 1939 г. мотор М-105 трижды (в мае, августе и октябре) выставляли на государственные испытания, но каждый раз снимали из-за различных поломок. При этом в двух последних случаях предъявлялись уже серийные двигатели - за год их собрали 156 единиц. В октябре 1939 г., когда завод завершил первую серию из 50 моторов, Комитет обороны выпустил специальное постановление о дефектах М-105, требовавшее срочно довести мотор до предписанного минимального ресурса, равного 100 часам (реально двигатель наработывал не более 50 часов). Последовали несколько стадий заводских испытаний, на которых опробовали двигатели с различными изменениями. В конце концов, 3 января 1940 г. на стенд установили мотор с противовесами на коленчатом валу. Испытания он прошел успешно. Именно этот вариант стал основой для массовой серии. Усовершенствования увеличили массу М-105 на 20 кг, и она достигла 570 кг. Правда, при этом удалось немного повысить номинальную мощность - до 1050 л.с.

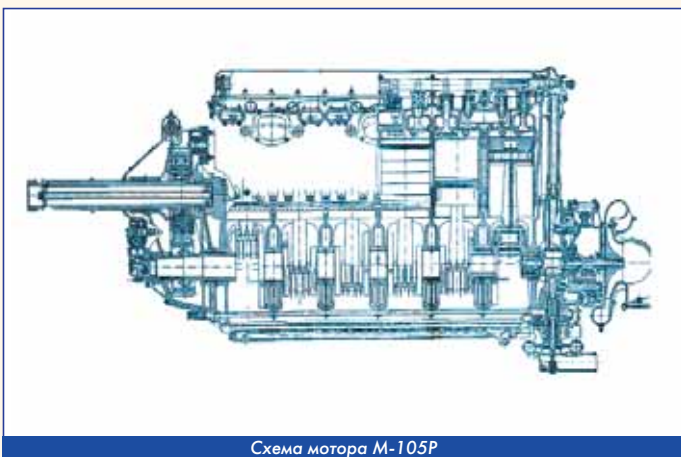


Схема мотора М-105Р



С весны 1940 г., когда двигатель стал более-менее надежен, его попробовали установить на бомбардировщики СБ. Последние серии СБ, выпускавшиеся московским заводом № 22, в значительной мере комплектовались этими моторами. Летные данные самолетов улучшились, но в ходе войсковых испытаний, проходивших в июне в 95-м скоростном бомбардировочном полку в Калининне (ныне Тверь), пилоты жаловались на скачки в давлении масла, ненадежную работу карбюраторов и магнето.

С 1940 г. стали параллельно выпускать две модификации - М-105Р и М-105П. Первый из них представлял собой немного доработанный исходный М-105 и предназначался для бомбардировщиков и разведчиков. Второй же предусматривал установку пушки в развале блоков. Ее ствол проходил через полый вал редуктора (который имел другое передаточное отношение). Задачу создания подобного двигателя перед советскими конструкторами поставили сразу после приобретения лицензии и покупки нескольких экземпляров моторов типа 12Ycrs. В.Я. Климову и конструктору авиационного вооружения Б.Г. Шпитальному поручили приспособить М-100 для установки первой советской авиационной пушки ШВАК калибра 20 мм. Этот вариант получил обозначение М-100П. Было создано несколько опытных образцов на базе М-100, а затем - на базе М-103. Один из опытных экземпляров М-100П с конца 1936 г. испытывался на истребителе И-17бис. Но до серийного производства довели только пушечный вариант М-105.

Первый образец М-105П собрали в августе 1939 г. В октябре он прошел заводские испытания. В январе следующего года мотор установили на опытный истребитель И-26-1, прототип знаменитого Як-1. В развале блоков располагалась пушка ШВАК. Позднее конструкцию приспособили к установке более мощных ВЯ-23 (23 мм) и Н-37 (37 мм). 23 мая 1940 г. двигатель официально приняли на вооружение ВВС РККА.

Моторы семейства М-105 стали самыми массовыми в советской авиации в период Второй мировой войны. В последний для СССР предвоенный год многие конструкторы пытались использовать их на своих новых самолетах. Из них на вооружение поступили бомбардировщики Пе-2, ДБ-240 (Ер-2) и Як-4, истребители Як-1 и ЛаГГ-3, учебно-тренировочный истребитель Як-7 (УТИ-26). Эти машины с 1941 г. строились в массовых количествах.

Для этого требовалось много двигателей. К концу 1941 г. выпуск авиадвигателей в стране планировали увеличить в полтора-два раза. Заводы не поспевали за постоянно растущими плановыми цифрами. Лично Сталин отправил руководству завода № 26 грозное письмо, в котором говорилось: *"Нас мало интересует производство моторов М-103. Эти моторы не являются современными, не годятся для серьезного боя, они скоро станут обузой для государства. Нас интересует производство моторов М-105, простых и пушечных. Эти моторы нас более или менее приближают к современной технике..."*

Чтобы увеличить выпуск двигателей Климова, к их производству подключили другие предприятия. Еще в 1940 г. моторы М-105 начали делать на заводе № 16 в Воронеже. В следующем году их сборку наладили и на заводе № 27 в Казани. В преддверии войны



Разведчик Пе-2 с моторами М-105Р



Воздушный истребитель танков ВИТ-2

в авиационную промышленность передали заводы из других отраслей. В Уфе в авиадвигательный превратили недостроенный завод комбайновых двигателей. Он получил № 384. В Ленинграде на базе нескольких небольших предприятий (включавших фабрики по производству патефонов и пишущих машинок) создали завод № 234. Производство авиадвигателей начали в специальном цехе (он же - "отдел № 10") Горьковского автомобильного завода, выделенном затем в завод № 466. В дальнейшем хотели подключить также новый завод № 451. Все эти меры позволили выпускать более 10 000 двигателей М-105П и М-105Р в год. Такой размах намного превышал все достигнутое французскими моторостроителями.

М-105 имел много экспериментальных вариантов. Это были форсированный по частоте вращения вала М-105Ф, М-105ТК с турбонаддувом (с нагнетателями ТК-2 и ТК-3), М-105ДТ (позднее переименованный в М-105ПД) с двухступенчатым ПЦН типа Э-100 и гидромурфтой, М-105НВ с непосредственным впрыском, М-105ФЗ с форкамерным зажиганием, М-105РЕН с приводом компрессора, создающего воздушную подушку под самолетом (такие моторы испытывали на Пе-2 с шасси на воздушной подушке; машина могла взлетать с заболоченных или кочковатых площадок). Опытный образец мотора с трехскоростным ПЦН Э-42А особого обозначения не получил, хотя испытывался на самолете ЛаГГ-3 в мае 1941 г. Из всех упомянутых модификаций небольшой серией изготовили только вариант ПД. Истребители с такими двигателями в середине войны получил один из полков ПВО Москвы. Они участвовали в охоте за немецкими высотными разведчиками "Юнкерс" Ju 86Р.

Начало войны с Германией вызвало резкий рост потребности в авиадвигателях. Экспериментальные работы свернули, чтобы перебросить все средства на развитие серийного производства. Еще перед вторжением немцев в серию запустили усовершенствованные М-105РА и М-105ПА. От своих предшественников они в основном отличались новыми бесоплачковыми карбюраторами, улучшившими работу моторов при отрицательных перегрузках. Особенно это было важно для истребителей Як-1 и ЛаГГ-3 и пикирующих бомбардировщиков Пе-2.

Таких двигателей только в Рыбинске выпускали более 700 единиц в месяц. Но осенью 1941 г. быстрое продвижение немецких войск вынудило начать эвакуацию предприятий на восток. В сентябре самолеты люфтваффе совершили первый налет на Рыбинск. Оказавшись изолированным от остальной страны Ленинград. Вскоре враг стал угрожать захватом Воронежа. В середине октября на трех заводах начали демонтаж оборудования. Людей и станки вывозили по железной дороге и речными пароходами. Из Ленинграда все, что могли, переправили самолетами.

Рыбинский и ленинградский заводы слились с уфимским. За предприятием в Уфе закрепили номер самого крупного - № 26. Тогда же перебравлось конструкторское бюро Климова. Завод № 16 эвакуировали в Казань, объединив с местным заводом № 27. Перемещение отрицательно повлияло на темпы производства. Лишь к лету 1942 г. удалось вернуться к показателям сентября предыдущего года. При этом с мая в Уфе для истребителей начали выпускать двигатели М-105ПФ. За счет некоторого снижения высотности мотор форсировали по наддуву. При этом потребовалось усилить ко-



Истребитель Як-9 с мотором ВК-105ПФ

ленчатый вал, поршневые пальцы и ПЦН. Зато максимальная мощность была доведена до 1260 л.с. при массе мотора 600 кг. Вскоре выпуск двигателей М-105ПФ освоили также в Казани и Горьком.

Для уменьшения количества выпускаемых модификаций моторов производство М-105РА в 1943 г. прекратили. Среди последних сделанных в Казани моторов этого типа была небольшая партия двигателей, оснащенных коробкой отбора мощности для привода насосов ЖРД РУ-1. В сентябре 1943 г. начались летные испытания Пе-2 с РУ-1, продолжавшиеся больше года. Они дали немало нового советским специалистам по ракетной технике.

Подготовленный Климовым М-105РФ, отличавшийся от ПФ только передаточным отношением редуктора и расположением агрегатов, в серию запускать не стали. Двигатели пушечного варианта, но без пушек, стали устанавливать на бомбардировщики и разведчики Пе-2, тяжелые истребители Пе-3бис. В 1943 г. заводы достигли пика выпуска М-105 - они изготовили более 19 000 моторов этого типа. Это был самый массовый авиационный двигатель в Советском Союзе. На втором месте стоял АМ-38, которым оснащались штурмовики Ильюшина. Их выпустили немногим более 13 000 единиц в год.

В 1944 г. мотор еще раз форсировали по наддуву. Теперь его взлетная мощность достигла 1290 л.с. С июня 1944 г. в Уфе эту модификацию начали выпускать в массовых количествах под обозначением М-105ПФ2. Собственно, это был уже ВК-105ПФ2, поскольку с 8 марта 1944 г. двигатели Климова стали обозначать его инициалами. До этого такой привилегией обладал только А.А. Микулин, получивший ее после знаменитых беспосадочных перелетов экипажей Чкалова и Громова на самолетах АНТ-25 через Северный полюс в США в конце 30-х годов (на этих машинах стояли его моторы М-34). С октября 1944 г. ВК-105ПФ2 полностью вытеснил вариант "ПФ" на заводе № 26. Этот тип двигателя предназначался только для истребителей. Приоритетом пользовался легкий Як-3, ориентированный на воздушный бой с истребителями противника, но такие моторы встречались и на некоторых сериях Як-9М и Як-9У. После войны ими оснащали учебно-тренировочные самолеты Як-9В. Все остальные заводы собирали двигатели модификации "ПФ" до прекращения выпуска.

Производство ВК-105 завершили уже после окончания войны, в 1946 г. В общей сложности изготовили более 65 000 экземпляров. Моторы этого типа сохранялись в эксплуатации до середины 50-х годов. Их экспортировали во многие страны Восточной Европы, Китай и Северную Корею. С истребителями Як-3 полка "Нормандия-Неман" они попали во Францию. Самолеты с двигателями ВК-105ПФ приняли участие в начальной стадии войны в Корее.

Снижение выпуска ВК-105, имевшее место в 1944 г., отчасти объяснялось разрыванием крупносерийного производства нового двигателя Климова М-107 (позднее переименованного в ВК-107). Создав М-105, конструктор не остановился на месте. При этом он опять параллельно двигался по нескольким направлениям. Первым из них являлось форсирование по наддуву с одновременным некоторым снижением степени сжатия. Отражением этой концепции стал проект М-106, разрабатывавшийся с 1938 г. На этот

двигатель мощностью 1350 л.с. возлагались большие надежды. Предполагалось, что именно он станет основным для истребительной и скоростной бомбардировочной авиации в начале 40-х годов. "Под него" писались технические задания на истребители-монопланы нового поколения. Но доводка двигателя оказалась длительной и сложной. М-106 неустойчиво работал на переходных режимах. Его трясло, скакало давление масла, из выхлопных патрубков валил черный дым. Неоднократно разрушались шестерни редукторов и коренные подшипники коленчатого вала. Ресурс никакими мерами не удавалось поднять выше 50 часов. Уже в августе 1939 г. Климов пришел к выводу, что этот мотор серьезных перспектив не имеет и надо идти другим путем.

Но поскольку М-106 был включен в государственный план, доводка его, хоть и медленно, продолжалась. Лишь в ноябре 1942 г. опытный двигатель рискнули установить на истребитель Як-9. Затем в январе следующего года прошли испытания Як-1 с М-106. Но надежность работы моторов оставалась низкой. Реально максимальная мощность не превышала 1320 л.с. Хотя моторами М-106 оснастили одну из серий Як-1, военная приемка ВВС отказалась "пропустить" эти самолеты в строевую часть. Двигатели демонтировали, а машины переделали в стандартный вариант. Несмотря на создание модификации М-106ПВ с двухступенчатым ПЦН, в октябре 1943 г. к концу года все работы по этому мотору прекратили.

Еще с марта 1940 г. основные силы своего конструкторского бюро Климов перебрал на проект М-107, начатый в середине 1939 г. Его конструкция предусматривала четырехклапанную головку. При этом кроме выхлопных и всасывающих появились продувочные клапаны. После выхлопа камера сгорания продувалась чистым воздухом, и только затем от карбюратора подавалась переобогащенная смесь, перемешивавшаяся с воздухом. По сравнению с М-105 мотор существенно форсировали по частоте вращения вала. Усилили многие детали. Первоначально блоки взяли от М-106, а картер - от М-105, затем начали вносить изменения. Усовершенствовали охлаждающие блоки, особенно в районе клапанов. Это позволило довести максимальную мощность до 1400 л.с. Даже при сравнительно низком давлении наддува удалось увеличить мощность и далее путем изменения конструкции нагнетателя. В пушечном варианте предусматривалась установка на мотор пушки ШВАК. Позднее двигатель приспособили для размещения новых пушек Б-20М, НС-23, Н-37 и Н-45.

Желание побыстрее получить авиамотор повышенной мощности пересилило осторожность. Несмотря на вибрации, выбросы масла и частый прорыв газовых уплотнений уже в конце 1941 г. М-107 запустили в серию. Но лишь в следующем году на модификации М-107А удалось добиться межремонтного ресурса в 100 часов. Внедрение нового ПЦН с поворотными лопатками на входе позволило увеличить максимальную мощность до 1600 л.с. Но в 1942-43 гг. таких моторов выпустили немного. Дело в том, что никак не удавалось справиться с высокой теплонпряженностью двигателя. Конструкторы самолетов изменяли капотирование, совершен-

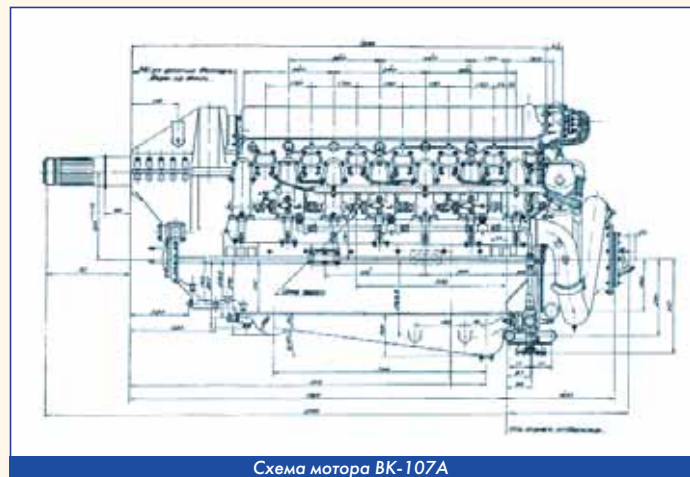


Схема мотора ВК-107А

ставовали систему охлаждения. Только в декабре 1943 г. мотор поднялся в воздух на истребителе Як-9. Лишь через полгода ВК-107А появились на серийных машинах. С ними выпускались истребители Як-9У. Они появились на фронте в конце октября 1944 г. в Прибалтике. За месяц вооруженный такими самолетами полк сбил 28 вражеских самолетов и потерял семь своих (в том числе четыре - по небоевым причинам). Позднее в боевых операциях приняли участие еще несколько полков на Як-9У. Моторы ВК-107А получили некоторые послевоенные Як-3 и все Як-9П.

ВК-107А находился в серийном производстве до конца 1948 г. За это время выпустили более 7000 единиц. В том числе в 1946 г. изготовили серию моторов ВК-107Р (опытный образец именовался ВК-107-Э3020). Этот двигатель являлся частью комбинированной двигательной установки, состоявшей из поршневого двигателя и мотокомпрессорного воздушно-реактивного двигателя ВРДК. Последний был создан в ЦИАМ под руководством Фадеева и Холщевникова. Предполагалось, что крейсерский полет самолет будет осуществлять с использованием только поршневого мотора, а в бою к нему подключится ВРДК, имевший максимальную тягу 1600 кгс. Установка, изготовленная на заводе № 466, прошла стендовые испытания в марте 1945 г. В том же месяце совершил первый полет истребитель И-250 ("Н") конструкции А.И. Микояна, а месяцем позже - И-107 (Су-5) П.О. Сухого. И-250 строился серийно. Такими машинами после войны вооружили один из полков ВВС Северного флота.

Модификации ВК-107НВ (с непосредственным впрыском) и ВК-107ФЗ (с форкамерным зажиганием) проходили испытания, но серийно не выпускались.

Моторы ВК-107 экспортировали в Албанию, Венгрию, Китай, Польшу и Югославию.

ВК-107 стал последним поршневым двигателем Климова, попавшим в массовое производство. Его должен был сменить ВК-108 (он же М-107Б), получивший новый ПЦН. На испытаниях опытных образцов двигателя в 1944 г. мощность доводилась до 1850 л.с. Як-3 с таким мотором в начале 1945 г. показал скорость 745 км/ч и стал самым быстроходным советским поршневым истребителем. ВК-108 испытывался также на опытных бомбардировщиках ДБ-2ВК-108 и ВБ-109, созданных под руководством В.М. Мясищева. Модификация ВК-108Ф по проекту должна была развивать мощность 2000 л.с. Ее доводку прекратили в 1947 г. из-за постепенного перехода на ТРД. В общей сложности изготовили менее полсотни ВК-108, включая несколько экземпляров ВК-108НВ с непосредственным впрыском.

В 1945 г. собрали первые образцы ВК-109, который по сути мало отличался от ВК-108. Проект этого мотора разрабатывали с мая 1944 г. Его конструкция предусматривала режим кратковременного форсирования со впрыском воды. В 1946 г. мотор реально довели до мощности 1800 л.с. В дальнейшем планировали достичь максимальной мощности 2075 л.с. (и это при примерном сохранении общей компоновки и габаритов исходной "Испано-Сюизы"). За ним следовал ВК-110 с проектной мощностью 2100 л.с. В 1946 г. выполнили его проект, но опытные образцы построены не были. 24-цилиндровый ВК-150 должен был выдавать 3700 л.с., но его проектирование фактически и не начинали. Причиной являлась нехватка сил и средств, перенацеленных на реактивные двигатели. Еще с 1945 г. конструкторское бюро Климова привлекли к работам по реактивной технике. Под руководством Климова в Уфе запустили в серию немецкий ТРД Jumo 004, названный в Советском Союзе РД-10. С конца 1946 г. Климов параллельно работал над копированием английского ТРД "Нин", образцы которого приобрели в Великобритании, и созданием собственного ВК-1, в основе конструкции которого лежал тот же "Нин". С конца 1947 г. его конструкторское бюро полностью прекратило все работы по поршневым двигателям.

Так же как Климов в своей работе оттачивался от базовой конструкции "Испано", многие советские моторостроители заимствовали удачные решения и даже целые узлы климовских двигателей. Яркими примерами этому являлись моторы, создававшиеся А.П. Ро, А.М. Добротворским и С.Д. Колосовым. Ро с 1931 г. разрабатывал



Истребитель И-250 с мотором ВК-107Р и ВРДК

проекты авиамоторов Н-образной схемы. В проекте 1937 г. он впервые использовал четыре блока от М-100А. В начале 1940 г. Ро предложил усовершенствованный вариант, основанный на применении блоков от М-103А, а позднее - от М-105. По проекту максимальная мощность составляла 2400 л.с. (по другим документам - 2500 л.с.) при сухой массе 1100 кг. Постройку такого двигателя под обозначением М-130 внесли в государственный план и начали формировать специальное конструкторское бюро на заводе № 27 в Казани.

Но 26 сентября 1940 г. постановлением правительства работу по М-130 прекратили. Заводу в Казани поручили освоение производства моторов МБ-100. Этот Х-образный двигатель мощностью 2200 л.с., состоявший из четырех блоков от М-105, в 1939-1940 гг. спроектировала группа инженеров-заключенных во главе с А.М. Цдобротворским. Они работали в Особом техническом бюро НКВД, которое располагалось в камерах Бутырской тюрьмы в Москве. Хотя МБ-100 уступал по своим характеристикам М-130, он предусматривал использование большей доли деталей от серийного М-105, а главное, его "проталкивал" лично могущественный Л.П. Берия. Заключенных перевезли в Казань. Но начавшаяся война, во время которой все силы направили на наращивание выпуска М-105, помешала доводке МБ-100. Опытные образцы были построены и даже летали на бомбардировщике Ер-2, но серийное производство двигателя так и не начали. Существовал проект форсированного МБ-102, на котором хотели достичь 2550 л.с., но он остался на бумаге.

Двигатель М-1 (первоначально М-116П), созданный в Казани под руководством С.Д. Колосова, фактически представлял собой прямую модернизацию М-105ПФ. Колосов вернулся к исходному внутреннему диаметру цилиндра 150 мм, спроектировал новые четырехклапанные головки (но не такие, как у М-107, а с парными клапанами - два всасывающих и два выхлопных), усовершенствовал охлаждение, особенно в верхней части блока, и форсировал мотор по частоте вращения вала. Первые образцы М-1 изготовили в феврале 1943 г. На стенде получили мощность 1500 л.с. В декабре того же года моторы начали испытывать в воздухе на бомбардировщике Пе-2. Свои виды на М-1 имел А.С. Яковлев, который намечал установить его на свой новый истребитель. Но приоритет отдали двигателю М-107А, считавшемуся более перспективным.

В целом можно сказать, что семейство двигателей, основанное на "Испано-Сюизе" 12У, оказало огромное влияние на все советское авиационное моторостроение и самолетостроение примерно на протяжении 20 лет. В этом велика роль В.Я. Климова, который неустанной модернизацией поддерживал свои моторы на уровне требований времени. Его заслуги были по достоинству оценены руководством страны. В частности, за работу по созданию новых поршневых двигателей в 1940 г. он получил Золотую звезду Героя Социалистического Труда, трижды отмечался Сталинскими премиями - в 1940 г., 1943 г. и 1946 г. В настоящее время в отечественных музеях сохранилось довольно много моторов - потомков "Испано-Сюизы".

# РАЗДЕЛЕНИЕ НЕДЕЛИМОГО, ИЛИ ЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР ДЛЯ "ЧАЙНИКОВ"

(Окончание. Начало в № 3 - 2005)

## Первые ядерные реакторы

2 декабря 1942 г. в Чикаго был произведен физический пуск первого в мире ядерного реактора. Он предназначался для исследовательских целей и наработки плутония-239 в количествах, достаточных для изучения его свойств. Определив важнейшие физико-химические характеристики  $^{239}\text{Pu}$ , международный коллектив ученых и конструкторов, собранных в США для осуществления проекта "Манхэттен", смог сделать следующий шаг - создать промышленный реактор. Его важнейшим и единственным назначением являлась наработка плутония для ядерных бомб. Выделявшаяся при функционировании реактора энергия рассматривалась как ненужная и даже досадная помеха, ведь пришлось создавать специальную систему охлаждения агрегата.

Руководство Советского Союза, истощенного четырехлетней войной с гитлеровской Германией, вплоть до взрыва американских "игрушек" над Хиросимой и Нагасаки до конца не осознавало важности ядерной проблемы. Но уже 20 августа 1945 г., спустя одиннадцать дней после второго американского атомного удара, был сформирован Специальный комитет во главе с Л.П. Берией. Его задачей было - в кратчайший срок ликвидировать американскую ядерную монополию. Для этого следовало создать огромную многопрофильную индустрию: организовать добычу урансодержащих руд, построить обогатительные комбинаты, научиться разделять изотопы тяжелых элементов, построить собственные промышленные реакторы, радиохимические заводы и многое-многое другое.

Поразительно, но всего через 16 месяцев, 25 декабря 1946 г., в СССР был осуществлен пуск первого в Европе опытного реактора Ф-1. При его создании использовалась информация, полученная советской разведкой в США, а для загрузки Ф-1 использовался "трофейный" уран, вывезенный из Германии. Но это не меняет существа дела. "Дьявол в деталях" - гласит известная поговорка. Достаточно сказать, что из-за физико-химических особенностей применявшихся материалов (главным образом - чистоты урана и замедлителя-графита) создать точную копию американского исследовательского реактора не представлялось возможным.

