

Двигатель

Научно-технический журнал № 2 (44) 2006



Редакционный совет

Аршавский А.Л.,

гл. конструктор НПП "ЭГА"

Бондин Ю.Н.,

ген. директор ГП "НПК газотурбостроения
"Зоря"- "Машпроект"

Губертон А.М.,

зам. директора ФГУП "Исследовательский центр
им. М.В. Келдыша"

Данилов О.М.,

ген. директор ЗАО "Центральная компания
МФПГ "БелРусАвто"

Дическул М.Д.,

зам. ген. директора ЗАО "УК "Пермский
моторостроительный комплекс" по экономике

Иноземцев А.А.,

ген. директор ЗАО "Управляющая компания
"Пермский моторостроительный комплекс"

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"

Крымов В.В.,

директор ФГУП "ММП "Салют" по науке

Кутенев В.Ф.,

зам. ген. директора ГНЦ НАМИ
по научной работе

Кухаренко Г.М.,

зав. каф. ДВС Белорусского национального ТУ

Лобач Н.И.,

ген. директор ПО "Минский моторный завод"

Муравченко Ф.М.,

ген. конструктор МКБ "Прогресс"

Новиков А.С.,

ген. директор ММП им. В.В. Чернышева

Пустовгаров Ю.Л.,

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"

Тресвятский С.Н.,

ген. конструктор СНТК им. Н.Д. Кузнецова

Троицкий Н.И.,

директор НИИ двигателей

Фаворский О.Н.,

академик, член президиума РАН

Чепкин В.М.,

первый зам. ген. директора НПО "Сатурн" по НИОКР

Черваков В.В.,

декан факультета авиадвигателей МАИ

Чуйко В.М.,

президент Ассоциации "Союз авиационного
двигателестроения"

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор

Александр Иванович Бажанов

Заместитель главного редактора

Дмитрий Александрович Боев

Ответственный секретарь

Александр Николаевич Медведь

Финансовый директор

Дмитрий Михайлович Чекин

Редакторы:

Александр Аркадьевич Гомберг,

Андрей Иванович Касьян,

Валентин Алексеевич Шерстянников

Литературный редактор

Лидия Владимировна Рождественская

Художественные редакторы

Александр Николаевич Медведь

Владмир Николаевич Романов

Техническая поддержка

Ольга Александровна Лысенкова

В номере использованы фотографии, эскизы и рисунки:

И.В. Алексеева, А. И. Бажанова,

Д.А. Боева, А.Н. Медведя,

В.Н. Романова

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111116, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2

Тел.: (495) 362-3925

Факс: (495) 362-3925

engine@zebra.ru

boeff@yandex.ru

www.dvigately.ru

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 ГК РФ по печати

Reg. № 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. К юбилею нашего Союза

Д.А. Боев

8. Перспективы применения концентрированных импульсных потоков энергии для изготовления и ремонта деталей машин

А.Б. Белов, А.В. Крайников, А.Ф. Львов, А.Г. Пайкин, В.А. Шулов, В.И. Энгелько, К.И. Ткаченко, Г.Е. Ремнев

12. Новые технологии УМПО - шаг в будущее

14. Для безопасности всех и каждого

16. GLOBATEX AG: Станки фирмы UNISIGN для технического перевооружения и модернизации предприятий

А.Л. Смирнов, В.С. Полуянов

20. Повышение эффективности гидроабразивной резки материалов с применением программы учета динамики струи

22. SARIX: установки для электроэрозионной микрообработки

25. Не только ТВЭЛы...

О.В. Крюков

26. Вихрем по музейному паркету

Д.А. Боев

28. Межконтинентальная ракета - оружие XX века

В.Ф. Рахманин

32. Сами работаем, даем работу другим

Интервью с Н.А. Пироговым

35. Олимпиады

36. Единство в многообразии

38. К столетию со дня рождения ученого-организатора Валерьяна Романовича Левина

А.Г. Романов

42. Турбулентность двухфазных течений

Ю.М. Кочетков

44. К.П.Д. транспортных средств

В.И. Голубев

48. Welcome, abroad (Привет, заграница!)

Л. Ио

52. Миниатюрные газотурбинные двигатели

А.В. Ефимов, Р.З. Нигматулин, И.Н. Гайдамака, М.Я. Иванов, О.И. Иванов, Н.И. Огарко

54. Котлы для первых паровых машин

В.С. Шитарев

56. Буду любить всегда

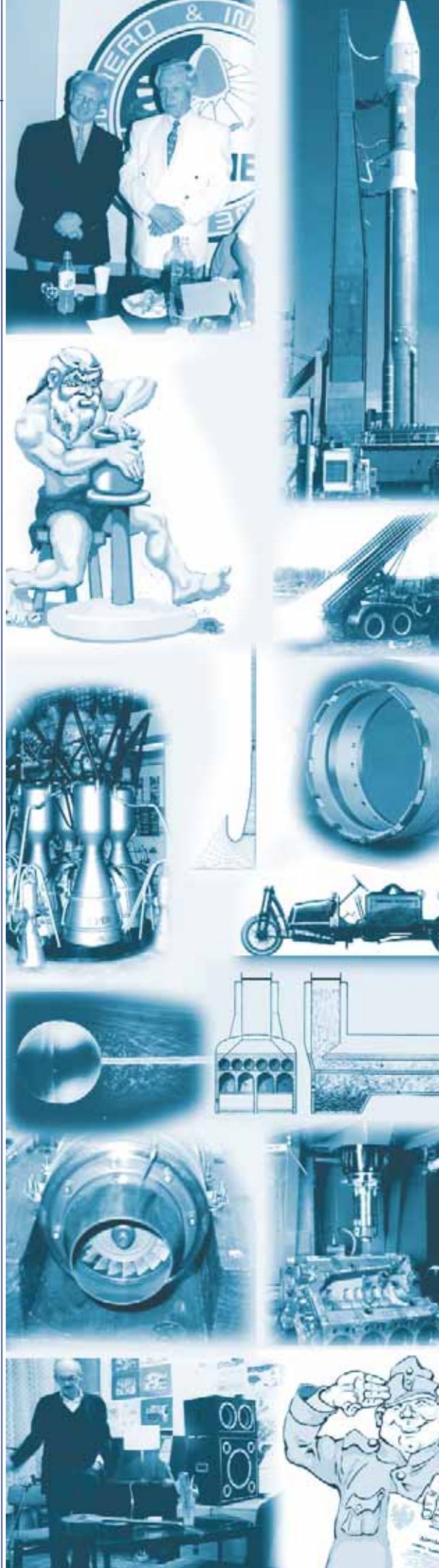
А. Маркуша

60. Горючее - каким ему быть?

А. Идин

62. Основные принципы сохранения и накопления энергии

А.И. Касьян



К ЮБИЛЕЮ НАШЕГО СОЮЗА

Дмитрий Александрович Боев



В этом году исполняется 15 лет с момента создания АССАД, а как раз между нашими Салонами - 15 лет со дня первой выставки "Двигатели", так что сейчас можно отмечать два пятнадцатилетия одновременно.

Успехов всем членам АССАД и всем участникам Салона!

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



3 ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МИНИСТЕРСТВА АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР, 1988 год

- 1 ряд:** Григорьев Вячеслав Владимирович, Менхина Татьяна Владимировна, Чуйко Виктор Михайлович, Толоконников Валентин Михайлович, Юрина Надежда Михайловна, Журавлева Валентина Михайловна, Савина Наталья Викторовна
- 2 ряд:** Голышева Елена Петровна, Кириллова Татьяна Анатольевна, Голова Любовь Александровна, Ксенофонтов Иван Владимирович, Дехтяренко Анатолий Дмитриевич, Суворов Виталий Павлович, Груздева Людмила Маркияновна, Соленов Олег Владимирович
- 3 ряд:** Сушко Лев Николаевич, Демченко Олег Федорович, Зайцева Лариса Павлова, Леонова Зоя Васильевна, Панова Тамара Константиновна, Поляков Виктор Андреевич, Косоруков Владимир Ильич, Китова Людмила Николаевна
- 4 ряд:** Денисова Нинель Викторовна, Полевая Татьяна Николаевна, Сотников Михаил Павлович, Веселков Михаил Петрович, Макаров Вадим Александрович, Рязанцев Анатолий Григорьевич
- 5 ряд:** Крашенников Юрий Николаевич, Усов Евгений Иванович, Шепелева Ольга Евгеньевна, Инок Ирина Дмитриевна, Тарасова Людмила Николаевна, Гладченко Николай Гордеевич, Зорина Маргарита Ивановна, Михайловский Владислав Евгеньевич, Бондарев Александр Иванович, Кузнецов Владимир Михайлович, Кондратьев Александр Александрович, Ганжа Анатолий Георгиевич, Щербанов Александр Семенович, Белов Вячеслав Илларионович, Седлецкая Галина Борисовна, Казаков Иван Осипович, Стоялов Борис Федорович, Новожилов Игорь Александрович
- 6 ряд:** Иваницкий Вячеслав Ильич, Михайлович Константин Иванович, Юсов Сергей Владимирович, Меньшова Раиса Алексеевна, Агранович Борис Яковлевич, Орлов Евгений Степанович, Родзин Станислав Андреевич, Федотов Семен Алексеевич, Софиев Виктор Иванович, Вихров Сергей Аркадьевич, Наветный Владимир Иванович, Шлак Александр Вячеславович, Страшнов Владимир Алексеевич, Максимов Борис Александрович



Пресс-конференция перед открытием выставки "Авиадвигателестроение-90"

После 1985 года по всей стране начали проводиться разнокалиберные эксперименты в политике и экономике, в совокупности названные "перестройкой". Слабый экономический прирост общественного производства в СССР объяснялся влиянием неких застойных явлений в экономике, что предполагалось преодолеть подобием китайского "большого скачка", по сути дела - экономическим переворотом. Лет пять потратили на убеждение широких масс в целесообразности сказанного и правильности выбранного курса. В этом - преуспели. На поверхность общественной жизни всплывали самые фантастические проекты, часть из которых пытались даже и воплотить. Так, в конце 80-х - начале 90-х годов XX века в прессе, на телевидении и даже в высказываниях официальных органов нашей страны стала назойливо проскакивать мысль о том, что отечественная оборонная промышленность непродуктивна и даже где-то обуза для бюджета, что поддержание ее деятельности сильно нагружает экономику, ничего не давая взамен. Это были совершенно голословные утверждения, прямо обратные истинному положению вещей: практически все новации, позволяющие развиваться нашей промышленности, первоначально разрабатывались и опробовались в "оборонке". Тем не менее, часто повторяемые, такие мысли способны были повлиять и на настроение масс людей, и на выработку решений управленческих органов. Для борьбы с таким положением был проведен ряд действий руководством оборонной промышленности. Среди них - организация серии экспозиций, раскрывающих истинное положение вещей (ранее весьма неясное в силу действующего режима секретности предприятий Оборонпрома) перед широкими массами жителей страны, нашими зарубежными партнерами и возможными инвесторами. В это время появились выставки серий "конверсия", "высокие технологии", "наука" и еще целый ряд подобных, проводивших-

ся как в Москве - на ВДНХ, выставочных комплексах на Красной Пресне, Сокольниках, так и в других городах. Специально для обеспечения этих мероприятий было организовано ВК "Наука" во главе с Евгением Николаевичем Островским.

В плане таких экспозиций по решению Минавиапрома (МАП) была проведена выставка "Авиадвигателестроение-90". Непосредственным организатором выставки - в период привлечения к ней и подготовки предприятий, никогда ранее открыто не демонстрировавших свои наработки, и во время проведения - выступили специалисты двигательного главка МАП во главе с заместителем министра Виктором Михайловичем Чуйко. Формировать экспозицию поручили ЦИАМ им. П.И. Баранова - главному институту двигателестроительной подотрасли МАП. В институте эту работу возглавил заместитель начальника по науке Владимир Аристархович Сосунов, а начальник отдела стандартов ЦИАМ Абай Сергеевич Маурин стал директором этой выставки (он был директором еще двух последующих выставок, после 1994 года это место занял Владимир Петрович Железнов, член дирекции АССАД, а сейчас в этом качестве - Валерий Максимович Желяков). Многие подразделения института и его производственной базы вплотную занимались подготовкой к выставке. От министерства подготовкой и проведением выставки непосредственно руководил Владлен Никифорович Разумовский.

Подготовка к выставке заняла существенную часть в работе двигательного главка МАП. Там всерьез подошли к этому вопросу, решив во всех возможных аспектах показать отечественное авиадвигателестроение и применение результатов его деятельности в различных отраслях хозяйства страны. Для этого пришлось провести многостороннюю работу по оповещению и подготовке экспонентов и сбору возможных экспонатов. Очень много при-



Учредители АССАД после подписания договора о создании Ассоциации, 1991 г.



На "Авиадвигателестроении-90" с Сергеем Сикорским, сыном знаменитого авиаконструктора

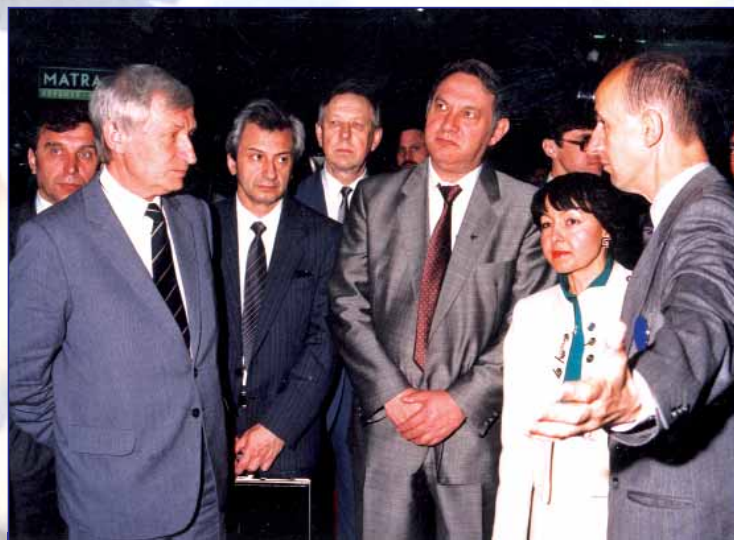
шлось работать с органами, обеспечивающими режим секретности, чтобы, демонстрируя последние достижения отрасли, не нанести урон государству.

Выставка, проводившаяся под популярным в начале 90-х конверсионным лозунгом "Двигателестроение - народному хозяйству!", стала самой длительной выставкой отечественного авиадвигателестроения, она продолжалась на ВДНХ практически месяц. Интерес к ней превзошел самые смелые ожидания организаторов: все время работы тематика выставки не сходила с полос прессы, экспозицию посетили все официальные лица советского правительства и иностранных представительств, аккредитованных в Москве. Поток посетителей не иссякал до дня закрытия. Их прошло свыше 100 000 человек. Выставка с блеском выполнила основную задачу, поставленную перед ней МАП: показать, что оборонка, вообще, и двигателестроение, в частности, не "сидят на шее" у государства, а являются наиболее прогрессивной частью отечественной промышленности. Скажем, выяснилось, что собственно двигатели - военные и гражданские - занимают у отрасли 47 % продукции, а 53 % - технически сложная продукция общегражданского назначения (как их тогда называли "товары народ-

ного потребления") и двигатели для газоперекачки, энергетики, пожаротушения. Результаты работы предприятий Оборонпрома позволяли нашему хозяйству оставаться на современном уровне (и во многом его определять) в то время, когда в мире существовали всякого рода запреты на передачи технологий, списки КО-КОМ и прочие барьеры (оставшиеся от "холодной войны"), мешающие совместной деятельности. Международный отклик на выставку был весьма мощный: в первый раз показали практически все, что можно, в такой "закрытой" ранее отрасли, как авиационное двигателестроение. По результатам работы стало ясно, что на основе собранной команды экспонентов и наработанного опыта демонстрации возможно и в дальнейшем эффективно проводить такие мероприятия.

В 1992 г. для того, чтобы расширить круг иностранных экспонентов и облегчить работу с ними, в Ассоциацию была принята немецкая фирма Gebruder Helbig Industrie-Messen GMBH, представитель которой в России, Эрих Фихтнер, активно участвовал в организации первых выставок серии "Двигатели".

Администрирующими органами страны постоянно проводилось сокращение руководящего аппарата министерств. Сотрудники министерств и аппарата управления чуть не вслух объявлялись



Советские авиамоторостроители на Ле Бурже в 1991 г.

основными "командно-административными барьерами" на пути прогресса. Эта деятельность была столь последовательна и целенаправленна, что целый ряд успешно работающих направлений промышленности страны фактически прекратили свое существование как отрасли. Мы лишились микробиологической промышленности, радио, электронной, авто, химической, строительной, пищевой и еще некоторых. Это подавалось как достижение: примат рыночной экономики не подвергался сомнению и то, что на большинстве предприятий, которые еще работали, хозяевами стали их иностранные конкуренты, трактовалось как успех совместной деятельности. В таких условиях управлять столь огромным хозяйством, как Авиапром, стало физически невозможно. Для этого просто уже не хватало рук оставшихся в сократившихся как шагреновая кожа министерствах.

Опыт организации предприятий подотрасли для совместной деятельности в общих интересах и успехи проведенной выставочной деятельности привели к резонному выводу: предприятия подотрасли имеют огромный ресурс саморазвития. Стало видно, что отрасль достаточно пронизана "горизонтальными" связями между предприятиями для совместного производства конечной продукции - двигателя. Отсюда явствовало, что необходим некий



Посещение В.П. Черномырдиным выставки "Двигатели-96"

координирующий центр, чтобы совместно противостоять внешним дезинтегрирующим факторам - как экономическим, так и административным. Требовалось интегрировать усилия моторостроителей по их поручению и в их интересах. С 1989 г. в МАП начата деятельность по созданию объединенной структуры. Министр авиационной промышленности Аполлон Сергеевич Сысцов поручил заниматься этой работой своему заместителю В.М. Чуйко. Через год после выставки 1990 г. такой центр окончательно оформился. По общему решению 58 предприятий СССР: КБ, серийных заводов и НИИ, 31 мая 1991 г. была зарегистрирована международная ассоциация "Союз авиационного двигателестроения". Продумывались идеи организации корпорации, консорциума участников и в конце концов пришли к тому, что формой совместной деятельности должна быть ассоциация. Выбрана была



На выставке "Авиадвигатель-92", слева направо: генеральный конструктор Н.Д. Кузнецов, госсекретарь ФРГ по авиации и космосу Эрих Ридль, директор выставки А.С. Маурин, президент АССАД В.М. Чуйко

именно такая форма свободной ассоциации производителей и потребителей высокотехнологичной продукции: авиационных моторов. Ассоциация позволяла ее членам выступать совместно перед любыми внешними организациями, увязывала интересы своих членов, не навязывая им условий существования. На базе имеющейся информации АССАД занимается и аналитическими вопросами возможности применения сил своих участников с целью наибольшей эффективности этого рода деятельности. Генеральная



Эрих Фихтнер и В.М. Чуйко на выставке "Двигатели-96"



Открытие выставки "Авиадвигатель-92"

дирекция АССАД принимала участие во всех мероприятиях, затрагивающих интересы участников, отстаивала их в переговорах различного уровня: как внутри страны, так и за рубежом. Предложения о возможностях предприятий - членов АССАД направлялись президенту и в правительство РФ, что привело к выпуску в 1993 г. постановления правительства "О дополнительных мерах по развитию авиационного двигателестроения России". Очевидно, организаторы Ассоциации правильно предугадали, что такая относительно свободная форма взаимодействия определила жи-



Дирекция АССАД в 1997 г. На переднем плане В.П. Железнов и В.Н. Разумовский

вучьсть АССАД: уже не раз сменялась структура взаимодействия государственных органов, ушли в небытие министерства, сменялась сама форма государственного устройства, а Ассоциация - живет, к удовольствию своих членов, которых сейчас насчитывается около сотни.

Было понятно, что в условиях рыночных отношений отработка маркетинговой политики имела весьма важное значение. Именно это и проводилось на выставках. Кроме того, добились разрешения Правительства демонстрировать на выставках ранее "закрытую" технику и технологии. Было показано, что самые передовые разработки науки внедряются сначала на военной авиационной технике, затем - в гражданской, а после - в индустриальной. На выставке было ясно видно, что в авиадвигателестроении, при создании новых двигателей требуются совершенно новые материалы - металлы, сплавы, композиты, новые методики расчетов, новые способы обработки. И все это потом возможно



На стенде журнала "Двигатель" на выставке "Двигатель-2000"

применить в общем машиностроении.

Выставки серии "Двигатель", проводимые АССАД, неразрывно связаны с совершенствованием ее структуры. Поэтому, невозможно сказать "что было раньше: яйцо или курица", что на что сильнее влияет - выставки на ассоциацию или наоборот. По результатам проведенной выставки, мнению экспонентов-членов АССАД корректируется направленность деятельности Ассоциации, а вследствие двухгодичной работы ее в период между выставками строится и экспозиционная деятельность на следующей выставке, предлагаются тематики симпозиумов, подбирается состав участников.

Выставка 1992 года проходила под девизом "Двигатели в воздухе, на земле и на воде". Кроме авиационных экспонировались автомобильные, тракторные, танковые, судовые и другие газотурбинные двигатели. Здесь впервые был показан (на стенде ЦИАМ) гиперзвуковой двигатель, совместной разработки многих предприятий отрасли. Выставку можно считать уникальной еще и по включенной в состав экспозиции исторической части. Ее специально готовили совместно с историками ИИЕТ (Ю.С. Воронков и др.) сотрудники ЦИАМ (Д.А. Боев и др.). Поршневые самолетные двигатели времен Второй мировой войны выставляли: французский Музей SNECMA, немецкий музей BMW, Монинский музей ВВС СССР. Из фондов последнего демонстрировался и единственный сохранившийся в целости экземпляр первого двигателя А.М. Люльки TP-1. Такой экспозиции не удавалось собрать ни до



Первая книга из сборника "Созвездие" на МАКС-2003

того, ни после. В целом выставка вышла за грань авиационной отрасли, сохранив двигателестроительную направленность. Правда, в то время это были все же газотурбинные двигатели.

На третьей выставке этой серии, которая состоялась в 1994 году, по поручению первого вице-преьера О.Н. Сосковца, в состав экспозиции были включены и поршневые двигатели - транспортные и стационарные. Выставка стала именоваться "Двигатели". Это название сохраняется и до сего времени. На выставке 1996 г. экспозиция поршневых двигателей была наиболее полна, в последующие годы "поршневики" в ней стало существенно меньше.

Самым значительным результатом выставки 1998 года, с точки зрения нашей редакции, явилось то обстоятельство, что на ней мы договорились о начале выпуска журнала "Двигатель" (как позже выяснилось - о возобновлении выпуска, прерванного в феврале 1917 года). Так что и мы в какой-то мере - создание АССАД, ЦИАМ и ведущих предприятий двигателестроительной отрасли. Без серьезной поддержки этих организаций выпуск нашего издания был бы совершенно невозможен.