Реактор Ф-1 был гетерогенным, он представлял собой сферическую сборку из графитовых кирпичей размером  $100 \times 100 \times 600$  мм (общая масса около 400 т), в которых было просверлено более 30 000 отверстий. В узлах пространственной решетки размещались прямоугольные и шаровые брикеты из окиси природного урана (общая масса 11,57 т), а в просверленных каналах - блочки из металлического урана диаметром 32...35 мм (общая масса 23,5 т). Как и американский прототип, реактор Ф-1 не имел принудительного отвода

тепла, поэтому его мощность приходилось ограничивать. Впрочем, уже после первых пусков выяснилось, что ему был присущ отрицательный температурный коэффициент. Примерно через 10 минут после начала быстрого развития цепной реакции (после извлечения регулирующих стержней надкритичность составляла  $\Delta k \sim 0,002$ ) достигалась максимальная мощность порядка 3,89 МВт, затем из-за разогрева урана и плутония мощность самопроизвольно уменьшалась примерно вчетверо. При 30-минутных циклах суммарное энерговыделение составляло 540 кВт·ч, за указанный временной интервал в реакторе нарабатывалось 1...2 мг плутония...

Реактор Ф-1 был снабжен тремя вертикальными каналами для стержней системы управления и защиты (СУЗ) и шестью экспериментальными горизонтальными каналами. Выполненные на нем исследования позволили уточнить размеры и физические параметры первого отечественного промышленного реактора, который начали строить в Челябинске-40 на берегу озера Казыл-Таш. Главным конструктором промышленного реактора "А" назначили директора НИИХиммаш Н.А. Доллежалю. Конструкция реактора должна была предусматривать многократную перезагрузку уранового топлива, в котором нарабатывался плутоний, с целью извлечения последнего. Как и американские аналоги, реактор "А", хоть и назывался "промышленным", имел чисто военное назначение: плутоний должен был стать начинкой ядерных боеприпасов. Первоначальным заданием предусматривалось горизонтальное расположение технологических каналов с урановыми блоками (как в американском аналоге), но Н.А. Доллежалю нашел более удачное решение, ставшее впоследствии классическим. Николай Антонович вспоминал: "...За разговором я машинально взял в руку наполовину сломанный спичечный коробок и простучивал его торцом по столу. Взгляд остановился на подпрыгивавших спичках. Где-то в глубине сознания шевельнулась неясная еще мысль. Что-то связанное с работой, с чем-то ускользающим мучительно-сладким... И вдруг - вспышка, озарение! ...Ну конечно, наш реактор требовалось развернуть на девяносто градусов, сделать не горизонтальным, а вертикальным!

Это сразу снимало многие вопросы. И прежде всего - вопрос о деформации конструктивных элементов при нагреве. Они по своей механической сути переставали быть нагруженными. В тот же день я со своими конструкторами начал проработку вертикального варианта..."

Для загрузки промышленного реактора потребовалось 150 т чистого урана в виде очехлованных алюмином цилиндров, имевших диаметр 35 мм и длину 100 мм. Графитовая кладка весила более 1000 т и набиралась из кирпичей размером  $200 \times 200 \times 600$  мм. При постройке здания реактора было вынуто грунта 190 тыс. м<sup>3</sup>, уложено бетона 82 тыс. м<sup>3</sup>, кирпича 6 тыс. м<sup>3</sup>, смонтировано 5000 т



металлоконструкций, проложено 230 км трубопроводов. На крупнейшей стройке Спецкомитета работало более 45 тыс. человек. В начале июня 1948 г. в каждый из тысячи технологических каналов загрузили по 75 урановых блочков. Вечером 7 июня 1948 г. И.В. Курчатов, взявший на себя функции главного оператора пульта управления реактором, начал эксперимент по физическому пуску. В отсутствие воды в технологических каналах ректор "запустился", но после ее подачи для охлаждения урана и графита цепная реакция прекратилась. Не помогло даже полное извлечение регулирующих стержней из активной зоны! Пришлось догружать реактор дополнительными урановым топливом. Ветераны вспоминали: "Лишь после загрузки пятой порции урана реактор с водой достиг критического состояния, когда было извлечено только две трети последнего регулирующего стержня". Это произошло 10 июня 1948 г., а спустя 12 дней реактор "А" был выведен на проектную мощность 100 МВт. Началась непрерывная круглосуточная работа с шестичасовыми сменами.

Работа реактора сопровождалась авариями. Быстро корродировала алюминиевая облицовка урановых блочков и алюминиевые трубы технологических каналов, что приводило к намоканию графита и сплавлению его с ураном. Возникали так называемые "козлы", препятствовавшие дальнейшей эксплуатации реактора и, что очень важно, его штатной разгрузке (по замыслу разработчиков, облученные блочки в конце кампании после извлечения упоров должны были просто упасть вниз и по каналам гидротранспортировки попасть в бассейн для выдержки в течение некоторого времени, чтобы распались короткоживущие изотопы). На самом деле из-за разрушения труб технологических каналов часть урановых блочков пришлось извлекать присосками через верх реактора с привлечением к этой "грязной" операции всего мужского персонала объекта. В результате в 1949 г. треть работников получила дозы более 100 бэр, а несколько человек - более 400 бэр (при разрешенной в то время годовой дозе 30 бэр).

И все же главная задача - наработка плутония в количестве, достаточном для изготовления отечественной ядерной бомбы, была решена успешно. В номинальном режиме за сутки в реакторе нарабатывалось до 100 г плутония. 29 августа 1949 г. ровно в 7.00 вся местность пустынного Семипалатинского полигона озарилась ослепительным светом. Четырехлетняя ядерная монополия США ушла в прошлое...

### **Обнинская станция**

Люди, участвовавшие в создании атомной промышленности Советского Союза, работали, не считаясь с временем и опасностью, которая была обусловлена ежедневным радиоактивным облучением. Правительство высоко оценило их подвиг: большинство руководителей было удостоено званий Героев Социалистического Труда, работники среднего и низового звена отмечены орденами. По традиции не забыли и о материальном поощрении. Небывалую в истории СССР денежную премию в 1 млн рублей получил главный конструктор бомбы РДС-1 Ю.Б. Харитон, на долю И.В. Курчатова пришлось 750 тыс. рублей. Вклад Н.А. Доллежаля в решение ядерной проблемы был оценен в 700 тыс. рублей. Каждый из указанных лиц был, кроме того, премирован автомобилем ЗИС, особняком и дачей, получил право пожизненного бесплатного проезда по территории СССР любым видом транспорта,

а их дети могли бесплатно обучаться в выбранных ими учебных заведениях (в то время среднее техническое и высшее образование в СССР было платным).

Однако для эйфории времени не было. Вновь обратимся к воспоминаниям Н.А. Доллежаля: "Как-то - дело было в конце 1949 года - мне позвонил Игорь Васильевич Курчатов. Попросил приехать. Через час я был у него.

- Что ж, - сказал он, - одно дело сделано, и сделано неплохо. С бомбой мы получили результат на год раньше, чем рассчитывали. Теперь можно приниматься и за другое - за мирное применение энергии атома. Есть у вас какие-нибудь соображения на этот счет?

Я ответил, что одно из соображений лежит на поверхности: это утилизация тепла, выделяемого в ходе цепной реакции деления ядер. В промышленном реакторе оно выступало вредным фактором, который устраняли путем охлаждения. Если же главную задачу видеть не в производстве плутония, а в эффективном использовании тепловой энергии, то ее можно обратить на выработку пара, способного вращать ротор турбогенератора...

- Вы правы: идея лежит на поверхности, - согласился Игорь Васильевич. - Но на самом деле все не так просто.

- Конечно. Масса технических проблем. Тип реактора. Теплоноситель. Температура и давление. Материалы. Безопасность. Экономическая эффективность, наконец. Вопросы, вопросы - и к вам, физикам, и к нам, инженерам.

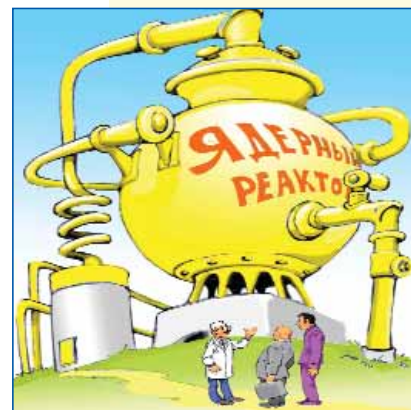
- Вот и будем братья за них сообща, благо опыт совместной работы есть".

В чем состояло принципиальное отличие создаваемого реактора от прежнего, промышленного? В промышленном вода служила охладителем, иных функций она не несла. Но излишки тепла, отводимые водой, были таковы, что ее температура "не дотягивала" до точки кипения. Здесь же воде предстояло выступить в роли энергоносителя, то есть служить для образования пара, способного выполнять полезную работу. А значит, требовалось поднять ее температуру и давление, иными словами, обеспечить достаточную энергетическую эффективность реактора.

Из предварительных расчетов вытекало, что турбогенератору в 5000 кВт электрической мощности должен соответствовать реактор с тепловой мощностью 30 МВт. Такая мощность позволяла производить пригодный для турбины пар температурой свыше 200 °С и давлением 12 кгс/см<sup>2</sup>. Для обычной теплотехники такие параметры выглядели вчерашним днем. Но для начала, для первого шага это было допустимо.

Реактор задумывался по хорошо зарекомендовавшей себя вертикальной схеме. Только вместо урановых стержней конструкция предусматривала урановые тепловыделяющие элементы - ТВЭЛы. В чем состояла разница между ними? Стержень вода обтекала снаружи. ТВЭЛ же представлял собой двухстенную трубку. Между стенками располагался обогащенный уран, а по внутреннему каналу протекала вода. Расчеты показывали, что при такой конструкции нагреть ее до нужных температур намного проще.

Из эскизных чертежей вырисовывался следующий облик реактора. В средней части цилиндрического корпуса диаметром более 1,5 м находилась активная зона - графитовая кладка высотой около



Вскоре после создания первой отечественной АЭС Советский Союз оказал техническую помощь ряду восточноевропейских (тогда - социалистических) стран в развертывании собственной атомной энергетики. Так, в ГДР были построены АЭС в городе Райнсберге и АЭС "Бруно Лойшнер", первая из них была введена в строй в 1966 г. С 1972 г. началась эксплуатация АЭС в чехословацком городе Ясловске-Богунице. В Болгарии с 1974 г. давала ток АЭС "Козлодуй", а в Венгрии велось строительство АЭС "Пакш".

**Технические параметры реакторных блоков**

Параметр	ВВЭР-440	ВВЭР-1000	РБМК-1000	БН-600
Тепловая мощность, МВт	1375	3000	3200	1470
Электрическая мощность, МВт	440	1000	1000	600
Давление теплоносителя, МПа	12,3	15,7	6,9 - 6,2	-
Расход теплоносителя, т/ч	40 800	84 800	48 000	25 000
Температура теплоносителя, °С	268	289	284	550
Паропроизводительность, т/ч	2700	5880	5600	660
Давление пара перед турбиной, МПа	4,3	5,9	6,6	13,0
Среднее обогащение топлива, %	3,6	4,3	2,0-2,4	17-33
Количество ТВС в активной зоне	349	163	1550-1580	369

1,7 м, пронизанная каналами. Одни из них предназначались для ТВЭЛов, другие - для регулирующих и аварийных стержней. Это и дало название типу реактора - каналный.

Пришлось решать непростые проблемы, связанные с выбором рациональной конструкции ТВЭЛа, а также с материалом оболочки. Этот материал должен был обладать прочностью, антикоррозионной стойкостью, способностью не менять своих свойств при длительном воздействии радиации. В то время альтернативы нержавеющей стали, несмотря на необходимость повышения степени обогащения урана, не нашлось.

В 1951 г. началось строительство первой в мире атомной электростанции, хотя многие детали, касавшиеся конструкции реактора, еще оставались не до конца определенными. В ходе экспериментов выявлялись все новые и новые данные, которые нельзя было оставлять без внимания. Не часто, но все же иногда приходилось переделывать уже сконструированные узлы и устройства. Но из габаритов уже почти построенного реакторного зала выходить было нельзя, и это требовало мобилизации всей изобретательности, на какую были способны конструкторы АЭС, постоянного поиска нестандартных решений. Шли такие ограничения во вред или на пользу дела, сказать трудно. Но одно не подлежит сомнению: если бы строительство велось "по правилам", то есть началось после окончательного завершения проекта, Обнинская АЭС вступила бы в строй на несколько лет позже.

Все рабочие чертежи были готовы в 1952 г. Но еще продолжались эксперименты, испытания отдельных узлов. В День Победы, 9 мая 1954 г., в Обнинске собрались члены Государственной комиссии по приему и пуску АЭС. В ее состав входили И.В. Курчатов, А.П. Александров и А.И. Алиханов. На этот день был назначен физический пуск реактора. Загрузка ураном проходила нормально. К вечеру реактор достиг критичности. Операторы проверили работу реактора на малой мощности. Потом мощность стали постепенно наращивать. И, наконец, из незаглушенного трубопровода около здания генераторной появились шипящие облачка пара - еще слишком слабого, чтобы вращать ротор турбины, но все-таки впервые в истории человечества полученного на атомной энергии. Событие не столь эффектное, как ядерный взрыв, но по своему значению вполне с ним сопоставимое. А по величине вклада в копилку человеческого прогресса намного его превосходящее.

"С легким паром!" - пришло в голову кому-то из присутствовавших. Все обнимались, пожимали друг другу руки. Теперь открылась возможность проверить действие ручной и автоматической регулировки реактора, изучить все узлы станции в условиях, близких к рабочим, выявить и устранить возможные неполадки. Все это заняло не одну неделю. И только 26 июня, в 17 часов 45 минут, в присутствии той же комиссии пар был пущен на лопатки турбины и в электросеть пошел ток, рожденный от уранового "котла". На следующий день первая в мире АЭС стала под нагрузку. Все проектные параметры были выдержаны. Это наименование - "Первая АЭС" с большой буквы - закрепилось за станцией как собственное имя повсеместно, в том числе и за рубежом.

В дальнейшем в Советском Союзе наибольшее распространение получили энергетические реакторы двух классов: водо-водяные и водо-графитовые, хотя в небольшом количестве строились реакторы на быстрых нейтронах. Кроме того, для Чехословакии был построен тяжеловодный реактор с газовым теплоносителем.

**Реакторы типа ВВЭР**

Аббревиатура ВВЭР расшифровывается как водо-водяной энергетический реактор. В данном случае водо-водяной обозначает то, что и теплоноситель, и замедлитель - это вода. Тип реактора ВВЭР определяется его электрической мощностью. Обычно реакторы маркируются таким образом: ВВЭР-440 или, например, ВВЭР-1000. Цифры, идущие за аббревиатурой ВВЭР, указывают электрическую мощность реактора. Тепловая мощность при этом приблизительно втрое больше электрической (так, для ВВЭР-440 тепловая мощность 1375 МВт, а для ВВЭР-1000 - 3000 МВт).

Заметим, что реакторы ВВЭР работают на топливе, обогащенном <sup>235</sup>U: у ВВЭР-440 обогащение 3,6 %, а у реактора ВВЭР-1000 - 4,4 %.

Отметим характерные черты реакторов ВВЭР:

- конструкционный материал ТВЭЛов (сплав циркония) - вещество, слабо поглощающее нейтроны;
- замедлитель (который одновременно является и теплоносителем) - вода, т. е. вещество, сильно (относительно сильно, если говорить о конструкционных материалах, а не о самом топливе) поглощающее нейтроны, но одновременно обладающее очень маленькой длиной замедления. Поэтому спектр нейтронов в реакторе тепловой, но достаточно "горячий", так как тепловые нейтроны сильно поглощаются;



Энергоблок Калининской АЭС



Реактор ВВЭР-1000

- высокая симметрия расположения ТВЭЛов дает возможность довольно просто проводить расчеты реактора как приближенными методами, так и с использованием математических программ на ЭВМ.

Схема снятия тепла с реакторов типа ВВЭР такова. Теплоноситель (вода) прокачивается через активную зону реактора, где и нагревается. Затем вода по главным циркуляционным трубопроводам поступает в парогенераторы и далее направляется обратно в реактор. Эта замкнутая система трубопроводов называется первым контуром. Ввиду того, что нарабатываемая в реакторе радиоактивность не попадает во внешнюю среду, система с замкнутым первым контуром является очень удачной.

В парогенераторах теплоноситель, циркулирующий по первому контуру, отдает тепло воде второго контура. Пар, генерируемый в парогенераторах, по главным паропроводам второго контура поступает на турбины и, пройдя цилиндры высокого и низкого давления с промежуточной сепарацией и перегревом, отдает часть своей энергии на вращение турбины, после чего поступает в конденсатор. Конденсатор, охлаждаемый водой циркуляционного контура (третий контур), обеспечивает сбор и конденсацию отработавшего пара. Конденсат, пройдя систему регенеративных подогревателей, подается на подпитку парогенераторов.

Реакторы ВВЭР являются одними из самых безопасных и широко применяются на АЭС России и Украины - в течение многих лет они надежно работают на Балаковской (4 блока), Нововоронежской (1 блок), Калининской (1 блок), Запорожской (6 блоков), Южно-Украинской (1 блок), Хмельницкой (2 блока) и Ровенской (1 блок) АЭС, доказав свою безопасность и эффективность. Российские реакторы ВВЭР-1000 установлены также на действующей АЭС "Козлодуй" (Болгария, 2 блока) и строящейся АЭС "Темелин" (Чехия, 2 блока). Продолжается строительство АЭС с ВВЭР-1000 в Иране (ввод в строй намечен на конец 2005 - начало 2006 гг.), активно заинтересовались российскими реакторами Китай и Индия.

### Реакторы типа РБМК

Аббревиатура РБМК расшифровывается как реактор большой мощности канальный (некоторые предпочитают букву "К" трактовать как сокращение слова "кипящий"). Этот реактор по своей конструкции (а вследствие этого и по физическим свойствам) существенно отличается от ВВЭР. Наиболее принципиальные различия:

- ВВЭР - корпусной реактор (давление держится корпусом реактора), РБМК - канальный реактор (давление держится независимо в каждом канале);
- в ВВЭР теплоноситель и замедлитель - одна и та же вода (дополнитель-

ный замедлитель не вводится), в РБМК замедлитель - графит, а теплоноситель - вода;

- в ВВЭР пар образуется во втором контуре парогенератора, в РБМК пар образуется непосредственно в активной зоне реактора (кипящий реактор) и прямо идет на турбину - второй контур отсутствует.

Активная зона реактора РБМК-1000 представляет собой вертикальный цилиндр с эквивалентным диаметром 11,8 м и высотой 7 м. Боковой отражатель имеет толщину 1 м, торцевые отражатели - толщину 0,5 м. Материал отражателя - графит плотностью 1,65 г/см<sup>3</sup>.

Графитовая кладка реактора состоит из 2488 вертикальных колонн, собранных из блоков сечением 250х250 мм. По центру блока проходят сквозные отверстия диаметром 114 мм для размещения технологических каналов (ТК) и стержней системы управления и защиты. Общее число технологических каналов в активной зоне составляет 1693. Материал ТК - циркониевый сплав (в той части ТК, которая по высоте располагается в активной зоне). Внутри ТК имеется тепловыделяющая кассета, состоящая из двух последовательно соединенных тепловыделяющих сборок (ТВС), длина каждой из которых 3,5 м. ТВС содержит 18 стержневых ТВЭЛов - трубок наружным диаметром 13,5 мм с толщиной стенки 0,9 мм, заполненных таблетками диаметром 11,5 мм из двуоксида урана (UO<sub>2</sub>) плотностью 10,5 г/см<sup>3</sup>, и крепежные детали. Конструкционный материал - сплав циркония; обогащение топлива по <sup>235</sup>U составляет 2%. Масса урана в двух ТВС - 114,7 кг. Электрическая мощность энергетического реактора РБМК-1000 составляет 1000 МВт, а тепловая - 3200 МВт. АЭС с реакторами РБМК-1000 в атомной энергетике современной России играют заметную роль. Так, они эксплуатируются на Ленинградской, Курской и Смоленской АЭС. Таковыми же реакторами оснащены Чернобыльская АЭС на Украине, а также Игналинская АЭС в Литве.

Особенности конструкции активной зоны реактора РБМК затрудняли его физические расчеты. Наличие разных замедлителя и теплоносителя привело к сложной зависимости реактивности от мощности реактора, кипящий теплоноситель (нижний участок канала, на котором вода нагревается до температуры насыщения, имеет высоту около 2,5 м; выше происходит процесс развитого кипения, причем на выходе из активной зоны в среднем по реактору массовое паросодержание составляет 14,5%) обуславливает неравномерность распределения физических параметров по высоте реактора.

Тяжелая авария реактора РБМК-1000 четвертого блока Чернобыльской АЭС оказалась крупнейшей в истории мировой ядерной энергетики и серьезно подорвала доверие к атомным станциям. На волне негативных настроений общества в девяностые годы прошлого века строительство новых АЭС в нашей стране было приостановлено. Однако впоследствии возобладал здравый смысл. Были приняты меры, направленные на радикальное повышение безопасности станций, проведена широкая разъяснительная работа среди населения, проживающего поблизости от АЭС. Каждая станция обзавелась сайтом, на страницах которого регулярно публикуется важная информация о состоянии оборудования, инцидентах, уровнях радиации и т.п. В начале XXI века в строй были введены энергоблоки на Калининской и Ростовской АЭС.



Машинный зал Кольской АЭС



Реакторный зал РБМК-1000

# ВЕЛОСИПЕД - МАШИНА, В КОТОРОЙ ЧЕЛОВЕК - ДВИГАТЕЛЬ

**В прошлом номере журнала мы достаточно сжато рассказали о борьбе велосипедистов за скорость. Но иногда хочется ехать не спеша, вертеть головой, обозревать окрестности, вести беседу с попутчиками и не думать об удержании равновесия. И вот тут на помощь были призваны дополнительные колеса. Кому было достаточно одного дополнительного колеса, а кому и двух. Чтобы совсем как у автомобиля было.**

(Окончание. Начало в № 3 - 2005)

В некоторых источниках указывается, что первый современный веломотобиль появился в начале 70-х годов прошлого века в Америке. Его конструктором был инженер Р. Бундшух. Однако еще в 1960-х годах во многих дворах можно было видеть детский маленький автомобильчик, в котором гордо восседал карапуз и давил на педали.

Одним из основных отличий веломотобиля от велосипеда заключается в... наличии крыши, поэтому трехколесный детский велосипед никто веломотобилем не величает. В свое время был даже изготовлен велосипед-тандем на трех колесах, на котором десять велосипедистов дружно крутили педали и везли... одного пассажира. Но самое главное отличие велосипеда (даже многоколесного) от веломотобиля состоит в положении тела едущего. На велосипеде приходится опираться на руки (что довольно тяжело при поездке на большие расстояния), а в веломотобиле водитель либо сидит, как в автомобиле, либо полулежит, почти как в кресле перед телевизором.

За последние годы было создано очень много различных образцов транспортных средств, в которых человек выступает в роли двигателя. Все их можно свести к нескольким группам:

- многоколесные велосипеды;
- спортивные веломотобилы с обтекаемым кузовом (о двух из них - "Вектор-сингл" и "Вектор-тандем" - мы писали в предыдущем номере);
- веломотобилы с кузовом автомобильного типа;
- веломотобилы с трансформируемым кузовом.

Так чем же веломотобиль так интересен? Прежде всего, тем, что, несмотря на все возрастающий темп жизни, человек двигается все меньше, а веломотобиль способен дать недостающую физическую нагрузку. Причем для людей всех возрастов, так как нет опасности падения, как на двухколесном велосипеде. И обучать ничему (кроме знаний правил дорожного движения) не надо - сел и поехал.

Но, прежде чем куда-то поехать, надо иметь веломотобиль, а их никто в магазине не продает. Придется строить самому. И строят. Вероятно, опробованы уже все возможные конструкции веломотобиля.

Среди трехколесных одноместных конструкций встречаются машины с передним ведущим колесом и задними управляемыми с помощью рулевой трапеции или с поворотом всей оси. Другие конструкторы предпочитают управлять переднее колесо, а задние - ведущие. Есть конструкции, в которых переднее колесо и управляемое, и ведущее. По всей вероятности, это наиболее сложная конструкция.

Наиболее интересны машины с классической автомобильной схемой - четырехколесные с задним приводом. Это и более устойчивая схема, причем в данном случае при движении получаются две колеи вместо трех - проще выбрать траекторию движения на неровной дороге.

Большинство конструкторов предпочитают цепную передачу от ведущей звездочки к звездочке (или звездочкам при использовании переключателя передач) на ведущем колесе. Редко, но иногда применяют маятниковую схему. Здесь возможны варианты. Наиболее простой как раз и применен в детском автомобиле: педали висят подобно грузу маятника часов, от них идут тяги-шатунки к коленчатому валу - оси задних колес. Есть конструкция, в которой используется передача от педальных рычагов маятникового типа с помощью тросового привода.

Прежде чем приступить к конструированию веломотобиля, необходимо определиться с его предназначением. И с возможностями будущего водителя. Известно, что верхняя граница физической мощности человека в течение 8 ч соответствует расходу энергии в количестве 8300 кДж. Допустимая же ее величина примерно на 20 % меньше. Поэтому для спортивных веломотобилей (высокоскоростных) средний расход энергии водителем составляет 40...50 кДж/мин (это выполнение тяжелой физической работы).

Для полуспортивных веломотобилей (туризм) средний расход энергии - 20...25 кДж/мин.

Для веломотобилей, используемых в качестве индивидуального транспортного средства для поездок на работу, в магазин за продуктами или на рыбалку достаточно расходовать 5...10 кДж/мин, что соответствует обычной ходьбе, но при этом веломотобиль будет развивать скорость порядка 20...25 км/ч.

Эксперименты показали, что при таких скоростях аэродинамические качества машины не имеют решающего значения. Водитель может сидеть почти как в автомобиле. Стремление сделать посадку удобной иногда вступает в противоречие с желанием максимального использования силовых возможностей человека. Наиболее выгодно с физиологической точки зрения, чтобы угол, образованный направлением движения ног при педалировании и плоскостью спины сидящего человека, был около 110°. Но тогда усилие, прикладываемое к педали, будет составлять не более 15 % от максимального, которое способна развить нога. Усилие зависит еще и от угла сгиба ноги в коленном суставе, и от рабочего хода педалей. Из этих примеров видно,



США, 1978

Япония, 1982

"Вильнюс-82", СССР, 1982

"МАДИ", СССР, 1983

"Педикар", США, 1976

МБ-1, Япония, 1978

Веломотобилы с трансформируемым кузовом



что поиск наилучших вариантов посадки вовсе не прост. Следует учитывать и то, что в отличие от водителя автомашины, который в основном только рулит, веломобилист выполняет еще и функции мотора. Некоторые придумывают такие конструкции, в которых для обеспечения движения используется работа не только ног, но и рук, а управление осуществляется всем корпусом.

Нельзя забывать о безопасности движения. Конструкция должна обеспечивать максимальную устойчивость при выполнении маневров. Вроде бы очевидно, что при трехколесной схеме с передним ведущим колесом и задними управляемыми колесами возможно опрокидывание, но встречаются и такие конструкции.

Многие не любят кататься в одиночестве, подавай им попутчика. Да чтобы еще и рядом сидел. Ну, что же, есть и такие конструкции. Водитель на педали жмет, и сосед тоже. Схема трансмиссии может быть различной. Можно работать на одну цепь, а можно и на отдельные, например, от водителя усилия передаются на заднее левое колесо, а от "пассажира" - на заднее правое. Причем у каждого свой переключатель передач.

Очень важно добиться минимальной массы конструкции. Приходится применять трубки из алюминия, пластмассовые сидения из брезента или пластмассы, борта из материи, а крышу из полиэтиленовой пленки. На некоторых машинах крыша сделана из материи с вставками из прозрачной пленки там, где располагаются в настоящем автомобиле ветровое и заднее стекла. Для того, чтобы не строить для своего веломобиля гараж и не устанавливать охранную систему, большинство конструкций делают разборными. Некоторые веломобили в сложенном состоянии умещаются в мешок двухметровой длины. Для других требуются два таких мешка.

Во всех конструкциях есть багажник, как правило за сиденьем, но если кому-то его объема маловато, то можно и прицеп соорудить. Одна из конструкций имела собственную массу порядка 25 кг, перевозимый багаж составлял 30 кг, а вот на прицеп можно было погрузить 70 кг. Встречались конструкции веломобилей массой 40 кг, на которых можно было перевозить и 190 кг. Для путешествия на большие расстояния очень удобно.

Но вот когда будем путешествовать на веломобиле, то придется столкнуться с тем, что время от времени придется взбираться на горки. Крутить педали веломобиля, да еще с прицепом, будет тяжело. А поставить моторчик не позволяют принципы, - мы же за экологию боремся. И вот тут, возможно,



Японский веломобиль "Виндзор"



Японский веломобиль автомобильной компоновки



Французский веломобиль, оснащенный маховиком

есть смысл вспомнить о маховике, как устройстве, способном запастись механическую энергию. Запасаться энергия будет при движении на ровном участке за счет работы водителя и его пассажира, а также при спуске с горы.

Наличие маховика, несомненно, внесет значительные осложнения в конструкцию привода. Ведь маховик для обеспечения запаса большого количества кинетической энергии должен вращаться с большой скоростью, превосходящей скорость вращения колес в десятки раз. А это означает, что между ним и колесами придется установить вариатор - устройство, обеспечивающее плавное изменение передаточного числа. Это необходимо для сохранения постоянства скорости веломобиля (скорости вращения колес) при снижении скорости вращения маховика из-за уменьшения его кинетической энергии. Эффективность маховика зависит от его массы, радиуса и, конечно же, от числа оборотов.

В целях безопасности на веломобиль желательно установить тормоза. Встречаются как обычные, применяемые на гоночных велосипедах тормоза на обод колеса, так и дисковые, как у настоящих автомобилей. И еще необходима светотехника: габаритные огни, "поворотники", фары - куда без них. Для контроля пространства позади машины устанавливаются зеркала.

Тот, кому нужен дополнительный комфорт, может установить различного рода пружины и рессоры. Самое простое - подпружинить сидение, но можно сделать по-автомобильному и пружины разместить в районе колес.

Итак, что же посоветовать тому, кто задумал самостоятельно сделать веломобиль? Во-первых, надо ознакомиться с уже существующими конструкциями. Для этого стоит посетить научно-техническую библиотеку, посмотреть уже запатентованные конструкции и тем самым "напитаться" информацией.

Затем следует определиться с предназначением веломобиля. После этого можно "включать фантазию", браться за карандаш, делать чертежи, искать материалы (можно использовать отдельные части имеющихся в продаже велосипедов) и приступать к работе. Если у Вас что-нибудь получится, дайте нам знать, желательно с фотографией машины и кратким ее описанием. **П**

Для перемещения на один километр одного грамма своего веса полевая мышь расходует 40...90 кал.  
Человеку для этого же потребуется 0,75 кал.  
Велосипедисту придется потратить всего 0,15 кал. Таким образом, велосипед - наиболее выгодное средство для передвижения, так как самые сильные мышцы человека работают в оптимальном режиме





# "БУДУ ЛЮБИТЬ ВСЕГДА"

Анатолий Маркуша

(Продолжение. Начало в № 1 - 3 - 2005)

Ну, а на следующем уроке я извинился и попытался объяснить, что за штука плавиковая кислота и правда ли, что она запросто растворяет все металлы, кроме золота, платины и свинца?

И Мария Михайловна снова клюнула.

Теперь мы получили возможность узнать, что фтористоводородная кислота - водный раствор фтористого водорода - получается разложением фтористых металлов серной кислотой. Употребляется для вытравливания узоров на стекле, требует в обращении повышенной осторожности и тэда и тэпэ.

Вообще-то мне на эту плавиковую кислоту было чихать, но время славненько оттикало, и Мария Михайловна снова никого не спросила. Польза? Польза! Леха оказался прав.

Однако очень скоро учителя разгадали мой маневр, объявили, что я занимаюсь типичным обструкционизмом, и тянуть резину на уроке сделалось куда труднее. Только подниму руку, а мне: после, после, на перемене, Каретников, спросишь!

Но все-таки если постараться, "завести" нашего историка, например, вполне было возможно.

Главное правильно начать:

- Пожалуйста, извините, Юрий Павлович, у нас вчера вышел спор: есть ли разница между мушкетом и мушкетомом? Или все дело в неидентичном написании наименования одного и того же предмета? Это же старинное ружье, как нам кажется. Извините, Юрий Павлович, но без вашего авторитетного...

Поясняю: Юрий Павлович - ценитель тонкого обращения. Ему лепи гуще: "Извините, будьте любезны, с вашего разрешения, если сочтете возможным..." - и он дрогнет! И вторая его слабость - старинное оружие. Он великий знаток по этой части! А во всем остальном Юрий Павлович вполне нормальный человек и может с мальчишками даже мячик по двору погонять.

- Стыдно и, пожалуй, даже позорно, Кирилл, не знать, что мушкет - тяжелое огнестрельное оружие пехотинцев! При стрельбе оно опиралось на специальные сошки, несколько напоминавшие фотографический штатив. Мушкет изобретен в шестнадцатом веке и прожил двести лет! А мушкетон, Каретников, - оружие кавалерийское. Мушкетон обладал расширенным дулом, что позволяло заряжать его несколькими пулями, расхажившимися при стрельбе веером... - Тут Юрий Павлович движением фокусника выдергивал из какого-то потайного кармана старинные, темного серебра часы, щелкал пальцами и говорил: - Вы, вы... опасные хитрецы... Не употребляя более сильного выражения по причине отсутствия в классе прекрасных дам. Но коль скоро Каретникову удалось выбить меня из седла, так и быть, сообщу: "мушкетер" - вы обожаете это звание, хотя оно означает всего-навсего "солдат", - слово "мушкетер" обя-

зано своим происхождением тому самому оружию шестнадцатого века, о котором мы беседуем...

Остановиться Юрий Павлович не в силах. До самого звонка мы пребудем теперь под мушкетерской охраной...

Так оно и шло.

А в башке накапливались непонятные, никак между собой не желавшие связываться сведения: планета Нептун, мушкетеры и какой-нибудь еле выговариваемый зензубель рядом с плавиковой кислотой или попугаями-неразлучниками - и все это перемешивалось и начинало давить на сознание.

Постепенно я превращался из человека в какой-то компьютер: помнил много, а соображал мало.

Больше всего мне не доставало толкового программиста, наладчика... Теперь я думаю: может, половина всех бед на свете оттого и происходит, что человека - именно когда он во как нуждается в правильной наладке - некому бывает отрегулировать по всем правилам современной науки.

Вот давайте честно поглядим на школу, только не сверху вниз, как те смотрят, кто всякие новости и разные реформы для нас придумывает, а поглядим снизу вверх, глазами подопытных кроликов. А что? Конечно, мы кролики. С первого шага в школе нас дрессируют - то так, то эдак. Сиди прямо, отвечай четко, думай, как я думаю! А еще лучше - вообще не думай, запоминай! Бери учебник и отмечай: задолбить со страницы 113 до страницы 118 включительно. Это урок на сегодня, а завтра пойдем дальше...

Откуда берется лентяя, знаете?

Взрослые обожают нас упрекать: неблагодарные, оболтусы, такие-сякие и прочие. Хорошо, допустим, мы такие на самом деле, но по-че-му? Есть пословица: яблоко от яблонки недалеко падает, но в данном случае без намеков спрашиваю: почему мы все-таки такие некачественные? Главный ответ: в школе жизнь течет неинтересно. Это раз! Нигде - ни в классе, ни дома - нам не хватает справедливости. Это два!

Приведу очень подходящий пример.

Мы работали в лагере труда и отдыха. Поехали туда, кстати, с большой охотой, с этим... с энтузиазмом. Жили в заброшенной конюшне пригородного совхоза, спали на нарах, мыться бегали на речку, по остальным делам - в кустики (девочки - налево, мальчики - направо). Никто не роптал, не жаловался. Работали.

Кто никогда не пробовал прикладывать руки к земле, тот может сдуру заявить: "Тоже мне работа - морковку за хвост из земли выдергивать!" Но чтобы серьезно судить, надо эту работу поделать, испытать лично! Совхозная грядка - не дачный или приусадебный клочочек - двести метров! А земля как спеклась (дождей давно не было). Чтобы морковину взять, надо ее ловко раскатать, надобно саму ее тянуть, а

то хвост в руках останется, а морковина в земле... И всю дорогу передвигаешься согнувшись. Час подержаешь - ноги дрожать начинают, поясницу ломит и хочется сбегать ка чертям с этого поля. И ты готов под присягой отказаться за все будущие времена от любой моркови: в рот не возьму! Пропади она пропадом, в конце концов, мы же не кролики на самом деле.

Однако в совхозе все работали честно. Может быть, отлынивала только Сонька Крохинова, ну и Коротеева, "докладчица" наша записная, не надрывалась. А остальные - будь здоров, как старались! Между прочим, Юрий Павлович - мужик справедливый, он был за старшего с нами - сколько раз говорил, что нами доволен.

Прошло время. Настала пора подводить итоги.

Могу сообщить точно: лично я получил на руки два рубля и семнадцать копеек. А было обещано, что работать мы будем по нормальным расценкам.

Кто, скажите, если он не псих, станет после такого нодувательства рвать жилы на трудовом фронте?

Хотите - верьте, не желаете - дело ваше, но я прямо и честно говорю: без интереса ничего в школе лучше не станет. И справедливость нужна. А иначе каждый будет искать свой интерес где-нибудь - не в школе. Поглядите: одни балдеют в подъездах, другие пристраиваются махинации крутить, кого-то уже в суд волокут. И чаще всего ребята не по своей вине залетают.

Читайте дальше, кое-что я еще расскажу, как все начинается.

**8.** У Лехи водился дружок - Саша Лапочка. Почему его так чудно ребята прозвали, не знаю. Где Леха его выкопал - тоже не знаю. Был он постарше Лехи года, может, на два или даже на три. Нахальный, мастер заливать и втираться... Мне Саша Лапочка с самого начала не приглянулся, но не станешь же орать об этом на каждом перекрестке или говорить человеку в лицо: ты мне не нравишься! Кому интересно такое слушать?

Короче, я этого Сашку знал, видел несколько раз, но ни в какие отношения с ним вступать не собирался.

Теперь уже трудно сообразить, как получилось, что Леха притащился ко мне с Сашкой Лапочкой. Скорее всего, завернули позвать прошвырнуться вместе... Зашли. Сашка тут же по всей квартире все равно как ищейка промчался, обнюхал каждый угол, даже в холодильник заглянул, для чего-то еще и шмотки на вешалке пощупал. И засек там старые отцовские джинсы. Папа с нами уже не жил, а джинсы остались.

- Чьи шаркенки? - немного шепелявя, спросил Сашка и показал желтые свои зубищи - вроде улыбнулся.

- А так,- сказал я,- заблудились. Старье...

- Старье?! Самый кайф, "Адидас"! Толкнешь?

Как дальше все получилось, не хочется вспоминать. В двух словах - старые отцовские джинсы из нашего дома ушли. Увел их Саша Лапочка. Отдал я - на, мол, только отвяжись, смола! И вроде бы ничего не случилось.

Но вскоре телефонный звонок:

- Анна Сергеевна Каретникова здесь живет? Здравствуйте, Анна Сергеевна. С вами говорит инспектор милиции, капитан...

И завертелось.

Конечно, дело было не в заношенных отцовских джинсах. Сашка оказался замешанным в каких-то темных махинациях. И когда его прижали, сообразил

кивнуть на меня, тем более отец постоянно за границу ездил - получалось похоже...

**[Пожалуй, тут я, Маркуша, принявший рукопись Вундеркинда от его товарищей, скажу несколько слов. Все, что написал Кирилл Каретников, мне представляется весьма значительным. И знаете, почему? От страниц, исписанных хорошим ученическим почерком, веет ветром живой, неподдельной искренности. И мне, человеку немолодому, особенно радостно сознавать: пишет юноша, не научившийся или сознательно не желающий (тогда это еще прекраснее!) врать, приспособливаться, угождать кому-то, выгадывать "кусочек" для себя... Что же, на мой взгляд, заслуживает в Каретникове наивысшего балла? Отвечаю без колебания: естественность!]**

Дальше в синей папке оказались вроде бы "лишние", случайные листочки разного формата, но, мне кажется, их нельзя и не надо изымать из будущей книги. А книга, не сомневаюсь, обязательно состоится. "Случайные" листочки помогают заглянуть в душу мальчишки, которого я успел уже полюбить. И признаюсь в этом откровенно, хотя кому-то такое признание может показаться и легкомысленным. Что делать...

**Но не будем терять времени вернемся к синей папке, к самому Вундеркинду].**

Клетчатый листок из школьной тетради (чужой почерк).

*Документы позволяют установить, что за год Кирилл Каретников получил около двухсот отметок: сто три пятерки, шестьдесят семь четверок и пять троек. Десять раз поведение было названо примерным, пять - удовлетворительным. Есть в дневнике письменные замечания: "Мешал начать урок", "Не слушал объяснения", "Не выучил текста, небрежно записывает задания на дом".*

Кроме того, на желтоватом, вклеенном в дневник листке аккуратным учительским почерком записано:

*"Кирилл Каретников способный, с хорошими природными данными ученик. Материал усваивает легко. Обладает прекрасной памятью. Подвижен и непоседлив. Очень самолюбив. Бывает дерзок.*

*Переводится в третий класс. Обратить внимание на развитие усидчивости, упражнять в устном счете".*

Из письма к отцу.

*Очень жаль, что ты был в рейсе, когда я собирался в лагерь. Думал про наш разговор. Помнишь, ты сказал: "Надо сперва научиться отвечать за себя, а потом - за людей"? Извини, папа, но я не согласен.*

*Чтобы активно жить, надо до всего иметь дело и по полочкам не раскладывать: это лично мое, а то - твое, а там - ихнее. Жить активно, я думаю, это, во-первых, во все лезть, а во-вторых, не бояться отвечать за себя и за других.*

Из писем к матери.

*Пожалуйста, очень тебя прошу, не присылай и тем более не привози ничего сверх. Вообще тебе бы лучше сюда, в лагерь, не мотаться. Кормят нас нормально. Было и пр. у меня есть. Чего меня баловать? Тем более я подарком не радуюсь - не маленький! И самое главное - не хочу, пойми меня, выделяться, быть в особом положении. Как все, так и я...*



- Старье?! Самый кайф, "Адидас"!



С вами говорит инспектор милиции, капитан...

*Мама! Ты совершенно напрасно обиделась. Просто ты меня не так поняла. Не писал я, что не хочу тебя видеть, а писал: лучше тебе не мотаться в лагерь, а спокойно отдохнуть дома. Так я же о ком беспокоился? О тебе! На что же тут может быть обида?*

*К нам приезжал доктор Цессарский, ветеран войны. Рассказал много интересного. В Ровно Николай Кузнецов, разведчик, получивший потом всемирную известность, бросил гранату в генерала Даргеля. Осколок ricochetом задел Кузнецова. Он вернулся на свою базу, и тут доктору Цессарскому пришлось этот осколок вытаскивать.*

*Кузнецов сказал, чтобы оперировали без наркоза.*

*Цессарский даже растерялся. Боль адская будет без наркоза, стал спрашивать: для чего такая пытка? Но Кузнецов настоял: никакого наркоза не надо. А потом объяснил: человек должен знать меру своих возможностей.*

*Понимаешь, как это важно знать - сколько ты можешь вытерпеть. Все время думаю об этом...*

*На письма Оле Масленниковой, однокласснице.*

*Это все глупости: красивые слова, кровью написанные клятвы. Для чего слова? Другое дело - д е л о, то есть поступок. От того, что сто раз скажешь "халва", во рту сладко не станет. Это не я придумал - это на Востоке говорят. И правильно!.. И еще скажу про романтику - тень! Вот что такое романтика - тень непознанных объектов. Привлекательны не сами объекты, а загадочность, их скрывающая...*

*Из письма неизвестному адресату.*

*Редко, кто может сказать человеку неприятную правду. Я не составляю исключения. Решил поэтому написать. Уважать тебя я не могу: не за что. Ты все подгребаешь под себя, никто и ничто, кроме собственной персоны, тебя не занимает. А персона твоя - фикция! Пускать пыль в глаза, наводить тень на плетень, ронять в разговоре значительные имена, к которым ты якобы причастен, а что еще?..*

*Обычно книги заканчиваются страничкой "содержание". Но ты - пустая книга, книга без "содержания"...*

*Записка на голубом листочке.*

*Кирюша! Почему ты упрямо молчишь?! Считаешь, что виновата я? Так? Читаю в твоих глазах осуждающие мысли... И боюсь. А может быть, я все-таки ошибаюсь? Тогда тем более не могу понять твоего молчания... Теперь ты меня понял? Ты же обещал писать, а письма все нет и нет!*

**9.** Когда мама вернулась из милиции, ее просто колотило, и она первым делом накинулась на меня:

- Позор, срамота!.. Дожила с твоей помощью - в отделение потребовали! И все твои дружки-приятели, шантрапа всякая! Сколько раз говорила: не води в дом кого попало... Весь в отца...

При чем тут был отец, я не понял. А мама все возмущалась и требовала, чтобы я позабыл, как моих "проходимцев" зовут, а потом выпила воды, вытерла

лицо полотенцем и вдруг спрашивает:

- А деньги где?

У меня отпад челюсти: какие еще деньги? Наверное, видочек у меня сделался вполне убедительный, потому что мама сразу успокоилась и сказала, что в милиции какой-то прохвост напел, будто я продал ему поношенные джинсы за семьдесят пять рублей и еще кое-какие заграничные штотки чуть не на тысячу! Маме показали вещи. Отцовские джинсы она сразу узнала, а все остальное барахло видела первый раз в жизни. Так она и сказала капитану, который с ней разговаривал. И тогда капитан велел, чтобы в милицию пришел я: надо написать объяснение, как было дело...

Постепенно я стал соображать: Саша Лапочка - полный гад! Но он меня не особенно интересовал. И я спросил:

- А почему ты сказала, что я весь в отца? В каком смысле мне это понимать?

Мама стала объяснять, но до того путано, что я не сразу понял, как связаны между собой совершенно разные вещи. И все-таки картина помаленьку-полегоньку начала прорисовываться.

В давние годы у отца был друг. Они вместе служили в армии. Потом этот друг оказался в Киеве. Спустя время отец узнал, что с другом беда: его судили и осудили. А в Киеве осталась жена с маленькими близнецами, девочкой и мальчиком. Отец, не вдаваясь в подробности, не уточняя, что совершил его друг, как и почему, решил помогать той женщине и ее ребяткам. И стал посылать им деньги, иногда писать письма, а когда ребята подросли, отправлял им всякие мелочи - игрушки, картинки - вроде подарки и приветы от их папы.

История эта тянулась, пока друг не вернулся к своей семье. Он прислал отцу письмо. Благодарил, клялся в любви, уверял, что считает себя его должником и все такое. Но... вскоре снова оказался за решеткой.

Отец рассудил так: друг не оправдал его надежд, дрянным оказался человечешком, тут ни прибавить ни убавить, а дети чем виноваты? И стал снова помогать растить близнецов. Тогда возмутилась мать: с какой стати отрывать от своей семьи? Кто его знает, что из деток еще вырастет, ведь известно - яблочко от яблоньки недалеко падает...

И тут я, кажется, стал понимать, на что намекал отец, когда говорил: есть в жизни важные вещи, которые не сразу и объяснишь, и обещал мне позже рассказать, почему они с матерью решили разойтись.

А в назначенное время в милицию я не попал. Но это уже отдельная история.

Папа Оли Масленниковой оказался в больнице в тот самый момент, когда в их квартире начался ремонт. С отцом случился инфаркт. Опасная болезнь сердца. От инфаркта многие умирают. Короче, отца Олиного упрятали в больницу. Оли-на мама, понятно, каталась к нему каждый день и меньше всего думала про ремонт. И все у них в доме пошло через пень в колоду.

Тут-то Сонька Крохина - она в одном доме с Олей живет, понятно, в курсе всех дел, - мне и сказала, что Оля дня три в школу не придет: ей надо хоть как-то привести в порядок квартиру. Отца выписывают из больницы, а он такой: как увидит, что в доме все вверх ногами, так или опять с инфарктом завалится, или полезет наводить порядок, а ему еще ничего поднимать, передвигать нельзя.

Все это Сонька мне пропела, а я предложил: "Давай поможем! Вот подходящий случай без лишних слов продемонстрировать, что такое выручка, взаимодействие и прочая и прочая, о чем вам все уши в "Пионерской правде" прожужжали".

Ребята согласились. Я решил никого не заставлять, не упрашивать - кто хочет, приходит! Назначили время и место сбора, чтобы явиться к Оле всей бригадой. Ее предупреждать не стали.. Когда так вдруг - интереснее.

А меня тянут в милицию. Как нарочно, в тот же час.

Матери я ничего объяснять не стал, она бы сразу - в обморок: "Не пойти в милицию!? Нарушение!" Но я решил: а куда милиция денется? И еще я потому так рассудил, что накануне с отцом по телефону разговаривал, обрисовал ему обстановку, и он сказал:

- Раз ты мои старые портки просто так этому Сашке Бантику отдал - не переживай! Никто, кроме меня, по этому поводу возмущаться не должен: единственный "пострадавший" - я. А в милиции как все было, так и расскажи, но не расшаркивайся, не старайся никому понравиться. Коротко, по-деловому - и привет! "Моя милиция меня бережет". Ударение на - м о я. Понял?

Тут я спросил у отца про киевского друга и близнецов. Папа вопросу удивился. Предложил обсудить при встрече. Он очень не любит долгих телефонных разговоров.

- А сколько им теперь лет? - все-таки спросил я.

- На два года больше, чем тебе, - сказал отец и сразу попрощался.

У Оли мы вкалывали как черти. Прежде всего отдраили пол в той комнате, где должен был находиться ее отец. Вымыли окна, расставили мебель. После этого сразу взялись за коридор, кухню и другие места - без окон. И все довели до полного блеска. Пока мы эту работу ломали, Димка все выкрикивал:

- Порядок в танковых войсках!

При чем тут были танковые войска - никто не понимал: загадка! Но все веселились.

Совсем незаметно сделался вечер. И сразу жутко захотелось есть. Выяснилось: еды в доме навалом, а хлеба - ни крошечки. Сбежали в булочную. Пожевали. Сразу срываться показалось неудобным. Оля включила маг, мы немножко потоптались. Собрались уходить, а тут Олина мама из больницы вернулась. Давай нас нахваливать и рассказывать про Олиного папу. Понятно, мы еще задержались. Словом, домой я попал довольно поздно. Не успел переступить порог, мама со слезами в голосе:

- Что они с тобой столько времени делали?