Организаторами выставок с самого начала было принято, что одновременно с выставкой проходят научно-технические симпозиумы. Первые симпозиумы (1990 и 1992 гг.) были посвящены



Молодые специалисты авиадвигателестроители на стенде АССАД во время проведения выставки "Двигатели -2004"

истории развития авиационного двигателестроения. В симпозиуме 1990 г. участвовал внук известного авиаконструктора Игоря Сикорского, Сергей. В дальнейшем, симпозиумы были по экологической тематике: "Двигатель и экология". С 2004 года выставка приобрела статус Салона: в его рамках проходила и выставка и научно-технический конгресс, включающий симпозиумы сразу по нескольким тематикам. Кроме экологической тематики добавились симпозиумы по схемам двигателей, отдельным его узлам (турбины, компрессора и пр.). Примерно то же будет и в этом году.

В работе выставке этого года примут участие около 140 организации на 5400 кв.м. площади [к тому времени, когда номер выйдет, данные по выставке будут точными - выставка уже пройдет. *Ред.*] Одновременно с выставкой в 2006 г. будет работать научно-технический конгресс по двигателестроению, на котором будут работать ряд тематических симпозиумов.

За все 15 лет работы структура органов управления АССАД не изменилась: высший орган - общее собрание, между собраниями - Правление и ежедневно - Генеральная дирекция. Другое дело, что тематика работы и генеральной дирекции, и остальных управляющих структур постоянно меняется в зависимости от того, что было необходимо Ассоциации в данное время. Если раньше связи строились, как это было в МАП, по территориально-произ-

водственному принципу, то сейчас - скорее по функциональному принципу.

По составу - АССАД начинал с 58 предприятий, сейчас их около 100: некоторые приходили и некоторые уходили. "Костяк" предприятий сохраняется постоянным, при этом полтора десятка - иностранные. Как из СНГ, так и из более дальнего зарубежья - всего порядка 12 стран.

АССАД утвердил звания "Почетный авиадвигателестроитель АССАД", "Заслуженный авиадвигателестроитель АССАД" и ряд премий имени знаменитых Генеральных конструкторов: А.Д. Швецова, В.Я. Климова, А.А. Микулина, Н.Д. Кузнецова, Ф.А. Короткова, А.Г. Ивченко, А.М. Люльки - за успехи в различных направлениях деятельности. Торжественное вручение этих премий происходит

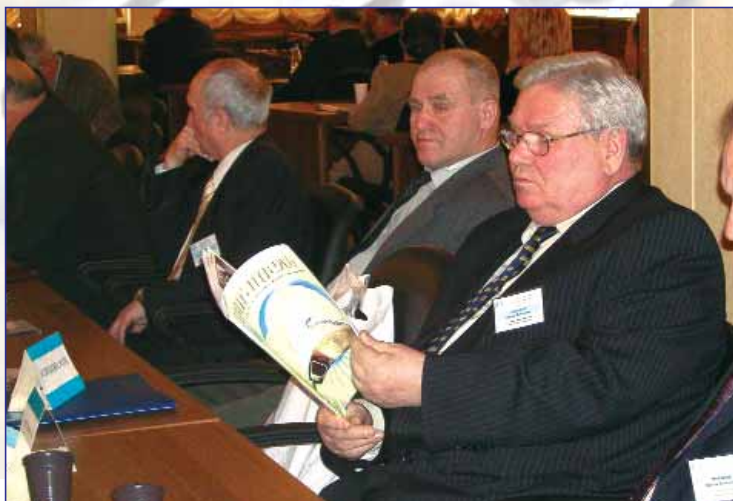


Вручение премии АССАД в 2005 году

на каждом собрании АССАД. В 2005 г. решением Правления АССАД утверждена ежегодная высшая награда АССАД - медаль "За верность делу" (трех степеней) для специалистов отрасли.

Ассоциацией реализуется развернутая программа действий с молодежью. Учрежден ряд именных стипендий АССАД в основных вузах авиационной промышленности страны. Совместно с главными НИИ отрасли регулярно проводятся конференции и симпозиумы молодых ученых и специалистов, на которых они могут обменяться мнениями и определить свое место и уровень работы в сравнении с национальной и мировой практикой.

С 2003 г. по решению Правления Генеральной дирекции АССАД издается сборник "Созвездие". Он предназначен для самого широкого круга читателей, которых интересует история развития



Наши авторы - наши читатели. Перед заседанием АССАД 2006 г.



С представителями корпуса атташе ВВС иностранных государств на "Двигатели-2004"

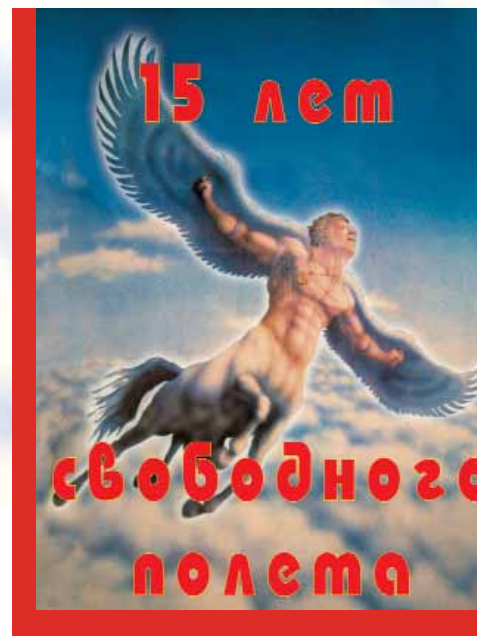
отечественной промышленности. Сборник посвящен Личностям отечественного двигателестроения. Он состоит из очерков о выдающихся конструкторах, организаторах, руководителях отрасли. Вышло уже четыре книги сборника, работа продолжается.

Основной результат работы АССАД за прошедшие 15 лет это то, что авиационное двигателестроение в России сохранилось и в целом, как отрасль, и практически всеми своими предприятиями, несмотря на все политико-экономические грозы,



Открытие юбилейного заседания АССАД в 2006 г.

прошедшие над отечественной промышленностью. Форма свободной ассоциации позволила каждой организации, в нее входящей, действовать самостоятельно в собственных интересах, но координировать усилия для достижения общего результата. Мы искренне желаем успехов и Ассоциации в целом и всем входящим в нее предприятиям. По мере сил будем стараться содействовать этому.



ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

ММП им. В. В. Чернышева:

**Александр Борисович Белов,
Александр Вячеславович Крайников,
Александр Федорович Львов,
Александр Григорьевич Пайкин,
Вячеслав Александрович Шулов**

НИИЭФА им. Д.В. Ефремова:

**Владимир Иванович Энгелько,
Константин Иванович Ткаченко**
НИИЯФ при ТПУ:
Геннадий Ефимович Ремнев

(Окончание. Начало в № 1 - 2006)

Анализ приведенных в этом разделе данных показал, что перераспределение элементов при облучении с низкими плотностями энергии осуществляется строго в соответствии с величинами коэффициентов распределения примесей согласно основным положениям теории направленной кристаллизации: примесь с коэффициентом распределения $K_0 < 1$ оттесняется фронтом кристаллизации к поверхности, в то время как компоненты с $K_0 > 1$ должны концентрироваться в зоне границы раздела "перекристаллизованный материал - матричный сплав".

Результаты изучения химического состава поверхностных слоев лопаток, обработанных СИЭП и подвергнутых диффузионному вакуумному отжигу (500...600 °С - для титановых сплавов и сталей и 1040 °С - для сплавов ЖС6У и ЖС26НК) показали, что термообработка приводит к некоторому выравниванию распределений химических элементов по глубине, причем эти распределения становятся более однородными благодаря интенсивно протекающим диффузионным процессам.

Анализируя результаты исследования влияния облучения и последующего отжига на химический состав поверхностных слоев изучаемых лопаток, можно сделать вывод о том, что облучение при $w=18...22$ Дж/см² и диффузионный отжиг приводят к увеличению содержания алюминия (титановые сплавы) и хрома (стали и никелевые сплавы), а также к более однородному распределению элементов по глубине и очистке поверхности от примесей углерода и кислорода, что способствует повышению основных свойств лопаток ГТД, увеличению сопротивления окислению и солевой коррозии и, в меньшей степени, сопротивления усталости. При $w > 20...22$ Дж/см² возрастает вероятность фиксации различных по химическому составу концентрационных профилей при сканировании электронного зонда по поверхности, что связано с формированием на ней микрократеров. Последнее представляется крайне нежелательным, поскольку может привести к катастрофическому ухудшению рабочих характеристик деталей в условиях эксплуатации.

Результаты металлографического анализа исходных и облученных мишеней свидетельствуют о формировании в процессе высокоскоростной кристаллизации плохо травящегося поверхностного слоя толщиной 20...25 мкм. Структура этого слоя в зависимости от плотности энергии и числа импульсов может изменяться от глобулярной до игольчатой (сплав ВТ8М). При этом по мере роста плотности энергии в импульсе и числа импульсов изменяется шероховатость поверхности. Влияние режимов облучения СИЭП на шероховатость поверхности лопаток из стали ЭП866ш было изучено с целью выбора оптимальных величин плотности энергии и числа импульсов, обеспечивающих минимальную шероховатость. Облучение было реализовано при различных плотностях энергии: 15...16, 18...20, 22...24, 26...28, 36...38 и 40...42 Дж/см². Число импульсов изменялось от 3 до 10. Некоторые из полученных результатов сведены в табл. 2. Видно, что при высоких плотностях энергии шероховатость поверхности значительно превышает исходную. Это обусловлено, с одной стороны, интенсивным кратерообразованием, а с другой - формированием на расплавленной поверхности стоячей волны и сопутствующим увеличением объема материала. Таким образом, при высоких плотностях энергии кроме повышения шероховатости возможно развитие волнистости.

Результаты рентгеноструктурного анализа, проведенного для исходных, облученных и термообработанных деталей, позволяют сделать следующие выводы. Небольшие остаточные растягивающие напряжения ($\sigma \cong 500...100$ МПа) формируются в поверхностных слоях деталей, обработанных СИЭП при общей толщине модифицированного слоя 20...25 мкм. В этой приповерхностной зоне в процессе высокоскоростной кристаллизации образуются мартенситные фазы и мелкодисперсные конгломераты карбидов (или оксикарбидов).
Дополнительная термообработка облученных лопаток приводит к формированию остаточных сжимающих напряжений величиной ($\sigma \cong -100$ МПа) и к частичному распаду мартенситных фаз, ко-

Таблица 1

Влияние обработки МИИП на параметры образцов из сплава ВТ9								
j, А/см ²	n, имп.	H _μ , ед. HV	Ra, мкм	I _{еее} , имп./с	a, нм	c, нм	G _{1/2} , °	
-	-	345±15	0,21	45±5	0,2929	0,4679	0,78	
-*	-	540±30	0,21	30±5	0,2929	0,4697	0,58	
100	1	380±10	0,20	55±5	0,2920	0,4675	0,99	
100	3	285±15	0,23	80±10	0,2916	0,4651	0,92	
100	5	240±10	0,19	50±5	0,2922	0,4657	0,77	
100	7	220±10	0,22	40±5	0,2921	0,4668	0,71	
60	3	300±15	0,13	75±5	0,2920	0,4651	1,02	
60	7	300±15	0,11	80±5	0,2920	0,4650	1,03	

Здесь n - число импульсов, H_μ - микротвердость, Ra - шероховатость, I_{еее} - интенсивность экзозлектронной эмиссии, a и c - параметры кристаллической решетки, G_{1/2} - полуширина рентгеновских линий лопаток компрессора (* - результаты, полученные для лопаток, подвергнутых отжигу при 750 °С в течение 2 ч).

Таблица 2

Влияние облучения СИЭП на шероховатость поверхности лопаток из стали ЭП866ш				
№ опыта	Режимы облучения		Ra, мкм (макс.)	Ra, мкм (мин.)
	w, Дж/см ²	n, имп.		
1	-	-	0,25	
2	15	3	0,23	0,17
3	15	10	0,20	0,15
4	20	3	0,13	0,15
5	20	10	0,12	0,10
6	26	3	0,40	0,10
7	26	10	0,49	0,15
8	32	3	1,31	0,27
9	36	3	1,09	0,98

поверхностных слоев деталей, обработанных СИЭП при общей толщине модифицированного слоя 20...25 мкм. В этой приповерхностной зоне в процессе высокоскоростной кристаллизации образуются мартенситные фазы и мелкодисперсные конгломераты карбидов (или оксикарбидов).

Дополнительная термообработка облученных лопаток приводит к формированию остаточных сжимающих напряжений величиной ($\sigma \cong -100$ МПа) и к частичному распаду мартенситных фаз, ко-

агуляции карбидов и росту зерен в поверхностном слое. Следствием облучения и термообработки является преимущественный выход на поверхность кристаллографических граней определенной ориентации (текстуорообразование) в полном соответствии с основными принципами теории роста кристаллов, а именно: при высоком пересыщении происходит преимущественный рост наиболее плотнопакетованных граней.

Приведенные здесь данные о том, что такие существенные изменения физико-химического состояния поверхностных слоев лопаток ГТД, в результате их облучения МИИП и СИЭП, должны привести к значительным изменениям свойств этих деталей.

3. Влияние облучения на свойства лопаток компрессора и турбины ГТД

Испытания на усталость модельных образцов и рабочих лопаток ротора компрессора и турбины ГТД (двигатель РД33), изготовленных по серийной технологии и прошедших ионно-лучевую обработку, были проведены на магнитоотриционных вибростендах с частотой нагружения 1800 Гц (лопатки 3-й ступени ротора компрессора из сплава ВТ9) и 3000...3300 Гц (лопатки 7, 8 и 9-й ступеней ротора компрессора из сталей ЭП866ш и ЭП718ИД) при температуре 20...650 °С. Модельные образцы представляли собой клиновидные бруски с двойным радиусным переходом от клина к зоне закрепления, которые колеблются по второй изгибной форме. Величина напряжений σ для зоны разрушения определялась из линейной зависимости $\sigma = kA$, где А - амплитуда колебаний, k - коэффициент, зависящий от прочностных характеристик материала, формы образца, температуры и частоты колебаний. Момент начала разрушения фиксировался по снижению частоты собственных колебаний на 50...60 Гц. По результатам испытаний строились кривые усталости, в соответствии с которыми определялись пределы выносливости образцов, прошедших различную обработку. Поверхности изломов изучались методами оптической и электронной фрактографии. Результаты таких исследований обеспечивали получение информации о расположении очагов разрушения, а также, в отдельных случаях, о скорости и механизме развития усталостных трещин.

Распределения деформаций по поверхности лопаток компрессора определялись экспериментально с помощью тензорезисторов, наклеиваемых в различных сечениях профиля лопатки, при комнатной температуре с последующим пересчетом на температуру испытаний. Кроме того, были проведены низкочастотные испытания на усталость (80 Гц) на вибростенде "Шенк" на воздухе при комнатной и рабочих температурах. Здесь использовались корсетные образцы с кромками, имитировавшими кромки лопаток компрессора.

Испытания на жаростойкость проводились гравиметрическим методом на лопатках, помещенных в муфельную печь при температурах 500 (ВТ8М, ВТ9), 550 (ВТ18У), 600 (ЭП866ш) и 900...950 °С (ЖС26НК), в течение заданной длительности. Жаростойкость определялась по изменению массы образцов ($\Delta m/S$, мг/мм²) при трех значениях времени термоэкспозиции: 100, 200 и 500 ч. Кроме того, окисленные поверхности лопаток исследовались методами электронной оже-спектроскопии и рентгеноструктурного анализа, что позволяло получить информацию о механизмах окисления

и причинах изменения жаростойкости после ионно-лучевой или электронно-лучевой обработки.

Лопатки компрессора подвергались испытаниям: на усталость в условиях солевой коррозии при наличии ионов хлора при повышенных температурах и на термоциклирование (нагрев до температуры эксплуатации - охлаждение в морской воде до комнатной температуры). Лопатки после коррозионных испытаний в морской воде промывали в дистиллированной воде, высушивали при 100 °С и исследовали методами электронной Оже-спектроскопии и рентгеноструктурного анализа.

Результаты этих испытаний, выполненных на исходных и обработанных МИИП лопатках, частично приведены в табл. 3. Из представленных в табл. 3 данных следует, что с помощью ионно-лучевой обработки мощными импульсными пучками и последующей термообработки лопаток компрессора из титановых сплавов ВТ9, ВТ8М, сталей ЭП866ш и ЭП718ИД повышаются: предел выносливости на базе $2 \cdot 10^7$ циклов на 20...40 %; жаростойкость в 2...3 раза; сопротивление горячей солевой коррозии в условиях термоциклирования более чем в 6 раз. Испытания на износ от пылевой эрозии (условия испытаний: частицы - кварцевый песок размером 80...120 мкм; скорость соударения - 200...250 м/с; угол соударения - 15 и 90 °; песчаная нагрузка - 20...60 мг/мм²) свидетельствуют о повышении износостойкости на 180 %. В работах отмечено, что такой высокий уровень свойств лопаток из жаропрочных сплавов может быть достигнут только при оптимальных режимах облучения и финишной термообработки. Это еще в 1993 г. было подтверждено результатами сравнительных испытаний лопаток 3-й ступени ротора компрессора из титанового сплава ВТ9 на технологическом двигателе РД33, проведенных на ОАО ММП им. В.В. Чернышева.

Таблица 3

Результаты коррозионных испытаний и испытаний на усталость лопаток из сплавов ВТ9 и ВТ8М, ЭП718ИД и стали ЭП866ш						
№	Сплав	МИИП-обработка		σ_{-1} , МПа	h_0 , мкм	$\Delta m/S$, мг/мм ²
		i , А/см ²	n , имп.			
1	ВТ8М	-	-	160±10	38±4	0,62
2*	ВТ8М	60	15	320±10	26±4	0,21
3	ЭП718	-	-	320±20	74±6	1,94
4*	ЭП718	60	10	370±10	29±4	0,49
5	ЭП866ш	-	-	330±20	68±6	1,98
6*	ЭП866ш	60	10	380±10	32±3	0,52
7*	ВТ9	-	-	250±30	36±4	0,66
8*	ВТ9	60	10	360±10	11±3	0,11
9	ВТ9	60	10	210±40	40±3	0,69

Режимы обработки: сплавов ВТ9 и ВТ8М - 150 циклов, нагрев до 550 °С и охлаждение в морской воде до 25 °С; сплава ЭП718ИД - 650 °С; стали ЭП866ш - 600 °С. Здесь h_0 - толщина окисленного слоя после выдержки на воздухе при рабочей температуре (* - результаты, полученные для лопаток, подвергнутых финишной термообработке при температуре эксплуатации в течение 2 ч).

Испытаний подвергались фрезерованию, виброабразивной обработке на установке ВГН-6 в течение 30 мин, глянцеванию (30 мин) и термообработке (исходное состояние, отжиг в вакууме при 540 °С). Облучение рабочей части образцов осуществлялось на ускорителе "GESA-1" в Санкт-Петербурге при следующих режимах: плотность энергии - от 18 до 28 Дж/см², длительность импульса 20...30 мкс, напряжение - 115...120 кВ, число импульсов - 3-5. После облучения образцы отжигались в вакууме при 530...550 °С в течение 2 ч. Анализ результатов этих испытаний показал, что применение СИЭП позволяет на 20...25 % повысить предел выносливости деталей из титановых сплавов ВТ8 и ВТ6, но при этом формирование кратеров на поверхности недопустимо, поскольку их наличие приводит к значительному снижению сопротивления усталости.

Последнее особенно отчетливо проявилось при испытании образцов из сплава ВТ8, облученных на ускорителе "GESA-1" при следующем режиме: плотность энергии 26...28 Дж/см², длительность импульса 20...30 мкс, напряжение 115...120 кВ, число импульсов 3-5. Для этих образцов не удалось даже построить кривую усталости, поскольку наблюдалось катастрофическое разрушение при очень низких нагрузках ~ 185 МПа. Результаты проведенных фрактографических исследований поверхностей изломов

исходных и облученных образцов позволили авторам работ сделать следующие выводы:

- для образцов, подвергнутых обработке на ускорителе GESA-1, характерно разрушение, протекающее по двум механизмам;

- чаще всего очаг разрушения располагается в окрестности сформированного на стадии облучения крупного единичного кратера, отличающегося по цвету и состоянию поверхности от основной зоны образца;

- размеры таких кратеров могут достигать в диаметре 1...2 мм при глубине до 10...50 мкм, а их число не превышает 1-5 для каждого образца;

- вблизи очага и вдоль поверхности образца на глубине до 34 мкм поверхность разрушения отличается меньшей шероховатостью и имеет строение, типичное для сплава с игольчатой структурой, на которой отчетливо видны усталостные линии;

- дальнейшее разрушение протекает путем образования циклических квазиизломов, причем строение этой зоны характерно для сплава ВТ8М со структурой α -фазы глобулярной и сложногоглобулярной формы;

- в отдельных случаях вблизи кратера, а значит и очага разрушения, могут располагаться вторичные трещины, а вдоль всей поверхности излома имеется зона, в которой строение излома отличается от строения его основной части, что, скорее всего, связано с локальным изменением структуры материала при облучении, причем глубина модифицированной зоны составляет 30...35 мкм;

- вблизи очага разрушения образуется зона полуэллиптической формы, микростроение которой характеризуется меньшей шероховатостью (более сглаженный микрорельеф) по сравнению с остальной частью излома;

- на фасетках проявляются тонкие мазки, формирование которых может быть обусловлено разрушением α -фазы игольчатой формы), причем для излома в пределах первой зоны характерна большая шероховатость, а иглы - более широкие и длинные;

- развитие трещины в первой зоне происходит путем формирования циклических квазиизломов с четко выраженными усталостными линиями, а рельеф на фасетках идентичен рельефу, фиксируемому при усталостном разрушении образцов из сплава с α -фазой глобулярного типа;

- для образцов, облученных на ускорителе "GESA-1" при высоких плотностях энергии в импульсе и прошедших испытания на усталость, характерны многоочаговые трещины, вызванные наличием на поверхности образцов оплавленных участков с сеткой трещин;

- образование таких трещин может быть обусловлено как усадочными или структурными напряжениями, так и газонасыщением поверхности, что маловероятно, поскольку время выдержки образцов при температуре испытаний не превышало 60 мин;

- у образцов, облученных на ускорителе, не наблюдалось разрушения по α -фазе тонкопластинчатого типа, а разрушение осуществлялось путем образования циклических квазиизломов в очаговой зоне как на глубине 8...10 мкм, так и на глубине 30 мкм;

- очаг разрушения исходных образцов всегда был связан с механическими повреждениями поверхности на стадии их изготовления и располагался непосредственно на поверхности.

Испытания образцов из сплава ЖС6У с 50-микронным покрытием СДП-2 на усталость при 900 °С до и после обработки СИЭП при плотности энергии 40...42 Дж/см² показали более чем 20-процентное повышение предела выносливости в результате электронно-лучевой обработки.

Результаты испытаний на жаростойкость исходных и облученных СИЭП образцов из сплава ЖС26НК с 50-микронным покрытием СДП-2 показали, что после термоэкспозиции в течение 500 ч при 900 °С жаростойкость увеличилась более чем вдвое. Как следует из результатов рентгеноструктурного анализа облученных и исходных образцов, это обусловлено формированием повышенного содержания в поверхностном слое электронной β -фазы на основе NiAl.