- Кто? - не понял я.

- Как - кто? Милиция...

Мне бы сказать, что я в милиции не был и объяснить, как мы с ребятами Оле помогли привести в порядок квартиру. Скорее всего, мама пошумела бы и успокоилась, а я стал напускать туману:

- Да ничего особенного со мной никто не делал.

Разговаривали, целый вагон всяких вещей показывали. Знаю не знаю - велели отвечать. А потом объяснение писать заставили и еще переписывать.

- Безобразия! - возмутилась мама. - Ребенка до такого времени продержат в отделении! Ни на что не похоже.

- Ну, - подумал я, - все. Кончилось!

Но ошибся. На другой день, когда меня не было, позвонил милицейский капитан и спросил у матери:

почему я у него не был в назначенное время? Как разговор дальше у них шел, не знаю. Но только я вернулся, мать молча мне по морде раз, два... И сама в плач: - Негодяй! Обманщик! Подлая душа...

Судите по вашей совести, но постарайтесь понять: у меня тоже гордость есть. Пусть глупая, пусть недоразвитая, в конце концов, пусть даже детская, а все-таки гордость! Так почему же у меня душа подлая? В чем выражается мое негодяйство?! Но как бы там ни было, а я повернулся кормой к дому и пошел. Молча. Ни одного слова не произнес.

Что значит - "и пошел"? Передвигался я обычно, на своих двоих, а внутри кипел и взрывался... Больше всего я ненавидел в этот час милицию: все ведь началось из-за какого-то неизвестного мне капитана... И мать, понятно, тоже хороша... Ничего не спросила - сразу драться! А мне что делать? Мать - не Леха, ей между глаз не врежешь.

Возмущался я довольно долго, и если ни с кем не подрался и не учинил скандала, то по чистой случайности - был вполне готов!

Теперь в порядке самокритики.

Пока внутри кипело, все в моем сознании были виноваты. Все-все вокруг. А я?

Конечно, я был пострадавшим от людской несправедливости, от черствости окружающих, от их формализма. Милицейский этот чин мог бы и не дергаться, мог бы и обожать малость! Я был пострадавшим от всеобщего эгоизма: всякого его личные дела интересуют в миллион раз больше, чем дела стоящего рядом, чужие дела людей только раздражают.

Но!

Мне пришлось расплачиваться за то, что я совершенно выпустил из виду наставление мудрейшего Марка Твена: не надо врать, и тогда не придется напоминать ничего лишнего.

Скажу с полной откровенностью: я не врун. Даже могу больше заявить: не люблю обманщиков, и когда самому приходится... ну-у, брешу иногда, только всегда переживаю при этом. И еще, хуже того, мне не везет: стоит соврать - и готов! Схвачен, посрамлен и наказан...

Кто же виноват? Наверное, и я тоже. Ох!..

Теперь все легко по полочкам раскладывается и научно анализируется: кто прав, кто виноват. А в тот момент, когда я повернулся и пошел из дому, мне не до анализа было, я даже не знал, куда меня понесут ноги.

На улице было шумно. Вечер только начинался.

Сперва я посидел в скверике у фонтана. Купил и слизал порцию фруктового. Что люблю, то люблю - фруктовое мороженое! Пусть оно и самое дешевое, а какой вкус? У-у! Лизал и думал: дверью я правильно хлопнул, так и надо было. А что дальше? Ехать к отцу - он жил в квартире своих знакомых, те завербовались на три года в Африку, - было бессмысленно: отец - в рейсе, пустить меня в дом просто некому. Возвращаться к себе? Опять разговоры, упреки, объяснения...



(Продолжение в следующем номере).



А в тот момент, когда я повернулся и пошел из дому, мне не до анализа было, я даже не знал, куда меня понесут ноги.



# С ГАЗОМ. БЕЗ ГАЗА

Александр Михайлов

В 20-50-х годах прошлого века вопросу экономии нефтяных топливных ресурсов придавалось большое значение. В связи с этим промышленные и научные учреждения взяли курс на создание средств для всемерного использования альтернативных источников топлива. Наибольший интерес представляло употребление местных ресурсов дешевого твердого топлива: дров, угля, кокса и т.д. Подразумевалось, что при этом сократится стоимость эксплуатации двигателей и будет разгружен железнодорожный, водный, автомобильный и др. транспорт от излишних перевозок жидкого топлива из районов добычи в потребляющие районы.

Очевидно, что основными потребителями выступали тесно связанные по ряду направлений деятельности лесная промышленность, исправительно-трудовые лагеря, а также местный транспорт, военное ведомство и ряд других структур.

Поскольку упомянутые выше виды твердого топлива не могли быть непосредственно использованы в двигателях внутреннего сгорания, то предварительно требовалось перевести их в пригодное к употреблению газообразное состояние в газогенераторных установках, или, по иному, газогенераторах.

Газогенераторы разделялись по типу использования на стационарные, судовые (малоразмерные суда с газогенераторами - газоходы), мотовозные, "для подвижных машин" (например - экскаваторы), автотракторные.

Автотракторные газогенераторы должны были обладать минимальными габаритами и массой. Переменный режим работы автотракторного двигателя требовал от генератора гибкой и устойчивой работы на всех режимах. Противоречивые требования создавали определенные трудности в разработке автотракторных газогенераторов.

Пионером в создании отечественных газогенераторных установок традиционно считается работавший в северной столице профессор В.С. Наумов, который в 1923 г. построил установку У-1 для газификации древесного угля. В 1928 г. на автомобиле FIAT-157 с более совершенной газогенераторной установкой У-2 был совершен пробег из Ленинграда в Москву и обратно. Позднее разработкой газогенераторных установок занимались в самых разных научных и производственных орга-

низациях. Общее количество разработанных опытных и серийных установок столь велико, что с трудом поддается сколько-нибудь точному учету. Широкое использование газогенераторов для нужд обороны и народного хозяйства прекратилось на рубеже 1950-1960-х гг. из-за изменения на государственном уровне отношения к рациональному использованию природных ресурсов. Сейчас транспортные газогенераторные установки на территории нашей страны существуют лишь в единичных экземплярах, чудом избежавших утилизации и практически не годных к эксплуатации.

Но прежде чем задаться вопросом о будущем газогенераторных установок в части применения их на транспорте, надо немного разобраться в теории процесса и (пусть кратко) рассмотреть опыт предшественников.

## Описание процесса

Превращение твердого топлива в газообразное основано на сгорании топлива, последующем восстановлении продукта горения - углекислоты в окись углерода и разложении водяных паров на водород и кислород в присутствии раскаленного углерода.

В упрощенном виде реакции, протекающие при газификации, описываются следующим образом:

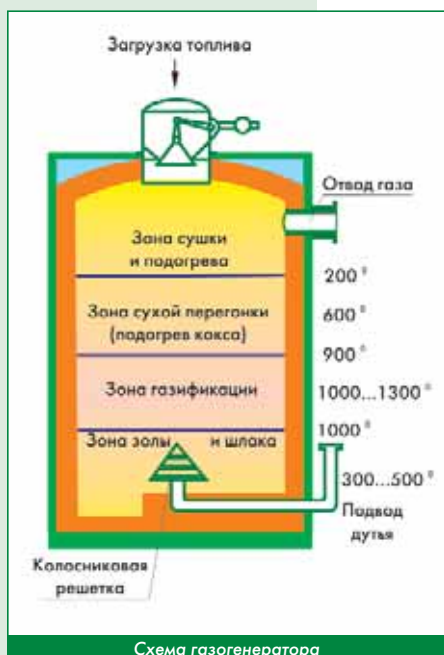
1.  $C + O_2 = CO_2 + Q$
2.  $2C + O_2 = 2CO + Q$
3.  $C + CO_2 = 2CO - Q$
4.  $2CO + O_2 = 2CO_2 + Q$
5.  $C + H_2O = CO + H_2 - Q$
6.  $C + H_2O = CO_2 + H_2 - Q$
7.  $CO + H_2O = CO_2 + H_2 + Q$
8.  $2CO + 2H_2 = CH_4 + CO_2 + Q$

Также могут протекать реакции образования  $NH_3$ ,  $H_2S$  и  $SO_2$ . Состав газа резко меняется с изменением влажности топлива. Уменьшение влажности влечет увеличение числа горючих компонентов  $CO$  и уменьшает количество  $CO_2$ . Увеличение влажности способствует увеличению  $CO_2$  и уменьшению  $CO$ .

Окисление топлива требовало (по определению) введения окислителя; в то время говорили - "подачи дутья". При подаче воздушного дутья получался "воздушный газ", а при подаче пароводяного дутья - "водяной газ".

Процесс газификации топлива происходил в трех зонах:

- подсушки и коксования;
- окисления;
- восстановления.



Расположение этих зон в газогенераторе зависит от способа ведения процесса газификации.

Способ газификации, в свою очередь, зависит от состава твердого топлива, который неодинаков, а потому количество образующейся при газификации смолы, выход золы и, разумеется, газа, различаются. Это не позволило разработать универсальный "многотопливный" газогенератор для массового использования. На автомобилях и тракторах нашли применение газогенераторы трех основных типов, наиболее оптимальные для конкретного вида топлива и конструктивно заметно отличающиеся друг от друга. Выделяют следующие основные способы газификации твердого топлива, применявшиеся в автотракторных газогенераторах: прямой, обратный и горизонтальный.

**Прямой процесс**

В этом процессе используются газогенераторы "с противоточным движением газов", "с восходящим движением газов" и "прямого процесса". Все три названия означают одно и то же и равно использовались в книгах и журналах 1930-1940-х годов.

Дутье подается в газогенератор снизу. Окисление топлива происходит в нижней части газогенератора. Отбор газа идет из верхней части.

Топливо, заложенное в верхнюю часть генератора, вначале подсушивается, а затем подвергается сухой перегонке под влиянием высокой температуры в этой части газогенератора (300...400 °C). В результате подсушки и сухой перегонки из топлива выделяется влага H<sub>2</sub>O, метан CH<sub>4</sub> и углеводороды типа C<sub>n</sub>H<sub>n</sub>. Так как отбор газа производится из верхней части газогенератора, то продукты подсушки и сухой перегонки смешиваются с поступающей снизу основной массой газа и уходят из газогенератора без дальнейших изменений.

Оставшаяся после сухой перегонки часть твердого топлива, состоящая в основном из углерода, опускаясь ниже и встречая на своем пути горячий газ (направление движения топлива и газа "противоточное", отсюда и одно из названий), постепенно нагревается до температуры 600...650 °C, вследствие чего углерод приобретает способность вступать в химическое взаимодействие с такими продуктами горения, как углекислота. Углекислота при соприкосновении с раскаленным углеродом переходит в окись углерода CO, причем реакция является эндотермической.

Углерод, не вошедший в химическое соединение с продуктами горения, попадает в нижнюю часть газогенератора, где и будет сгорать, соединяясь с кислородом воздуха, поступающим в газогенератор.

Последняя реакция сопровождается выделением тепла, благодаря которому в восстановительной зоне происходит реакция восстановления углекислоты.

В состав газа будут входить окись углерода (CO), углекислота (CO<sub>2</sub>), метан (CH<sub>4</sub>), этилен (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), азот (N<sub>2</sub>), кислород (O<sub>2</sub>) и водяные пары (H<sub>2</sub>O).

**Опрокинутый процесс, обращенный процесс. Газогенераторы с прямоточным движением газа**

Для содержащих смолы топлив (древесные чурки, торф, бурый уголь) применяют газогенераторы с прямоточным движением газа и топлива. Дутье

Состав газа при опрокинутом процессе	
Вещество	Содержание в процентах
CO	19...21
CO <sub>2</sub>	7...12
H <sub>2</sub>	8...15
O <sub>2</sub>	0,2...0,6
CH <sub>4</sub>	2...2,5
N <sub>2</sub>	63,8...48,9

подается в газогенератор сверху, а газ отводится снизу. Влага топлива и продукты сухой перегонки вместе с газами дутья движутся вниз, нагреваясь, окисляясь и разлагаясь. Опускающееся топливо нагревается горячими продуктами перегонки, и подсушка происходит благодаря теплу, выделяющемуся при окислении топлива. Влага целиком попадает в зону газификации. Газ из газогенераторов обращенного процесса содержит мало углеводородов, повышенное количество водорода и смолы. Теплотворная способность такого газа ниже, чем при прямом процессе.

**Горизонтальный процесс. Газогенераторы с поперечноточным течением газов в топливе**

Для газификации топлив, не выделяющих смол и с малым количеством золы (до 3...4 %), нашли применение газогенераторы с поперечноточным движением газа в топливе.

Газогенератор, работающий по горизонтальному процессу, представляет собой цилиндрический бункер, нижняя часть которого, образующая камеру газификации, выполняется из углеродистой листовой стали толщиной 6-8 мм. Воздухопроводящая фурма, снабженная воздушным или водяным охлаждением, располагается на некотором расстоянии от днища. Фурма с водяным охлаждением включается в систему охлаждения двигателя или питается от отдельного бачка емкостью в 20...40 л.

Зона газификации локализована в центре камеры в пространстве между фурмой и газоотборной решеткой. Топливо, лежащее на периферии, почти не принимает участия в процессе газификации и выполняет роль тепловой изоляции.

**Автомобильные газогенераторы**

По соображениям экономического характера в качестве базовых для создания газогенераторных машин использовались коммерческие автомобили, соответствующим образом дооборудованные.

В зависимости от степени приспособленности для работы на газе автомобили условно разделяли на специально построенные, переоборудованные для постоянной работы и приспособленные для временной работы.

Специально построенные в заводских условиях автомобили отличались доработанным двигателем, измененным передаточным числом в главной передаче и иной архитектурой кабины и кузова, а также установкой специальных контрольных приборов и приспособлений.



Образцы чурок





Газогенераторный легковой автомобиль на базе М-11



Газогенераторный грузовой автомобиль ГАЗ-42



Газогенераторный грузовой автомобиль ГАЗ-43

На ГАЗе были приняты к массовому производству работающие на газе (как газогенераторные, так и газобаллонные) автомобили, имевшие индексы с ГАЗ-40 по ГАЗ-45, а также разработан ряд опытных конструкций. Самыми массовыми были газогенераторные ГАЗ-42 и ГАЗ-43, в основе своей имевшие газогенераторные установки НАТИ-Г14 и НАТИ-Г21 соответственно адаптированные к требованиям массового производства. Руководящая и направляющая роль в разработке работающих на газу автомобилей ГАЗ принадлежала А. Ф. Белавину.

Кроме того, газогенераторными установками оснащались машины ЗИС, и несколько ЯАЗ. В массовом производстве автомобили ЯАЗ освоены не были.

нераторный газ существенно теряли в мощности. Если учесть, что газогенераторы обладали значительными собственной массой и габаритами, то становится понятным, почему эксплуатационные параметры газогенераторных автомобилей по сравнению с их "бензиновыми" собратьями сильно снижались.

Как пример могут быть приведены данные по автомобилю М-1Г, переделанному из обычной легковушки М-1. Из-за установки специального оборудования масса машины возросла с 1350 до 1600 кг. Мощность же двигателя составила всего 37 л.с., в то время как у базовой машины мотор развивал 50 л.с. По данной причине заметно пострадала динамика автомобиля - в ходе проведенного осенью 1938 г. испытательного пробега средняя скорость автомобиля не дотягивала до 61 км/ч.

Аналогичной была ситуация с грузовыми автомобилями. Газогенераторный грузовик ГАЗ-42, построенный на основе полупортки (величина грузоподъемности видна из "народного" названия) ГАЗ-АА, имел грузоподъемность 1200 кг. Для размещения газогенератора пришлось существенно сократить длину грузовой платформы. Мощность двигателя составила 30 л.с. против 40 л.с. у базовой модели. Чтобы компенсировать ухудшение тяговых показателей,

передаточное число главной передачи изменили с 6 на 7,5. Это, в свою очередь, привело к уменьшению максимальной скорости с 70 до 50 км/ч.

Велик был расход топлива - одной "заправки" ГАЗ-42 дровами хватало всего на 45-50 км пробега.

Большая часть процессов обслуживания стационарных газогенераторов была автоматизирована, но из-за жестких требований к массогабаритным характеристикам автотракторных газогенераторов на водителя возлагались еще и обязанности кочегара. По этой причине газогенераторные автомобили были весьма "специфичными". Перед поездкой необходимо было разжечь газогенератор специальным "факелом". В дороге часто требовалось шуровать ломом в газогенераторе для разрушения комьев спекшегося топлива и шлака, сбивания со стенок приварившегося шлака. После поездки с помощью кочерги надлежало очистить через зольниковый люк газогенератор, а также привести скребком в порядок охладитель.

По нормативам за восьмичасовой рабочий день водитель-кочегар тратил на обслуживание (шуровку, чистку...) от 48 мин до одного часа 12 мин. Только на розжиг следовало (не на практике, а по нормативам) тратить от 1,4 до 7 минут.

Поскольку влажность топлива более 20 % сильно понижала температуру горения в зоне окисления, вследствие чего не все продукты сухой перегонки могли сгореть и часть их попадала в цилиндры двигателя, вызывая засмоление, то чурки или швырок требовалось предварительно просушить в специальных сушилках. Также надо отметить, что в качестве топлива преимущественно использовалась древесина мягких лиственных и хвойных пород при сгорании давала много золы и угольной мелочи. Для заготовки (распиловки и сушки) чурок и швырка в Москве использовались даже мощности оборонных предприятий. Столичный завод № 41 имел программу по выпуску... чурок!

Как можно видеть, немногие достоинства газогенераторных автомобилей с лихвой "компенсировались" их многочисленными недостатками.

Вместе с тем, учитывая перспективу сокращения (по мнению оптимистов) или прекращения (по мнению пессимистов) использования производной нефти в качестве топлива, газогенераторные установки вновь могут вернуться. **П**

**Выпуск газогенераторных автомобилей на заводе ГАЗ в предвоенный период (ГАГО: ф. 2435, оп. 8, д. 5, 9, 10, 27, оп. 9, д. 40)**

1937	1938	1939	1940	1941
496	748	7825/7828*	11 659	12 838

\*Данные в источниках различаются. Из приведенного числа 7236 единиц - модели ГАЗ-42, а остальные - ГАЗ-43.

Для сравнения: в 1932-1938 гг. было построено 409 985 полупортков с мотором в 40 л.с. и в 1938-1947 гг. - 419 812 с мотором в 50 л.с.

**Производство газогенераторных автомобилей на заводе ЗИС (В.И. Матвиенко "Забытые и знаменитые". СПб. 2003)**

Тип	Годы выпуска	Количество
ЗИС-13	1936	900*
ЗИС-18	1938-39	нет данных
ЗИС-21	1938-1941	15445
ЗИС-31	1939-40	43*
ЗИС-41	1940-1944	нет данных

\*Данные нуждаются в уточнении



# ПРЯМЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ

Андрей Касьян

При взаимодействии системы тел с окружающей средой возможны различные способы энергообмена: совершение работы в результате силового взаимодействия; теплообмен; массоперенос или обмен веществ. Возможность совершения работы  $dA$  над средой за счет уменьшения внутренней энергии  $dU$  с учетом подвода тепла  $dQ$  определяется законом термодинамики  $dA = dQ - dU$ . Запись величин в форме  $dA$ ,  $dQ$ ,  $dU$  означает малое совершение работы при малом поступлении тепла и малом изменении внутренней энергии. Приведенное уравнение представляет собой закон сохранения энергии.

В настоящее время электроэнергия - наиболее удобный вид энергии - вырабатывается по цепочке преобразований, условно изображенной на рис.1. Сначала внутренняя энергия топлива (путем горения, т.е. химических реакций, но может и с использованием ядерной энергии) превращается в тепло. Затем тепло передается рабочему телу (это может быть пар или газ), которое совершает работу, приводя в движение турбину и ротор генератора.

Эффективность или к.п.д. преобразования тепла в работу имеет своим верхним пределом к.п.д. цикла Карно. Очевидно, что в случае исключения механических ступеней, путем прямого преобразования энергии можно получить более высокие значения к.п.д. При этом внутренняя энергия частиц системы либо непосредственно, либо с помощью тепла преобразуется в электрическую энергию. Этот процесс не противоречит закону сохранения энергии, так как, например, внутриядерная энергия переходит из одной формы в другую - электрическую.

Как известно, некоторые ядра атомов (радионуклиды) в силу внутренней нестабильности распадаются и превращаются в другие ядра. При этом испускаются частицы (альфа - ядра гелия, бета - электроны или позитроны), а также гамма-излучение - электромагнитное излучение с очень короткой длиной волны, менее  $10^{-10}$  м. Как частицы, так и излучение обладают определенной энергией. Именно эта энергия с помощью тех или иных методов преобразуется в электрическую. Пусть источник энергии, например, имеет две поверхности, разделенные тонким слоем диэлектрика. На одной поверхности (электрод-эмиттер) напылен слой радионуклида, испускающий альфа- или бета-частицы. Эти частицы, обладая достаточной энергией, проникают через диэлектрик и накапливаются на втором электроде, создавая разность потенциалов. Такие источники могут использоваться в ионных двигателях коррекции орбит космических аппаратов. В аналогичных источниках используются энергия радиоактивного распада для создания вторичной электронной эмиссии или образования пар электрон-дырка в полупроводнике. Этот способ называется нетепловым преобразованием энергии. Уровень мощности созданных энергоустройств не превышает  $10^{-2}$  Вт.

Другой способ получения энергии основан на превращении энергии радиоактивного распада в тепловую, а затем и в электрическую. Такие преобразователи делятся на две большие группы - статические и динамические. Более надежными являются статичес-

кие преобразователи, так как в них отсутствуют движущиеся части. Наиболее отработанным считается термоэлектрический способ (ТЭГ), который позволяет создать источники энергии мощностью в несколько сотен ватт с ресурсом до 15 лет и с к.п.д. до нескольких десятков процентов. Заметим, что термоэмиссионные радионуклидные преобразователи могут обеспечить к.п.д. чуть более 30 %, однако их внедрение затруднено из-за высоких рабочих температур на эмиттере.

Принцип действия ТЭГ основан на термоэлектрических эффектах, вследствие которых изменение температуры по объему тела вызывает движение зарядов, т.е. электрический ток. Наиболее сильно зависимость концентрации носителей тока от температуры выражена в полупроводниках, поэтому их часто используют в ТЭГ. В полупроводнике изменение температуры от более горячего слоя к холодному создает некоторую силу, которая "гонит" носители к холодному слою.

Конструкция ТЭГ включает в себя источник тепла, собственно термоэлектрический преобразователь и холодильник. Термоэлектрический преобразователь состоит из полупроводниковых термостолбиков. Принципиальная схема радиоизотопного ТЭГ показана на рис. 2. Тепло от радионуклидного топлива передается термостолбикам и преобразуется в электрическую энергию. Свойства радионуклидного топлива уникальны. Радионуклиды могут быть использованы в любых количествах и конфигурациях. Основное требование заключается в защите от попадания топлива в окружающую среду. Холодильник "сбрасывает" лишнюю теплоту. Высокая энергоемкость позволяет использовать эти источники в космических аппаратах и при исследовании океанских глубин.

Радиоизотопные источники применяются в медицине в качестве электрокардиостимуляторов. Созданы источники питания для аппаратов типа искусственного сердца.

Одним из перспективных направлений является создание преобразователей на основе метода термотуннелирования. Конструкция такого источника представляет собой многослойный "сэндвич", состоящий из чередующихся металлических и очень тонких диэлектрических слоев. Такой преобразователь имеет в несколько раз большую добротность, чем обычный.

Более мощным источником энергии является ядерный реактор (см. "Двигатель" № 3 - 2005). Действительно, ничто не мешает вместо капсулы с радионуклидным топливом использовать такой источник тепла. Правда, в ядерной термоэлектрической установке реактор и ТЭГ являются самостоятельными агрегатами. Передача тепла в преобразователь может осуществляться теплоносителем. Фирмой "Вестингауз" построен такой источник мощностью 3 МВт. В институте атомной энергии им. И.В. Курчатова разработана атомная станция малой мощности "Елена". Она обеспечивает бесперебойное тепло- и электроснабжение без обслуживания в течение 25 лет. Еще более перспективным является использование термоядерного реактора. Но об этом в следующих номерах журнала.



Рис. 1

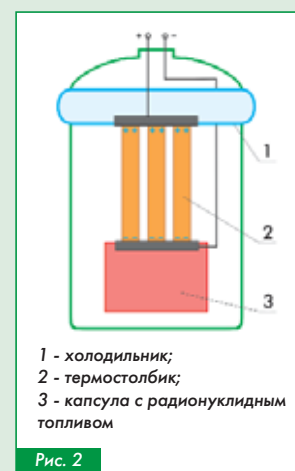


Рис. 2

# О "НЕМЕЦКОМ СЛЕДЕ" В ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РАКЕТОСТРОЕНИЯ

**Вячеслав Рахманин,**

главный специалист НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко

(Продолжение. Начало в № 1, 2, 3 - 2005)

Изучая архивные документы о пребывании немецких специалистов в ОКБ-456, невольно сравниваешь условия их жизни и работы с участием узников концлагерей, строивших подземные ракетные заводы в Пенемюнде и Нордхаузене. О тысячах погибших от недоедания и каторжного физического труда, о расстрелянных после завершения строительства для сохранения секретности назначения этих объектов.

Первые экземпляры двигателя РД-100 из отечественных материалов и по отечественной технологии были изготовлены в ОКБ-456 в конце 1947 - начале 1948 гг. Фактически миссия немецких специалистов, определенная правительственным постановлением от 13 мая 1946 г., была завершена. Перед ОКБ и заводом № 456 была поставлена новая задача: параллельно с изготовлением головной партии двигателей РД-100 для проведения лётно-конструкторских испытаний Р-1 приступить к разработке двигателя РД-101, предназначенного для ракеты Р-2, имеющей дальность 600 км, и начать научно-исследовательские работы с целью создания двигателя РД-110 тягой 120 тс для ракеты Р-3 дальностью в 3000 км. Поскольку участие немецких специалистов в этих работах правительственными постановлениями не предусматривалось, в конце марта 1948 г. В.П. Глушко обратился к министру авиапромышленности М.В. Хруничеву с просьбой о переводе немцев из ОКБ-456 на другое предприятие министерства, где для них можно было создать более приемлемые условия по режиму их работы. В письме обращалось внимание на отсутствие технической целесообразности дальнейшего использования немецких специалистов в ОКБ и на заводе № 456, так как привлечение немцев к созданию более мощных двигателей бессмысленно ввиду их недостаточной квалификации и недопустимо с точки зрения секретности ведущихся разработок.

Помимо режимных соображений, связанных с разработкой двигателей для ракет Р-2 и Р-3, обеспокоенность В.П. Глушко была вызвана возможностью утечки информации о проводимой в ОКБ-456 в этот период разработки конструкции и технологии паяно-сварных камер и смесительных головок, ставших впоследствии фундаментами основными отечественной конструкции ЖРД, позволившими ракетной технике перейти на качественно новый уровень. Участие немецких специалистов в этих работах исключалось, но они, находясь на территории ОКБ и общаясь с его работниками, могли и по отрывочным сведениям составить представление о проводимых работах. Опасения В.П. Глушко получили подтверждение спустя много лет. Основываясь на формальном факте пребывания немцев в ОКБ-456 во время разработки камер новой конструкции, некоторые зарубежные историки утверждают, что оребренная паяно-сварная конструкция цилиндрической камеры ЖРД была разработана в 1948-1950 гг. в ОКБ-456 немецкими специалистами. Не лишне заметить, что публикаций воспоминаний самих немецких участников этих событий за все время после их возвращения из СССР не было, а описания технических подробностей "изобретенных"

немцами конструкций появились в западной печати только в 1980-1990-х годах, после появления в советской и российской печати информации об истории развития ракетной техники в СССР.

Не дожидаясь ответа из министерства, В.П. Глушко принял ряд организационных решений, в соответствии с которыми немецкие специалисты были переведены из конструкторского бюро и основных цехов завода во второстепенные подразделения, не участвующие в непосредственных работах по созданию новых двигателей и экспериментальных камер сгорания. Из основного КБ немцы были переведены в конструкторский отдел, занимающийся разработкой оборудования, арматуры и агрегатов для стендовых систем. Это вызвало недовольство немцев. О. Путце обращался к руководству ОКБ с требованием допустить их к работам над новыми двигателями, но получил отказ. По поручению руководства ОКБ-456 немецкие специалисты с апреля 1948 г. по август 1950 г. занимались выпуском конструкторской документации на стендовые агрегаты автоматики, на технологическую оснастку и средства измерения для проведения различных стендовых испытаний, разработали силоизмеритель для определения тяги двигателей при огневых испытаниях и ряд других образцов технологического оборудования.

При смене направления в использовании немецких специалистов в некотором роде произошла переоценка ценностей. Ранее наиболее востребованные технологи и производственники оказались практически не у дел, а на первые роли вышли конструкторы. Нашлось конкретное дело и для О. Путце. Прежде он осуществлял роль руководителя коллектива немецких специалистов, участвовал в совещаниях у руководства ОКБ и завода, был посредником при разрешении спорных ситуаций, определял кандидатуру специалиста для участия в освоении того или иного технологического процесса. Нужно отметить, что немцы под любым предлогом уклонялись от участия в разработке новых технологий или изменений конструкции, предлагавшихся нашими специалистами при изготовлении двигателя РД-100.

После перевода немцев из ОКБ в конструкторский отдел стендового оборудования О. Путце был назначен ведущим конструктором и ему была поручена разработка конструкторской документации на два стенда: для натурных испытаний газовой турбины с приводом от парагаза и для гидравлических испытаний насосов ТНА. Работа была выполнена на высоком техническом уровне, в схеме стендов была предусмотрена возможность дальнейшего форсирования режимов испытываемых объектов, что позволило эксплуатировать эти стенды в течение многих лет.

Достаточно продуктивно работали и остальные немецкие конструкторы. Ими в период с апреля 1948 г. по август 1950 г. было разработано оборудование для нескольких создаваемых в ОКБ-456 испытательных стендов, что стало действенной помощью в ускорении создания в СССР промышленной базы по разработке и производству мощных ЖРД. Это подтверждают ветераны НПО Энергомаш, указывая, что если "казанские"

конструкторы имели представление о процессах в ЖРД и обладали опытом разработки его конструкции, то в отношении создания схем стенов и их необходимой номенклатуры ясности не было ни у кого. Отмечая роль немецких конструкторов, следует упомянуть и о работе в этот период В. Баума. Ранее отмечался его существенный вклад в создание адаптированного комплекта конструкторской документации двигателя РД-100. После перевода в отдел стендового оборудования В. Бауму, как не имеющему навыков конструкторской работы (напомним, что в Германии он осуществлял технический контроль и приемку двигателей А-4 со стороны военного ведомства), было поручено выполнение необходимых технических расчетов. В отличие от других немецких конструкторов, какие-либо следы деятельности В. Баума в этот период в архиве отсутствуют.

В августе 1950 г. вышло правительственное постановление о возвращении депортированных немцев на их прежнее местожительство. Немецким специалистам выдали финансовую помощь в размере 75 % оклада и 25 % оклада на каждого члена семьи. Для их отправки были сформированы специальные поезда: пассажирские для людей и товарные для багажа, включая мебель; по льготному курсу им обменяли рубли на марки. В Германии возвращающимся немцам были гарантированы жилье и работа.

Так как же оценить участие немецких специалистов в становлении в СССР промышленного изготовления мощных ЖРД? Немцы в большинстве своем добросовестно выполняли порученное им дело. И нельзя ставить им в вину, что их технические возможности были ограничены опытом изготовления и испытаний отдельных агрегатов двигателя. Их знания и производственный опыт пригодились при воспроизводстве в СССР двигателя А-4, однако для последующего развития ракетной техники они объективно не могли принести какую-нибудь пользу. Отстранение немецких специалистов от дальнейших работ было обусловлено их ограниченными техническими возможностями, а не только причинами режимного характера. Имеющийся у них технический потенциал был исчерпан при воспроизводстве двигателя А-4, и от дальнейших услуг этой группы специалистов закономерно отказались.

Необходимо подчеркнуть, что приведенная оценка касается только немецких специалистов, работавших в ОКБ-456 в 1947-1950 гг. О значении вклада немецких ученых и инженеров в развитие ракетостроения в мировой истории техники следует сказать особо. И сделать это лучше в сопоставлении с достижениями в этой наукоемкой области техники в различных странах в 20 - 40-х годах XX века.

Первый в мире пуск жидкостной ракеты зафиксирован 16 марта 1926 г. Эту ракету разработал американский физик, преподаватель Смитсоновского института Роберт Годдард. Ракета, имеющая массу 4,65 кг, поднялась на высоту 12,5 м и за 2,5 с удалась от места старта на 56 м. Кроме Р. Годдарда в последующие 20 лет разработкой жидкостных ракет в США практически никто не занимался, широкого развития это направление новой техники на американском континенте не получило. Сам Р. Годдард изготавливал ракеты в собственной мастерской, ему помогали несколько рабочих. Работы имели научно-техническое направление и проводились на средства, выделяемые американским университетом Кларка и различными фондами. После первых успехов Р. Годдарда к финансированию его работ подключилось военное ведомство США, по заданию которого Р. Годдард вел разработку ЖРД для воздушных торпед и ускорителей для винтомоторных самолетов. Полученные к концу 30-х годов результаты были достаточно скромными: тяга лучших вариантов ЖРД не превышала 250 кгс, при этом продолжительность работы двигателя составляла 20...25 с, после чего стенки камеры, как правило, прогорали. В период Второй мировой войны Р. Годдард сконцентрировал свою деятельность на создании ЖРД-ускорителей для авиации, но заметных успехов не добился.

Французский пионер изучения реактивного движения, авиационный инженер Робер Эсно-Пельтри, в 1913-1935 гг. выпустил несколько теоретических трудов, однако практической деятельностью по созданию жидкостных ракет не занимался. Других энтузиастов

изучения реактивного движения, оставивших заметный след в истории развития ракетной техники, в те годы во Франции не оказалось.

В России, а затем в СССР мощная теоретическая база для разработки ракетной техники была создана трудами К.Э. Циолковского. К практической реализации этих идей приступили в начале 1930-х годов, когда в газодинамической лаборатории (ГДЛ) под руководством В.П. Глушко был создан первый в СССР экспериментальный ЖРД. Дальнейшее развитие отечественного жидкостного ракетостроения велось параллельно в ГДЛ и МосГИРД, а после их объединения в октябре 1933 г. - в РНИИ.

В основе тематики работ этого института было создание реактивной техники для боевого применения, при этом работы велись по двум направлениям: создавались пороховые реактивные снаряды и боевые ракеты на жидком топливе. В рамках второго направления рассматривалось два варианта: разработка крылатых и баллистических (по терминологии 30-х годов - "бескрылых") ракет. Выбор дальнейшего направления был сделан в 1935 г. на научно-технической конференции в РНИИ с участием видных ученых в области реактивного движения В.П. Ветчинкина, Б.С. Стечкина, Д.А. Вентцеля. В конференции принимали участие С.П. Королев, В.П. Глушко, М.К. Тихонравов и другие ведущие специалисты института. С программным докладом выступил А.Г. Костиков. Завершая анализ перспектив дальнейшего развития отечественной ракетной техники, он подвел итоги: *"Мы приходим к выводу, что на сегодня и, вероятно, на ближайшее будущее едва ли бескрылая ракета может быть использована как эффективное средство для поражения удаленных целей"*. Это утверждение перекликается с мнением М.К. Тихонравова, изложенным в его статье в одном из сборников "Ракетная техника" того же периода времени: *"Очевидно, что для доставки груза (заряда) на заданное расстояние целесообразно использовать крылатые ракеты. Что касается бескрылых ракет, то в случае решения вопроса об устойчивости их полета за ними остается вертикальный полет для достижения высот, лежащих за пределами досягаемости самолетов, стратостатов, шаров-зондов"*.

Эту же позицию разделял и С.П. Королев. В 1935 г. он приступил к разработке крылатой боевой ракеты "212" с двигателем ОРМ-65 конструкции В.П. Глушко. Двигатель работал на высококипящем топливе и развивал тягу на номинальном режиме 175 кгс. Этот же двигатель С.П. Королев использовал и на ракетоплане РП-318.

В 1936 г. в РНИИ определились и с перспективами применения компонентов ракетного топлива. Выбор был сделан в пользу высококипящего топлива. Объясняя причину такого выбора, начальник РНИИ И.Т. Клейменов докладывал руководству наркомата обороны: *"Время на подготовку ракеты к пуску зависит от того, насколько совершенна ее конструкция. Это время, вообще говоря, можно довести до очень небольшого промежутка и произвести пуск в любом месте. Что касается жидкого кислорода и других низкокипящих жидкостей, то применение их в качестве топливных компонентов для боевых аппаратов абсолютно исключается из-за эксплуатационных трудностей"*.

Параллельно с работами РНИИ в СССР с 1935 г. по 1939 г. функционировало КБ-7 под руководством Л.К. Корнеева и А.И. Полярного. Эти руководители не разделяли технических взглядов РНИИ на перспективы развития ракетной техники и вели разработку боевых баллистических (бескрылых) ракет, работающих на жидком кислороде и спирте. Итогом четырехлетней работы стала ракета Р-05 с двигателем М-29, которая по расчетам должна была с предварительным разгоном пороховым ускорителем доставить боевой заряд массой в 5 кг на расстояние 50 км. Однако экспериментальные пуски не подтвердили расчетных данных. Правительственная комиссия оценила работу КБ-7 как неудовлетворительную, Л.К. Корнеев был осужден, а коллектив КБ-7 вошел в состав НИИ-3 (бывший РНИИ) вместе с незавершенными тематическими работами. При обсуждении перспектив отработки ракеты Р-05 на научно-техническом совете в НИИ-3 были сделаны выводы, что ракета не решает оборонных задач, неустойчива в полете, использование в ней жидкого кислорода ставит под со-

мнение ее применение в боевых условиях. Дальнейшая отработка ракеты была прекращена.

В том же 1939 г. было проведено заседание научно-технического совета наркомата боеприпасов, в который входил НИИ-3. После всестороннего обсуждения дальнейших путей развития ракетной техники в СССР было принято решение сконцентрировать работы в направлении, которое позволяло, как тогда представлялось, получить положительные результаты в минимальные сроки. Таким направлением было определено создание пороховых реактивных снарядов, устанавливаемых на стационарные и мобильные установки на автомобилях, бронемашинах, самолетах, морских и речных катерах. Что касается ЖРД, то их предусматривалось использовать в качестве вспомогательных двигателей на винтомоторных самолетах для сокращения стартового пробега и форсирования скорости полета в боевых условиях.

Такие разработки велись в НИИ-3, где под руководством Л.С. Душкина был создан маршевый ЖРД тягой 175 кгс для ракетоплана С.П. Королева. Форсированный на тягу до 1100 кгс вариант этого двигателя был использован для установки на ракетный истребитель-перехватчик БИ-1. Следующая модификация ЖРД тягой 1500 кгс предназначалась для истребителя-перехватчика, разрабатывавшегося по проекту "302" под руководством А.Г. Костикова. Создание этих самолетов было прекращено в 1944 г.

Аналогичная задача решалась в 1940-1945 гг. под техническим руководством В.П. Глушко с участием Г.С. Жирицкого, Д.Д. Севрука, С.П. Королева и других энтузиастов ракетной техники. Ими был разработан ЖРД РД-1 (РД-1ХЗ), принятый в 1943 г. в серийное производство для установки в качестве ускорителя на винтомоторные истребители Ла-7, Як-3, Су-7. Двигатель работал на высококипящем топливе и имел тягу в однокамерном варианте 300 кгс. Конструкция разрабатывавшегося в 1944-1945 гг. двигателя РД-3 предусматривала применение трех камер, что обеспечивало суммарную тягу 900 кгс.

Окончание Великой Отечественной войны и появление воздушно-реактивных двигателей привело к заметному снижению интереса к авиационным ЖРД.

Об основном научно-техническом достижении в области ракетной техники в Германии в 30-40-х годах XX века - создании боевой ракеты дальнего действия А-4 - рассказано в первой части этой статьи (см. "Двигатель" № 1 (37) за 2005 г.). Для полноты информации следует отметить, что созданием ракеты А-4 не исчерпывается реактивное вооружение, разработанное в Германии в тот период времени. Немецкие ученые и конструкторы создали ряд реактивных снарядов на жидком топливе, которые использовались в качестве зенитных средств и для вооружения истребителей-перехватчиков. Имелись разработки ЖРД для установки на самолеты в качестве маршевых двигателей. Но заметного влияния на ход боевых действий это реактивное вооружение не оказало. Характерно для всех видов реактивного вооружения, за исключением ракеты А-4, использование высококипящего топлива, обеспечивающего высокую боеготовность применения этого вооружения.

Выбор для ракеты А-4 в качестве окислителя жидкого кислорода объясняется необходимостью получения высокого удельного импульса тяги для обеспечения полетной дальности 250-300 км. Однако использование кислорода в сравнении с высококипящими окислителями типа азотной кислоты или окислов азота привело к более высокой температуре горения, что потребовало принятия дополнительных мер для обеспечения работоспособности камеры сгорания. Исходя из упрощенной конструкции тракта охлаждения корпуса и сопла камеры (со щелью между стальными внутренней и наружной стенками), немецкие конструкторы двигателя были вынуждены пойти на снижение температуры сгорания топлива и одновременно на улучшение охлаждающих свойств горючего, используя в качестве такового 75 %-ный водный раствор этилового спирта, а также на организацию внутреннего охлаждения. Такое охлаждение предусматривало подачу струй горючего перпендикулярно внутренней стенке сопла. Все это, безусловно, вело к снижению удельного импульса тяги и уменьшению дальности

полета ракеты. Видимо, для создания более эффективной конструкции двигателя у немецких разработчиков не хватило времени в условиях ведения войны.

И все-таки главным недостатком ракеты А-4 были не отдельные издержки конструкции, а ее низкая боеготовность, связанная с длительным нахождением на стартовой позиции для подготовки "выстрела", необходимостью дозаправки бака окислителя жидким кислородом, не соответствовали принципам ведения боевых операций. К этому следует добавить несовершенную систему наведения ракеты на цель, что приводило к большому разбросу точек падения боезаряда.

Все это, конечно, так, но, учитывая уровень достижений в области создания жидкостной ракетной техники в Германии, СССР и США в 1930-1940-х годах, следует признать создание ракеты А-4 выдающимся научно-техническим достижением первой половины XX века. Это был технический прорыв, ставший катализатором прогресса ракетной техники в мире. Изучение технических достижений немецких ученых и инженеров позволило ускорить эволюционный процесс ракетостроения в СССР и США. Создание в Германии ЖРД тягой 25 т сняло психологический барьер у советских специалистов, на преодоление которого потребовалось бы несколько лет планомерного развития отечественного ракетного двигателестроения. Однако в техническом отношении прогресс ракетостроения в СССР, бурное развитие которого началось в 50-х годах XX века, основан на использовании отечественных научно-технических достижений 1930-1940 гг. и оригинальных конструкций ЖРД, разработанных в последующие годы.

Представляется интересным провести сравнение эффективности выбранного пути создания реактивного вооружения в Советском Союзе и в Германии. Как известно, в СССР главным направлением стала фронтальная реактивная артиллерия в виде мобильных установок залпового огня пороховыми реактивными снарядами (различные варианты минометов типа "катюша"), а в Германии - жидкостные ракеты дальнего действия А-4 с боевым зарядом массой до тонны для поражения крупномасштабных целей, удаленных на 250...300 км. Остальные варианты жидкостного реактивного вооружения немецких войск заметного участия в военных операциях не принимали.

При объективном сравнении результатов боевого применения советских реактивных минометов и немецких ракет А-4 можно сделать единственный вывод: во Второй мировой войне более эффективным оружием оказались советские реактивные установки залпового огня. Это вынуждены были признать и бывшие наши противники. Так, министр вооружения в правительстве Гитлера Альберт Шпеер в своих мемуарах "Внутри третьего Рейха" признавал, что в годы войны он был активным сторонником создания ракет дальнего действия, однако после окончания войны пересмотрел свою позицию: *"Наш самый дорогой проект оказался нашей самой большой глупостью... Эти работы были ошибочным изобретением"*. Подобная оценка низкой эффективности боевого применения ракет А-4 содержится также в трудах ряда других авторитетных историков и военачальников.

Однако вписать в мировую историю создания образцов военной техники разработку первой ракеты действительно дальнего действия как ошибку было бы несправедливо. Это был первый технический образец нового направления. Вспомним, как выглядели и какие технические характеристики имели первый аэроплан, первый танк, первый автомобиль... Следует помнить, что немецкая жидкостная ракета А-4 стала первым "камнем" в фундаменте создания нового самостоятельного рода войск - Ракетных войск стратегического назначения, включающих оснащенные ядерными боезарядами ракеты средней и межконтинентальной дальности. Нельзя оставлять без внимания и влияние ракет А-4 на ускорение процесса развития космической ракетной техники. И нет ничего постыдного и зазорного в том, что на одном из этапов мирового научно-технического прогресса советские и американские ученые, инженеры, производственники заимствовали опыт своих немецких коллег, что позволило приблизить время начала использования околоземного космического пространства на благо всему человеческому обществу. **□**

*(Продолжение в следующем номере).*

# ЕВРОПЕЙСКАЯ ПОДШИПНИКОВАЯ КОРПОРАЦИЯ: ЛУЧШИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВПК РОССИИ



тел.: (095) 775 8134, факс.: (095) 775 8133, e-mail: [td@ebcorp.ru](mailto:td@ebcorp.ru), [spec@ebcorp.ru](mailto:spec@ebcorp.ru), web: [www.ebcorp.ru](http://www.ebcorp.ru)



Европейская подшипниковая корпорация - универсальный отечественный производитель-поставщик подшипников практически всех типов и размеров. В состав корпорации входят: "Московский подшипник", Волжский подшипниковый завод, Степногорский подшипниковый завод, Московский завод авиационных подшипников, Торговый дом ЕПК и Управляющая компания ЕПК, осуществляющая стратегическое руководство. Структура ЕПК оформилась весной 2001 г., объединив возможности нескольких крупных участников рынка, чтобы стать еще более конкурентоспособной силой.

Одним из крупнейших и перспективных партнеров ЕПК является Министерство обороны РФ, основной заказчик малозумных, высокоточных подшипников двойного назначения. Детали для оборонного, авиационного и космического оборудования изготавливаются в соответствии с жесткими требованиями, регламентированными в специальных технических условиях. За более чем 70-летний период сотрудничества с Минобороны заводы ЕПК зарекомендовали себя как надежные поставщики.

Подшипники двойного назначения выпускаются на двух заводах ЕПК: На Московском заводе авиационных подшипников (МЗАП), созданном в 2005 году на базе мощностей "Московского подшипника" (бывшего ГПЗ-1), а также на бывшем ГПЗ-15, теперь Волжском подшипниковом заводе.

"Московский Подшипник" - один из крупнейших в России производителей специальных подшипников. Здесь, начиная с 1949 года, когда производство спецподшипников было выделено в отдельное подразделение, освоено более 2,5 тыс. типоразмеров.

Высокоточные подшипники производства Московского завода в отечественных космических аппаратах устанавливаются с первых лет освоения космического пространства человеком (Луноход-1, побывавший на поверхности естественного спутника Земли 17 ноября 1970 г.). Подшипники завода обеспечивают движение техники и на земле, и на воде, и глубоко в пучине моря, и в просторах неба; в конструкции известных на весь мир "Бурана" и Ан-225 "Мрия" также использованы подшипники ГПЗ-1.

Волжский подшипниковый завод выпускает подшипники двойного назначения уже более 40 лет. Предприятие специализируется на подшипниках для авиационной, космической, военной техники, а также прецизионных подшипниках для атомной энергетики и других высокотехнологичных отраслей.

В настоящее время на заводах ЕПК идет модернизация производства подшипников двойного назначения, непрерывно осваиваются новые типы. Основной упор делается на подшипники для авиационных двигателей, опорно-поворотных подшипниковых узлов для радиолокационных станций. Ведется работа по повышению ресурса за счет освоения подшипников в грузоподъемном варианте. Особое внимание уделяется малозумным подшипникам для подводного флота Министерства обороны РФ.

С каждым годом возрастает количество партнеров ЕПК. На данный момент налажено сотрудничество более чем с 400 предприятиями-производителями, авиа- и авторемонтными заводами.

Из года в год ЕПК увеличивает объемы продаж. В 2001 году корпорация реализовала подшипников на сумму 98 млн долларов, в 2002 - на 120 млн долларов, в 2003 - на 167 млн долларов, в 2004 - на 218 млн долларов.

Работа всех подразделений Европейской подшипниковой корпорации нацелена на создание качественной продукции и обеспечение высококлассного обслуживания клиентов. Достойный уровень качества гарантируется сертификатами соответствия российским и международным стандартам. На заводах и в Торговом доме ЕПК внедрена система ISO 9001:2000. Сертифицирующим органом предприятий выступила известная британская аудиторская компания Lloyd's Register.

**В.А. Ращупкин, директор департамента продаж специальных подшипников и подшипников для станкостроения ОАО "ЕПК"**



# ТУРБУЛЕНТНОСТЬ, ВИХРИ И ЖГУТЫ

**Юрий Кочетков**, начальник отделения  
ФГУП "Исследовательский центр имени М.В. Келдыша", д.т.н.

**Турбулентное течение – это сложная волновая динамика, составляющими которой являются три вида движения: поступательное, вращательное и деформационное. В чистом виде каждое из этих течений проявляется редко и в идеализированных случаях. Как правило, они взаимосвязаны и образуют сложную интерференцию в виде устойчивых конфигураций. Наиболее характерным для турбулентного течения является деформационное движение в виде кручения потока. В настоящее время этот вид движения наименее изучен.**

Слово турбулентность происходит от латинского слова turbo - вихрь. Оно применимо для обозначения динамических процессов в среде жидкости, а также газа и плазмы. Часто встречаются и перемешанные среды: жидкость и газ в кавитирующей турбине, частично ионизированный газ в МГД-генераторах, а также газ с твердыми и жидкими частицами в ракетных двигателях твердого топлива. Турбулентность может присутствовать в любой из перечисленных выше комбинаций рабочих сред. Это - общее понятие, отражающее свойство любой подвижной среды.