В работах приведены результаты испытаний лопаток турбины стационарных ГТУ из жаропрочных никелевых сплавов с жаростойкими покрытиями CoCrAlY и NiCoCrAlY на сопротивление высокотемпературному окислению (900 °С, термоэкспозиция в течение 1000 ч). Сравнительным испытаниям подвергались лопатки, изготовленные по серийной технологии и обработанные СИЭП. Установлено, что сопротивление окислению облученных электронным пучком элементов двигателя более чем в два раза превышало коррозионную стойкость серийных деталей. Результаты рентгеноструктурных исследований показали, что повышение жаростойкости лопаток с покрытиями, подвергнутых облучению, связано с формированием в поверхностном слое на начальной стадии окисления высокоплотного оксида алюминия χ -Al₂O₃.

Приведенные здесь результаты, несмотря на их ограниченность, свидетельствуют о перспективности использования сильноточных импульсных электронных пучков в авиационном двигателестроении для модификации поверхности и повышения уровня эксплуатационных свойств наиболее ответственных деталей ГТД. На рис. 3 показан внешний вид лопаток из титановых сплавов ВТ9, ВТ18У, стали ЭП866ш (а) и сплава ЖС26НК (б) с жаростойким вакуумно-плазменным покрытием NiCrAlY, подвергнутых облучению СИЭП. Здесь проявляется еще одно преимущество СИЭП: наряду с модифицирующим воздействием импульсного высокоплотного потока электронов на поверхностный слой, появляется возможность контролировать адгезию покрытия к подложке и отбраковывать детали с неудовлетворительной адгезией. Более того, применение таких пучков позволяет исключить операции шлифования и полирования, снизить шероховатость поверхности, упрочнить поверхностные слои, улучшить адгезию защитных покрытий к подложке и, как следствие, повысить сопротивление усталости и жаростойкость деталей.



Рис. 3. Внешний вид лопаток из титановых сплавов ВТ9, ВТ18У, стали ЭП866ш (а) и сплава ЖС26НК (б) с жаростойким вакуумно-плазменным покрытием NiCrAlY, подвергнутых облучению СИЭП

Выполнены испытания в морской воде в условиях термоциклирования образцов и лопаток из сталей ЭП866ш и ЭП718ИД, а также титановых сплавов ВТ8М и ВТ9. Результаты этих испытаний, приведенные на рис. 4, свидетельствуют о положительном эффекте метода СИЭП в сочетании с финишной термообработкой. Использование электронно-лучевой технологии, безусловно, позволяет решить ряд проблем, возникаю-

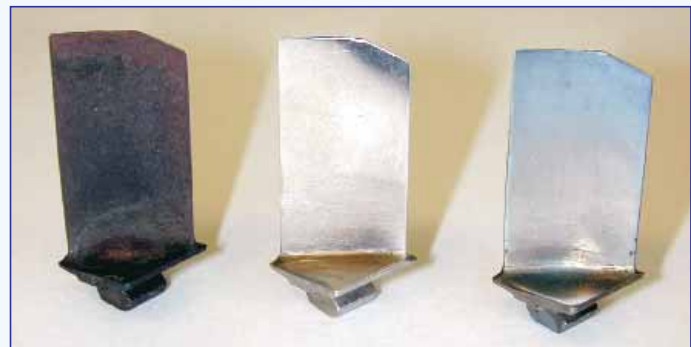


Рис. 4. Внешний вид лопаток из стали ЭП866ш, подвергнутых облучению СИЭП и прошедших коррозионные испытания в морской воде в условиях термоциклирования. Слева направо: исходная лопатка; $w = 20...22$ Дж/см² и $n = 5$ имп.; $w = 24...26$ Дж/см² и $n = 5$ имп.

щих при эксплуатации двигателей в районах с повышенной влажностью и морским климатом (палубная авиация). Применение СИЭП для модификации поверхности лопаток ГТД предполагает проведение процесса облучения при умеренных величинах плотности энергии в импульсе (режимы термообработки или плавления).

4. Удаление поврежденных при эксплуатации поверхностных слоев и покрытий

При высоких плотностях энергии ($w \geq 30 \dots 35$ Дж/см²) на поверхности облучаемых деталей из жаропрочных сплавов начинают интенсивно протекать процессы испарения и абляции. Практический интерес представляет взрывозмиссионный процесс абляции, приводящий к образованию неравновесной пароплазменной фазы, содержащей капельную фракцию. Протекание этого явления открывает широкие возможности для ремонта дорогостоящих элементов ГТД, обеспечивая высокоинтенсивное удаление поврежденных при эксплуатации поверхностных слоев и покрытий. На рис. 5 приведены результаты исследования кинетики абляции с поверхности лопаток компрессора (сплав ВТ8М с 15-микронным покрытием из ZrN) и турбины (сплав ЖС26НК с 50-микронным покрытием из NiCrAlY).

Поскольку поверхность после протекания процесса абляции содержит большое число кратеров, необходимо проводить финишную электронно-лучевую обработку при более низких плотностях энергии. Таким образом, использование СИЭП имеет хорошие перспективы для ремонта лопаток компрессора и турбины. В этом случае удаётся исключить из технологического цикла ремонта такие экологически вредные операции, как пескоструйная обработка и химическое травление.

Выводы

Полученные результаты позволяют выделить наиболее перспективные области применения импульсных ионных и электронных пучков в авиационном двигателестроении:

- модификация свойств лопаток компрессора и турбины путем снижения шероховатости поверхности, изменения химического состава и структурно-фазового состояния поверхностных

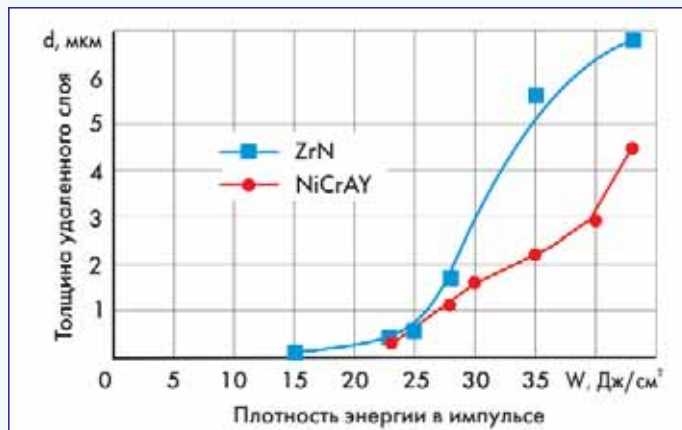


Рис. 5. Кинетика абляции с поверхности лопаток компрессора и турбины с покрытиями ZrN и NiCrAlY, соответственно

слоев и наведения остаточных сжимающих напряжений;

- ремонт деталей с деградированными свойствами поверхностного слоя или покрытия;
- качественное нанесение защитных покрытий на кромках лопаток при первоначальном проведении процесса импульсно-дуговой ионной имплантации элементов покрытия с его последующим осаждением в условиях сепарации пароплазменной фазы от капельной фракции;
- комплексная обработка поверхности лопаток, включающая нанесение покрытий и их последующую высокоскоростную перекристаллизацию с помощью мощных импульсных электронных или ионных пучков;
- интегральная технология модификации поверхности, основанная на использовании интенсивных импульсных ионных или электронных пучков с последующей ионной имплантацией, ассистирующей процесс нанесения защитного покрытия.

Этот перечень областей возможного применения концентрированных импульсных потоков энергии в авиационном двигателестроении может быть существенно расширен, что представляется особенно важным при разработке технологических процессов производства двигателей нового поколения. **А**

ИНФОРМАЦИЯ

SAN DIEGO, Калифорния (18 апреля 2006 г.) В настоящее время все большее число клиентов сталкиваются с проблемами, связанными с необходимостью наращивать емкости систем хранения, низкой скоростью резервирования и извлечения данных, и сегодня фирма Silicon Graphics (ОТС: SGID) представила революционную подсистему массового хранения, в которой снижена стоимость быстрого доступа к данным, хранящимся на дисках, и в то же время существенно сокращена занимаемая ею площадь. SGI® InfiniteStorage 10 000 вмещает до 240 TB дисков Serial ATA (SATA) в один рэк, занимая лишь пять квадратных футов площади пола (~0,5 м²), и до 480 TB за одной парой контроллеров. SGI InfiniteStorage 10 000 способна удовлетворить потребности клиентов, нуждающихся в очень больших емкостях онлайн-хранилищ, в большем количестве терабайт на квадратный метр и в быстром извлечении архивированных данных, при цене за терабайт, сопоставимой с ценами ленточных библиотек. Адаптивная природа SGI InfiniteStorage 10 000 дает возможность решать с ее помощью широкий

спектр задач, требующих большой емкости систем хранения.

Корпоративные клиенты обнаружат, что SGI InfiniteStorage 10 000 благодаря своей емкости в 480 TB является системой, идеальной для архивов электронной корреспонденции и требуемых законом депозитариев.

Клиенты, занимающиеся техническими вычислениями, убедившись в таких преимуществах системы SGI InfiniteStorage 10 000, как высокая производительность и отличная структура цены, обнаружат, что эта система позволяет им перевести большие массивы данных из ленточных библиотек на диски.

Государственные и правительственные организации, ищущие способы организации удаленных хранилищ для защиты от катастроф, обнаружат, что SGI InfiniteStorage 10 000 способна стать ключевым элементом при планировании обеспечения непрерывности бизнес-процесса благодаря высокой эффективности хранения резервных копий данных и высокой производительности.

SGI InfiniteStorage 10 000 является гибкой системой, предоставляющей онлайн-вые диски для таких приложений, как резервирование диск-на-диск, онлайн-вая

архивация, управление жизненным циклом данных и консолидация данных. Она обладает высокопроизводительной архитектурой Fibre Channel, стабильно обеспечивающей способность чтения/записи со скоростью 2,5 GB/c.

При стоимости приобретения, приближающейся к стоимости хранилищ на ленточных библиотеках, SGI InfiniteStorage 10 000 идеальна для организаций, ищущих пути увеличения емкости систем хранения, сокращения времени резервирования и ускорения процесса извлечения данных.

Корпорация SGI, также известная как Silicon Graphics, Inc. (NYSE: SGI), является лидером в областях высокопроизводительных вычислений, визуализации и хранения данных. SGI посвящает себя работе над проблемами следующего уровня для научных, инженерных и творческих пользователей. Офисы компании разбросаны по всему миру, штаб-квартира расположена в Mountain View, Калифорния. Функции представительства SGI в России и странах СНГ выполняет группа компаний Arbyte. Узнайте больше о технологиях Silicon Graphics на сайтах: www.arbyte.ru; www.silicongraphics.ru. **А**

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УМПО - ШАГ В БУДУЩЕЕ

(Окончание. Начало в № 1 - 2006)

Технология послойного селективного отверждения песчаной смеси (установка S15, принцип 3D-Print - трехмерная печать)

Габариты камеры построения впечатляют своими размерами: длина 1500 мм, ширина 750 мм и высота 740 мм.

Материал - песчаная смесь.

Точность - 0,4 мм.

Применение - формы для литья стали, магниевых, алюминиевых, титановых сплавов.



Элемент песчаной формы, полученной на установке селективного отверждения песчаной смеси S15

Технология изготовления металлополимерных форм аналогична технологии изготовления эластичных силиконовых форм. С использованием послойного выращивания изготавливается одна половина пресс-формы (подмодельная плита) и деталь (промодел), которую необходимо получить. При помощи полировки подмодельная плита и промодел доводятся до идеального состояния. Затем в половину формы вкладывается промодел детали и заливается жидким металлополимером (основа - эпоксидная смола). После затвердевания подмодельная плита удаляется, промодел детали остается в от-



Металлополимерная пресс-форма для изготовления "восковок" сопловых лопаток

Технология литья в силиконовые и металлополимерные формы

В тех случаях, когда стоит задача тиражирования детали, широко используется метод получения "восковок" с помощью силиконовых форм. Этот метод также предполагает применение стереолитографии или послойного синтеза в любом другом виде. Суть метода состоит в том, что стереолитографическая модель используется для изготовления оснастки из силикона в качестве мастер-модели.

Стереолитографическую модель, по сути - копию детали, заливают жидким силиконом. После затвердения силикона полученную форму разбирают, извлекают стереолитографическую модель (в данном случае она оказывается "не теряемой") и после финишной обработки полученную форму используют для тиражирования "восковок".

В зависимости от сложности детали "силиконовая" технология позволяет получить от нескольких штук до нескольких сотен изделий с гарантированным качеством. Эта технология получила также широкое распространение в различных отраслях для изготовления мелких партий изделий из пластмассы, которая заливается непосредственно в силиконовую форму.



Металлополимерная пресс-форма для изготовления "восковок" лопатки компрессора

литой половине и снова заливается металлополимером. Так получается вторая половина пресс-формы. После затвердевания форма разнимается, промодель детали удаляется, и получается готовая пресс-форма. Ресурс металлополимерной пресс-формы гораздо больше, чем у силиконовой: он достигает нескольких десятков тысяч отливок из пластмассы. Металлополимер обеспечивает возможность воспроизведения сложных поверхностей, мельчайших деталей и любой текстуры.

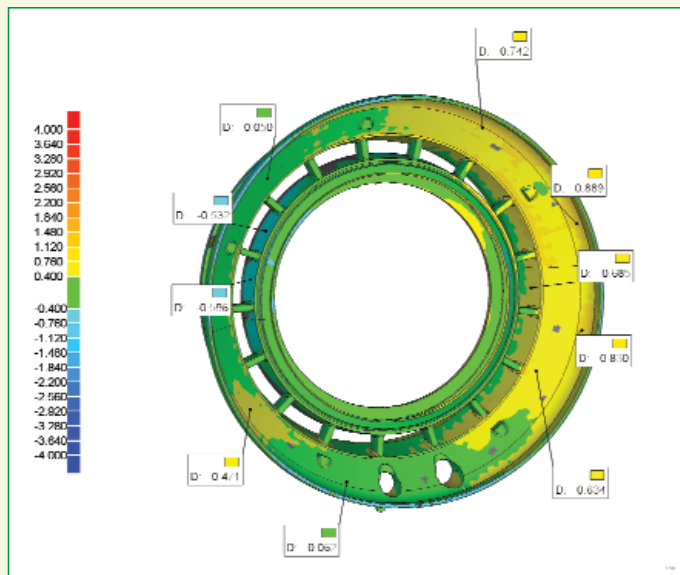
Система оптической трехмерной оцифровки ATOS (установки ATOS SO/200, ATOS 400/600/XL) для контроля геометрических размеров и реверсивного инжиниринга

Система ATOS является объемным сканером. Сканирующая головка содержит проектор и две цифровые камеры. При съемке проектор проецирует на объект сетку. Эта сетка снимается камерами с разных ракурсов, и по ней генерируется так называемое облако точек. Несколько миллионов точек образуют трехмерную поверхность снятого объекта. Облако точек может быть использовано для решения двух задач:

- контроля геометрии детали. Облако точек совмещается с моделью объекта, точки проецируются на поверхность модели и в зависимости от того, выше или ниже поверхности лежат точки, модель раскрашивается в разные цвета. Как видно из иллюстраций, в центре шкалы лежит зона минимального отклонения геометрии реальной детали от геометрии модели - зеленая зона. Красная часть шкалы показывает припуск, синяя - провалы в детали. Таким образом, происходит контроль геометрии детали сразу по всей поверхности;

- реверсивного инжиниринга - процесса получения модели с использованием готовой детали. Это требуется в случаях, когда есть годная эталонная деталь, нередко сделанная вручную, но не имеющая объемной модели и чертежей. В этом случае по облаку точек можно сделать объемную модель и использовать ее в процессе прототипирования или традиционной обработки на станке с ЧПУ. Установка ATOS в зависимости от размера измеряемой детали обеспечивает точность измерений не хуже 0,02 мм.

Технологии быстрого прототипирования заняли прочное место практически во всех областях материального производства в индустриально развитых странах. На рубеже веков произошла настоя-



Результат трехмерного оптического сравнения отливки диффузора с объемной математической моделью на системе ATOS 400

щая технологическая революция, значение которой поистине огромно. Современный конструктор, разрабатывающий детскую игрушку или космический аппарат, уже не мыслит создание своего детища без технологий быстрого прототипирования. Мы коснулись только проблемы изготовления литейных прототипов, но существуют другие технологии быстрого прототипирования применительно к другим задачам. Для отечественной авиационной промышленности задача скорейшего освоения технологий быстрого прототипирования - всей цепочки от CAD-модели до отливки и станка с ЧПУ - является стратегически важной. В современных условиях ни один участник авиационного производства не имеет перспектив без освоения технологий быстрого прототипирования.



ИНФОРМАЦИЯ

В соответствии с указом Президента Республики Башкортостан от 21 марта 2006 года, бывший генеральный директор ОАО "УМПО" Юрий Леонидович Пустовгаров назначен заместителем Премьер-министра правительства Республик Башкортостан - министром экономического развития и промышленности.



Генеральный директор ОАО "УМПО"
Александр Викторович Артюхов

28 марта 2006 года генеральным директором ОАО "УМПО" избран Александр Викторович Артюхов.

Александр Викторович родился 20 июля 1970 года в городе Уральске Казахской ССР.

В 1996 году он окончил Уфимский государственный авиационный технический университет по специальности "экономика, организация и управление в машиностроении", Башкирскую академию государственной службы и управления по специальности "финансовый менеджмент" (1998 г.).

В ОАО "УМПО" А.В. Артюхов последовательно занимал должности испытателя абразивов инструментального отдела, начальника финансового отдела, заместителя генерального

директора по экономическим вопросам, а в последнее время - исполнительного директора объединения.



Двигатель АЛ-551 составит существенную долю в загрузке ОАО "УМПО" на ближайшие 20 лет

ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВСЕХ И КАЖДОГО

В последний день февраля компания ARBYTE провела совместный семинар с компаниями Intel и Cisco, посвященный использованию технологий LANDesk Management Suite 8.6 совместно с Intel® AMT (Advanced Management Technology) и Cisco NAC (Network Admission Control).

Компания LANDesk Software начинала свое существование как подразделение Intel, которое позже было выделено в самостоятельную организацию. Однако, как показывает практика, все в мире информационных технологий стремится к интеграции, и эти компании, решившие разойтись, снова сотрудничают при решении вопросов, связанных с управлением сетями.



Системы LANDesk Management Suite, отвечающая за управление сетью, контроль работоспособности и эффективности компонентов, и LANDesk Security Suite, предназначенная для контроля безопасности сети, успешно работают на многих российских предприятиях. Ранее для функционирования подобных инструментов требовалось устанавливать на компьютер программного агента, который контролировал бы состояние системы. Сегодня, благодаря технологии Intel® AMT, продукты LANDesk могут обращаться к компьютеру по сети, не задействовав операционную систему. На семинаре представители компании ARBYTE и технические специалисты Intel рассказали о возможностях настройки взаимодействия новых чипсетов Intel с сетевой системой LANDesk и поделились некоторым опытом в настройке такого управления. Технология Intel® AMT - первая технология, позволяющая IT-менеджерам получать удаленный доступ ко всем подключенным к сети вычислительным системам для их сопровождения, восстановления или загрузки ПО, причем даже к выключенным компьютерам или компьютерам с неработоспособной операционной системой. С точки зрения IT-менеджеров, улучшенные возможности управления платформой выгодны тем, что они позволяют снизить общее число посещений пользователей, необходимых для поиска неисправностей и восстановления систем, а также сокращают время простоя систем и снижают сово-




купную стоимость владения. Например, IT-менеджеры могут автоматически загружать исправления, устраняющие бреши в системе безопасности, на все подключенные к сети ПК без участия конечных пользователей.

Вторая часть семинара была посвящена решению Cisco NAC (Network Admission Control). Этот механизм базируется на политике соответствия конечного узла требованиям корпоративной безопасности, и таким образом пользователь принуждается к выполнению требований политики безопасности. NAC минимизирует простои, возникающие в результате эпидемий вирусов и червей, обеспечивает сетевую целостность и доступность, управляет сетевым доступом и следит за внедрением политики доступа. Особенность Cisco Network Admission Control в том, что система проверяет не только стандартные "логин-пароль", но и осуществляет процедуру идентификации самого ПК, сравнимую с проверкой паспорта на пограничном контроле. Она направлена, прежде всего, не на защиту "объекта атаки", а на изоляцию "атакующего" субъекта. При этом Cisco NAC эффективна при любом способе загрузки "злоумышленника", включая системную загрузку с компакт-диска или флеш-карты. Эта технология также обеспечивает двустороннее согласование политик сервера контроля доступа Cisco Secure ACS и ядра системы LANDesk. Таким образом, при правильной настройке окружения, опасный компьютер, например, не имеющий актуального антивирусного ПО, не просто изолируется на уровне IP-трафика, но попадает вообще в другую сеть, в которой он может либо пользоваться только Интернетом, либо скачать необходимые программы и обновления для соответствия уровню корпоративных политик безопасности.



Обе технологии решают вопросы более полного контроля соблюдения корпоративных политик на всех узлах сети, а также простое распространение как ПО, так и политик безопасности для сети любого масштаба. В том или ином случае администратор, использующий возможности Cisco NAC, Intel AMT и LDMS способен узнать о компьютере сотрудника гораздо больше, а также эффективно управлять им, даже если это ноутбук топ-менеджера, находящегося в командировке.

Компания Arbyte объявила также о пополнении своего модельного ряда выпускаемых настольных компьютеров устройствами с поддержкой технологии Intel iAMT. Технология Intel AMT реализована как полностью независимая от ОС компьютера подсистема. И эта независимость решает одну из главнейших проблем современного IT-персонала: преднамеренное или случайное отключение функций безопасности и управления на ПК. Новые настольные системы Arbyte с поддержкой технологии iAMT доступны с апреля и в сочетании с программными продуктами LANDesk позволяют оптимизировать управление компьютерным парком, повысить уровень информационной безопасности организации, сократить время простоя и затраты на техническую поддержку. 

**Экономия
рабочего
времени
до 49%***

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



Исключительная производительность для высокопроизводительных вычислительных CAD систем

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



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

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

ARBYTE®
Москва ARBYTE
(095)- 725-8008
www.arbyte.ru



Альметьевск	Балфорт (8553) 31-97-71	Минск	Балфорт (017) 234-20-54
Калужская обл.	Си Групп (4162) 37-22-22	Набережные Челны	Балфорт (8552) 39-65-25
Пладмир	Электрон-сервис (0922) 33 60 01	Новый Новгород	Онлайн (8312) 15-45-48
Волгоград	УОС-5 (8442) 37-75-76	Новосибирск	Арбант Компьютерз Сибирь (3832) 12-57-79
Воронеж	Криста-Офис (0732) 71-84-75	Оренбург	Балфорт Компания (3532) 70-30-54
Екатеринбург	Данкан-Компьютер (343)214-46-77	Орск	Контакт Плюс (3537) 25-05-98
Казань	Пл В Плюс (0842) 56-48-88	Санкт-Петербург	Симега Плюс (812) 235-17-75
Киров	Стандарт (8432) 92-10-55	Смоленск	Компьютер (0812) 55-80-39
Кострома	ВНТ (8332) 64-04-10	Улан-Удэ	ИАЦ г. Улан-Удэ (3012) 43-62-25
Курск	Стап (4842) 54-15-35	Уфа	Балфорт (3472) 25-37-77
Липецк	К05 (0712) 53-15-05	Чебоксары	Копир-Сервис (8352) 74-11-00
	Регард-Тур Электроникс (0742) 22-05-55		



Intel, логотип Intel, Intel Inside, логотип Intel Inside, Intel Core, логотип Intel Core, Pentium и Intel Xeon являются товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками корпорации Intel и ее подразделений в США и других странах.