С общефизической точки зрения турбулентность можно представить как волновую динамику среды, включающую в себя совокупность различных составляющих движения, строго взаимосвязанных между собой. Это - поступательное движение, вращательное и деформационное. Наиболее простой вид движения (течения) - поступательное прямолинейное. Для вязких жидкостей таким видом течения является ламинарное или послойное, когда соседние линии тока параллельны. Ламинарное течение является частным случаем турбулентного течения, а с математической точки зрения может пониматься как особая точка.

Более сложным видом турбулентного течения является вращательное течение, которое точно характеризуется в теории поля оператором ротор или вихрь:

$$\text{rot}V = \left( \frac{dw}{dy} - \frac{dv}{dz} \right) i + \left( \frac{du}{dz} - \frac{dw}{dx} \right) j + \left( \frac{dv}{dx} - \frac{du}{dy} \right) k.$$

Здесь  $V$  - скорость абсолютного течения;

$u, v$  и  $w$  - компоненты скорости, соответствующие координатам  $x, y, z$  и единичным векторам  $i, j, k$ .

Под механической интерпретацией вихря понимают мгновенное вращение жидкой (газообразной) сферы малого диаметра вокруг ее центра. Вихрь имеет размерность угловой скорости и в отличие от поступательного характеризует угловое перемещение.

Наличие вихрей в потоке может сильно усложнять общую турбулентную картину течения. Наиболее простые по структуре закольцованные вихревые и винтовые течения (когда вектор вихря совпадает с вектором скорости) могут превращаться в более сложные. Просто закольцованное движение жидкости между двумя вращающимися цилиндрами превращается в замысловатое, с образованием вторичных течений (рис. 1). Поток разбивается на дискретные тороидальные объемы с размерами, соизмеримыми с величиной щели между внешним и внутренним цилиндрами. Это знаменитые вихри Дж. И. Тейлора, которые он предсказал на основании линейной теории устойчивости. Вихри имеют регулярно чередующуюся структуру с правым и левым вращением и с осями, параллельными направ-

лению окружной скорости вращающегося внутреннего цилиндра.

Другим примером вихрей с образованием вторичных течений являются вихри Г. Гертлера или Тейлора-Гертлера, которые возникают при обтекании вогнутых стенок (см. предыдущий номер журнала). И в том и в другом случае вихри представляют собой винтовые течения с направляющими осями, параллельными криволинейным стенкам каналов.

Винтовые течения являются векторным сложением двух течений, поступательного и вращательного (вихревого). Причем вращательное движение может осуществляться как по закону твердого тела  $u = c \cdot r$ , так и по законам вязкой жидкости  $u = c/r$ . Для большинства реально функционирующих аппаратов этот закон близок к комбинационному. Непосредственно у оси вращения выполняется закон твердого тела, а на периферии - вязкой жидкости, что также приводит к отклонению от идеального винтового течения (например, течение за вращающимся винтом пропеллера).

Течение в вихре может быть пульсирующим, таким как в тороидальном вихре с большим радиусом вращения, образующимся за уступом в сопле РДТТ.

Скорость на внутреннем кольце тора может заметно отличаться от скорости на внешнем кольце, что приводит к возникновению так называемых струхалевских частот.

Ярким примером, поражающим воображение, являются тороидальные вихри, возникающие при равномерном нагреве тонкого слоя силиконового масла, перемешанного с алюминиевыми хлопьями и разлитого на плоскости. Это - ячейки Бенара, возникающие за счет тепловой конвекции, идущей от равномерно нагретой медной плоской поверхности вверх через центр каждой ячейки и затем вниз по краям контакта со смежными ячейками. Ячейки плотно укладываются на поверхности, образуя гексагональную структуру с регулярным шагом (рис. 2). Каждая ячейка является тороидальным вихрем с осью вращения по срединной окружности.

Рассматривая различные виды вихревых течений, можно отметить одно их общее свойство - свойство парности. В потоке жидкости или газа вихри могут устойчиво существовать в том случае, если они образуют пару из двух вихрей, вращающихся в противоположном направлении. Пара представляет собой своеобразный газодинамический спин с уравновешенными левым и правым моментами количества движения, обладающий свойствами симметрии. Очевидно, что цепочка вихрей Тейлора-Гертлера в сопле ракетного двигателя обладает циклической симметрией, а гексагональная структура Бенара - модульной.

Деформационная составляющая турбулентного поля скоростей является в настоящее время наиболее сложной в математическом описании. По аналогии с первой теоремой Г. Гельмгольца,

законодателя вихревого течения идеальной жидкости, деформационную составляющую скорости потока можно записать в виде произведения тензора скоростей деформаций и дифференциала радиуса - вектора. При этом под скоростью деформации понимается суммарное перемещение элемента потока в единицу времени. Для турбулентного потока характерным деформационным движением является кручение. В отличие от вихревого и винтового течения кручение имеет свойство упругости потока и по аналогии с твердым телом может обладать термодинамической обратимостью без изменения энтропии.

Кручение потока может наблюдаться либо в местах его соприкосновения со стенкой, либо на границе потоков с сильно различающимися свойствами. Воздействие на поток кручения приводит к образованию вихревых жгутов, которые также как и вихри являются парными. Такие жгуты внешне напоминают скрутку двух электрических проводов.

Визуальных картин, иллюстрирующих кручение потока, в настоящее время в литературе весьма ограниченное количество. Это объясняется большими техническими сложностями при получении трехмерных изображений высокоскоростных потоков. Одним из удачных снимков, сделанных А. А. Павельевым и О. И. Навозновым в 1972 году, является фотография струи гелия в спутном потоке воздуха (рис. 3). На снимке отражены стадии турбулентного течения, показывающие последовательность усложняющихся конфигураций, переходящих от крупномасштабных циклических к мелкомасштабным. В данном случае особый интерес представляет область течения, следующая за ламинарной в самом начале струи. Это область кручения потока. Парные вихревые жгуты, расположенные на границе сред воздух - гелий образуют цилиндрическую оплетку. При внимательном рассмотрении видно, что соседние жгуты закручены в разные стороны и являются симметричными.

Аналогичная картина была получена методом горячей визуализации в виде следов высокотемпературного потока продуктов сгорания на стенке профилированного сопла модельного РДТТ (рис. 4). По отпечаткам на стенке также распознаются попарно закрученные жгуты, постепенно расплетающиеся с увеличением степени расширения сопла и переходящие в косонаправленные волновые образования.

Ранее, в журнале "Двигатель" № 2 (38), 2005 г., были приведены фотографии, иллюстрирующие течение с кручением. Было показано, что закрученные потоки могут возникать при отсутствии градиента давления на стадии перехода к устойчивому режиму течения. При этом неустойчивым становится любой предшествующий режим течения. В зависимости от сценария это может быть либо волновой режим Толмина-Шлихтинга, либо вихревой Тейлора-Гертлера. Так, например, винтовой поток Тейлора-Гертлера при достижении  $dp/dx \sim 0$  начинает деформироваться. Происходит его кручение и соседние "трубки тока" закручиваются, образуя устойчивые жгуты. Приводимая ранее аналогия с наконечником пастушьего кнута имеет к данному случаю прямое отношение. Известно, что два пучка конских волос невозможно соединить друг с другом простым закручиванием. Такое соединение развалится. Но, если каждый пучок свить, то есть произвести кручение каждого волоска, а затем соединить свитые в противоположных направлениях пучки, то за счет трения волосков одного пучка о волоски другого образуется прочная скрутка в виде жгута, которая не расплетается при резком ударе кнутом. Вихревые жгуты также образуют устойчивую турбулентную структуру. При этом равновесие сил достигается равенством сил кручения и вязкого трения. У поверхности жгуты попарно укладываются в своеобразную "циновку" рис. 5, образуя пятна контакта, в области которых формируются спины (парные вихри). Часть спинов образуют потоки стекания, а часть - растекания. Аналогично ячейкам Бенара образуются гексагональные образования. Каждый предыдущий ряд потоков, направленных к стенке, имеет сдвиг на полшага к каждому последующему. Дискретные потоки, натекающие на стенку, вымывают в ней ямки. Образуется ячеистая структура, аналогичная экспериментальной структуре, зафиксированной методом уноса массы (рис. 6).



# ТАК РОЖДАЛСЯ ЗНАМЕНИТЫЙ "СКАД"

Юрий Бобрышев



(Продолжение. Начало в № 3 - 2005)

Изготовление опытных изделий для летных испытаний было поручено Златоустовскому машиностроительному заводу (директор Е.М. Ушаков), серийное производство и ведение серийной конструкторской документации поручалось Воткинскому машиностроительному заводу (директор В.А. Земцов, главный конструктор В.Я. Тохунц, которого сменил Е.Д. Раков).

В состав всех систем, приборов и узлов входили множество датчиков и элементов, требовалась бортовая телеметрия и наземные пульта для ее проверок. К их разработке и изготовлению были привлечены десятки КБ и заводов. После выхода постановления и получения приказа министра в СКБ были разработаны графики выпуска ТЗ, конструкторской документации, подготовлен и согласован план-график увязки действий всех участников по количеству и срокам поставок бортовых приборов и систем, а также всего комплекса наземной испытательной и пусковой аппаратуры, транспортных средств. Отделами СКБ были подготовлены и согласованы с разработчиками основных систем ТЗ, обеспечивающие достижение необходимых полетных параметров, масс и габаритов, требований к изготовлению, эксплуатационных условий и пр. Одним из главных эксплуатационных требований было обеспечение транспортных перегрузок на ракету не более 2g. Это требование выступало как главный фактор, влияющий на вес в зависимости от принятых запасов прочности всех узлов и их стыков между собой. Ответственность за соответствие выдаваемых ТЗ основным ТПП и их взаимную согласованность лежала на мне, контролировал В.Р. Серов, полную ответственность от начала до конечного результата (как и во всех КБ) нес главный конструктор В.П. Макеев. Директору завода Е.М. Ушакову была поручена подготовка производства и изготовление изделий для стендовых и летно-конструкторских испытаний (ЛКИ). Далее начались конструкторские будни: этот привычный термин легко звучит для того, кто сам не испытал всех прелестей "текучки". Как из множества идей выбрать одну - самую лучшую по массе, прочности, надежности?.. Бесконечный процесс получения лучшего из хорошего при четком понимании, что чрезмерное увлечение "улучшениями" может привести к обратному результату.

Конструкторский отдел под руководством А.И. Ялышева приступил к разработке КД на корпус изделия. Прежде всего, основываясь на предпроектных замыслах, следовало принять рабочую окончательную компоновку ракеты при сохранении основного обещанного принципа: диаметр, длина, хвостовой отсек как у Р-11

и наддув баков без газогенераторов, что значительно упрощало подготовку производства. Почти так, но не совсем.

Для баков приняли двухмиллиметровую нержавеющую сталь, а так как не было горячего наддува, то и не требовалась их термообработка. Одинаковый диаметр позволял использовать транспортные ложементы от Р-11, но диаметр технологических подкладных колец под сварку обечаек баков надо было увеличить на 2 мм. Группа Ю.А. Павлова с В.Г. Камшиловым и др. разрабатывала конструкторскую документацию хвостового отсека (ХО), размеры которого принимались идентичными тем, какие были у ракеты-предшественницы. И все же пришлось сконструировать другое днище для установки:

- отрывного электроразъема связи бортовой системы управления (СУ) с наземными пультами и ввода данных дальности стрельбы (у Р-11 электроразъем был закреплен к борту хвостового отсека, ответная часть которого отбрасывалась электромагнитом при подаче сигнала на запуск двигателя);
- отрывного электроразъема системы аварийного подрыва ракеты (АПР);
- отрывной колодки, через которую заправлялось пусковое горючее, подавался сжатый воздух в бортовые баллоны и в электрическую ампульную батарею для ее задействования;
- опорных кронштейнов, которыми ракета крепилась к пусковому столу противоветровыми съемными болтами, на эти же кронштейны установили графитовые газовые рули.

В днище потребовалось предусмотреть отверстие для выхлопной трубы ТНА двигателя. Люки на корпусе ХО, которые были необходимы только для сборочных работ, расположили в других местах. Стабилизаторы заимствовали от ракеты Р-11.

Баки горючего и окислителя, в отличие от Р-11, поменяли местами. Мы проиграли в центровке на активном управляемом участке полета, но получили выигрыш на пассивном участке и в удобстве компоновки: труба подачи основного горючего стала прямой, она проходила через бак окислителя. Ее же использовали в качестве емкости для размещения пускового горючего. Трубы подачи горючего и окислителя соединили с двигателем сильфонами. В целом, такие решения упростили проведение сборочных работ и улучшили эксплуатационные качества ракеты.

Несколько дней проектанты группы Г.Б. Мочалова бились над размещением торового баллона (все почему-то решили, что он дол-



жен быть торовой) со сжатым воздухом для наддува баков. Расположишь его в хвостовом отсеке - ухудшит центровку, а если поместить баллон между баками - становится мал зазор для стыковки трубы подачи горючего с баком. Решение не приходило. В один напряженный творческий момент к нам подошел В.П. Макеев, обходивший конструкторские залы. Он предложил разместить цилиндрические баллоны в свободном пространстве хвостового отсека. Проблема была снята для нас навсегда, но в то же время уменьшился запас стабилизации ракеты на пассивном участке полета. Уверен, что через много лет зарубежные специалисты, рискнувшие доработывать Р-17, значительно снизили ее надежность из-за смещения центровки к ХО.

Итак, хвостовой отсек был занят баллонами, поэтому все приборы системы управления решили разместить в приборном отсеке (ПО), который расположили между баком горючего и головной частью, подальше от вибраций двигателя. Ракета стала немного длиннее, что учли в требованиях к наземным транспортным средствам. Для удобства монтажа и более компактного расположения приборов системы управления (СУ) панели крепления приборов расположили "крестом", полностью открыв доступ к оборудованию через люки, которые закрывались крышками, одновременно образующими обшивку ПО. Для крепления крышек позаимствовали из авиации быстродействующий самоконтрающийся замок.

П.С. Кухтов с А.А. Пучковым и др. разработали воздушный редуктор, обеспечивающий постоянное давление наддува баков, пусковые и отсежные клапаны наддува баков, разрывную колодку, исключающую необходимость подстыковки и отстыковки трубопроводов к изделию на стартовой позиции, что способствовало сокращению времени предстартового обслуживания.

Группой З.А. Ренжиной отдела, начальником которого стал О.П. Киришин, разрабатывались кабели, отрывные электроразъемы, компоновались приборы в хвостовом и приборном отсеках. Л.Н. Маслов проектировал систему аварийного подрыва ракеты (АПР).

Разработкой технического задания на снаряжение головных частей (ГЧ) и их согласованием с разработчиками занималась группа Е.В. Бушмина. При проектировании корпусов ГЧ в них сохранили стыковочный шпангоут с ПО от Р-11, решили проблемы теплоизоляции атомного заряда, отработали форму и конструкцию радиопрозрачного наконечника.

После напряженных споров согласовали конструкцию пневмогидравлической системы (ПГС) и способ заправки пускового горючего. Решили заправлять пусковое горючее при вертикальном положении ракеты за несколько минут до старта. При заправке пускового горючего частично вытесняло основное горючее обратно в бак через трубу, положенную в баке окислителя. Конструкторы решили не разделять пусковое и основное горючее мембраной, чем сократили один пусковой пиропатрон.

В ОКБ-3 при проведении стендовых испытаний двигателя выяснилось, что он "чихает" при отсечке и дает большой разброс импульса последствия, а значит и точности стрельбы. Разброс импульса резко уменьшался, если двигатель при отсечке продували воздухом. В.Д. Алексеев подсчитал, что бортовых запасов воздуха для продувки двигателя не оставалось: он весь расходовался на наддув баков. Тогда А.К. Кузнецов предложил подогревать воздух газами от ТНА. Проблема была решена, потребовалась лишь выхлопная труба с двойными стенками, но сделать ее было легче, чем разместить еще один баллон на борту.

Отдел Л.М. Косого разработал и согласовал ТЗ с НИИ-592 и НИИ-944 на применение более совершенной системы управления, обеспечивающей лучшую, чем у Р-11, точность стрельбы. Изменения были связаны с введением в автомат стабилизации магнито-полупроводникового счетно-решающего прибора, применением в качестве автомата дальности гиросинтезатора, использованием гиросинтезатора для компенсации сноса от бокового ветра, что исключило необходимость введения поправок на ветер перед пуском.

Отдел наземного оборудования, учитывая, что основные наземные средства сохранялись прежними (заправщики горючего и окислителя, подъемный кран, нейтрализационная машина, транс-

портные тележки), разработал только новую траверсу для погрузки ракеты и инструкции по использованию наземных средств. С большим трудом удалось уговорить изготовителя стартового агрегата (на базе ходовой части самоходного орудия) записать в ТЗ требование, предусматривающее ограничение перегрузок ракеты при транспортировке величиной, не превышающей 2g. Это наше решение в дальнейшем преподнесло при испытаниях "сюрприз", который пришлось потом решать на ходу. Зато оно способствовало сокращению массы ракеты.

Для заправки топливом были спроектированы заправочные устройства, учитывающие температуру компонентов, что позволило несколько увеличить количество топлива в ракете, а значит - повысить дальность ее стрельбы.

Параллельно шел выпуск документации телеметрии, основная роль в этом принадлежала отделу Г.А. Хоменю.

Не все шло гладко, требовалось постоянное разрешение проблемных вопросов. Так, трудности встретились при выполнении баллистических расчетов и выборе аэродинамических форм, массы, тяги двигателя, а также полетных нагрузок. Развязать порочный круг помогла экспериментальная формула, которую в рабочем порядке мне дали в ОКБ-3. Опираясь на формулу, я провел предварительные расчеты и построил графики зависимости дальности стрельбы от удельной тяги и тяги двигателя. Время работы двигателя и величину его тяги начальник отдела баллистики П.А. Алексеев проварьировал в зависимости от точности стрельбы, оптимальное значение величины тяги оказалось равным 13 тс.

Все задания на разработку систем и узлов ракеты, а также основная конструкторская документация согласовывались с военными представителями ГАУ Кожевниковым, Бородавко и др. Военную приемку возглавлял районный инженер полковник П.И. Данько.

Летом этого 1958 г. в разгар работы над Р-17 В.П. Макеев вдруг срочно вызвал меня в министерство. Кое-кто в верхах высказал мнение, что Р-17 не нужна. Макеев дал мне поручение: не возвращаясь домой, срочно подготовить короткое письмо с характеристиками и обоснованием целесообразности создания Р-17 на имя секретаря ЦК КПСС по оборонным вопросам Л.И. Брежнева. Письмо было отправлено из министерства за подписью В.П. Макеева. Более вопрос - надо или не надо делать Р-17 - не возникал.

В сентябре 1958 г. в НИИ-88 был защищен эскизный проект, в ноябре был завершен выпуск КД, в 1 квартале 1959 г. разработана эксплуатационная документация. Заводу СКБ-385 предстояло изготовить конструкторский макет, ряд узлов для испытаний на прочность, стендовые двигательные установки для огневых испытаний, ракеты в полной телеметрической комплектации для проверки работоспособности всех систем и узлов при огневых испытаниях на стенде, ракеты первого этапа летно-конструкторских испытаний.

В конце 1958 г. было принято решение поручить производство изделий для второго этапа летных испытаний Р-17 (совместных с заказчиком) Воткинскому механическому заводу (ВМЗ).

В январе 1959 г. главному инженеру завода № 385 Д.К. Андрееву, мне и группе технологов было поручено оценить технологические возможности ВМЗ, который второй год изготавливал Р-11М, имел опыт изготовления артиллерийских орудий, строительных кранов, узкоколейных паровозов и выразил горячее желание освоить новые изделия.

В конце 1958 г. опытный цех (начальник цеха А.Е. Осипов, мастер участка В.А. Крючков) завода № 385 изготовил конструкторский макет ракеты, ставший первым шагом к изготовлению летной ракеты и позволивший выявить ряд ошибок и просчетов. Но на заводе отсутствовал двухмиллиметровый стальной лист для баков, поэтому с целью экономии времени баки макета и двигательные установки (ДУ) для стендовых огневых испытаний разрешили изготовить из трехмиллиметрового листа. Три ДУ успешно прошли испытания; выявившуюся нехватку воздуха для наддува баков ликвидировали, доработав выхлопную трубу и немного повысив температуру подогрева воздуха.

Однако подготовка производства для изготовления ракет Р-17, предназначенных для первого этапа летно-конструкторских

испытаний, велась медленно, что стало предметом обсуждения в марте на парткоме завода. Это дало некоторый толчок, повысил свою активность начальник производства Л.И. Пуриц, но вскоре работа снова стала стопориться.

В мае 1959 г. отставание с изготовлением опытных образцов и в целом ракеты составляло до трех месяцев от установленных сроков из-за перегрузки завода № 385 несколькими заказами по серийным и опытным морским ракетам. Для Р-17 складывалась тяжелая обстановка, к тому же снабженцы завода так и не сумели "выбить" фонды на двухмиллиметровый лист для баков. После очередного бурного обсуждения у директора завода с производственниками В.П. Макеев вызвал меня в комнату ВЧ-связи директора (у него в кабинете еще не было ВЧ-связи) и сказал:

*- Мне только что позвонил Дмитрий Федорович Устинов и предложил передать полностью изготовление Р-17 в Воткинск. Разберись с состоянием дел на ВМЗ и через 7 дней доложи мне.*

Мы обменялись тяжелыми взглядами. Что означала для нас передача производства ракеты в далекий от КБ и дома город? Это, прежде всего, сутки в дороге с двумя-тремя пересадками, принятие технических решений "на месте" без согласования со специалистами родного КБ и т.п.

На ВМЗ меня принял директор Владимир Александрович Земцов, которому тоже звонил Д.Ф. Устинов. Земцов выразил готовность немедленно принять на свой завод (он, кстати, имел более чем двухсотлетнюю историю) изготовление Р-17 со всеми опытными узлами и их отработкой. Я попросил познакомить меня со снабженцами и основными цехами. Снабженцы оказались очень расторопными - завод уже имел двухмиллиметровый лист для баков и все необходимые материалы. Основные производственные цехи были свободными, чистыми, частично располагали необходимой оснасткой. Хорошо оснащенный цех приступил к изготовлению баков. Велось производство хвостовых отсеков для Р-11, на тех же стапелях можно было изготавливать и ХО для Р-17. Завод имел большие, хорошо оснащенные механические цехи, способные изготовить любую оснастку и оборудование. ВМЗ в мае 1959 г. был значительно более подготовлен к изготовлению ракеты Р-17, чем завод № 385, и это свидетельствовало о большой заинтересованности директора и специалистов предприятия.

При заключительной встрече с В.А. Земцовым я высказал свое положительное мнение по вопросу о передаче изготовления Р-17 на ВМЗ. В дальнейшем при решении нелегких проблем Владимир Александрович проявил удивительный дар спокойного анализа ситуации и поиска выхода из трудного положения. Умудренный жизненным опытом, Владимир Александрович обладал заслуженным авторитетом у заводчан, что благотворно отражалось на всем производственном процессе.

Мой доклад В.П. Макееву был коротким. 1 июня 1959 г. Д.Ф. Устинов, В.П. Макеев и В.А. Земцов договорились по ВЧ о полной передаче производства Р-17 со Златоустовского на Воткинский завод. 10 июня в СКБ-385 прибыла комиссия по организации передачи на ВМЗ производства Р-17 в составе начальника 1-го ГУ МОП Л.А. Гришина, начальника отдела 1-го ГУ МОП Л.С. Бельского, заместителя председателя Удмуртского Совнархоза Шишкина, директора ВМЗ В.А. Земцова. 17 июня вышло постановление Совмина СССР о передаче производства Р-17 на ВМЗ. 27 июня был подписан приказ министра.

29 июня первая бригада, состоявшая из 11 инженеров и техников СКБ-385, выехала со мной в Воткинск для оказания помощи в организации производства Р-17 и решения конструкторских вопросов. Виктор Петрович Макеев предоставил мне права полномочного представителя главного конструктора СКБ-385 на ВМЗ по Р-17. В группе выехавших были В.И. Матузов, Л.В. Малетина, Ю.В. Чепуров, М.Е. Меланина и др., каждый вез десятикилограммовую пачку со светокопиями чертежей. Отправка почтой означала потерю 7-10 дней, а для развертывания опытного производства требовалась документация на экспериментальные узлы, стендовое оборудование, тележки, подставки, кабели и пр.

Завод оперативно развернул работу, связанную с организацией производства новых изделий и всего комплекса оборудования. Директор на совещании ознакомил всех специалистов и начальников основных цехов с новой задачей и сроками. По просьбе начальника производственного отдела Островского мною было проведено несколько ознакомительных занятий, которые практически переходили в совещания. Уточнялись задачи, номенклатура и объем работ, а главное - оптимизировался порядок запуска в изготовление деталей и узлов по списку документов основного и телеметрического вариантов ракеты, экспериментальных сборок для проверки расчетов прочности и пр. Завод приступил к изготовлению, созданию и отработке технологий, конструкторы ОКБ-235 во главе с В.Я. Тохунцем, его заместителем Циунелисом, а затем - с заместителем главного конструктора В.И. Фокковым и прибывшие специалисты из СКБ-385 активно приступили к сопровождению производства, устранению ошибок в конструкторской документации и отработке ее на технологичность. Телефонной и ВЧ связи с родным СКБ не было, поэтому решения нередко приходилось принимать самостоятельно на месте.

Учитывая скоротечность прошедшей передачи опытного производства ракеты на другой завод, мною срочно был подготовлен план-график, предусматривавший очередность изготовления и испытаний экспериментальных сборок, отправки ХО на испытания в НИИ-88, отработки отдельных узлов, изготовления и отправки оборудования, двух ракет для стендовых и десяти для летных испытаний. План-график был подписан руководителями производственных служб завода, утвержден мною за главного конструктора СКБ-385. Но когда ведущий конструктор ОКБ-235 И.А. Ляхов вернулся от главного инженера П.П. Полухина - и.о. директора завода (В.А. Земцов был в командировке) с утвержденным план-графиком, выяснилось, что все позиции с экспериментальными сборками, узлами были вычеркнуты, остались только ракеты для летных испытаний. Принятое решение, по-видимому, соответствовало личным представлениям главного инженера о методике отработки ракетной техники. Мой срочный разговор с попыткой объяснить Павлу Петровичу невозможность передачи на летные испытания ракет без проведения заводской отработки отдельных сборок закончился его словами: *"Не устанавливайте мне здесь порядки СКБ-385!"* Пришлось применить свои меры, воспользовавшись правами полномочного представителя главного конструктора СКБ-385. Через два дня план-график был утвержден и.о. директора завода в полном объеме, вскоре восстановились и добрые отношения с ним. Этот случай оказался единственным негативным моментом в истории наших совместных работ с ВМЗ, и впоследствии П.П. Полухин всегда понимал конструкторов.

Тем временем на производстве возникали непростые вопросы, требовавшие корректировки конструкторской документации и технологии изготовления деталей и сборок. На эти вопросы не могли ответить командированные из СКБ-385 и заводские специалисты, а связи с родным КБ не было. В первых радиопрозрачных наконечниках из материала АГ-4 для головной части ракеты обнаружилось трещины, заводские специалисты причину не нашли и обратились ко мне. Наконечник должен был выдерживать высокие температуры пассивного участка полета и оставаться радиопрозрачным. Перевьюко архивы, нахожу причину - при штамповке наконечников неправильно назначались температурные режимы. После соответствующего изменения технологии все пришло в норму.

Затем выяснилось, что заимствованные от авиатехники быстросрабатывающие замки на крышках люков приборного отсека не притягивали их, а отводили от корпуса, увеличивая зазор с ним. Решение, связанное с изменением конструкции замков, было принято на месте и через два месяца согласовано с аэродинамиками. Возникли и другие проблемные вопросы, но заводчане и конструкторы СКБ-385 стремились решать их без задержек.

В конце июля 1959 г. сборочный цех приступил к сборке двух ракет для огневых стендовых испытаний. С мастерами и сборщиками цеха проводились занятия по изучению требований к сборке ракет. К этому времени на сборку поступили двигатели СЗ.42, гиросприборы, бортовые приборы системы управления со всеми пультами на-

земной проверки. Весь ход работ находился под постоянным контролем работника министерства Н.И. Воскресенского и сотрудника Военно-промышленной комиссии Б.К. Пескарева.

Вскоре на ВМЗ прибыли специалисты по системе управления, гиросприборам, АПР и телеметрии из СКБ-385 - П.С. Колесников, Ю.А. Фомин, В.И. Матузов, Т.А. Поспелова, А. Кукса, а также из НИИ-944 - Фадеев, из НИИ-592 - И.С. Игдалова, Р.П. Матафонов, Ю.В. Дробышев. Настройки и проверки аппаратуры велись без выходов по 15 часов в сутки. Выявились затруднения с изготовлением АПР - конструктор Л.Н. Маслов отрабатывал временную схему.

20 августа 1959 г. в Воткинск прибыл заместитель В.П. Макеева по управлению и телеметрии Ш.И. Боксар. К этому времени в изготовлении отставали блок АПР и кабели. Через несколько дней с завода № 385 прибыли опытные рабочие, блок АПР и кабели стендовых ракет были изготовлены в срок.

31 августа две ракеты, а с ними и все необходимое оборудование были готовы для отправки на огневые стендовые испытания. Кроме того, завершилось изготовление ХО для проведения испытаний на прочность в НИИ-88, сделали и все предусмотренные план-графиком экспериментальные узлы. В августе проводились гидравлические испытания на прочность баков. Баки теряли герметичность при давлении 16 атм, что означало наличие трехкратного запаса прочности. Такой запас был излишним, но по технологическим (проблемы сварки) и эксплуатационным причинам толщину обечаек баков решили не менять. Испытания ХО в НИИ-88 показали достаточный запас прочности стабилизаторов при стрельбе на дальность 240-270 км.

Тогда же, в августе 1959 г., началась сборка ракет для летных испытаний и появились новые вопросы. Меня срочно вызвали к директору ВМЗ. Захожу: сидаю с удрученным видом производственников, комплектаторы, некоторые начальники цехов. Оказалось, нет рулевых машинок, завод в Сарапуле обещает дать их только через 2-3 недели, а это срыв намеченных сроков. Выяснилось, что есть возможность получить рулевые машинки, предназначенные для Р-13. Директор поинтересовался - можно ли поставить их в Р-17? Все смотрят на меня с надеждой, минуту пытаюсь что-либо вспомнить по параметрам стыковки рулевых машинок с СУ. В родном КБ как-то случайно слышал обмен мнениями между двумя специалистами. Вспоминаю, что у машинок для Р-13 длиннее кабель, а габариты и стыковочные места такие же, как у машинок для Р-17. Соглашаюсь на применение машинок от Р-13 и подписываю карточку разрешения. Вернувшись в родное КБ, не привлекая ничего внимания, проверяю свое решение. В дальнейшем никто не заметил этой подмены. Сроки не были сорваны.

В НИИ-229 к специалистам, проводившим заводские испытания, присоединились от СКБ Ю.В. Протопопов и от НИИ В.В. Бугаев. При цеховых испытаниях выявили схемную ошибку в конструкции СУ. После ее устранения ракеты были допущены к огневым испытаниям, которые прошли в октябре и закончились с положительными результатами. Подтвердилась совместная работоспособность всех систем, обеспечение СУ заданных отклонений газовых рулей, функционирование обратных связей, правильность функционирования бортовой телеметрии. На основании проведенного анализа параметров всех бортовых систем был выпущен технический отчет с заключением о допуске Р-17 к летно-конструкторским испытаниям первого этапа.

Стало известно о разработке в ОКБ-5 во главе с главным конструктором А.М. Исаевым нового двигателя для Р-17 (напомню, что на первом этапе ракеты оснащались двигателями СЗ.42 конструкции ОКБ-3, возглавлявшегося Д.Д. Севруком).

В ноябре на полигон в Капустин Яр отправили первую ракету и полный комплект наземного испытательного и пускового оборудо-



ования. Госкомиссию возглавил Ш.И. Боксар, заместитель В.П. Макеева, техническим руководителем назначили меня, членами комиссии были: от НИИ-592 по СУ - В.А. Внутский, от ГСКБ - С.С. Ванин, от ГАУ - подполковник А.В. Титов и др. Экспедиция по проведению летно-конструкторских испытаний - большой коллектив, состоявший из представителей многих предприятий. Все вопросы по организации служб полигона решали генерал-майор Козырев и полковник В.И. Меньшиков, технической позицией командовал полковник Иоффе, стартовой - подполковник И.А. Золотенков, обладавший невероятным опытом и смелостью.

Подготовка ракеты на технической и стартовой позициях потребовала большого физического и нервного напряжения участников работ, их личного взаимодействия при стыковке и проверке работоспособности наземных испытательных пультов и бортовых приборов. При транспортировке ракеты на площадку заправки и перегрузке ее на стартовый агрегат были необходимы большая внимательность и четкое взаимодействие всех участников. Далее проводились предстартовые проверки, прицеливание, установка связей с обеспечивающими службами полигона. Военные специалисты полигона, имевшие опыт десятков и сотен пусков, были строгими, не прощали ошибок, но между ними и промышленниками (так называли нас военные) быстро установились деловые контакты. Опыт подготовки и пусков постепенно накапливался, но нервное напряжение при каждом пуске оставалось.

12 декабря 1959 г. состоялся первый пуск ракеты Р-17. Она уходила в голубую высь, держа всех наблюдавших в трепетном напряжении до последней, 60-й секунды активного участка. Потом - общее ликование, и шапки полетели вверх. Впрочем, через несколько минут узнаем мнение наблюдавшего за пуском начальника полигона генерал-полковника Василия Ивановича Вознюка - ракета ушла левее. Вскоре проведенный анализ пленок телеметрии и данные с места падения подтвердили его слова. Причина определена быстро: управленцы перепутали полярность цепей от гиросинтезатора, компенсирующего сноса от бокового ветра. Это была единственная ошибка, выявленная на этапе ЛКИ, последующие шесть пусков прошли удачно. Последний состоялся 5 февраля 1960 г., после чего комиссия решила прекратить пуски, а три оставшиеся ракеты использовать на следующем этапе. Технический отчет с рекомендациями и заключением госкомиссии был направлен основным разработчикам, в ГАУ и МОП. Участникам разработок предстояло по результатам изготовления и ЛКИ внести изменения в технологии, конструкторскую документацию, инструкции по эксплуатации и учесть их при изготовлении ракет для следующего этапа испытаний.

(Продолжение в следующем номере).

## Наши уважаемые коллеги!

То, что новое - хорошо забытое старое, вовсе не открытие. По крайней мере, последние 4-5 тысяч лет. И тем не менее, люди постоянно пытаются открыть давно известное и пройденное. Именно любителям открывать открытое мы посвящаем новую серию статей из старого "Двигателя" начала XX века. Ни сокращений, ни правок стиля мы решили не производить. Все статьи посвящены актуальной в то время теме - автомобильным клапанам. Игра ума - преинтересная и, полагаем, вовсе бесполезная для нас с вами.

С совершенным почтением. Ваши издатели журнала "Двигатель"

"Двигатель" № 2  
за 1911 г.

Сравнительные преимущества различных систем клапанов в автомобильных двигателях.

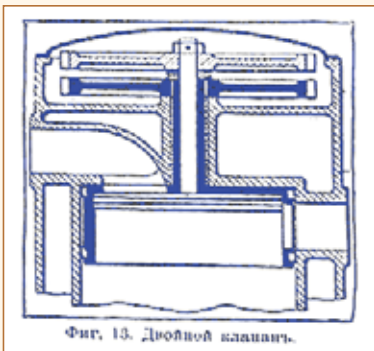
## СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ КЛАПАНОВ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Инженер Б. Лобачь-Жученко

В настоящей статье, служащей продолжением аналогичного очерка, помещенного в последних номерах нашего журнала за 1910 г., будут разобраны различные системы газораспределения в автомобильных двигателях, причем главным образом будет обращено внимание на сложные золотники [от редакции "Двигателя-2005": упомянутый очерк также разыскан и готовится к печати].

### Двойные клапана

Такая система представлена на фиг. 13. Каждый клапан имеет форму цилиндрического поршня; внешний клапан имеет диаметр, равный диаметру цилиндра, и набивочные кольца: одно вверху, другое внизу. Окна в нем расположены, как указано на фиг. 13: одно сбоку справа, сообщается с выпускным пролетом, другое наверху слева, сообщается со впускным пролетом. Внутренний клапан делается подобно внешнему, с набивочными кольцами, или без них, или в виде плоского диска, как на фиг. 13. Приведение обоих клапанов во вращение от зубчатого привода ясно из фиг. 13.



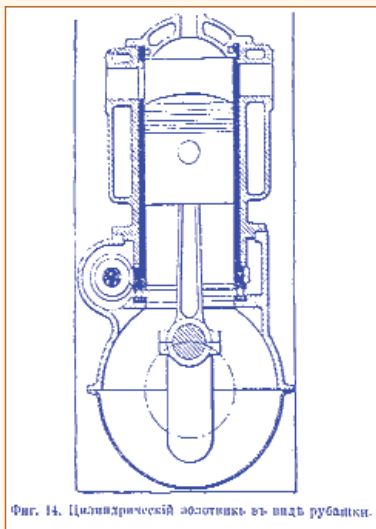
Фиг. 13. Двойной клапан.

### Цилиндрические золотники (вращающиеся рубашки)

Отличие цилиндрических золотников, употребляемых в бесклапанных двигателях внутреннего сгорания от таковых же, употребляемых в паровых машинах, состоит в том, что у двигателей не устраиваются особых золотниковых коробок, а цилиндрический золотник представляет собою втулку или рубашку, помещающуюся или внутри цилиндра фиг. 15 или в его крышке фиг. 14.

В устройстве, представленном на фиг. 15, золотниковая втулка облегает concentрично камеру сгорания и имеет не винтовой привод, а цилиндрический зубчатый. При этом устройстве лучше охлаждаются органы распределения, но длина двигателя, особенно при нескольких цилиндрах, увеличивается.

На обоих указанных рисунках движение золотника - вращательное, а не прямолинейно-возвратное, как у паровых машин. Как видно из фиг. 14, золотник представляет собой в то же время рабочую часть цилиндра (рубашку), в которой работает



Фиг. 14. Цилиндрический золотник в виде рубашки.

поршень, она получает вращение от винтового зубчатого колеса, насаженного на ней и сцепленного с бесконечным винтом. Окно расположено наверху. Внизу для уменьшения работы трения и веса положены шарики.

Для двигателя, показанного на фиг. 14, объем камеры сжатия составляет 25%. Часть хода поршня, ему соответствующая,  $= 2$  и высота окон  $= 1\frac{3}{4}$ ". Наибольшая площадь впускного клапана на внешней стороне цилиндрического золотника будет:

$$S = 2 \cdot \pi \cdot 52,5/360 + 211/16 \cdot 1\frac{3}{4} = 4,3 \text{ кв. дюйма.}$$

### Треугольная форма окон цилиндрических золотников

У всех двигателей, у которых золотник имеет постоянную скорость вращения, окна в золотниках делаются треугольными, так как здесь имеют место те же соображения, как и при проектировании паровых машин с цилиндрическими золотниками; тем более, что относительная скорость цилиндра и золотника у двигателей гораздо больше. Золотниковые втулки не делаются плотно входящими в цилиндр, но оставляется некоторый зазор для смазки: обыкновенно, как показано на фиг. 14 и 15 золотниковые втулки снабжаются набивочными кольцами.



Фиг. 15. Цилиндрический золотник.

### Энергия, требуемая для вращения клапанов и золотников

Золотниковые втулки, если имеют достаточную смазку и вращаются на шариках, поглощают весьма мало энергии, особенно при устройстве на фиг. 15, где отсутствует работа трения поршня. Системы двойных клапанов, один в другом, рассмотренные раньше, поглощают очень много энергии на свое вращение в момент взрыва, ибо развивающееся тогда сильное давление прижимает их к седлу и к друг другу, чем и вызвано значительное трение.

Избыток энергии, требующийся при этом, даже может быть приблизительно определен на основании следующих соображений: если обозначим через  $p$  - давление на клапан, тогда работа трения в одну секунду на площади радиуса  $r_2$  будет:

$$R = p \cdot f \cdot n^2 / 3 \pi \cdot r_2,$$

где  $n$  - число оборотов в минуту.

Коэффициент трения  $f$  можно взять независимо от давления и скорости.

Давление  $p$  определяется из формулы:

$$p = \text{число сил} / [E \cdot \text{число об.} \cdot 2 \cdot \text{ход поршня}]; \text{ [в англ. единицах],}$$

где  $E$  - механическая отдача двигателя, а ход поршня  $S$  дан в футах.

Подставив все это в предыдущую формулу, получим:

$$R = (\text{число сил} \cdot f \cdot \pi \cdot r_2) / (3 \cdot S \cdot E); \text{ [в силах].}$$

Например, для двигателя в 10 тормозных сил с 1000 обор. в минуту и механической отдачей  $E = 0,83$  и  $f = 0,1$

$$R = 0,525 \text{ силы.}$$

Двойные клапана, установленные один в другом, поглощают вдвое более энергии или около одной силы.

В предыдущих вычислениях коэффициент трения принимался всего 0,1, считая что смазка будет происходить вполне удовлетворительно; но и при этой величине  $f$  вращающиеся клапана, помещенные непосредственно во взрывной камере, поглощают при своем



вращении много работы и потому крайне желательно уменьшить это вредное сопротивление.

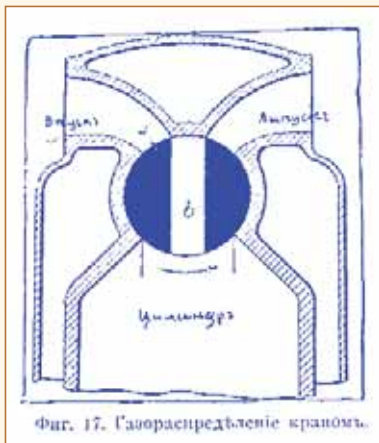
В некоторых старых двигателях с этой целью применено устройство, показанное на фиг. 16 и состоящее из двойного уравновешенного клапана из двух дисков **a** и **b**, причем в верхнем расположено впускное окно, а в нижнем - выпускное.

Эта конструкция на практике не может считаться удовлетворительной; так, в виду расширения материала от теплоты, расстояние между клапанными гнездами в цилиндре будет всегда отличаться от расстояния между фасками самих клапанов и таким образом никогда не будет достигнуто плотное прилегание клапанов к своим гнездам.

Клапанные гнезда, положение которых можно регулировать, также не помогают делу, ибо тут главную роль играет температура, которая в двигателе меняется: и если в один из моментов клапанные гнезда были установлены так, что прилегание было плотно, то в другой момент, при иной температуре, оно снова нарушится.

**Газораспределение кранами**

Образец кранового газораспределения представлен на фиг. 17. Здесь распределение совершается узким сквозным ходом крана, сообщающим по очереди внутренность цилиндра с выпускными и впускными пролетами. При впуске на 210° пути мотыля, впускная кромка крана проходит дугу в 26,25°, а при выпуске на 225° пути мотыля - дугу около 30°.



Для двигателя с цилиндром диаметром 5", диаметр крана будет около 3" и высота окна клапана - 4". Наибольшая площадь впуска =  $\pi \cdot 26,25/360 \cdot 4 = 2,75$  кв. дюйм, или на 25% больше, чем с клапанами.

Пробки таких распределительных кранов обыкновенно делают цилиндрическими, а не коническими, во избежание заедания; имеют с боков по подшипнику и входят на свое место с некоторой слабину, обеспечивающей проникание смазки; для газонепроницаемости они обыкновенно на концах снабжаются набивочными кольцами.

В устройстве, показанном на фиг. 17, имеются и некоторые недостатки: во-первых, клапан является неуравновешенным со стороны давления из цилиндра на поверхности около 10 кв. дюймов; вследствие этого требуется большая опорная площадь подшипников. Во-вторых, один и тот же пролет в пробке крана служит и для прохода свежей смеси и для выхода отработанных газов, вследствие чего каждый раз некоторое количество отработанных газов после выпуска остается в проходе крана, и при впуске смешивается со свежей смесью, отчего происходит обеднение последней и уменьшение взрывчатого эффекта.

В устройстве, показанном на фиг. 17, объем прореза пробки крана  $S = 0,25$  кубич. дюйма.

Объем, описываемый поршнем, = 118 куб. дюйм., камера сжатия 25% = 39,5 куб. дюйм.

Поэтому взрывчатая смесь станет содержать в себе на  $8,25/39,5 \cdot 100 = 21\%$  больше отработанного газа, чем если бы она для впуска и выпуска в распределительном органе были устроены отдельно. Не говоря уже об уменьшении мощности, происходящей вследствие смешения отработанных газов со свежей смесью, расход топлива также увеличится; при примеси в 0,25 куб. дюйм. отработанных газов, расход топлива увеличится на 10%.

Карбюрированная смесь, проходя сквозь горячую пробку крана, нагревается и расширяется, что помогает испарению частиц, оставшихся еще жидкими, но количество (весовое) всасываемой смеси уменьшается, следовательно, уменьшается и мощность.

Описанные недостатки конструкции могут быть избегнуты устройством в пробке крана двух отдельных пролетов для впуска и выпуска. При этом впускной пролет будет оставаться постоянно холодным, а выпускной - горячим, что вызывает неравномерные деформации в пробке крана и затрудняет ее правильную пригонку.

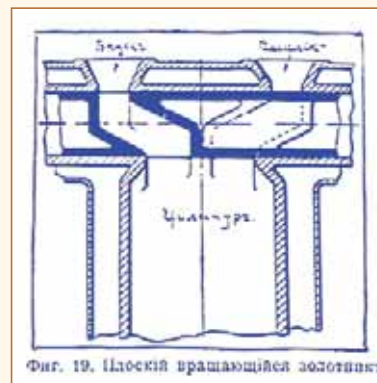
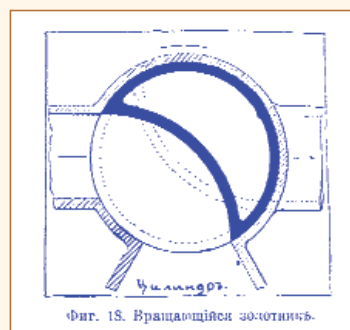
**Простой вращающийся золотник**

Конструкция такого золотника показана на фиг. 18; как видно, при своем вращении он поочередно

сообщает цилиндр с впускным и выпускным пролетом, подобно обыкновенному коробчатому золотнику. Скорость вращения - половинная против коленчатого вала в четырехтактном двигателе.

Дуга, соответствующая впускному окну = 52,5°, а площадь впускного окна = 3,5 кв. дюйма.

За неудобство этой конструкции можно считать то, что выгнутая полость золотника остается в сообщении с цилиндром в периоды сжатия и рабочего хода и таким образом создает увеличение объема цилиндра, нежелательное в эти периоды.

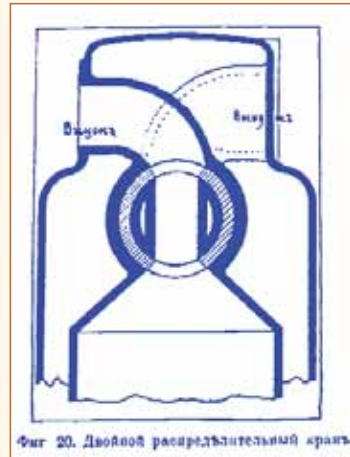


Это неудобство отчасти избегнуто в конструкции, представленной на фиг. 19; здесь у плоского вращающегося золотника сделано два отдельных наклонных пролета до впуска и выпуска, не остающихся в одной плоскости и не сообщающихся с цилиндром в одно и то же время.

На фиг. 20 дана конструкция двойного распределительного крана, из которого одна пробка вращается внутри другой в противоположную сторону и со скоростью в четыре раза меньшей, чем у коленчатого вала. Он имеет два совершенно отдельных канала для впуска и выпуска с площадью окна 3,1 квадрат. дюйма каждый. При надлежащем охлаждении и смазке эта конструкция дает вполне удовлетворительные результаты.

Конструкция, изображенная на фиг. 20 и 17, а также двойные клапана, состоящие из двух вращающихся дисков, имеют также тот недостаток, что при них регулировка двигателя изменением момента вспышки возможна только в крайне узких пределах.

(Продолжение в следующем номере).



[Подготовка к печати - Андрей Червяков, к.т.н.]

# ШАГ ВПЕРЕД И ДВА ШАГА НАЗАД

## ОТДЕЛЬНЫЕ ЭПИЗОДЫ ИЗ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ШЕСТИЦИЛИНДРОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ГАЗ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ

*"...Конструктор Н.Г. Мозохин перевел линейную систему измерения с дюймовой в метрическую. Н.Р. Кокуев и другие под руководством А.А. Липгарта внесли другие существенные изменения в американский мотор".*

**Александр Кириндас**

**"Горьковский Автомобильный". Коллектив авторов. 1985 г.**

10 марта 1936 г. на ГАЗе был изготовлен первый серийный экземпляр мотора М-1. Новый двигатель, представлявший собой коренным образом модернизированный вариант мотора ГАЗ-А, при сохранении основных габаритов стал мощнее, в основном благодаря изменению фаз газораспределения и повышению степени сжатия. Однако мотор М-1 получился напряженным, практически исключая дальнейшую модернизацию. Прототипы этих моторов массово производились на заводах Форда еще в 20-х годах минувшего века, а потому в их конструкции имелся ряд анахронизмов. Самый главный - термосифонная система охлаждения, усиленная центробежным насосом, откачивавшим горячую воду. Для данной конструкции характерно, что из-за разряжения, создаваемого насосом в наиболее нагретых верхних частях рубашки блока цилиндров двигателя, образовывались паровые каверны, которые приводили к нарушению циркуляции жидкости и местным перегревам. Да и мощность примерно в полсотни "лошадей" была явно недостаточной. Тем не менее, за отсутствием лучшего моторы М-1 стали устанавливать на автомобили, малоразмерные суда, сельхозтехнику, бронемашину, артиллерийские тягачи, применять в качестве стационарных силовых установок. Но вскоре стало ясно, что для оборонных и народно-хозяйственных нужд явно требуется более мощный и надежный мотор нового поколения.

Таким мог стать шестицилиндровый мотор. Однако квалификация отечественных конструкторов как в крупных НИИ, так и на ГАЗе еще не позволяла провести весь комплекс необходимых НИОКР.