GLOBATEX AG:

СТАНКИ ФИРМЫ UNISIGN ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ

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

Как уже было отмечено в нашей статье (журнал "Двигатель" № 1, 2006 г.), компания Globatex AG, которая работает на рынке СНГ более 15 лет (прежнее название фирмы - Charmilles & Mikron Diffusion), делает упор на поставку новейших технологий на основе использования высокопроизводительных прецизионных станков зарубежных фирм.

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

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

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

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

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

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

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

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

- Rollomatic (Швейцария) - высокоточные шлифовальные и заточные станки с CNC-управлением для производства методом вышлифовки режущих инструментов, приводимых во вращение, в т.ч. сверл, концевых фрез, бор-фрез и т.п.

Компания Globatex AG предлагает станки различных моделей (более 100 моделей) с возможностью объединения не-

которых из них в гибкие производственные системы с использованием предлагаемых компанией средств автоматизации процессов смены инструментов и деталей, их транспортировки и хранения.

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

- высокопроизводительное оборудование фирмы Ismeca Semiconductor (Швейцария) для электронной промышленности, предназначенное для автоматического тестирования, маркировки и упаковки готовых полупроводниковых приборов;

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

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

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

Ниже приведены основные данные о станках фирмы Unisign (Голландия) и некоторые примеры обработанных на них деталей.

Фрезерные станки фирмы Unisign

Фирма Unisign была основана в 1973 году как инженерная фирма по проектированию специальных станков. Первый обрабатывающий центр, разработанный фирмой в 1982 году, был предназначен для сверления отверстий и нарезания резьбы.

Фирма нацелена на производство многоцелевых станков с компьютерным управлением, отличающихся, как правило, их исполнением в соответствии со специальными требованиями заказчиков. В настоящее время фирма предлагает экономичные решения для гибкого производства - высокопроизводительные трех-пятиосевые вертикальные и портальные обрабатывающие центры четырех серий (UNIVERS, UNIPRO, UNIPORT и UNICOM), в том числе для обработки деталей длиной до 18 м.

Фирма использует типовой модульный дизайн. Более 90 % деталей станков изготавливаются на самой фирме Unisign.

Таблица 1

Технические характеристики станков UNIVERS и UNIPRO						
Характеристика	Обрабатывающие центры UNIVERS			Высокоскоростные обрабатывающие центры UNIPRO		
	UNIVERS 4000	UNIVERS 5	UNIVERS 6	UNIPRO 5L	UNIPRO 5P	UNIPRO 5S
Ось X, мм	1600	2000...18 000	2000...18 000	2000...6000	2x1000/2000	1000
Ось Y, мм	600	550/750	600/800	600/800	800	800
Ось Z, мм	500	400	600	500	500	500
Мощность, кВт	26	17	26	36	36	36
Вращающий момент, Н·м	100	480	650	180	180	180
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	12 000	6000...12 000	6000... 9000	12 000/16 000	12 000/16 000	12 000/16 000
Опция: высокоскоростной шпиндель, мощность/частота вращения шпинделя, кВт/мин ⁻¹	-	55	-	100	100	-
	-	25 000	-	25 000	25 000	-
Тип магазина и количество инструментов в нем, шт.	ISO-40/HSK-63, 51	ISO-40/HSK-63, 51	ISO-50, 36/52	HSK-63, 63/163	HSK-63, 63/163	ISO-40/HSK-63 63

Таблица 2

Обрабатывающие центры UNIVERS

Серия UNIVERS включает вертикальные многоцелевые станки с компьютерным управлением и колонной, подвижной по оси X. Большая рабочая зона станка позволяет вести обработку деталей большой длины, а также многостороннюю обработку деталей в маятниковом режиме (поочередно в двух позициях).

Станки оснащены устройствами автоматической смены инструментов с магазином, установленным на колонне.

Одной из отличительных особенностей станков UNIVERS является возможность крепления в них заготовок на вертикальной плоскости станины, имеющей T-образные пазы. На ней может быть также закреплен угловой стол, имеющий соответствующую горизонтальную плоскость с T-образными пазами, координатный стол с ЧПУ и т.п.

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

Рис. 1. UNIVERS 6



Большая поверхность крепления с практически неограниченной длиной поверхности в направлении оси X (до 18 000 мм) идеальна для установки длинных деталей или для многосторонней обработки в двух ячейках.

На станках UNIVERS можно вести обработку в маятниковом режиме, когда во время обработки одной детали осуществляется установка и наладка другой детали.

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

Краткие технические данные станков UNIVERS приведены в табл. 1. На рис. 1 показан обрабатывающий центр UNIVERS 6.

Технические характеристики станков UNICOM

Характеристика	Вертикальные токарно-фрезерные обрабатывающие центры UNICOM		
	UNICOM 6000	UNICOM 6000 - HV	UNICOM 8
Диаметр паллеты (планшайбы), мм	1250/1600/1800	1250/1600/1800	До 2000
Мощность двигателя паллеты, кВт	70	70	80
Вращающий момент на планшайбе, Н·м	25 000	25 000	30 000
Частота вращения планшайбы, мин ⁻¹	450/350/315	450/350/315	280
Мощность двигателя шпинделя, кВт	36	40	36
Вращающий момент на шпинделе, Н·м	720	137	1800
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	6000/9000	12 000	6000
Ось Y, мм	1425	2300	2750
Ось X, мм	2200	2000	3000
Ось Z, мм	800/1000	1000	1600
Тип магазина и количество инструментов в нем, шт.	ISO-50/HSK-100/Carpo 79 - 156	HSK-63A 80	HSK-100/HSK-125 300

Обрабатывающие центры UNIPRO

Вертикальные обрабатывающие центры UNIPRO предназначены для высокоскоростной обработки деталей на одной позиции с возможностью установки и наладки другой детали на другой позиции.

Трехосевые станки оснащены столами с зажимными устройствами, четырехосевые - поворотными столами и пятиосевые - наклонно-поворотными столами.

Краткие технические данные станков UNIPRO приведены в таблице 1. На рис. 2 приведен пятиосевой станок UNIPRO 5S.

Рис. 2. UNIPRO 5S



Обрабатывающие центры UNICOM

Станки UNICOM предназначены для полной обработки деталей с использованием фрезерования, сверления и токарной обработки аналогично обработке на карусельных станках.

Вертикальные обрабатывающие центры UNICOM с неподвижным порталом имеют поперечные суппорты, которые перемещаются в продольном направлении по оси Y и имеют встроенный поворотный стол. Этот стол может быть использован как планшайба карусельного станка и как делительно-поворотный стол с CNC-управлением.

Таблица 3

Портальные обрабатывающие центры UNIPORT

Характеристика	UNIPORT 4	UNIPORT 7	UNIPORT 6000	UNIPORT 6000-P	UNIPORT 8000
Ось X, мм	2000...12 000	4000...18 000	3000...18 000	3000...6000	4000...18 000
Ось Y, мм	1000...2000	2000...4000	1500...3000	1500...2500	3100...4600
Ось Z, мм	400	1000/1200	800/1000	800/1000	1250/1600
Мощность, кВт	17	36	36	36	42
Вращающий момент, Н·м	480	1350	720	720	1600
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	6000...12 000	4000...6000	6000/9000	6000/9000	6000
Опция: высокоскоростной шпиндель	55кВт/25 000 мин ⁻¹	-	-	-	-
Тип магазина и количество инструментов в нем, шт.	ISO-40/HSK-63, 51/75	ISO-50, 61 -190	ISO-50/HSK-100, 36 - 107	ISO-50/HSK-100, 36 - 107	HSK-100, 34 - 155
Длина подвижного стола, мм	-	-	2000...8000	-	2000...8000
Ширина подвижного стола, мм	-	-	1500...2500	-	2000...3500

Области применения обрабатывающих центров фирмы UNISIGN

Обрабатывающие центры	Металлообрабатывающая промышленность	Авиакосмическая промышленность	Автомобильная промышленность	Подъемно-транспортные машины	Транспортное машиностроение	Нефтегазовая промышленность
UNIVERS	+	+	+	+	+	+
UNIPRO	+	+				
UNIPORT	+		+	+	+	+
UNICOM	+	+				+

нием (ось С). Станки могут быть оснащены системой транспортировки и смены паллет (паллеты диаметром от 1250 до 2500 мм).

Краткие технические данные станков UNICOM приведены в табл. 2. На рис. 3 показан станок UNICOM 6000.

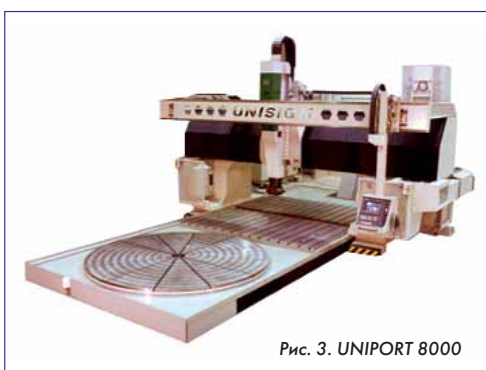


Рис. 3. UNIPORT 8000

Обрабатывающие центры UNIPORT

Станки UNIPORT предназначены для многосторонней обработки крупногабаритных деталей.

Портальные обрабатывающие центры предлагаются в различном исполнении: с подвижным порталом и неподвижным столом, а также с неподвижным порталом и подвижным столом. Эти станки могут быть выполнены в трех вариантах: с одним подвижным столом, с двумя столами или же со сменными паллетами.

Краткие технические данные станков UNIPORT приведены в табл. 3. На рис. 4 показан станок UNIPORT 8000.

В табл. 4 указаны области эффективного применения станков фирмы Unisign.

Ниже приведены характерные примеры применения станков UNICOM 6000-HV и UNIVERS 6.

Обработка кольца реактивного двигателя (рис. 5) на станке UNICOM 6000-HV

Особенности процесса:

- пятиосевая обработка;
- улучшенное качество обработки благодаря уменьшению числа установок, применению щупа измерительного датчика, установленного на ползуне, для обеспечения требуемого качества токарной обработки без смены инструмента, использованию

Рис. 5. Изготовление корпусного кольца реактивного двигателя на станке UNICOM 6000-HV



Рис. 4. UNICOM 6000

специальной малогабаритной поворотной шпиндельной головки для обработки сопряженных под заданным углом поверхностей;

- сокращение времени обработки благодаря устройству смены паллет;

- удобное управление станком с хорошим обзором зоны обработки при совершенной системе защиты и удобном доступе к станции загрузки паллет;

- Диаметр обрабатываемой детали 2000 мм.

Обработка блока цилиндров (рис. 6) на станке UNIVERS 6

Особенности процесса:

- сверление, нарезание резьбы, расточка и развертывание на лицевую сторону всех сторон блока цилиндров за одну установку;

- применение одного зажимного устройства для различных блоков цилиндров V6, V8, V10 и V12 без его смены;



Рис. 6. Обработка блока цилиндров на станке UNIVERS 6

- маятниковая обработка для увеличения производительности;
- оптимальное соотношение цены и качества;
- хорошие условия удаления стружки.

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

Представительство фирмы Globatex AG в России:
 129223, Москва, пр. Мира, д.119, стр. 69.
 Тел.: (+7-495) 739-0375, 739-0376,
 Факс: (+7-495) 232-3625
 www.globatex.ru

Globatex AG





ЗАО «Росмарк-Сталь»

Компания «Росмарк-Сталь», основанная в 1997 г., является одним из крупнейших поставщиков металлообрабатывающего оборудования ведущих станкостроительных компаний мира российским предприятиям:

- Специальные и универсальные ленточнопильные станки FMB, DANOBAT; ленточные пилы RONTGEN и др.;
- Многоосевые заточные станки для изготовления и заточки сложного комбинированного режущего инструмента ANCA, NORMAC;
- Горизонтальные и вертикальные токарные станки, токарные обрабатывающие центры DANOBAT, LEALDE, PIETRO CARNAGHI, SAFOP;
- Продольно-фрезерные центры, фрезерные и расточные станки PAMA, PIETRO CARNAGHI, SORALUCE;
- Шлифовальные станки DANOBAT, ESTARTA, OVERBECK;
- Протяжные станки HOFFMANN-LAPOINTE;
- Высокоскоростные обрабатывающие центры BRETON;
- Установки гидроабразивной резки WATER JET SWEDEN;
- Специальные патроны и паллетные системы ROTOMORS;
- Быстрорежущая сталь, порошковая быстрорежущая сталь ERASTEEL, прутки из твердого сплава HARTMETALL.

Адрес: 193230, Санкт-Петербург, ул. Челиева, д. 13, Бизнес-центр «Мак-Тауэр»

Тел.: +7 (812) 336-27-13, +7 (812) 336-27-27.

Факс: +7 (812) 336-27-25, +7 (812) 336-27-14.

E-mail: info@rosmark.ru

<http://www.rosmark.ru>

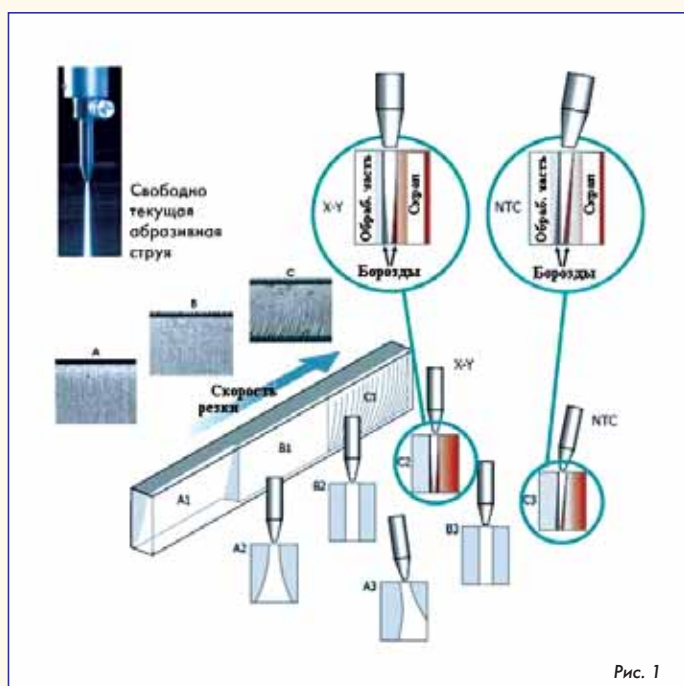


ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ УЧЕТА ДИНАМИКИ СТРУИ

Метод гидроабразивной резки нашел успешное применение во многих областях металлообработки. Отсутствие термического изменения свойств обрабатываемого материала и коробления протяженных деталей, возможность резки любых металлов толщиной до 200...300 мм, высокая точность и качество резания, позволяющего получать готовые детали без последующей механической обработки, а также высокая экономическая эффективность сделали недавних скептиков горячими сторонниками этого прогрессивного метода.

Однако для обеспечения точности и качества резания существуют разные подходы. Известно, что после разрезания материала гидроабразивной струей, поверхность реза имеет некоторую конусность. На протяжении последних нескольких лет много было сказано о преимуществах компенсирующего влияния резки качающимся соплом по сравнению с традиционной двухосевой обработкой. В отношении "простого" двухкоординатного управления эти утверждения могли быть частично верны. Однако последние усовершенствования программного обеспечения, учитывающие динамику водоабразивной струи, показывают их совершенную необоснованность.

Для того чтобы проверить эти утверждения, компания KMT Waterjet Systems (США) попросила ряд опытных и независимых фирм провести серию тестов по разрезанию материалов различной толщины с заданной шероховатостью поверхности. При сравнительном анализе оценивался обобщенный фактор, включающий инвестирование в оборудование, его ремонт, а также затраты на выполнение операции и другие расходы.



Процесс тестирования проходил при равных определяющих условиях и одинаковых требованиях к обработанной поверхности. Для проверки данных, полученных при тестировании, был привлечен независимый наблюдатель Dr. Pawan из организации Singh of Quantum Performance Solutions Inc.

В результате проведенных тестов компания KMT Waterjet Systems пришла к заключению, что двухкоординатная гидроабразивная резка с правильно выбранной программой превосходит по своим характеристикам метод обработки качающимся соплом. *"Двухкоординатная резка имеет явные преимущества перед более сложной, дорогостоящей и трудоемкой в обслуживании системой с компенсирующим качающимся соплом"*, - сообщается в отчете KMT.

Конусность

На рис. 1 иллюстрируется тот факт, что возникновение конусности и "борозд" зависит от скорости движения сопла. Вследствие эрозионной природы процесса, чем дольше струя находится в контакте с материалом, тем больше конусность будет проявлять тенденцию сходства с формой струи. Вместе с тем, при снижении скорости движения сопла уменьшается шероховатость обработанной поверхности.

Анализ рис. 1, А свидетельствует о том, что при малой скорости движения сопла образуется конусность типа А с низкой шероховатостью поверхности реза. При более высокой скорости движения сопла материал подвергается воздействию струи в течение меньшего промежутка времени, что приводит к уменьшению конусности. При дальнейшем увеличении скорости наступает "переходный" процесс, при котором конусность полностью исчезает.

Фрагменты А2 - С2 на рис. 1 представляют собой поперечное сечение струи при двухкоординатном (X-Y) резании. Фрагменты А3 - С3 рис. 1 иллюстрируют поперечное сечение качающейся струи (NTC), поворачиваемой для компенсации конусности реза.

Фрагменты А2 и А3 свидетельствуют, что при малой скорости резки достигается низкая шероховатость поверхности, а наклон струи смещает конусность в желательную область заготовки. Однако в данном случае в повороте струи нет необходимости, поскольку конусность может быть легко откорректирована путем увеличения скорости движения сопла в режиме "В", причем при этом также уменьшается время резания.

Несмотря на то, что режим С3 способствует уменьшению конусности, его применение приводит к появлению бороздчатости на поверхности реза. Только используя режим В2, можно достигнуть гладкой плоской поверхности без конусности.

Вывод: для водоструйных технологий обработки существует оптимальная скорость резания, обеспечивающая отсутствие или минимальное значение конусности и наилучшее качество поверхности.

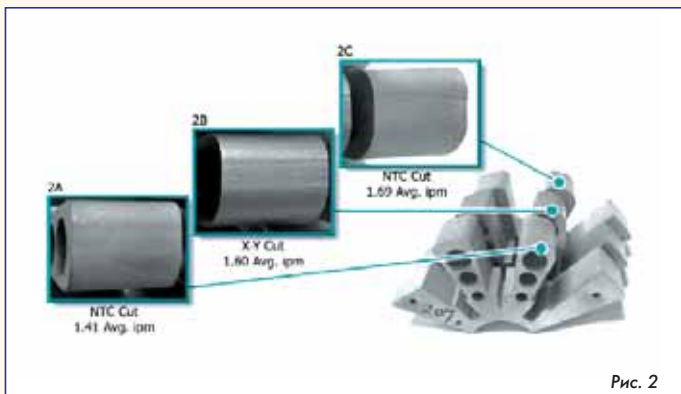


Рис. 2

Качество поверхности реза

Исследования окончательно обработанной поверхности показывают, что после перехода зоны В1 начинается образование борозд, что вызвано изгибами дрейфующей струи. При этом времени для равномерной эрозии материала недостаточно. При увеличении скорости резания поверхность становится грубее вследствие формирования все более глубоких борозд (см. рис. 1, С).

Среди прочих факторов качество поверхности при гидроабразивной обработке напрямую зависит от размера абразивных частиц и времени контакта материала со струей. Чем дольше материал подвергается абразивному воздействию струи (чем ниже скорость движения сопла), тем сильнее эффект полирования поверхности реза и наоборот. Таким образом, эффективность сопла (сопла, которое удаляет материал при повышенных скоростях движения) определяется количеством материала, удаляемого за единицу времени.

Независимые испытания абразивных головок шести ведущих производителей, проведенные в 2003 году университетом Миссури, США, показали, что самой эффективной является шведская головка Autoline™. Эта головка способна удалять на 400 % больше материала по сравнению с любыми другими головками. При этом стоимость резания снижается более чем наполовину.

Использование двухкоординатной X-Y системы и эффективного абразивного сопла при условиях, соответствующих или близких к режиму "В" на рис. 1, позволяет получить наилучшую шероховатость поверхности и исключить необходимость последующих операций. В случае, если скорость обработки является приоритетом и последующие операции приемлемы, то двухкоординатная X-Y система с функцией дистанцирования сопла (Offset) является более предпочтительной по сравнению с кача-

ущимся соплом (NTC), поскольку в этом случае требуется лишь удаление бороздчатости, что занимает меньше времени.

Вывод: только эффективность сопла определяет скорость резания, при которой начинает формироваться бороздчатость. Чем эффективнее сопло, тем быстрее оно может резать, не образуя борозды. Компенсирующий поворот сопла не влияет на шероховатость поверхности, вызванной скоростным образованием борозд.

Точность на углах реза


Опыт показывает, что многоосевая обработка качающимся соплом имеет некоторую ценность (до некоторого практического предела скорости), так как поворот сопла корректирует нежелательное отклонение струи на угловых и дуговых участках деталей с возможностью направлять борозды в направлении "от детали".

Однако при повышенных скоростях двухосевая X-Y система с оптимизационным управлением скоростью, используемая в совокупности с функцией дистанцирования (Offset), позволяет изменять направление борозд так же эффективно.

Добавление высокоэффективного сопла к двухкоординатной X-Y системе последовательно превосходит эксплуатационные характеристики существующих NTC-систем. На рис. 2 в центре показано, что при двухосевой обработке деталь была разрезана быстрее, чем при использовании NTC-системы (рис. 2, слева), при одинаковой точности и шероховатости поверхности.

Деталь, показанная на рис. 2 справа, иллюстрирует эффект применения NTC-системы при скорости выше, чем при использовании X-Y системы.

Результаты показывают, что когда X-Y система управляется программой учета динамики струи, которая оптимизирует скорость во всех точках, включая ускорение и замедление на углах, дугах и других переходах детали, эта X-Y система соответствует или превосходит по сокращению времени резки, точности и шероховатости поверхности детали систему с поворотным соплом.

Вывод: двухкоординатная X-Y система с эффективным абразивным соплом и программой Advanced Dynamic будет резать деталь быстрее, обеспечивая такую же точность обработки и шероховатость поверхности, как и при обработке методом NTC. 

Если у Вас возникли вопросы, касающиеся гидроабразивной резки, Вы можете обратиться к специалистам компании "Росмарк-Сталь" по адресу:

Санкт-Петербург, ул. Челиева, 13.

Тел.: (812) 336-2727, факс: (812) 336-2714.



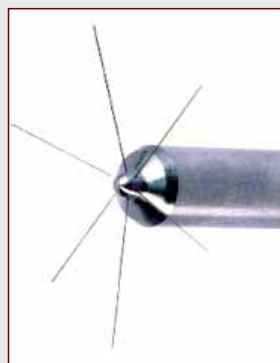
SARIX: УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ МИКРООБРАБОТКИ



Прогресс заставляет разработчиков всего мира включать в конструкцию все более миниатюрные элементы. Швейцарской фирмой SARIX под влиянием этой тенденции был разработан метод микрообъемной обработки. Для таких задач предлагается серия высокопроизводительных установок SX-100/200 для микроэрозионной обработки. Они рассчитаны как для изготовления прототипов и промышленных образцов высокоточных компонентов, так и для их средне- и крупносерийного производства.

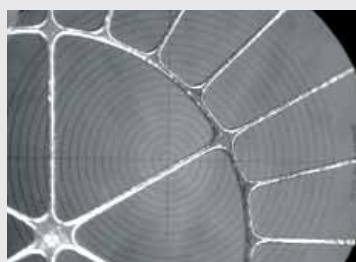
Фирма SARIX - мировой лидер в области микроэрозионной обработки. В настоящее время, благодаря большому

накопленному опыту ей удалось поднять технологические возможности электроэрозионного фрезерования до уровня, соответствующего постоянно возрастающим требованиям к данной технологии. Установки SARIX, ввиду исключительной надежности и большого количества содержащихся в них инновационных нововведений, обеспечивают возможность эффективного производства с низкой себестоимостью. Это характерно не только для высокоточной и высокопроизводительной обработки трехмерных объектов, но и для обработки отверстий в деталях турбин. Аэрокосмическая и автомобильная отрасли в настоящее время являются наиболее типичными потребителями установок SARIX. Именно здесь наиболее эффективно отражаются преимущества использования технологии, применяемой компанией SARIX в производстве сложных компонентов.



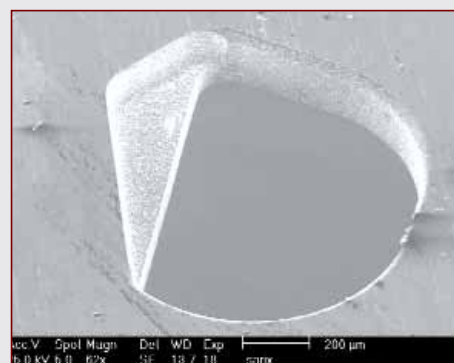
Многие предприятия Российского авиапрома, такие как ФГУП "ММПП "Салют", ОАО "ММП им. В.В. Чернышева" и другие в настоящее время уже приобрели и успешно эксплуатируют многоосевые установки SARIX SX-200 для прошивки каналов охлаждения в турбинных лопатках.

Установка использует технологическую базу данных для микроэрозионной обработки, интегрированную в микроимпульсный генератор (SX-MFPS). Такая комбинация открывает новые возможности прошивки более глубоких и точных отверстий идеальной круглой формы малого диаметра. Это позволило достичь уникальной комбинации: обработка отверстий от 10 мкм до 3 мм с шероховатостью поверхности $Ra = 0,05$ мкм, при отсутствии зоны термического влияния.



Возможности установок серии SX-100/200, применение всевозможных специализированных приспособлений и дополнительной оснастки позволяют адаптировать процесс практиче-

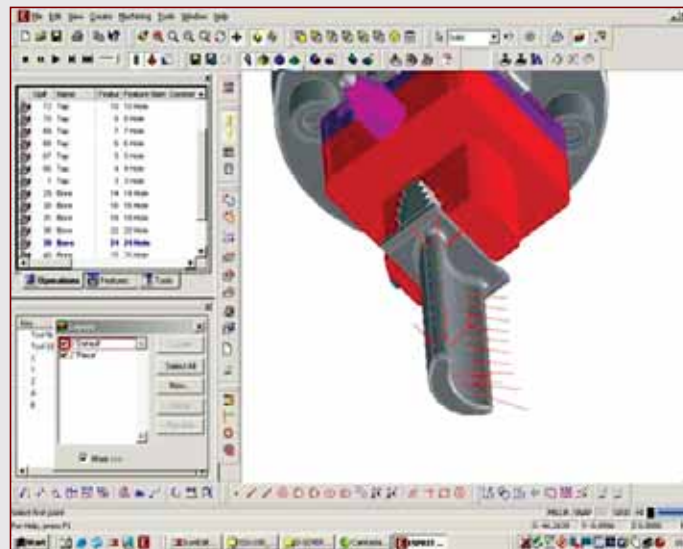
ски к любым требованиям заказчика. Конечно, если они лежат в области электроэрозионного сверления микроотверстий, микропрошивки и объемного микрофрезерования с возможностью обработки в семи (!) осях. Автоматическая заправка электродов, шпиндель с компенсацией износа электрода и револьверной головкой для автоматической подачи электродов еще больше увеличивают производительность. Установки SARIX с функцией объемного микроэрозионного фрезерования открывают новые возможности в обработке микроотверстий, микрополостей и изготовления высокоточных фасонных отверстий в турбинных лопатках. При этом все методы обработки показывают отличные результаты на таких "экзотических" материалах,



как титан, платина, поликристаллический алмаз и твердый сплав без изменения структуры материала.

Установки SARIX оснащаются приспособлениями для высокоточного электроэрозионного микрофрезерования карманов, обработки площадок или фасонных отверстий. Это позволяет с высочайшей точностью и повторяемостью формировать каналы охлаждения сложного поперечного сечения, способные более эффективно отводить тепло.

CAM-система SX-Micro-EDM-Milling, введенная фирмой SARIX в 2004 году, доказала возможность высокоточной электроэрозионной микрообработки с точностью 1 мкм с контролем глубины обработки простым электродом. При такой высокой точности обработки позиционирование отверстия по глубине осуществляется в той же микронной области.





Программное обеспечение SX-uEDM-Milling, помимо указанного ранее, включает в себя передовые решения по интеграции 3D моделей деталей авиационных двигателей. Обработка неограниченного числа отверстий и рядов отверстий может быть легко выполнена при активации системы контроля сквозного прожига "SX-BTD". Оснастка для крепления заготовки и узлы самой установки также интегрированы в этот программный пакет, что позволяет при подготовке программы для обработки всех отверстий проверить перемещения всех узлов установки, оснастки и заготовки на предмет отсутствия их взаимного столкновения.

Высокая производительность обработки одиночных отверстий позволяет заказчику сгладить негативные факторы, свойственные технологиям многоэлектродной обработки (обработка "гребенкой").

Разработчики SARIX вложили в установку самые передовые "Ноу-Хау", которые обеспечивают заказчику свободу в разработке своей собственной уникальной технологии. Гибкая и легко модифицируемая концепция установок SARIX, делающая работу полностью контролируемой, обеспечивает высочайшую гибкость микроэрозионной обработки и помогает заказчику реализовать его производственный потенциал.

Новые технологии и тенденции фирмы SARIX подробно представлены сетью представителей фирмы во всем мире. Компания "АТМ Технолоджи" - официальный представитель фирмы SARIX в России и странах СНГ.



ООО "АТМ Технолоджи"



141002, Московская область,
г. Мытищи, а/я 2
тел.: (495) 518-5076, 589-7874
факс: (495) 583-6771
<http://www.atmt.ru>
E-mail: info@atmt.ru

THE BEST MICRO EROSION TECHNOLOGY
SARIX
3D Micro - Milling



EDM
HIGH PRECISION
EDM
Micro-drilling
Micro-sinking

NEW
3D Micro - Milling

SARIX SA
CH 6616 LOSONE
tel + 41 91 785 81 71
fax + 41 91 785 81 77
www.sarix.com



Девятый Международный Салон «ДВИГАТЕЛИ-2006»
Указом Правительства РФ № 115-р от 2 февраля 2006 г.

ДВИГАТЕЛИ-2006



НЕ ТОЛЬКО ТВЭЛЫ...



Олег Васильевич Крюков, генеральный директор ОАО "Машиностроительный завод"

Открытое акционерное общество "Машиностроительный завод" (МСЗ), входящее в корпорацию "ТВЭЛ" Федерального агентства по атомной энергии, относится к числу крупнейших промышленных предприятий России. ОАО "Машиностроительный завод" входит в первую сотню наиболее стабильных промышленных предприятий России. Завод имеет 50-

летний опыт производства тепловыделяющих сборок для активных зон энергетических ядерных реакторов, в том числе исследовательских и реакторных установок судов морского флота.

С середины 90-х годов технологические возможности производства ядерного топлива ОАО "Машиностроительный завод" оказались востребованными в Западной Европе. Выходу на западный рынок способствовало получение заводом ряда престижных дипломов и сертификатов, удостоверяющих высокие показатели качества его продукции. Продукция завода обеспечивает работу АЭС России, Украины, Литвы, Армении, Чехии, Словакии, Венгрии, Болгарии, Финляндии, Германии, Нидерландов, Швеции и Швейцарии. Энергетические установки всех российских морских атомных приводятся в действие благодаря тепловыделяющим сборкам, произведенным в городе Электросталь.

В последнее время завод активно развивает производства, исторически связанные с урановым, но выделенные в самостоятельные бизнес-единицы, продукция которых находит широкое применение в других областях народного хозяйства. Используя опыт в порошковой металлургии, накопленный при изготовлении ядерного топлива, "Машиностроительный завод" в начале 60-х годов начал выпуск ферритовых магнитов для нужд отрасли. В настоящее время производственные мощности ОАО "Машино-

строительный завод" позволяют изготавливать свыше 2500 т ферритострунцевых магнитов различных форм и назначения, создано производство высокоэнергетических магнитов на основе сплава неодим-железо-бор. Отработка технология нанесения коррозионно-стойких металлических и пластиковых покрытий. Производимые магниты находят широкое применение в электронной и ав-

томобильной промышленности, в машиностроении и ряде других отраслей. Наиболее востребованными на сегодняшний день являются магниты сегментной формы с радиальной текстурой для комплектации электродвигателей и стартеров. Производство магнитов сертифицировано в соответствии с международным стандартом ISO 9001 и ISO 14001.



Собственное производство труб ОАО "МСЗ" было начато в связи с обострившимися проблемами в снабжении основного производства качественными особо тонкостенными трубами из коррозионно-стойких сталей и сплавов для комплектации ТВЭЛов и ТВС энергетических установок. В настоящее время, имея в своем составе собственное трубопрокатное производство, ОАО "МСЗ" не только обеспечивает свою внутреннюю потребность в трубах, но и предлагает их внешним потребителям. Трубопрокатный цех завода изготавливает свыше 50 типоразмеров тонкостенных прецизионных труб из коррозионно-стойких марок сталей и сплавов, а также осваивает производство труб из титановых сплавов. При производстве труб используется современное высокопроизводительное оборудование немецких фирм, которое позволяет получать трубы диаметром от 2 до 80 мм с толщиной стенки от 0,1 до 7 мм. Производство труб сертифицировано в соответствии с международным стандартом ISO 9001 и ISO 14001. Контроль качества труб осуществляется в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и включает в себя:

- металлографический контроль материала труб;
- ультразвуковой контроль сплошности металла;
- ультразвуковой контроль геометрических параметров.

Используемая технология и оборудование позволяют изготавливать высокоточные трубы с минимальным разбросом по геометрии, микроструктуре и механическим свойствам.

ОАО "Машиностроительный завод" также выпускает кальций-металлический дистиллированный в виде гранул, стружки и слитков высокой чистоты.

Развитие дополнительных направлений повышает, по нашему мнению, устойчивость бизнеса в целом. !!!



144001, Россия, Московская обл., г. Электросталь, ул. К. Маркса, 12.
Тел.: (495) 702-9901, 702-9952. Факс: (495) 702-9221.
E-mail: zymsz@elemash.ru; market@elemash.ru
http://www.elemash.ru



ВИХРЕМ ПО МУЗЕЙНОМУ ПАРКЕТУ

"Самолет - не цель, а средство достижения цели"

Антуан де Сент-Экзюпери. Пилот, философ, писатель, 1942

"Читайте! (Автор)"

Обращение Автора к Читателям, XX век

Дмитрий Александрович Боев

В самом начале XXI века руководство одного из наших ведущих технических музеев предложило мне поработать над проектом экспозиции, посвященной авиации. Резонов к этому действию много, наибольший - достаточно регулярная посещаемость музея школьниками, для которых знакомство с авиационной тематикой, ее составляющими, путями и результатами ее воплощения, достижениями нашей страны в этой области весьма и весьма важно как в учебном, так и в воспитательном смысле.

Надо учесть, что столичное расположение данного музея сильно ограничивало его возможности: перспектив увеличивать собственные экспозиционные площади почти никаких, а потому, авиационный раздел предполагалось разместить в проходном зале 12х12 м., с потолком на уровне 6 м.: это существенно, о чем - дальше. В зале три двери, одна из них ведет к входной лестнице, а две другие - к прочим экспозициям. При этом единственная стена, свободная от дверей, почти целиком занята огромными, почти во всю высоту зала, окнами.

С самого начала было ясно, что надо создавать не чисто мемориально-фондовое собрание авиационных раритетов, а имиджевую экспозицию. При таком развороте дела, каждый из экспонатов, моделей или макетов может нести множественную смысловую нагрузку, а их совокупность олицетворяла бы собой, кроме коллекции как таковой, еще и идею, стоящую за созданием данного объекта или группы объектов. Таким образом, основной смысл данной работы, сформировать у посетителя (и, в первую очередь, именно у посетителя юного) образ "авиации в целом", авиации - как явления. Только тогда наше творение оставит ощущение "сопричастности с темой", что хоть как-то оправдает его появление. В экспозиции хотелось бы материализовать идею о влиянии авиации на трансформацию философской идеи Полета из мечты в реальность и изменения самого общества в связи с этим.

Предполагается, что экспозиция будет разворачиваться по ходу осмотра согласно ретроспективно-тематическому принципу. Тематические экспозиции построены по "точечному" кустовому принципу и имеют собственные структуру и внутреннюю логику развития. Стоит отметить, что при таком построении размер зала не имеет существенного значения: экспозиция может быть одинаково содержательной, меняется только размер самих тематических зон и их наполнение. По такому же принципу может быть организована, скажем, и сборно-разборная передвижная экспозиция. Для авиации такое размещение имеет внутреннюю логику, на чем я достаточно подробно остановлюсь несколько ниже.

Экспозиционные зоны по залу предполагались следующие: I - предистория авиации, II - история авиации, III - современная авиация и IV - будущее авиации. По всему периметру зала, над и под окнами - "встроенные" в зоны области: в I - область исторических портретов, во II - область "основоположников авиации", во II и в III - область полета (с историями по персоналиям - пилотам и конструкторам), перед III, отдельной витриной - область производства и технологии, а в III область конструирования, с историей конкретных КБ и наиболее знаменитых самолетов (вроде "Ильи Муромца", По-2, Ил-2, Ту-104 и других).

Стержень композиционного построения всей экспозиции - вихрь (см. рисунок). Надо учесть, что, прежде всего, вихрь - символ

"подъема над рутинной бытия". Авиация, как и вся аэродинамика, - организация посредством разного рода технических конструкций взаимодействия разнообразных вихрей. Как было показано Жуковским, в этом - основа принципа подъемной силы, основа работы винтов и современных ГТД, дозвуковой и сверхзвуковой аэродинамики, гидродинамики и еще многого. Вся газодинамика и аэродинамика в авиации - теория взаимодействия вихрей и тел с вихрями. И упомянутый экспозиционный ряд в обход зала - это тот самый вихрь. Экспозиция должна строиться так, чтобы экскурсант оказывался как бы "захвачен" этим вихрем: сначала он просто осматривает экспозицию по внешнему витку вихря - периметру зала, постепенно приближаясь к центру. Далее, часть экспозиции, захватывающая внутренний объем пространства зала, как бы уменьшает его диаметр. Здесь вихрь уже становится реально видимым, входя в элемент экспозиции, а в дальнейшем - напрямую становясь ее частью, которая выходит к потолку зала над входом (почему я ранее упоминал об отдельном смысле, содержащемся в высоте помещения). Такое построение позволит, сохранив "воздушность" зала, максимально использовать его объем.

В середине зала должна быть экспозиционная конструкция, начинающаяся сразу от входа. Конструктивно это - тот же вихрь, та же правая спираль, что и во всей экспозиции, только уже в 3-х измерениях: вихрь завивается в том же направлении, по часовой стрелке, обходит экспозицию центра (о ее составе - отдельно) и оканчивается на потолке над входом, где размещен макет аэродрома. Здесь вихрь может иметь уже реальный абрис и преобразовываться в... выход из штопора над аэродромом. Вихрь олицетворяет отрыв от Земли (для чего, собственно, и существует авиация) и возвращение на Землю (не "в землю", а возвращение удачное - выход из пике и штопора!).

Центральная группа как бы представляет собой символ самолета, его образ. Поэтому, над самым входом, "носом" к входящим, поднята раскрытая сбоку пилотская кабина маленького пассажирского самолета. С оборотной стороны в кресла кабины "заданные" примерно на 35-50°, есть доступ и туда можно в принципе сесть, а через лобовое стекло виден как раз тот аэродром на потолке (пол и большая часть экспозиции - вне поля зрения) и находящийся у самого входа экран проектора. Экран тоже почти под потолком, справа от входа, над зоной "будущего авиации". Экраном, собственно, заканчивается виток вихря, проходящий по периметру помещения. Сам компьютерный проектор размещен посередине зала, над макетом кабины. Возле входной двери, у центральной группы, помещена стойка передней ноги шасси истребителя и, - под самой кабиной, антенна бортового радара с фазированной решеткой, а слева, по обходу - элементы конструкции и обшивок планера в разрезе. Над ними выставлена часть крыла с протектированным баком, также с вырезом.

За кабиной в центральной группе несколько рядов кресел с борта лайнера и деталь его борта. Макет кабины без обшивки салона, чтобы было видно внутреннюю структуру. Кресла находятся практически в середине зала и развернуты в плане на 45° по направлению к экрану (зал, напоминая, квадратный). По сути, эти кресла представляют собой часть просмотрового зала (кому места не хватило, кто не сел - тот смотрит стоя...). Спираль вихря про-

ходит прямо перед этими креслами и немного "кренит" пол у кресел (гораздо меньше, чем кабина у входа: до 10°).

У самого начала центральной зоны (от входа - слева) старый поршневого авиационный двигатель. Он находится прямо напротив зон "предыстории" и "истории" авиации. Сзади центральной зоны (со стороны окна) - современный газотурбинный двигатель (разрезной макет небольшого газотурбинного двигателя, можно с соплом УВТ, типа выставочного макета АЛ-55). Он территориально получается против стены с окнами - там "область полета".

У стены с окнами - "область полета", слева от нее - витрина "области технологии" с элементами материалов и конструкций: сотовая конструкция, турбинная лопатка, макет ТНА... Справа, в углу - пульт наземной диспетчерской - с экранами, тумблерами и лампами. Это - работающая модель или списанный тренажер. В эту зону встроен компьютер (от которого, кстати, работает и проектор). Под потолком этой части, слева - полураскрытый парашют со стропами до полу и знамена ВВС разного времени - по всей стене. Из окон, на разной высоте, в зал "летят" модели самолетов всевозможных размеров и масштабов. Высота последних - вне пределов досягаемости для экскурсантов (противу любителей сувениров).

Слева, сразу за входом в зал, манекен-"авиатор" в костюме летчика начала века: кожаная куртка, шлем, очки, краги, шелковый шарф, высокие ботинки. У входа, слева (начало обзора) "зона предыстории авиации": пунктиром - чучело птицы, модель александровского ("сегнерова") колеса, проекты Леонардо, Китайская змеенавтика, "вертодром" Ломоносова, деятельность Можайского, Лилиентала, Менделеева, Крылова, братьев Райт, различные крылья, воздушные шары Монгольфье и Шарля, проекты управляемых шаров и дирижаблей, первый полет шаров Гарнерена, Робертсона и Кашинского в России, схемы и фотографии первых летательных аппаратов тяжелее воздуха, фотографии Кармана, Жуковского, Прандтля и Ветчинкина, ЦАГИ и его ранние установки, Анзани, Блерио, Гризодубов, Костович, Циолковский и пр... Фоном - от самого входа - коллажи из афиш начала века с объявлениями о производстве полетов. Под потолком - поезд воздушных змеев Ульянина, модели самолетов начала века. Фотоколлажи по тематике.

По той же левой стене дальше - "зона истории авиации". Авиация Первой мировой. Фоном - авиабум 20-х годов - Маяковский, Татлин, Моор и пр. (это - стиль). Далее в этой зоне - плакаты с призывами 30-х, типа "Комсомол - на самолет!" и пр. Достать что-либо из реалий времени, скажем, часть обшивки из гофрированного алюминия, перкаль, кольчугалюминий, винты, кресла пилотов, пассажирские скамьи или еще что-то, возможно на предприятиях и ОКБ.

Далее по той же стене, ближе к окну и до самого угла зала - "быстрее всех, выше всех, дальше всех" - экспозиция предвоенной авиации. Тоже, где возможно, следует усилить восприятие реальными или воспроизведенными артефактами времени: элементами афиш и плакатов, коллажами из фотографий, характеризующих Время. Все это также есть в фотовыставках (в том числе - в зале). Эта зона переходит в стену с окнами, где располагается "зона полета". Здесь - витрины и стенды по "великим летчикам" (с упором экспозиции на российских пилотов). Рисунок, изображающий братьев Монгольфье и

Райт, галерея первых пилотов, Нестеров и схема его петли, афиша демонстрационных полетов Уточкина или Ефимова, перелеты Линдберга и экипажа Чкалова и Громова, Баранов и Алкснис, спасение челюскинцев, Гризодубова, Раскова, Громов, Коккинаки, Покрышкин, и прочее. Все это дано галереями, вплоть до последних пилотов - "витязей", "стрижей", "гусаров". Возможно включение в экспозицию фильмов о пилотаже. Здесь же первые пассажирские перелеты: Юнкерс, Туполев, Сикорский, Яковлев, Ильюшин и др. Почтовые полеты и рекордные перелеты - Экзюпери, Линдберг. Отдельные фотографии и стенды, рассказывающие о пилотах и знаменитых штурманах (вроде Аккуратова или Белякова). В этой же зоне, материалы, рассказывающие о II Мировой войне и авиации в ней. Фон ее - увеличенные коллажи фотографий. О боевом содружестве с французами, англичанами, американцами.

По правой стене "зона полета" переходит в "зону современной авиации". Реактивный полет: борьба технологий. Чертежи и схемы летательных аппаратов, вещи пилотов и конструкторов. История испытаний авиатехники.