Создание нового мотора имело государственное значение, поэтому проблемой было озабочено и руководство отрасли, и руководство Советского Союза. Правительство совещалось, интересовалось мнением специалистов и к июлю 1937 г. нашло выход. Развивать идеи первых лиц государства надлежало примерно таким образом: НКВД по своим каналам "приобретает" чертежи и технические условия на производство мотора, советские конструкторы и технологи переосмысливают документацию, приводя ее к отечественным стандартам, а затем новые технологические процессы, иные марки материалов, уточненные временные нормативы и др. внедряются в производство. Но получить чертежи на мотор, выяснить химический состав сплавов, технологию изготовления узлов и т. п. - это половина дела. Всю эту технологию надо суметь воспроизвести. Воспроизвести творчески, чтобы иметь возможность сделать следующий шаг. Шаг, который должен стать самостоятельным. Во всяком случае, самостоятельным он замышлялся.

Партия и правительство смотрели в будущее с оптимизмом, поэтому на 1938 г. ГАЗу была утверждена программа выпуска в 7000 моторов, получивших наименование ГАЗ-11.

На основании решения правительства было подготовлено письмо № СО-2049, отправленное В.М. Молотовым 3-го июля

1937 г. в НКВД тов. Н.И. Ежову и в наркомфин тов. Г.Ф. Гринько. Тов. Скрябин сообщал, что СНК разрешает НКВД закупить за 25 тысяч американских долларов комплект чертежей мотора "Додж" выпуска 1937 г., а наркомфину надлежит выделить для этого соответствующие средства.

Не то чтобы "буржуинский" двигатель был архисекретным, просто перспективные разработки всегда имеют высокую коммерческую ценность, защищаются патентами и общедоступными быть не могут.

Уже 5-го сентября 1937 г. нарком Ежов писал:

*"Совершенно секретно. Лично.*

*Председателю Совета Народных Комиссаров Союза ССР тов. Молотову.*

*Направляю Вам фирменные рабочие чертежи 6-ти цилиндрового авто-мотора "Додж" американской фирмы "Крейслер".*

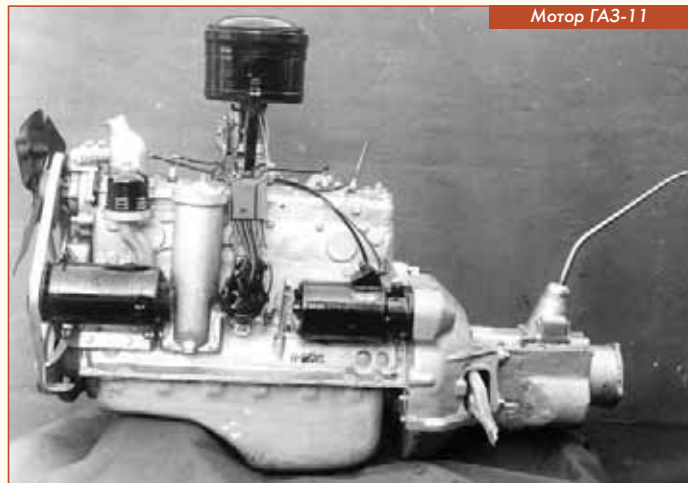
*Чертежи добыты во исполнение распоряжения СНК <...>, и содержат в себе все основные детали этого мотора, что исчерпывает примерно 85 % полученного нами задания. Данный комплект чертежей содержит все изменения, внесенные фирмой в конструкцию мотора в апреле 1937 г., и они позволяют приступить к немедленному производству мотора "Додж" у нас.*

*Недостающие чертежи будут добыты в ближайшее время.*

*Прилагается согласно описи 59 фирменных чертежей".*

Однако промышленности требовалось 100 % чертежей. В связи с этим нарком оборонной промышленности М.М. Каганович (брат члена Политбюро ЦК ВКП(б) Л.М. Кагановича) 15 ноября 1937 г. писал:

*"В комплекте полученных от Вас рабочих чертежей 6-ти цилиндрового авто-мотора "Додж" американской фирмы "Креслер" отсутствует целый ряд чертежей и технических документаций, необходимых для постройки у нас такого мотора.*



Мотор ГАЗ-11

Прилагая при этом список требуемого дополнительного материала, прошу Вашего распоряжения на приобретение их в возможной короткий срок".

Приложение к письму разместилось на пяти листах.

Новые материалы были получены к 20 ноября 1937 г., правда, и они не обладали нужной полнотой, поэтому Ежов направил письмо № 62110 на имя председателя СНК Молотова:

"Во исполнение задания мной были направлены Вам 5 сентября добытые нами чертежи 6-ти цилиндрического автомотора "Додж" американской фирмы "Крейслер".

В дополнение к этому техническому материалу нами добыты недостающие рабочие чертежи и некоторые спецификации этого мотора.

Прошу дать согласие на отправку этого материала непосредственно директору Горьковского автозавода им. Молотова т. Дьяконову.

Недостающие чертежи общего вида мотора и общих видов отдельных узлов будут присланы дополнительно в ближайшее время.

Прилагается опись добытых материалов по мотору "Додж".

Руководимый Е.В. Агитовым коллектив горьковских двигателистов к процессу привнесения в советскую почву американских ростков двигателестроения подошел творчески, начав работу после получения первых же материалов. Недостающие чертежи деталей были "додуманы". Мотор был полностью пересчитан, что было не так просто, как может показаться на первый взгляд. К примеру, размер в один "point" при пересчете оказывается равным 0,351 мм. В изготовлении деталей с такой точностью трудностей не очень много. Просто получается умопомрачительно дорого. Поэтому размер лучше округлить до более "удобоваримых" значений. Но если где-то убывало, значит, в другом месте прибывало. В связи с этим габариты элементов следовало трансформировать так, чтобы размерная цепь замкнулась и рабочий цикл механизма (системы) не нарушился. В результате проведенной работы оказалось, что "по своим основным показателям шестицилиндровый двигатель стоит на уровне последних достижений американской автомобильной техники".

По мнению разработчиков, двигатель являлся "оригинальной конструкцией", так как в его основу "положена одна из массовых американских моделей, но, вместе с тем, наш двигатель не является копией американского".

В ГАЗ-11 были внесены следующие изменения по сравнению с американской моделью "Додж Д-5":

"Сконструирована масляная система с плавающим маслоприемником в крышке масляного насоса и со 100% фильтрацией масла.

В приводе к распределительному валу цепная передача заменена зубчатой с текстолитовой ведомой зубчаткой.

Перенесен упорный подшипник коленвала наперед, что упрощает конструкцию вкладышей и дает возможность перейти от более дефицитного оловянистого баббита к свинцовистому при изготовлении вкладышей.

Кроме того, введены оксидация поршней и поверхностная закалка рабочих поверхностей коленчатого и распределительного валов и ряд мелких улучшений конструкции, повышающих значительно износостойкость деталей, долговечность и надежность работы двигателя".

Пришлось немало потрудиться и при освоении в производстве новых сплавов. Применявшийся при изготовлении поршней

алюминиевый сплав имел меньшее по сравнению с материалом поршней мотора М-1 содержание меди и больший процент кремния, что способствовало уменьшению теплового расширения.

О существенности изменений, внесенных советскими конструкторами, можно судить хотя бы по следующему примеру: рабочий объем ГАЗ-11 составлял 3480 см<sup>3</sup>, а аналогичный параметр "Додж Д-5" - 3560 см<sup>3</sup>.

ГАЗ-11 был спроектирован в "длинноходном" и "короткоходном" (этот вариант никогда не строился) вариантах. Последний был несколько менее мощным. В основной модификации ГАЗ-11 имел диаметр и ход поршня 82 и 110 мм, соответственно. Мощность мотора с чугунной головкой и степенью сжатия 5,6 составляла 76 л.с. при частоте вращения коленвала 3400 об/мин; с алюминиевой головкой и степенью сжатия 6,5 при 3600 об/мин двигатель развал 85 л.с. По сравнению с М-1 мотор ГАЗ-11 имел лучшие уравновешенность инерционных сил и равномерность крутящего момента. Коленчатый вал был четырехпоршным. Точность обработки его шеек составляла 0,012 мм. Поверхности шеек закаливались на глубину 3...4 мм с помощью специальной установки ТВЧ до твердости (так

в документе - прим. авт.) 600 по Бринелю. Такая высокая твердость, с точки зрения автозаводцев, сделала вал "почти вечным, исключая необходимость в частой перешлифовке при ремонтах".

Блок цилиндров, отлитый за одно целое с верхним картером, для снижения температуры масла снабжался водяными рубашками по всей длине зеркала цилиндров. Водяной насос поставили на холодную воду, а не на горячую, как в более ранних

моделях, т.е. насос нагнетал холодную воду в блок, вместо того, чтобы откачивать горячую. В систему охлаждения был введен термостатический управляемый клапан, поддерживавший температуру двигателя на должном уровне. Если температура воды в рубашке оказывалась невысокой, то термостат перенаправлял воду из верхней части двигателя в нижнюю, полностью или частично выключая радиатор из цепи циркуляции воды.

Карбюратор с перевернутым потоком типа "Стромберг" (К-23) снабжался новейшими по тому времени устройствами - ускорительным насосом и "экономайзером, управляемым вакуумом во всасывающей трубе". Такой экономайзер допускал "применение наиболее бедных регулировок карбюратора без провалов на переходных режимах". Нелишне отметить, что материалы по карбюратору также были добыты нашими замечательными разведчиками.

Уже к лету 1938 г. опытные образцы мотора были испытаны на стенде, автомобилях и самолетах аэроклуба ГАЗ. Однако при внедрении мотора в производство возникли многочисленные технологические трудности и выявились множественные "детские болезни", лечение которых продолжалось практически до самой войны. Объяснялось это не столько тем, что после получения от НКВД полного комплекта материалов в техдокументацию пришлось вносить изменения. В значительной степени успешности работ не способствовало проведение репрессий. В результате подчиненные Ежова в чрезмерном служебном рвении сделали практически все возможное для изничтожения результатов труда своих же "коллег по цеху". Впоследствии, сами будучи арестованными, следователи валили все на "ежовщину". Безусловно, для изображения личности Ежова требуется очень немного белой краски, но уж в части создания нового для нашей промышленности мотора его заслуги преуменьшать не стоит, как и труды его подчиненных за границей.

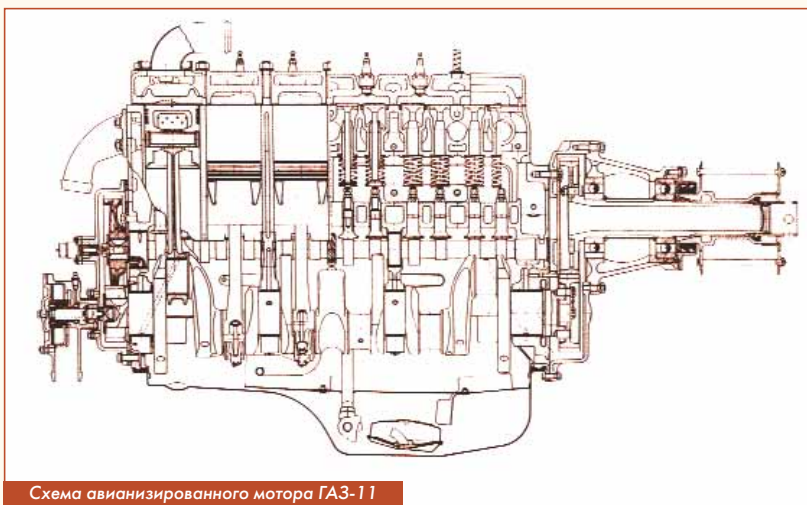


Схема авианизированного мотора ГАЗ-11

Как бы то ни было, арестовали большинство авторов и активных сторонников "расширения" - проекта реконструкции ГАЗа. Новое руководство не могло принять к реализации проекты, разработанные якобы шпионами, диверсантами, террористами и вредителями, успешно "разоблаченными" доблестными чекистами.

На время внедрение мотора застопорилось.

С утверждением Л.П. Берии в НКВД ситуация более-менее стабилизировалась. Работа на заводе в целом вошла в привычное русло, но начало массового выпуска мотора пришлось перенести на 15 февраля 1940 г. В 1940 г. было изготовлено 128 серийных моторов, а в следующем - 1451 (встречаются и другие данные) при плане в 850 единиц.

Выпускавшийся с 1936 г. автомобиль М-1 был модернизирован. Помимо установки мотора ГАЗ-11 доработке подверглись отдельные узлы, а также были изменены облицовка радиатора и боковины капота. Доработанный автомобиль, названный М-11, строился серийно с 1940 г. до начала Великой Отечественной войны. Позднее из оставшегося запаса вплоть до 1948 г. эпизодически собирались мелкие партии М-11. Всего было изготовлено около 1250 автомобилей М-11. С использованием агрегатов М-1, М-11 и ГАЗ-А было построено несколько спортивно-гоночных автомобилей. Под общим руководством Е.В. Агитова изготовили автомобиль ГЛ-1, на котором 22 сентября 1940 г. А.Ф. Николаев установил союзный рекорд скорости, составивший 161,87 км/ч. В расчете на использование мотора ГАЗ-11 были спроектированы полноприводные автомобили - легковой ГАЗ-61 и грузовые ГАЗ-62, ГАЗ-63, ГАЗ-33, ГАЗ-34, а также броневик ЛБ-62 и ряд других образцов.

Специально под автомотор ГАЗ-11 были спроектированы аэросани КМ-5. Устанавливавшийся на аэросанях мотор ГАЗ-11 отличался от базового практически только вводом в его конструкцию редуктора. Однако, учитывая предполагавшийся широкий спектр применения мотора ГАЗ-11 на бронемашинах, малоразмерных судах и др., необходимо было разработать варианты, предусматривавшие более глубокую конверсию исходной конструкции.

С целью ликвидации многотипности "двигателей разных национальностей, систем и сроков выпуска" наркоматом ВМФ в 1939 г. были заказаны ГАЗу проект и опытная партия судовых конвертированных моторов на базе ГАЗ-11. Судовую модификацию разработали после изучения конструкции (натурного образца) двигателя "Крайслер-марин". Старшим инженером группы спецмоторов по судовому двигателю являлся Е.Г. Клементьев.

Судовая модификация ГАЗ-11 отличалась от базовой версии следующими специальными дополнениями:

- редуктором числа оборотов обратного и холостого хода;
- масляным радиатором;
- водяным насосом;



Полноприводный грузовик ГАЗ-33



Аэросани КМ-5 с мотором ГАЗ-11



Варианты автомобиля М-11 с моторами ГАЗ-11

- всасывающим и выхлопным коллекторами с водяным охлаждением;
- чугунным масляным картером;
- кронштейном монтажа двигателя;
- картером маховика.

В апреле 1939 г. был изготовлен опытный образец судовой модификации мотора. Двигатель предполагали установить на речной V-образный катер длиной 10 м, который массово строился на Ярославской судовой верфи. Катера этого типа строились как открытыми, так и "в виде лимузина". В 1930-х годах катер оснащался конвертированным мотором грузовика ЗИС-5, а позднее - судовой модификацией двигателя автомобиля ЗИС-150, называвшейся ЗИС-120СР. При выборе хорошо известного эксплуатантам малоразмерного судна в качестве опытового предполагалось, что результаты испытаний будут всецело зависеть от успешности работы силовой установки.

Однако в действительности все получилось несколько иначе. 7 июля 1939 г. военпред наркомата ВМФ военинженер 3 ранга тов. Бутин составил акт о том, что завод-изготовитель катера "не поставил тахометр, манометр, кнопку стартера, выхлопную трубу, дал винты обратного вращения" и констатировал, что "катер ввиду отсутствия винта на воду спущен быть не может". Полный цикл натурных испытаний был закончен только в 1940 г.

После выявления и устранения ряда "детских болезней" к 1941 г. конструкция мотора была доработана, и в период с 29 сентября по 16 октября состоялись его госиспытания. Они дали следующие результаты:

*"Во время испытаний двигатель показал надежную работу и соответствовал требованиям техусловий. На этом основании комиссия считает, что двигатель ГАЗ-11 прошел госиспытания и может быть принят на вооружение ВМФ".*

Массовое производство судовой модификации не было освоено из-за необходимости увеличения выпуска ГАЗом силовых установок для танков, а не по причинам, связанным с техническим несовершенством этого варианта мотора ГАЗ-11.

В 1938 г. по личному указанию маршала Ворошилова были продолжены проводившиеся с 1934 г. в инициативном порядке на внебюджетные привлеченные средства работы по созданию авиационных модификаций моторов ГАЗ. В результате осуществления комплекса НИОКР к 1939 г. были созданы работоспособные "авианизированные" двигатели. Помимо самолетов серийной постройки УТ-1, УТ-2, У-2, принадлежавших аэро клубу ГАЗ, данные моторы устанавливались на самолеты специальной конструкции Г-23бис, Г-25 и КСМ-1. Самолеты Г-23бис и Г-25 заказывались Осоавиахимом, их разработка была призвана ликвидировать "хронический некомплект учебных самолетов". Старшим инженером спецгруппы самолетных моторов был Л.Л. Зильперт.

В ходе разработки авиационной модификации ГАЗ-11 вместо коробки перемены передач был смонтирован редуктор, состоявший из пары цилиндрических шестерен. Шестерни монтировались в картере с носком, допускавшим регулировку зазора между зубьями редукторной пары: ведущей - на фланце коленвала, а ведомой - на валу винта. От ведомой шестерни осуществлялся привод к мотоциклетному (так в документе - авт.) генератору Г-10. Ре-





Е.В. Агитов на фоне самолета КСМ-1 с мотором ГАЗ-11

дуктор крепился к блоку двигателя пятью болтами без каких бы то ни было изменений самого блока. На болтах, соединявших корпус редуктора с мотором, крепились кронштейны, предназначенные для установки мотора на самолете. В задней части мотора имелась крышка распределительных шестерен, несущая: привод к тахометру, водяную помпу, установочные кронштейны мотора. Всасывающая труба была специальной конструкции с двумя карбюраторами типа М-1. Картер снабжался диафрагмой для предотвращения заливания маслом цилиндров при выполнении фигур высшего пилотажа. Мотор имел водяное охлаждение с радиатором, аналогичным автомобильному.

На первых опытных образцах устанавливался один карбюратор типа К-23 или два типа М-1 в верхней части мотора. Карбюраторы укрывались обтекателями.

По сравнению с базовой мощность "авианизированного" мотора была повышена, поэтому иногда он назывался ГАЗ-85, т.е. "двигатель ГАЗ мощностью 85 л.с." В частной беседе с автором статьи И.Б. Гурвич и А.И. Матвеев, проходившие дипломную практику у Е.В. Агитова, отметили, что весной 1941 г. экспериментальные образцы мотора испытывались на стенде и демонстрировали мощность до 105...107 л.с., но были крайне ненадежны.

В постановлении правительства № 242сс, вышедшем 29 июля 1939 г., прямо указывалось: "Считать, что на ближайший период времени самолетами первоначального обучения летного состава в аэроклубах и школах ВВС остаются самолеты У-2 и УТ-2. В дальнейшем в целях удешевления производства самолетов и стоимости обучения, самолеты У-2 и УТ-2 должны быть заменены самолетами с автомобильными двигателями или с дизелем". Этим же постановлением предписывалось разработать самолет первоначального обучения специальной конструкции с автомобилем ГАЗ.

В следующем году самолет, получивший наименование УПО-2, был построен. В ходе заводских испытаний 19 ноября 1940 г. УПО-2 потерпел катастрофу при взлете из-за остановки двигателя. Летчик-испытатель И.А. Квасов погиб, а конструктор самолета А.А. Смолин получил ранения. Комиссией, расследовавшей обстоятельства аварии, было установлено, что причиной остановки мотора явилось перекрытие топливного крана между основным баком и расходным бачком. Вследствие этого топливо прекратило поступать в мотор. Чья "заботливая" рука закрыла кран - неизвестно до сих пор. Как осталось неясным, была ли это простая халатность или реальное вредительство. Весной следующего года был изготовлен второй опытный самолет УПО-2, испытания которого проводил М.Л. Галлай. Однако с началом войны разработку этой машины решили прекратить.

К лету 1941 г. была изготовлена партия из десяти "авианизированных" моторов ГАЗ-11. По одному мотору из этой партии было установлено на опытную амфибию конструкции А.А. Смолина и аэросани РФ-10-2 конструкции М.В. Веселовского. Судьбу остальных двигателей автору не удалось установить документально. По устным свидетельствам очевидцев, зимой 1943-1944 гг. в Горьком осуществлялись полеты самолетов с автомобилем.

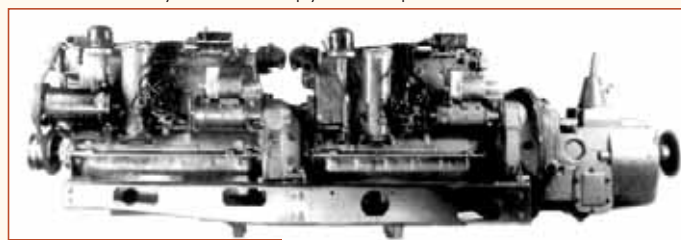
Для установки на легкий плавающий танк Т-40 была разработана модификация мотора, названная ГАЗ-202. От основного варианта этот двигатель отличался практически только электрооборудованием. В период Великой Отечественной войны ГАЗ-202 стали

оснащать спаренными карбюраторами М-1 ("9510") и другими, что объяснялось не соображениями технического порядка, а трудностями военного времени. Помимо танка Т-40 мотор ГАЗ-202 устанавливался на Т-40С, Т-30, Т-60 и др.

С целью восполнения нехватки автомобильных моторов, обладавших мощностью в диапазоне от 120 до 140 л.с., была начата разработка спаренных силовых установок. На ГАЗе уже имелся некоторый, не вполне положительный, опыт в этой области. В 1936-1937 годах под общим руководством Я.Я. Шепте был изготовлен опытный танк ТМ с силовой установкой 2-ГАЗ-СТО, состоявшей из двух моторов М-1. После ареста Шепте (по одной из версий он был убит в ходе "следствия") работы по спаренным двигателям долгое время практически не велись. Несколькими студентами Горьковского индустриального института были выполнены дипломные проекты спаренных силовых установок, но существенного влияния на прогресс отечественной конструкторской мысли в этой области они практически не оказали. Только после ознакомления во второй половине 1941 г. с английским танком Mk-IIA "Матильда", имевшим спаренную силовую установку из двух моторов "Лейланд", на ГАЗе были возобновлены работы в данном направлении. К осени 1941 г. был закончен технический проект и изготовлены макеты спаренной силовой установки. Специально в расчете на применение спаренного двигателя были спроектированы, но так и не построены вездеходные аэросани ГАЗ.

Спаренная силовая установка из двух расположенных параллельно моторов ГАЗ-11 серийно не производилась. Были изготовлены только опытные образцы. Один из них устанавливался на опытную самоходную артустановку СУ-71 (ГАЗ-71). К массовому производству был принят силовой агрегат из двух расположенных продольно моторов ГАЗ-11 (модификация "203", "70-6000" или ГАЗ-203). Силовой агрегат ГАЗ-203 для легких танков Т-70 и Т-80 состоял из двух двигателей ГАЗ-202 (70-6004 - передний и 70-6005 - задний) суммарной мощностью 140 л.с. Коленчатые валы двигателей соединялись с помощью специальной муфты. Под маркой ГАЗ-15 силовой агрегат производился до конца Великой Отечественной войны и устанавливался на самоходную артустановку СУ-76 (заводское обозначение также ГАЗ-15). После войны было освоено массовое производство спаренных силовых установок ГАЗ-15А на основе двигателя ГАЗ-51.

В годы войны мотор ГАЗ-11 в "чистом" виде практически не выпускался, поскольку требовались двигатели для установки на танки и самоходки. В послевоенный период работы по совершенствованию мотора ГАЗ-11 были продолжены. В результате модернизации появились моторы ГАЗ-51, ГАЗ-12 и др. До самого недавнего времени производился мотор ГАЗ-52, являющийся прямым потомком ГАЗ-11. Но это уже совсем другая история... ▶



Спаренный силовой агрегат



Самоходная артустановка СУ-76



# ДВИГАТЕЛИ 2006

Девятый  
Международный салон

11 - 15 апреля 2006 года, ВВЦ, Москва

- авиационные и космические двигатели
- двигатели для автомобилей, тракторов, судов
- двигатели для подвижного состава
- двигатели для газо- и нефтеперекачивающих агрегатов
- двигатели для энергетических установок
- электродвигатели, ветродвигатели
- микродвигатели для спортивного моделизма
- двойные технологии
- компьютерные разработки
- металлообработка и инструменты
- металлургия
- топлива, масла, смазки
- перспективные научные и инвестиционные проекты
- ремонт и сервисное обслуживание

Ассоциация  
"Союз авиационного двигателестроения"



По вопросам выставки и конгресса  
обращаться по адресу:  
105118, Москва, проспект Буденного, 19.  
Тел./факс: (095) 369-8048, 366-4588.  
E-mail: [assad@assad.ru](mailto:assad@assad.ru)  
<http://www.assad.ru>



# ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

E-mail: [umpo@umpo.ru](mailto:umpo@umpo.ru), [http:// www.umpo.ru](http://www.umpo.ru)

**время  
воплощать**

**НОВЫЕ ИДЕИ**

**авиационные  
двигатели**

---

**5-е поколение**



**НПО Сатурн**

[www.npo-satrun.ru](http://www.npo-satrun.ru)