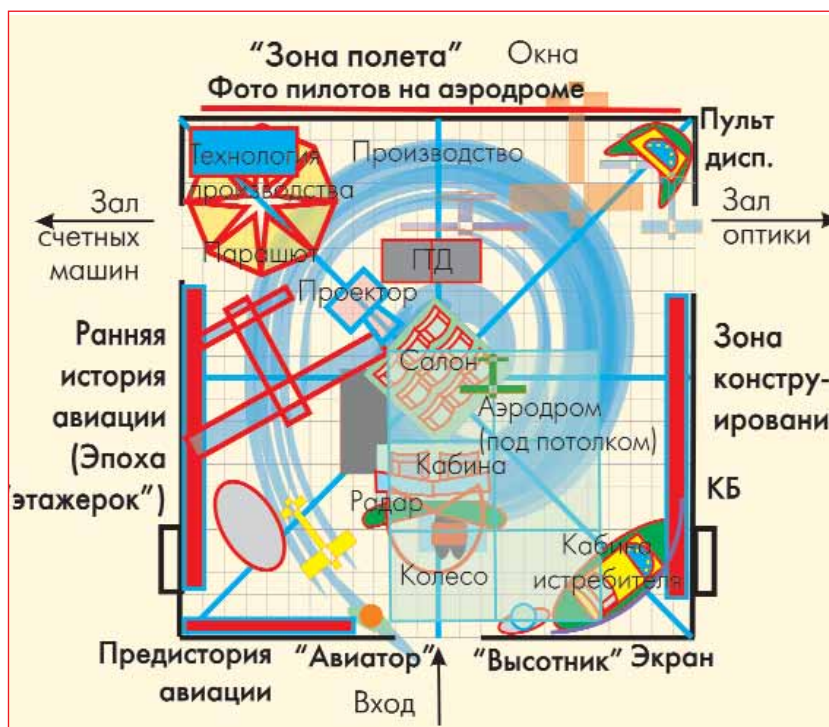
На фоне "зоны современной авиации" (примерно посередине стены) находится "Зона конструирования": фоном - фотография перспективы КБ с рядами кульманов, угол одного "выходит" в зал (это - витрина, по сути - диорама для антуража) с реальной подсветкой. Здесь же - часть реального чертежа самолета, стол, заваленный расчетами, книгами. Это - рабочее место конструктора 60-70 гг. Основа этой части - отдельные стенды по ОКБ - Ильюшина, Туполева, Антонова, Микояна, Миля, Сухого, Камова, Яковлева. В этой области находится и "Зона производства". Она представлена элементами и макетами крыла и фюзеляжа, двигателей и станков для их производства и т.д.

Учитывая тематическую направленность экспозиции (см. в начале), у зоны современной авиации (в углу, справа у входа) следует установить "действующую" модель кресла-тренажера кабины пилота с включаемыми лампами и тумблерами и чтобы школьники могли там посидеть и пощелкать этим всем (без излишнего вреда для аппаратуры).

На выходе из этой зоны манекен-"высотник". Он представляет собой летчик в высотном скафандре. Он оказывается как бы с другой стороны по отношению ко входу от "авиатора", с которого начался осмотр. Эти манекены стоят у входа как почетный караул.

В зале можно организовать непрерывный (в периоде экскурсий или по времени) показ через ЭВМ фильмов и видеороликов, полученных от фирм и предприятий в рамках совместной работы. В том же зале, используя кресла салона, можно устраивать небольшие тематические лекции с компьютерным сопровождением.

Прощаясь с читателем, добавлю только, что проект этот пока еще далек от воплощения, однако, по нашей договоренности, я не называю здесь музей. Думаю, для объяснения идеи это и не столь обязательно. Может быть, принцип, с которым мы работали над концепцией будет полезен кому-то в создании собственных экспозиций по этой и иным темам. В конце концов, хотя бы и та может быть польза, что проясняет: самые сложные задачи в самых стесненных условиях решаемы. Были бы деньги и воображение. **П**



МЕЖКОНТИНЕНТАЛЬНАЯ РАКЕТА - ОРУЖИЕ XX ВЕКА

(К 60-ЛЕТИЮ ПРИНЯТИЯ ПОСТАНОВЛЕНИЯ СМ СССР ОТ 13 МАЯ 1946 Г.)

Вячеслав Федорович Рахманин,

главный специалист ОАО "НПО Энергомаш им. академика В.П.Глушко", лауреат Государственной премии СССР, академик Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, к.т.н.

Забота об обороне страны во все времена являлась одной из основных государственных задач. Во время ведения войны государство мобилизует все людские и промышленные ресурсы, в мирное время уделяет внимание вооружению армии, стремясь не отставать по качеству и количеству вооружения от армии предполагаемого противника. История войн XIX-XX веков свидетельствует, что в военных конфликтах армии промышленно развитых стран применяли новые виды вооружения. Так, в войнах XIX века на смену деревянным парусникам пришли одетые в броню корабли с паровыми двигателями, появилось нарезное ствольное оружие, новые виды взрывчатых веществ. В XX веке разразились две мировые войны и в первой из них (1914-1919 гг.) в армиях воюющих сторон появились качественно новые виды вооружений - пулемет, танк, аэроплан. Во Второй мировой войне (1939-1945 гг.) были применены ядерная бомба и реактивное вооружение, в качестве образца которого особо следует выделить ракету дальнего действия с ЖРД. Эти оба вида вооружения явились результатом длительной, наукоемкой и дорогостоящей работы выдающихся ученых и инженеров. Разработка нового оружия перешла из технико-производственной сферы в научно-технологическую с преобладанием научного вклада. В XX веке для получения качественно нового оружия понадобились огромные затраты на проведение глубоких научных исследований во многих фундаментальных науках и создание новых научных направлений, требовалась кооперация научных и промышленных центров с хорошо спланированной их работой. Такая организация работ, как и огромное финансовое их обеспечение, под силу только государственным структурам, которые и являются заказчиками разработки всей военной техники.

Опыт применения в годы Второй мировой войны реактивного вооружения стал основанием для выпуска 13 мая 1946 г. постановления Совета Министров СССР № 1017-419 "Вопросы реактивного вооружения", которое принято считать основополагающим для создания в нашей стране ракетостроительной отрасли промышленности. Не подвергая ревизии это общепринятое положение, следует все-таки указать, что разработка и изготовление боевых ракет в нашем Отечестве имеет глубокие исторические корни.

Боевые пороховые ракеты находились на вооружении российской армии в XVII-XIX веках. Все это время их изготовление велось на казенных пороховых заводах, причем некоторые заводы специализировались только на выпуске боевых ракет. Так, в 1680

г. в Москве было открыто "Ракетное заведение", затем в 1826 г. аналогичное "Ракетное заведение" было создано в Петербурге, в середине XIX века открылся Николаевский ракетный завод (г. Николаев), имелся и еще ряд казенных предприятий, изготавливающих боевые ракеты на черном порохе.

Первое в СССР государственное предприятие по разработке и изготовлению реактивных снарядов на бездымном порохе было учреждено в декабре 1922 г., когда работающая с 1921 г. по договору с Отделом военных изобретений Комитета по делам изобретений "Лаборатория по разработке изобретений Н.И. Тихомирова" была подчинена Главному артиллерийскому управлению (ГАУ) РККА. Эта лаборатория в 1928 г. получила название "Газодинамическая лаборатория" (ГДЛ) и была переведена в подчинение Техштаба Начальника вооружений РККА. В работе ГДЛ успешно сочеталась разработка твердотопливных снарядов и ЖРД для боевых ракет. В 1933 г. на базе объединения ГДЛ и МосГИРД был организован первый в мире Реактивный научно-исследовательский институт (РНИИ), который в течение последующих лет сменил ряд названий и в настоящее время называется "Исследовательский центр им. М.В. Келдыша".

Основным тематическим направлением работ РНИИ была разработка твердотопливного и жидкостного реактивного вооружения. Реактивные снаряды устанавливались на самолеты, морские суда, автомашины, танки для ведения ближнего боя; жидкостные крылатые ракеты предназначались для поражения целей, удаленных на десятки километров. Параллельно с работами РНИИ в период с 1935 г. по 1939 г. боевые жидкостные ракеты дальностью до 25 км с массой заряда 5 кг разрабатывались в КБ-7, подчиненном ГАУ. Во второй половине 30-х годов в силу ряда объективных и субъективных обстоятельств в СССР на пер-

вый план в разработке реактивного вооружения вышло создание твердотопливных реактивных снарядов. В 1939 г. КБ-7 было расформировано, творческую часть его коллектива включили в состав НИИ-3 (бывший РНИИ), а в самом НИИ-3 работы по ЖРД и жидкостным ракетам замедлились в связи с арестом, а затем осуждением основных разработчиков жидкостной тематики - В.П. Глушко и С.П. Королева.

В преддверии будущей войны необходимо было определить главное направление в разработке реактивного вооружения. На состоявшемся в 1939 г. научно-техническом совете наркомата боеприпасов,



Боевая машина залпового огня "Катюша"

которому подчинялся НИИ-3, после всестороннего обсуждения дальнейших путей развития ракетной техники в СССР было принято решение сконцентрировать усилия в направлении, позволяющим, как тогда представлялось, получить положительные результаты в минимальные сроки. Таким направлением было определено создание пороховых реактивных снарядов, устанавливаемых на боевые мобильные средства. ЖРД предполагалось использовать в качестве вспомогательных двигателей на винтомоторных самолетах для сокращения стартового пробегов и форсирования скорости полета в боевых условиях.

В результате проведения дальнейших работ в НИИ-3 пороховые реактивные снаряды, основы конструкции которых были заложены еще в ГДЛ, успешно использовались в установках залпового огня, получивших широкую известность под названием "Катюша". В годы войны было создано и применено в боях более 35 типов и модификаций снарядов и реактивных установок, способных поражать цели на удалении от 4 до 12 км.

Разработки ЖРД для установки на самолеты в период 1940-1945 гг. велись под руководством В.П. Глушко (дополнительный двигатель на самолетах Пе-2, Ла-7, Як-3, Су-7), Л.С. Душкина (маршевый двигатель в проекте перехватчика "302"), А.М. Исаева (маршевый двигатель перехватчика БИ-1). Разработка двигателей Душкина и Исаева была прекращена в 1944 г., двигатели Глушко РД-1 (РД-1Х3) успешно прошли все виды наземной отработки, включая стендовые государственные межведомственные испытания и в соответствии с постановлением ГКО, принятым в мае 1944 г., изготавливались малой серией для проведения заводских летных испытаний на каждом из указанных типов самолетов.

Окончание Великой Отечественной войны и появление воздушно-реактивных двигателей привело к заметному снижению интереса к использованию ЖРД в авиации. Разработкой боевых ракет дальнего действия, как пороховых, так и жидкостных, в СССР в годы войны не занимались. Исключение составила инициативная разработка С.П. Королевым в конце 1944 г. - начале 1945 г. "рабочих предложений" по созданию пороховых ракет: баллистической Д-1, крылатой Д-2 дальностью 30 км (вариант - 75 км) и жидкостной ракеты Д-4 с ЖРД тягой 1,2 тс. Предложения предусматривали обеспечение стабилизации полета ракет путем установки аэродинамических стабилизаторов на Д-1 и Д-4 и системы автоматического управления на Д-2. Дальнейшего развития эти предложения не получили.

Фашистская Германия с первых дней прихода к власти Гитлера в 1933 г. готовилась к реваншу за поражение в Первой мировой войне. Жидкостные ракеты дальнего действия стали одной из составляющих нового вооружения германской армии. Опираясь на теоретические разработки Г. Оберта, практические достижения Р. Небея, И. Винклера, К. Риделя, немецкие ученые и инженеры под руководством В. фон Брауна разработали мощную жидкостную ракету дальностью полета 270...290 км с массой боевого заряда до 1 т. В марте 1942 г. начались экспериментальные летные испытания ракеты А-4, более известной под ее пропагандистским наименованием "Фау-2". В сентябре 1944 г. был осуществлен первый пуск ракеты А-4 по Лондону.

На вооружении германской армии имелось и другое реактивное вооружение, в частности, самолеты, зенитные ракеты, артиллерийские установки залпового огня, но они заметного влияния на ход боевых действий не оказали.

Чей же выбор реактивного вооружения - СССР или Германии - оказался правильным? Известно, что "практика - критерий истины". В данном случае ответом может быть сравнение эффективности боевого применения советских реактивных установок типа "Катюша" и немецких ракет дальнего действия А-4. По оценкам военных историков, мемуарным воспоминаниям советских и немецких военачальников наши реактивные установки, широко применявшиеся на полях войны с 1941 по 1945 г., внесли заметный вклад в общую победу советского оружия над немецкой военной техникой, в то время как ракеты А-4 нашли лишь ограниченное применение, их использовали с начала сентября 1944 г. до

конца марта 1945 г. для обстрела городов Великобритании, Франции, Нидерландов. Всего было выпущено несколько тысяч ракет А-4, однако добиться поставленной задачи - посеять страх и панику среди населения и сломить боевой дух английской армии - не удалось. "Чудо-оружие" не оправдало надежд политического руководства и военного командования Германии.

При столь разных сферах применения обе разновидности реактивного оружия страдали одним общим недостатком: их боевые заряды имели большое рассеивание. Поэтому ракетами А-4 обстреливали цели, имеющие большую площадь - крупные города, а для поражения "Катюшей" одиночной цели нужно было произвести залповый выстрел. Но уже в ходе войны советские реактивные установки усовершенствовались. В 1945 г. появились установки БМ-31СН со спиральными направляющими, обеспечивавшие "закрутку" реактивного снаряда аналогично ствольной нарезной артиллерии. Это существенно повысило эффективность реактивного вооружения. Результаты стрельбы таких установок стали оценивать по кучности попадания снарядов, а не по их рассеиванию. Немецкие конструкторы также вели работы по повышению точности попадания ракет А-4 в цель, однако каких-либо положительных результатов им получить не удалось.

Поражение Германии позволило советским ученым и инженерам, специализирующимся в реактивной технике, ознакомиться с достижениями немецкой науки и промышленности в этой области. Ракета А-4 в среде советских военных и технических специалистов получила неоднозначную оценку. С одной стороны, ее размеры и рабочие параметры, особенно величина тяги двигателя (25 тс), произвели на наших специалистов огромное впечатление, ведь у имевшихся в СССР ЖРД тяга составляла не более 1,5 тс. Но вместе с высокой оценкой технических достижений немецких конструкторов отмечались и существенные тактико-эксплуатационные недостатки: ограниченная дальность действия (не более 300 км), низкая точность попадания в цель, длительная подготовка к выстрелу, наличие факторов, демаскирующих боевую позицию и т. д. И все же, суммируя имевшиеся достоинства и недостатки, жидкостная ракета дальнего действия, способная наносить удары по целям, расположенным за сотни, а, как утверждали советские специалисты еще в 30-е годы, и за тысячи километров, представляла собой перспективное оружие нового поколения. Указанные выше недостатки являлись следствием первичного этапа разработки (вспомним общий вид и характеристики первого автомобиля, первого танка, первого аэроплана...).

Бурное развитие науки в середине XX века в совокупности с использованием отечественного задела в разработке жидкостной ракетной техники позволяли существенно расширить возможности дальнейшего совершенствования технических характеристик нового вида вооружения и технологии его промышленного производства. Это хорошо понимали прогрессивно мыслящие советские военачальники и государственные деятели, отвечавшие за обороноспособность страны. Их взгляды подкреплялись инициативой советских инженеров, развернувших изучение конструкции, технологии и организации производства реактивного вооружения в Германии. Все это явилось основанием для подготовки и принятия исторического постановления СМ СССР от 13 мая 1946 г.

Чтобы лучше осознать значимость принятого постановления, следует сравнить масштаб и организацию работ по жидкостной реактивной технике, проводившихся в СССР до и после указанного постановления.

В начале 1946 г. в СССР жидкостной реактивной техникой занимались ОКБ-РД (главный конструктор В.П. Глушко), отдел по разработке ЖРД (ведущий конструктор А.М. Исаев в ОКБ В.М. Болховитинова) и в КБ ЦИАМ (главный конструктор Л.С. Душкин). Указанные КБ разрабатывали ЖРД для установки на самолеты. В наркомате авиапрома в 1944 г. было организовано 18-е Главное Управление по реактивной технике во главе с заместителем наркома П.В. Деметьевым. В 1945 г. 18 ГУ было упразднено, так как весь наркомат был переориентирован на реактивную авиацию. Таким образом, в первой половине 1946 г. вся

жидкостная реактивная тематика в СССР замыкалась на применении ЖРД в авиации, хотя к этому времени уже определилось дальнейшее направление развития реактивной авиации на основе использования воздушно-реактивных двигателей.

В этой обстановке правительственное постановление от 13 мая 1946 г. меняло направление дальнейших работ по жидкостной реактивной тематике, переводило их на новый уровень организации и придавало им подлинно государственный размах.

Постановление определило работы по развитию реактивной техники важнейшей государственной задачей и обязало все министерства и организации выполнять задания по реактивной технике как первоочередные.

Организация и руководство работами, связанными с реактивным вооружением, поручались созданному Специальному комитету при Совмине СССР во главе с председателем секретарем ЦК ВКП(б) Г.М. Маленковым и заместителем председателя комитета министром вооружения Д.Ф. Устиновым.

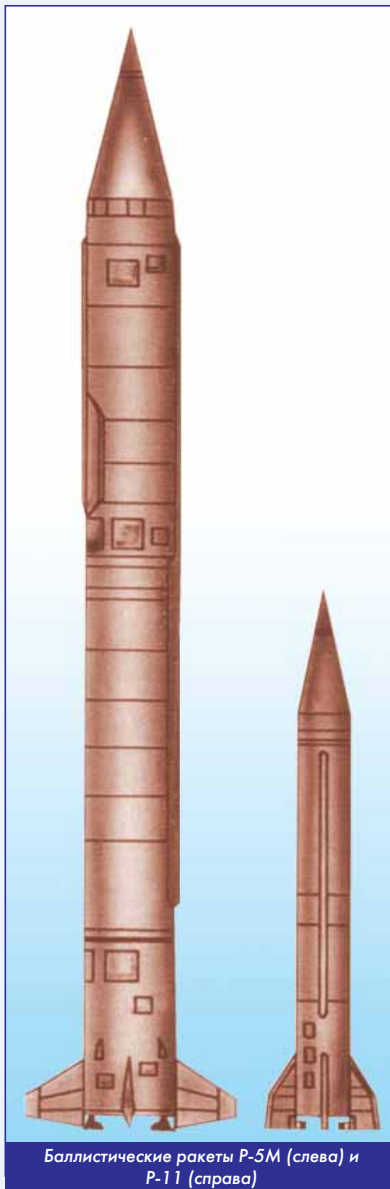
Спецкомитет должен был представить на утверждение председателю Совета министров план научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на 1946-1948 гг., определив как первоочередную задачу воспроизведения ракет типа "Фау-2" (дальнобойной управляемой ракеты) и "Вассерфаль" (зенитной управляемой ракеты) с применением отечественных материалов.

Для реализации поставленных задач Совмин СССР принял комплексное решение создать в ряде министерств Главные управления, а в Госплане - отдел по реактивной технике. Промышленным министерствам поручалось создать отраслевые НИИ и ОКБ, министерству вооруженных сил - НИИ и Государственный центральный полигон реактивной техники.

Подчеркивая главную роль Министерства вооружения, ему поручалось учредить НИИ реактивного вооружения и КБ на базе завода № 88, сняв с него все другие задания. Так в отечественной ракетной технике появился отраслевой головной НИИ-88, в настоящее время - ЦНИИМаш.

Учитывая, что ракетостроительная промышленность в СССР только создавалась, в постановлении предусматривалась аттестация научно-технической готовности изготовления ракет дальнего действия путем воспроизводства ракеты А-4 отечественной промышленностью. Для обеспечения преемственности немецкого опыта при изготовлении реактивной техники постановлением регламентировалось консультативное участие немецких специалистов вначале на территории Германии, а затем на территории СССР, начиная с 1947 г. и до окончания освоения на советских заводах технологии изготовления и огневых испытаний двигателей и пусков ракет типа А-4.

Постановление охватывало и перспективы развития реактивной техники. Министерству высшего образования поручалось ввести в ряде институтов и университетов подготовку инженеров и научных работников по реактивной технике, включая переподготовку студентов старших курсов с тем, чтобы в конце 1946 г. выпустить не менее 300 человек.



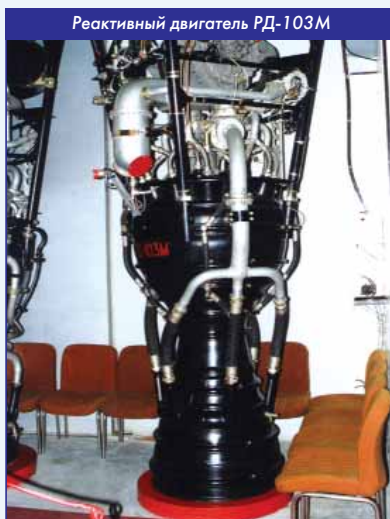
Баллистические ракеты Р-5М (слева) и Р-11 (справа)

Одновременно поручалось организовать переподготовку 500 действующих инженеров для последующей работы в области создания реактивного вооружения. Так появились высшие инженерные курсы, на которых с 1947 по 1954 гг. прошли подготовку многие инженеры, ставшие ведущими работниками в ракетостроении. Преподавали на этих курсах В.П. Глушко, С.П. Королев, М.К. Тихонравов, Ю.А. Победоносцев, Д.Д. Севрук и другие известные специалисты ракетной техники.

Даже столь краткий пересказ правительственного постановления дает представление о масштабах мероприятий, направленных на создание в СССР реактивной техники.

Правительственные постановления такого рода не являются документами прямого действия. Реализация поставленных задач осуществляется посредством выпуска приказов по министерствам и последующих приказов по предприятиям. Выполняя указанные в постановлении поручения, министерства подготовили соответствующие приказы, предусматривавшие организацию КБ и назначение главных конструкторов ракетных систем. Приказом по министерству вооружения от 9 августа 1946 г. главным конструктором баллистической ракеты дальнего действия был назначен С.П. Королев. Одним из последующих приказов в НИИ-88 было организовано СКБ, состоявшее из ряда конструкторских отделов, которые занимались разработкой ракетного вооружения на основе трофейных образцов зенитных управляемых и неуправляемых ракет. Воспроизводство ракеты А-4 было поручено отделу № 3, начальником которого 30 августа 1946 г. был назначен С.П. Королев.

Воспроизведение и дальнейшую разработку мощных ЖРД поручили Министерству авиационной промышленности. Для решения этой задачи министр авиационной промышленности М.В. Хруничев решил объединить трудовые усилия коллективов авиационного завода № 456 (г. Химки) и казанского ОКБ-РД, получившего после его перевода в Химки наименование ОКБ-456 (ныне ОАО "НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко"). Главным конструктором нового ОКБ был назначен В.П. Глушко. Заводу и ОКБ-456 приказом минавиапрома поручалось "освоение производства двигателя А-4, его дальнейшее развитие и выпуск этих двигателей". В течение 1946-1948 гг. вышел ряд министерских приказов, реализация которых постепенно превратила полуразрушенный завод № 456 и малочисленное ОКБ-456 в промышленное предприятие замкнутого технологического цикла, основным предназначением которого стало проектирование, изготовление и проведение наземных испытаний мощных ракетных двигателей. На территории завода были построены производственные корпуса, лаборатории, установлено новое технологическое оборудование. В мае 1948 г. началась эксплуатация первого в нашей стране стенда для огневых испытаний мощных ЖРД. Впоследствии первая в СССР ракета дальнего действия Р-1 комплектовалась двигателем РД-100, являющимся воспроизведением отечественной промышленностью немецкого двигателя А-4.



Реактивный двигатель РД-103М

В ходе проведения дальнейших работ, используя двигатель А-4 в качестве базового варианта, конструкторы и технологи ОКБ и завода № 456 успешно его модернизировали, добившись увеличения тяги с 26 тс до 37 тс (РД -101 для ракеты Р-2), а затем и до 44 тс (РД-103М для ракеты Р-5М). Ракета Р-5М дальностью полета 1200 км стала первой отечественной стратегической ракетой, оснащенной ядерной боеголовкой.

С появлением ракеты Р-5М основная задача, указанная в постановлении от 13 мая 1946 г., была успешно решена: Советская Армия получила новое современное вооружение и одновременно в СССР были созданы основы научно-технической и промышленной базы для дальнейшего развития ракетной техники. Сухие строчки постановления были воплощены в жизнь беззаветным трудом тысяч и тысяч организаторов производства всех уровней, научных работников, инженеров, техников, лаборантов, испытателей, рабочих различных специальностей, военнослужащих Советской Армии. Освоение изготовления и выпуск в эксплуатацию новой техники одновременно с восстановлением разрушенных войной и строительством новых предприятий, разработка новых материалов и создание методик отработки ранее неизвестных конструкций явилось проявлением трудового героизма коллективов первопроходцев отечественного ракетостроения.

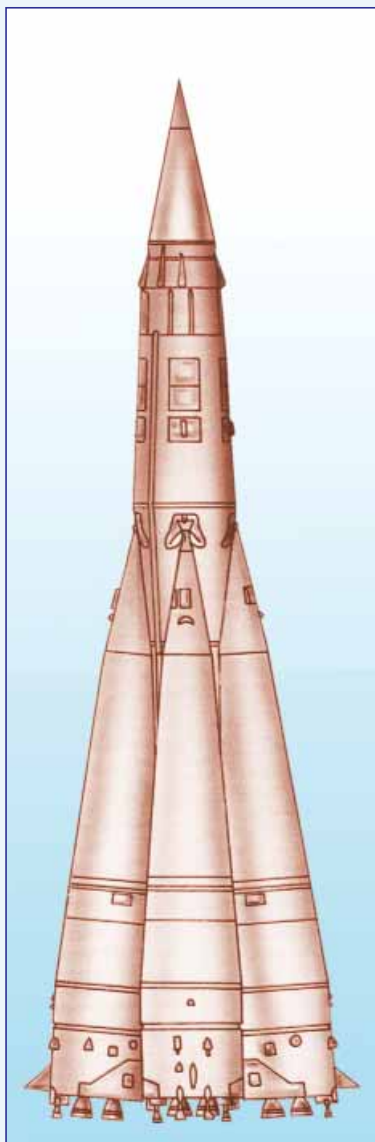
Реализация постановления создала стартовую площадку для дальнейшего развития боевой и заложила основы космической ракетной техники в СССР. Последовавшие за Р-5М разработки основывались на использовании отечественного задела тридцатых-сороковых годов XX века и на новых технических идеях. Разработанная в НПО Энергомаш паяно-сварная конструкция камеры ЖРД позволила создавать двигатели тягой в сотни тонн с максимально возможным импульсом удельной тяги.

Следующая за Р-5М боевая двухступенчатая ракета Р-7 с двигателями НПО Энергомаш стала межконтинентальной, ее космическая модификация вывела в октябре 1957 г. на околоземную орбиту первый искусственный спутник, а спустя всего 3,5 года на трехступенчатой ракете "Восток" - стартовал первый космонавт Земли.

Ракетостроительная промышленность бурно развивалась, в каждом постановлении на разработку нового боевого или космического комплекса содержались мероприятия по промышленно-социальному развитию предприятий. Это создавало объективные возможности для дальнейшего совершенствования технических характеристик ракетной техники, позволявших решать новые военные и космические задачи.

Малочисленный коллектив казанского ОКБ-РД, не имевший в середине сороковых годов прошлого века собственной производственной и испытательной базы, вырос в признанного лидера в области создания мощных маршевых двигателей для жидкостных ракет различного назначения.

За 60 лет с момента принятия постановления от 13 мая 1946 г. в НПО Энергомаш разработано и сдано в эксплуатацию в составе ракет более пятидесяти маршевых ЖРД. Эти двигатели устанавливались на первые ступени боевых ракет 21 наименования (из



Первая отечественная межконтинентальная баллистическая ракета Р-7


них девять ракет разработано как модификации базового варианта) и на вторые ступени ракет семи наименований.

Двигателями НПО Энергомаш также оснащены первые ступени 15 наименований космических ракет (включая американскую ракету-носитель "Атлас"), из них шесть наименований - модификации базового варианта и вторые ступени девяти наименований ракет.

Разработанные в НПО Энергомаш двигатели по сей день эксплуатируются в составе космических ракет: российских "Союз", "Протон", "Космос-3М", украинских - "Циклон" и "Зенит", американских - "Атлас", а также находятся на боевом дежурстве в составе стратегических жидкостных ракет последнего поколения. По статистическим данным, с 1957 г. в составе космических ракет СССР, РФ, Украины и США успешно отработало более 13 000 экземпляров двигателей, изготовленных по конструкторской документации НПО Энергомаш. Точные данные по двигателям НПО Энергомаш, установленным с 1948 г. в боевые ракетные комплексы, отсутствуют, однако по экспертным оценкам их количество составляет 5,5..6 тысяч экземпляров.

Высокий авторитет советской школы создания высокоэффективных и надежных ЖРД позволил НПО Энергомаш и в сложных экономических условиях 1990-х годов найти свое место и успешно работать на международном рынке космической техники. Выигрыш в январе 1996 г. объявленного компанией "Локхид Мартин" (США) конкурса на лучший двигатель для первой ступени модернизированной космической ракеты "Атлас" помог НПО Энергомаш сохранить научно-производственный потенциал предприятия. Это позволило не только разработать двигатель РД-180, но и успешно завершить модернизацию двигателей для ракет-носителей "Союз" и "Зенит", продолжить модернизацию двигателя ракеты "Протон", изготавливать двигатели РД-180 для "Атласа" и РД-171 для "Зенита", а также разработать техдокументацию и вести наземную отработку двигателя РД-191 для семейства российских ракет "Ангара".

Все эти работы проводятся в плане дальнейшего совершенствования энергетических и эксплуатационных характеристик ракет, находящихся в эксплуатации, а "Ангара" является единственной в России разрабатываемой в наши дни космической ракетой. Но этим не ограничивается деятельность трудового коллектива НПО Энергомаш. Разработана конструкция, ведется изготовление и поставки заказчику уникальных нефтеперекачивающих насосов, продолжают работы, связанные с созданием непрерывных химических лазеров различного назначения. В творческом портфеле предприятия имеется задел конструкции нового поколения: двухрежимного двигателя, работающего на трехкомпонентном топливе, ЖРД на метановом горючем, двигателей, работающих по принципиально новым схемам, и других новинок, которые НПО Энергомаш готово предложить разработчику новых средств выведения космических объектов.

Семена технического прогресса, посеянные историческим постановлением от 13 мая 1946 г., продолжают приносить плоды и в условиях сурового климата рыночных отношений. 



Реактивный двигатель РД-108

САМИ РАБОТАЕМ, ДАЕМ РАБОТУ ДРУГИМ

В 2005 г. на должность генерального директора ОАО "НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко" избран Николай Анатольевич Пирогов. Почти вся его трудовая деятельность связана с этим предприятием. После окончания МВТУ он с 1974 по 1981 год работал инженером-конструктором, а после небольшого перерыва был назначен начальником конструкторского отдела (1986 г.), заместителем генерального конструктора по разработке непрерывных химических лазеров и директором по внешнеэкономической деятельности (2000 г.), заместителем генерального директора – директором по внешнеэкономической деятельности (2001 г.), первым заместителем генерального директора (2003 г.).

Николай Анатольевич – автор более 50 изобретений и 20 научно-технических трудов, лауреат премии правительства РФ.

Он сменил на этом посту Б.И. Каторгина, который возглавлял предприятие 14 лет.

"Двигатель": Как произошла передача "власти"?

Н.А. Пирогов: В целом - безболезненно и, что самое главное - удалось сохранить преемственность и лучшие традиции.

Сегодня заботы генерального директора охватывают широкий спектр деятельности: от закупки гвоздя до продажи готового двигателя. Его главная задача - обеспечить четкое функционирование всех элементов предприятия. Ведь мы акционерное общество и мы должны работать так, чтобы приносить прибыль.

Параллельно этой большой технической, коммерческой, хозяйственной деятельности должна вестись научно-исследовательская работа, рассчитанная на перспективу. Это направление работ возглавляет в ранге моего заместителя генеральный конструктор Б.И. Каторгин.

Работа на пределе технических возможностей, работа на перспективу - это фирменный стиль НПО Энергомаш, заложенный нашим основателем В.П. Глушко. Именно благодаря такому подходу мы смогли опередить наших конкурентов и прочно обосноваться на международном рынке ЖРД.

Сегодня ряд наших перспективных разработок проводится в рамках Федеральной космической программы на 2006 - 2015 гг. Эти работы традиционно проводятся совместно с институтами и другими предприятиями отрасли.

"Д": НПО Энергомаш - акционерное предприятие. Что можно сказать о распределении акций предприятия и как это влияет на его работу?

Н.А.П.: Да, мы акционерное предприятие, но 80 % акций находятся у государства в лице Росимущества. Двадцатью процентами владела с 1989 г. одна из частных фирм (ООО "РД - Инвест"), которая совсем недавно продала его другой частной фирме "Каскол". Это достаточно известная компания, которую возглавляет Сергей Недорослев. До недавних пор сферой ее интересов была авиационная промышленность. Сегодня эта компания "шагнула" в космос и стала акционером РКК "Энергия" и нашего предприятия.

Космонавтика по определению требует колоссальных инвестиций. Сроки реализации любых ее серьезных проектов достаточно велики. Скорой и большой отдачей, как правило, не бывает. По-моему, "Каскол" это понимает. Я провел не-

сколько рабочих встреч с С. Недорослевым, обсудил с ним перспективы развития НПО и основные аспекты взаимодействия руководства предприятия с новым акционером.

"Д": Ваше отношение к идее создания корпорации "Российские ракетные двигатели"?

Н.А.П.: Как и везде, в нашей отрасли также идут интеграционные процессы, в т.ч. инициированные сверху. Эта тенденция прослеживается и в странах Европы, есть она и в США, т.е. носит всеобъемлющий характер.

Эта идея зародилась в отрасли при прежнем руководстве. Было подготовлено постановление правительства о создании этой интегрированной структуры. На наш взгляд сегодня эта идея уже не соответствует требованиям времени. В проекте предусматривалось объединение более 20 предприятий с разной формой собственности, "весом" и т.д. Этаким винегретом, но не это самое страшное. Главное, что не было идеи, вокруг которой стоило объединяться.

Любые структурные изменения должны соответствовать принципу "не навреди". А на сегодня по ЖРД уже сложилась полноценная кооперация. Мы заказываем изготовление отдельных агрегатов и узлов двигателя омскому "Полету", а точнее его структуре "Космос-М".

"Металлист-Самара" делает для нас камеры сгорания. Санкт-Петербургский "Арсенал" поставляет нам приводы для качания двигателей.

Для изготовления перспективного двигателя РД-191 планируется подключить Воронежский механический завод. Уже подготовлен и согласован перечень агрегатов и узлов, кото-

рые на нем будут изготавливать.

Среди наших старых партнеров следует отметить предприятие "Протон-ПМ" - изготовитель двигателей для одной из новейших тяжелых ракет-носителей в мире.

Если раньше при производстве, например, РД-180 мы опирались в основном на свои силы, то теперь, с расширением производства, выгоднее подключать другие предприятия отрасли. При этом снижаются затраты на производство ЖРД, что в условиях конкуренции и рынка является немаловажным фактором. Для сохранения рентабельности производства расходы должны сокращаться.



После переговоров с американскими коллегами

При некотором юридическом оформлении этой кооперации вполне может получиться некий холдинг или промышленно-технологический центр.

Все эти предприятия как раз и могут образовать интегрированную структуру на основе сложившейся рабочей кооперации. Это нашло понимание у руководства Роскосмоса, и что касается схемы взаимодействия и кооперации по двигателю РД-191, то она уже утверждена. Мы планируем такой подход распространять и на производство других двигателей. Энергомашу в этих схемах отведено изготовление ключевых узлов, общая сборка и испытания.

Еще раз подчеркну, что только такая интегрированная структура будет работать и, следовательно, жить.

"Д": Как обстоят дела с кадрами на Энергомаше и особенно на предприятиях-смежниках? Не изменился ли в худшую сторону уровень квалификации специалистов этих предприятий?

Н.А.П.: Несмотря на то, что эти предприятия находятся вдали от центра, на них работы не прекращались. В Перми все время выпускались двигатели для ракеты "Протон". Профессионализм очень высок. Традиционно высокое качество. То же самое можно сказать и о Воронеже, который продолжает изготавливать двигатели для второй и третьей ступеней "Протона". Это работающая кооперация, хотя объемы не такие, как в прежние времена. Но "костяк" везде сохранился. Нам удалось посетить все эти предприятия и посмотреть реальное состояние дел. Вопросы качества было уделено внимание комиссии, созданной Роскосмосом. Кооперация работает под единый заказ и под единой идеологией, разработанной НПО Энергомаш. Эта идеология направлена на обеспечение работ всех предприятий отрасли, на удешевление продукции, в первую очередь РД-191 и продукции по военно-оборонному заказу.

"Д": А как обстоят дела с коммерческой стороной работы НПО Энергомаш? Как выполняется контракт по поставкам РД-180 в США? Какие перспективы работы с американцами?

Н.А.П.: В 1992 г. НПО Энергомаш подписало соглашение о маркетинге и лицензировании с P&W - отделением UT, а в 1996 г. уже участвовало в конкурсе, который объявил LockheedMartin на двигатель для нового поколения своих ракет Atlas. Нам удалось победить, и уже летом были подписаны контракты, и началась нормальная работа. Этот контракт на долгие годы определил нашу работу и, в общем, нашу судьбу.

Сегодня мы вышли на уровень производства 5-6 двигателей в год. Сейчас мы выполняем первый контракт на 51 двигатель, из которых 34 уже поставлены заказчику. В этом году должно состояться расширение контракта и доведение его до 100 двигателей. Это должно произойти в соответствии с ранее принятыми обязательствами, которые были подписаны пятью сторонами: Роскосмосом, Энергомашем, LockheedMartin, P&W и РД АМРОСС в 1997 г.

Двигатель РД-180 - лучший в своем классе. Все права на него принадлежат Российской Федерации в лице Энергомаша. В процессе создания РД-180 мы провели три этапа сертификации этого двигателя для использования его в ракетах легкого, среднего и тяжелого классов. Сегодня мы вместе с нашими американскими партнерами работаем над вопросами дальнейшего повышения надежности этого двигателя. Связано это с возможным участием Энергомаша в перспективных программах, в т.ч. и с применением ракет Atlas для вывода пилотируемых аппаратов в космос, доставки грузов на МКС. Не исключено и участие в программах освоения Луны и Марса, объявленных президентом США.

"Д": Как обстоят дела с лицензионным производством РД-180 в США?

Н.А.П.: В соответствии с лицензионным соглашением совместному предприятию была передана вся необходимая документация для воспроизводства РД-180 на территории США.

Сегодня наши американские партнеры рассматривают различные варианты организации производства двигателей у себя. Организация полномасштабного производства - дело хлопотное, долговременное и дорогостоящее.

По нашим оценкам этот процесс может занять 4 - 5 лет и стоить несколько сот миллионов долларов. При этом двигатели, произведенные в Америке будут стоить заметно дороже. Поэтому рассматриваются варианты "усеченного" производства, при котором, например, часть агрегатов и узлов будут поставляться из России. В целом процесс идет по плану в соответствии с условиями и этапами лицензионного соглашения.

Мы с оптимизмом смотрим в будущее этого проекта. При такой схеме Энергомаш без работы не останется и даст работу другим.

"Д": Как строится ценовая политика по РД-180?

Н.А.П.: Еще при подготовке первого контракта мы попытались заложить максимально высокие цены. Но за время его выполнения в стране значительно возросли тарифы на электроэнергию, материалы и т.д. Наши партнеры, с которыми установились теплые, доверительные и деловые отношения, с пониманием отнеслись к сложившейся ситуации. В результате уже дважды осуществлялось индексирование цен на двигатели, поставляемые по первому контракту. Стоимость двигателей нового опциона (с 51 двигателя) должна будет еще возрасти приблизительно на 20...30 %.

"Д": Есть ли проблемы с кадрами на Энергомаше, и как они решаются?

Н.А.П.: В настоящее время на предприятии работает 5,5 тыс. человек, в т.ч.: 1100 специалистов на испытательных стендах, две тысячи - на экспериментальном заводе вместе со вспомогательными службами. Непосредственно в КБ трудятся 350 человек. Средний возраст работников НПО снижается, и в настоящее время он достиг уровня 53 лет.

Максимально на предприятии числилось порядка 15 тыс. специалистов, но тогда и выпускалось в год до 28 двигателей.

С 2005 г. НПО Энергомаш приступил к выполнению государственного заказа по РН "Ангара", и поэтому самое пристальное внимание в настоящее время уделяется опытному заводу. Близость Москвы с ее высокими зарплатами привела к оттоку рабочей силы из Химок. Кроме того, прекратила свое существование такая форма подготовки квалифицированных специалистов как профессионально-технические училища, выпускники которых направлялись к нам.

Пришлось организовать поиск молодых квалифицированных специалистов, в том числе и в близлежащих регионах. Для успешного решения проблемы с кадрами решено помогать молодежи с жильем, а старым кадрам осуществлять доплату за наставничество. Новых работников берем с испытательным сроком. Особо ценным специалистам доплачиваем за жилье. При средней зарплате 14 тыс. рублей высококвалифицированным специалистам платим существенно выше. Индивидуальный подход дает свои результаты.

Планируем организовать работу 200-250 человек во вторую смену. Это, а также производство отдельных элементов двигателя на предприятиях-смежниках позволит уложиться в сроки и выделенные средства.



Подготовка к пуску РН Atlas-V с российскими двигателями

"Д": Какая программа по выпуску двигателей стоит перед Энергомашем, и как проходят испытания РД-191?

Н.А.П.: Как я уже говорил, в годы максимальной нагрузки нами выпускалось порядка 28 двигателей в год. В ближайшие годы нам предстоит выпускать в год 5-6 двигателей РД-180, 4-5 двигателей РД-171 для программы Sea Launch и с 2009 г. - порядка 10-12 РД-191 для "Ангара".

Нам необходимо 10 двигателей РД-191 для проведения доводочных испытаний в полном объеме. На сегодня нами изготовлено пять, и в различной стадии готовности находятся еще три двигателя. К 2008 г. будут изготовлены и испытаны все. Уже проведено 20 испытаний, и суммарная наработка составила около 2000 с. Для подтверждения надежности суммарная наработка должна составить 20 000 с. Каждый двигатель должен пройти две серии испытаний. После первой серии из шести включений двигатель снимается со стенда, перебирается, проводится дефектация, устраняются замечания. Так проводить испытания позволяют заложенные еще в двигатель РД-170 в 70-х годах прошлого века конструктивные решения, обеспечивающие многоразовое их использование. В результате значительно снижается число потребных для доводочных испытаний двигателей.

"Д": В каких программах возможно применение двигателя РД-191?

Н.А.П.: Во-первых, он предназначен для разрабатываемой Центром Хруничева ракеты-носителя "Ангара". Будут существовать три варианта "Ангара": легкий, средний и тяжелый. Со време-

нем РН "Ангара" станет основной российской ракетой, которая будет использоваться в интересах Министерства обороны, Федеральной космической программы и коммерческих проектов. А



Двигатель РД-180

надежный и экологически чистый двигатель РД-191 обеспечит "Ангаре" очень долгую жизнь, такую же, как РД-107 и РД-108 обеспечили "семерке".

Во-вторых, мы работаем совместно с РКК "Энергия", которая разрабатывает новую транспортно-космическую систему "Клипер". Она будет предназначена для обслуживания МКС и обеспечения полетов к Луне. Носитель будет представлять собой глубоко модернизированную РН "Союз", в которой будут применены все уже существующие и апробированные наработки. В одном из вариантов ракеты помимо установки двигателя РД-191 в центральной ступени предполагается использование РД-120 в боковых блоках.

"Д": Какие Вы видите возможности в развитии российского двигателестроения?

Н.А.П.: Возможности есть и мы их видим. Большую надежду дает Послание президента РФ Федеральному собранию, в котором подчеркнута приоритетное развитие космической деятельности.

Надеемся, что в рамках Федеральной космической программы предприятие будет не только обеспечено необходимым, но и получит дополнительное финансирование.

НПО Энергомаш вместе с другими предприятиями, конструкторскими бюро и институтами продолжит работать над новыми схемами двигателей, их компонентами и проблемами многообразности. **П**

30 августа 2006 года

**IV Конгресс
технологов
автомобилестроения**

МВЦ "КРОКУС ЭКСПО", павильон № 2, конференц-зал "С"

В рамках Международного автомобильного салона "АВТОСАЛОН 2006"

Контакты ОАО "АСМ-холдинг"
ул. Кузнецкий мост, 21/5, Москва, К 31, Россия, ГСП-6, 107996,
Тел./Факс +7(495) 621-6260, 621-0200, 621-0471, 626-0924, 621-7546.
www.asm-holding.ru e-mail: **inf@asm-holding.ru**

- 31 августа 2006 года

**VIII Конференция
«Двигатели для
российских автомобилей»**

Организаторы
При поддержке

АСМ-холдинг
Минпромэнерго РФ

НАПАК

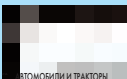
ОАР
ТПП РФ

МВЦ "КРОКУС ЭКСПО"
ГНЦ РФ "НАМИ"

Тематика Конгресса:

Автосборка и окраска
Прогрессивные материалы
Технологическое оборудование и инструменты
Системы обеспечения качества
Системотехника и информационные технологии
Заготовительное и сварочное производства
Стандартизация, метрология и контроль
Экология и утилизация

Информационная поддержка



Тематика Конференции:

Экология и утилизация автотранспортных средств
Электронные системы управления
Разработка двигателей европейского уровня
Автокомпоненты европейского качества
Производство дизельных двигателей
Космические технологии
Применение водородного топлива
Системы автоматического проектирования

Спонсор



Компания
«Современный двигатель»
Франция

18 марта в московском лицее № 1550 прошла Московская региональная политехническая олимпиада школьников, организованная Клубом авиастроителей по поручению правительства Москвы. В олимпиаде приняли участие 65 учащихся десятых и 45 учеников одиннадцатых классов. В жюри олимпиады входили учителя физики и математики: М.Л. Москвитин (председатель), Г.Н. Смирнова, Л.Н. Космакова, Л.А. Головкина, а также В.И. Зазулов - первый вице-президент Клуба авиастроителей, д.т.н., профессор.

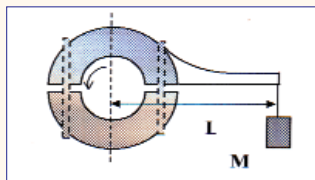


После тщательного изучения письменных работ были названы имена победителей:

- Иван Зотов, 10 класс лицея № 1550, 33 балла;
- Алексей Серов, 10 класс лицея № 1550, 28 баллов;
- Алексей Зотович, 10 класс лицея № 1502, 22 балла;
- Алексей Зверев, 11 класс гимназии № 1528, 30 баллов;
- Кирилл Масалов, 11 класс средней общеобразовательной школы № 1958, 25 баллов;
- Иван Пелепенко, 11 класс гимназии № 1534, 22 балла;
- Константин Соловьев, 11 класс гимназии № 1534, 18 баллов;
- Андрей Казаков, 11 класс лицея № 1524, 18 баллов.

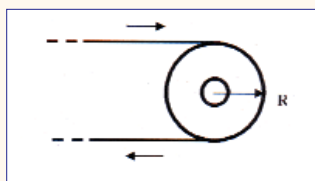
Желающие почувствовать себя участником олимпиады могут на досуге попробовать решить некоторые задачи:

1. Мощность двигателя часто определяют с помощью так называемого тормозного динамометра, состоящего из двух колодок, плотно охватывающих вал двигателя. К одной из колодок прикреплен рычаг, к концу которого подвешивают груз. Массу груза M подбирают так, чтобы он компенсировал действие сил трения на валу и рычаг находился при этом в горизонтальном положении. Определить мощность двигателя, если при частоте вращения вала 60 об/мин и длине рычага $L = 1$ м масса груза равна 50 кг.



2. Цех по производству комплектующих для авиационных двигателей вводится в строй постепенно, выдавая в первый день X_1 % продукции от нормы, во второй день X_2 %, в n -й день X_n % от нормы. Составить алгоритм (блок-схему) для расчета выпуска продукции S за n дней, если в первый день цех выдал A тонн продукции.

3. Шкив приводится во вращение приводным ремнем. Радиус шкива $R = 25$ см, частота вращения 120 об/мин. Известно, что сила натяжения ведущей ветви ремня в два раза больше, чем у ведомой. Определить величины этих сил, если шкив развивает мощность 15 кВт. Проскальзывание отсутствует.



Через месяц, 14 апреля, в ходе работы IX Международного салона "Двигатели 2006" состоялся второй тур III Ежегодной олимпиады по истории авиации и воздухоплавания. Как и в предыдущие годы, организаторами олимпиады стали Клуб авиастроителей, Некоммерческая организация "Авиакосмофонд", Департамент образования и Департамент науки и промышленной политики г. Москвы.

В первом (заочном) туре приняло участие свыше ста юношей и девушек. Решением жюри были определены девять победителей, приславших свои работы по предложенным оргкомитетом темам:

- Владимир Боровиков, г. Усьлье-Сибирское, тема "Самолеты короткого взлета и посадки";
- Сергей Власов, г. Мичуринск, "Первые трансатлантические перелеты";
- Анна Деднева, г. Москва, "Первые трансатлантические перелеты";
- Виктор Жаворонков, г. Москва, "Лучшие пассажирские лайнеры XX века";
- Дмитрий Каратеев, г. Москва, "Роль авиации в современной войне";
- Сергей Локтев, г. Краснодар, "Игорь

Сикорский в американский период его конструкторской деятельности";

- Сергей Малютин, г. Новокуйбышевск, "Незаменимый "Кукурузник" У-2 и его вклад в победу над фашизмом";

- Николай Медведь, г. Москва, "Современные стратегические бомбардировщики";

- Степан Сергеев, г. Москва, "Истребители третьего тысячелетия".

Благодаря электронной почте все большее число ребят из разных уголков России принимает участие в первом туре, а благодаря помощи спонсоров некоторые из них



смогли приехать в Москву. Победители второго тура В. Боровиков (1 место), С. Сергеев (2 место), Н. Медведь (3 место) получили ценные подарки. А на следующий день все участники смогли подняться в небо на спортивных самолетах с подмосковного аэродрома "Борки".

В сентябре на сайте Клуба авиастроителей (<http://www.olymp.as-club.ru>) появятся темы работ следующей олимпиады.

Соб. инф.



ЕДИНСТВО В МНОГООБРАЗИИ

Не каждому ученому удается узкую специализированную техническую проблему поднять до фундаментального научного уровня. Для этого, помимо интереса к познанию и глубокого понимания самой проблемы, необходимо обладать умением предвидеть инновационные последствия ее решения и иметь достаточный исследовательский опыт.

Основополагающим показателем в машиностроении и строительстве, как известно, являются прочностные характеристики, определяющие функциональные возможности и безопасную эксплуатацию механизмов и конструкций. Упругопластические деформации как свойство сопротивления материала конструкций статическим и динамическим воздействиям, передающимся в виде волнового поля механических колебаний, и являются проявлением прочности. Напряженно-деформационное состояние силовых агрегатов и конструкций является предвестником многочисленных аварий в авиации и техногенных катастроф в энергетике, машиностроении и строительстве. Международное метрологическое сообщество более полувека безуспешно демонстрирует многочисленные паллиативные попытки решить эту проблему. Решение проблемы получено в России, которая никогда ранее не имела приоритета в этой инженерной области.

Отечественные ученые-исследователи, объединившие свои знания, опыт и умение в Научно-производственном предприятии "РЭМ-вибро", создали уникальный волновой фазочувствительный вибропреобразователь на основе объемно-интегрированной структуры измерения вектора виброускорения. Стратегическим приложением метода векторной виброметрии является многомерная волновая реконструкция вибропортретов - фундаментальная инновационная технология визуализации динамики напряженно-деформационных состояний для интегральной оценки и прогнозирования техногенной опасности. Вибропортретирование позволяет с впечатляющей простотой ввести в повсеместную практику полный прочностной вибродинамический аудит в качестве ключевого дифференциатора качества производства и непрерывный эксплуатационный вибромониторинг в качестве прогнозного интегратора техногенной опасности. Реализация этой идеи предоставит в распоряжение ученых универсальный инструмент, не имеющий аналогов в области динамических исследований прочности, при этом все вибрационные приложения превращаются в частные применения фундаментальной технологии.

Весь этот яркий прорыв организован талантливым авиационным инженером-исследователем, одним из авторов нашего журнала Анатолием Алексеевичем Сперанским. Как гласит народная мудрость - талантливый человек талантлив во всем. И к своему 60-летию юбиляр пришел с очень богатой делами и событиями биографией.

Будучи выходцем из старинного русского церковно-медицинского рода Сперанских, Анатолий Алексеевич разделит судьбу предков. Родился на крайнем Севере в Архангельске в семье посланных по "делу врачей" родителей. В школу пошел в Караганде,

куда на поселение перевели семью. Интерес к познанию и умение видеть перспективу передались от отца к сыну. В школе началось книжное любительство будущего авиационного инженера, библиофила и издателя. В 1953 году, после смерти Сталина, репрессированных врачей реабилитировали, и коренные москвичи с семьями возвращаются поездом в столицу.

Судьба человека - зеркало его исторической эпохи. Школа, авиационный техникум с отличием, вступление в комсомол 12 апреля 1961 года в день полета в космос Ю.А. Гагарина, Московский авиационный институт. По окончании института Анатолий Алексеевич получил распределение в один из самых престижных в стране "почтовых ящиков" - ГосНИИАС. Наш молодой специалист со студенческим азартом продолжает совмещать научную работу с практической "шабашкой" в свободное от основной работы время. При поддержке могущественного градоначальника В.В. Гришина реализуется высказанное Л.И. Брежневым предложение об организации Театра зверей под руководством Н. Дуровой. В рамках большого художественного сценария реализован научно-технический проект сложнейшего по тем временам литературно-музыкального аттракциона "Железная дорога" с участием животных, который успешно функционирует уже более четверти века. Физик О. Ковалев, математик В. Рохлин, электронщик А. Кабанов и системщик А. Сперанский создали не имеющую аналогов систему управления сложным биомеханическим комплексом.

За двадцать лет безупречной службы по вузовскому распределению пройден путь от младшего научного сотрудника до заместителя руководителя института академика Е.А. Федосова. Это было время, когда многочисленный отряд советской технической интеллигенции "боролся за мир, а работал на войну". И ведущий специалист в области полунатурного моделирования систем вооружения стратегической авиации, будучи известным московским библиофилом, собрал уникальную библиотеку античной философии и русской поэзии середины XIX-начала XX веков, организовал самое крупное в стране любительское объединение читателей "Союз". Клуб реализовал не только доступность запрещенных советской цензурой произведений М. Булгакова, М. Зощенко, Ю. Трифонова, А. Солженицына, но и предоставил возможность непосредственного знакомства с творчеством А. Сахарова, Б. Окуджавы, В. Высоцкого, А. Галича, И. Бродского, С. Довлатова, В. Егорова и многих других кумиров общества. Одним из ярких новшеств клуба стал культурно-просветительский проект "Литературный книжный аукцион", ставший предвестником появившихся спустя десятилетие на телевидении русифицированных В. Листьевым западных игровых проектов "Поле чудес" Л. Якубовича, "Что, где, когда" В. Ворошилова и "Как стать миллионером" М. Галкина. Под влиянием идей европейской Хельсинской хартии клуб вместе с единомышленниками при поддержке Б.И. Стукалина и С.П. Пастухова обращается в ЦК партии с предложением о создании легальной общественной организации книголюбов. Самое удивительное, что власть, желая показать миру свою приверженность идеалам свободы и демократии, откликнулась на при-

зыв и сама учредила Всесоюзное добровольное общество любителей книги. Среди многочисленных профессиональных партийных монстров в руководстве от восемнадцати миллионов читателей стал комсомолец Анатолий Сперанский.

Являясь хозяйственным руководителем крупнейшего авиационного предприятия, наш герой, как говорится, "на своей шкуре" испытал порочность тоталитарной экономики. Уродливые экономические нововведения власти в виде "хозяйственного расчета" в бюджетно-финансируемой науке и директивного "планового оказания услуг населению" шокировали. По традиции, главный инженер предприятия "отвечал партбилетом" за выполнение плана капитального строительства, а материально-финансовый руководитель отвечал тем же документом за выполнение плановых объемов оказания услуг. Однако парадокс состоял в том, что в связи с режимностью предприятия, услуги нужно было оказывать... своим же работникам. В порядке исключения, главному институту отрасли было разрешено создать кооперативы по законодательно ограниченному видам деятельности. Так, при ГосНИИАС был создан единственный в стране кооператив "Компьютерные услуги" математика В. Адлера, ставшего первым владельцем собственного бумажного производства и прорвавшего государственный монополизм в этой области. Впоследствии бизнес трансформировался в широко известную фирму "КОМУС". Первый в Москве инженерно-медицинский кооператив "Поддержка" В. Гельмана при институте впоследствии стал международной инновационной фирмой "Ксенонекс", к сожалению... в Силиконовой долине. Первая в стране негосударственная справочно-информационная телефонная служба "Факт" В. Яковлева, созданная при ГосНИИАС, в 1990 году трансформировалась в аналитическую газету "Коммерсант", а затем во всемирно известный издательский холдинг. И каждая инновация была бы невозможна без поддержки единомышленников - А.В. Хазанова, Р.А. Курмаева, Г.А. Краснова. Парадоксально, но факт - бюджетный НИИ стараниями одного классного специалиста закрывал объемы пресловутых "платных услуг населению" целого Главка союзного министерства. Псевдоконверсионная доктрина реорганизации отрасли явилась началом инициированного Западом стратегического развала авиационной промышленности. И тогда, после долгих раздумий, было принято непростое, но принципиальное решение уйти из оборонки, служению которой были отданы двадцать лучших лет жизни. Вопрос "чем заняться?" не стоял - ответ был очевиден.

Исторические перемены в стране предоставили инженеру-исследователю шанс удовлетворить тайные издательские амбиции. Реализовав сплав коммерческого и творческого потенциалов, новоиспеченный издатель за три года выпустил более четырех миллионов томов. При его непосредственном участии издано около пятидесяти учебников и учебных пособий общим тиражом около двух миллионов экземпляров. Это огромный востребованный обществом труд, в котором рядом с профессионализмом, целеустремленностью и деловитостью прекрасно уживаются скромность, деликатность и душевная щедрость, удивительное чувство меры и такта. Интересен поразивший друзей биографический случай: на собственном пятидесятилетии юбиляр, лично руководя застольем, поднял за каждого из семидесяти приглашенных персональный тост со словами ученической благодарности за полученные от них по жизни бесценный опыт, знания и добро. Из обескураженных гостей прорваться с тостами смогли только руководитель издательско-полиграфиче-


ского управления Моссовета В.В. Хандажевский и будущий руководитель стройкомплекса Подмосковья Е.В. Серегин. По представлению председателя Госкомпечати РФ И.Д. Лаптева издатель-любитель награждается почетным знаком "Отличник печати" и знаком почета Министерства культуры. И как завершающий аккорд, Указ президента РФ № 560 о присвоении А.А. Сперанскому почетного звания "Заслуженный работник культуры Российской Федерации" с вручением государственной награды за выдающиеся заслуги в книгоиздании, культуре и просвещении.

Начало бюджетного финансирования госзаказа на учебники привело к новому повороту в судьбе. Образовательная сфера стала полем чиновничьего произвола и беспрецедентного заказного бандитского беспредела. Издательский бизнес становится опасным не только лично, но и для участвующих в нем товарищей, родных и близких. И тогда все возвращается "на круги своя". Поскольку все десять лет успешной коммерции издательская прибыль щедро направлялась на продвижение целого спектра инновационных идей, проектов и технологий, инженерно-исследовательское начало побеждает издательско-творческое, и в третье тысячелетие авиационный инженер входит в качестве заметной фигуры в инновационном бизнесе.

На новом витке инновационного развития идеи разрабатывается фундаментальный метод динамического неразрушающего контроля, и в случае его успешной реализации, появляется перспектива принципиально нового вибрационного подхода в дефектоскопии и непрерывного эксплуатационного прочностного мониторинга динамики и прогнозирования напряженно-деформационных состояний и техногенной безопасности.

В то же время, многочисленные инновационные приложения волновой векторной виброметрии создают уверенность, что Россия уже располагает креативными фундаментальными научными разработками мирового уровня в области техногенной безопасности. История показывает, что для убеждения общества, к сожалению, нужны многие десятилетия, а иногда и столетия. Но если полагать, что жизнь граждан является высшей ценностью государства, то безопасность среды обитания должна стать не только социально ориентированным общественно значимым национальным проектом, но и стратегическим бизнесом. В рамках инновационной стратегии государства представляется реально возможным и социально оправданным приравнять техногенную безопасность к важнейшим приоритетным национальным проектам и направить имеющиеся в распоряжении общества отечественные интеллектуальные ресурсы в виде прорывного фундаментального научно-технологического потенциала на организацию целостной государственной системы контроля техногенного состояния среды обитания для обеспечения конституционных прав безопасной жизнедеятельности собственных граждан. Осознание этого и дает уверенность в перспективности инновации и правильности жизненного выбора. В этом видится не только конечная цель прорыва, но и жизненное кредо безусловно выдающегося и многогранно талантливого юбиляра.



По традиции, редакция журнала "Двигатель" с большим удовольствием присоединяется к поздравлениям коллег из ГосНИИАС, ЦИАМ им. П.И. Баранова, Академии Ростехрегулирования, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, друзей и близких с пожеланиями прорывных творческих успехов и здоровья Анатолию Алексеевичу Сперанскому в связи с его шестидесятилетием. 



К СТОЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ УЧЕНОГО - ОРГАНИЗАТОРА ВАЛЕРЬЯНА РОМАНОВИЧА ЛЕВИНА

Александр Григорьевич Романов,
ведущий научный сотрудник ЦИАМ

(Окончание. Начало в № 1 - 2006)

Министерство авиационной промышленности включилось в создание объектов ракетно-космических комплексов. В связи с этим рядом двигательных ОКБ авиационной промышленности (например, ОКБ Н.Д. Кузнецова) была поручена разработка жидкостных ракетных двигателей - ЖРД. В 1957 г. лабораторию № 12 ЦИАМ, руководимую профессором Левиным, реорганизовали и определили ее предназначением исследование проблем создания ЖРД и РТД. В 1963 г. В.Р. Левин приказом председателя Госкомитета по авиационной технике П.В. Деметьева был назначен заместителем начальника ЦИАМ по ракетным двигателям. Валерьяну Романовичу, который к тому времени сложился как научный работник широкого профиля, пригодился его богатый опыт руководящей и научной работы, умение четко планировать и решать сложные задачи. Он взял на себя организацию в ЦИАМ группы научных сотрудников, способных справиться с огромным количеством проблем, которые были связаны с созданием ЖРД в нашем институте: разработкой систем подачи компонентов топлива с помощью турбонасосных агрегатов, исследованием камер сгорания и процесса охлаждения для обеспечения надежности узла (горячих трубопроводов, газогенераторов и др.), изучением вопросов, связанных с прочностью, газодинамикой ТНА, регулированием и ресурсом ЖРД.

В лаборатории № 12 создавались четыре сектора. Сектор проф. В.Р. Левина занимался обеспечением исследований по ЖРД. Сектор к.т.н. Ю.И. Тулупова (ученика В.Р. Левина) специализировался на РТД. Заместитель начальника лаборатории к.т.н. В.Х. Абианц возглавил сектор газодинамики турбин, а к.т.н. К.М. Попов был назначен начальником сектора охлаждаемых турбин и систем охлаждения. В других подразделениях ЦИАМ создавались отделы и группы, занимавшиеся изучением отдельных элементов ЖРД.

В ЦИАМ в короткие сроки под руководством В.Р. Левина были созданы новые экспериментальные установки, позволяющие проводить исследования на натурных ЖРД и РТД, а также различные оригинальные установки для изучения агрегатов и процессов теплообмена в закритическом состоянии охладителя. В 1963 г.

В.Р. Левин успешно защитил диссертацию на соискание степени доктора технических наук. В 60-е годы звание д.т.н. получил В.А. Зотов. В 1970 г. прошла защита докторской диссертации В.Л. Эпштейном, и таким образом под руководством В.Р. Левина складывается научная школа ЦИАМ, изучавшая устойчивость процесса горения в камерах сгорания ЖРД.

В секторе лаборатории № 12, руководимом самим профессором В.Р. Левиным, была создана группа ведущих инженеров по ОКБ промышленности. Им назначены наиболее энергичные специалисты по отдельным ОКБ. По ОКБ главного конструктора Н.Д. Кузнецова - к.т.н. Г.А. Романов, по ОКБ главного конструктора В.П. Глушко - В.А. Зотов, А.С. Рудаков, ОКБ главного конструктора Косберга - к.т.н. В.А. Шерстянников, К.Н. Шестаков. Общие вопросы главные конструкторы решали непосредственно с профессором В.Р. Левиным.

Наиболее успешно в 60-е годы прошлого века проводились работы совместно с ОКБ Н.Д. Кузнецова и ОКБ А.М. Люльки по двигателям, предназначавшимся для ракеты Н1-Л3. К 1968 г. в результате напряженной работы ОКБ Н.Д. Кузнецова и его заместителя по ЖРД Н.Д. Печенкина, а также коллективов заводов были созданы и отработаны на базе модификации двигателей НК-15, НК-15В, НК-19 и НК-21 для первых экземпляров ракет Н1-Л3, двигатели многоразового применения НК-31, НК-39, НК-43 для верхних ступеней ракеты-носителя, двигатель НК-33 с ресурсом 1200 с. Все эти двигатели прошли период доводки узлов и агрегатов, сдаточные контрольные конструкторские ресурсные испытания, ресурсные испытания межведомственной комиссии, госиспытания комиссии государственных специалистов. Во всех этих мероприятиях участвовали В.Р. Левин (который был назначен председателем Государственной комиссии по стендовым испытаниям) и сотрудники его лаборатории.

В начале 60-х годов коллективом под руководством В.Р. Левина совместно с НИИТП и ОКБ С.А. Косберга был проведен большой комплекс работ по двигателям верхней ступени ракеты-носителя "Восток". На высотном стенде филиала ЦИАМ впервые в СССР была экспериментально и весьма надежно определена удельная тяга двигателя третьей ступени ракеты при работе в барокамере, что позволило уточнить методику расчетного определения удельной тяги в летных условиях.

В январе 1966 г. научно-техническая общественность авиационной и ракетной промышленности торжественно отметила 60-летие В.Р. Левина. Деятельность Валерьяна Романовича как ученого широкого профиля, его работа по созданию научного коллектива на протяжении 35 лет получили заслуженную известность в авиационной и других отраслях промышленности. Ученый Совет ЦИАМ присоединился к ходатайству ряда ОКБ промышленности МАП и МОП и единогласно постановил: "Учитывая, что профессор Левин Валерьян Романович является одним из крупных специалистов, и принимая во внимание его заслуги в деле развития отечественной науки и техники, отмеченные Государственной премией и правительственными наградами, Ученый Совет ЦИАМ ходатайствует о присвоении доктору технических наук, профессору Валерьяну Романовичу Левиному почетного звания "Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР". В июле 1967 г. профессо-



В.Р. Левин и зам. министра авиационной промышленности Н.А. Дондуков

ру В.Р. Левину присвоено это звание. Обрадованный Валерьян Романович сообщил об этом своим коллегам и заявил, что, по его мнению, именно их труд способствовал получению столь высокой оценки со стороны руководства страны. В состав коллектива отдела в то время входили В.И. Дорошенко, И.А. Биргер, К.К. Боков, А.И. Гулиенко, Ю.Б. Демидов, Р.И. Исаев, В.М. Калнин, Б.И. Малинин, В.Т. Митрохин, Ю.Ф. Милшин, Ю.С. Мнацаканян, И.М. Пинке, А.Г. Романов, Э.М. Рабинович, А.Н. Руденко, А.С. Рудаков, В.Л. Семенов, С.А. Сиротин, В.И. Фурлетов, В.А. Шерстянников, К.Н. Шестаков, В.Л. Семенов и другие.

Конец 60-х и начало 70-х годов минувшего века были временем творческого подъема коллектива, руководимого профессором В.Р. Левиным. Последнему удалось убедить техническую общественность МАП и МОП, что инженерная подтвержденная многолетней практикой работы теория обеспечения безотказной работы поршневых авиационных двигателей может значительно повысить надежность ЖРД при правильном выборе перегрузок при доводочных испытаниях ЖРД и даже обеспечить многообразие их запусков и достаточный ресурс работы. Эти положения нашли подтверждение в ОКБ Генерального конструктора Н.Д. Кузнецова, завершившего комплекс работ по созданию первых мощных ЖРД многоразового запуска. В середине 60-х годов в этом ОКБ был создан ЖРД для боевой ракеты. Председателем комиссии по его стендовым Госиспытаниям назначили В.Р. Левина. После успешного испытания боевой ракеты в 1966 г. ряд работников ОКБ получили правительственные награды.

Ряд сотрудников ЦИАМ, успешно работавшие с профессором В.Р. Левиным, стали крупными руководителями:

В.А. Сосунов, защитивший диссертационную работу на звание к.т.н. в 1955 г., вырос в крупного ученого, заслуженного деятеля науки и техники РФ, д.т.н., профессора;

Ю.И. Тулупов, к.т.н. (1952), возглавлявший подразделение научных работников в лаборатории № 12 с 1957 г. стал крупнейшим специалистом страны в области спецдвигателей авиации и ракетных двигателей, создателем высокоэнергетических топлив, ему были присвоены звания Главного научного сотрудника, доктора технических наук;

С.А. Сиротин (к.т.н. с 1970 г.) в 1987 г. д.т.н., с 1993 г. заместитель начальника ЦИАМ по научному сопровождению авиационно-космических двигателей, награжден орденом "Трудового Красного Знамени";

В.Е. Дорошенко (д.т.н. 1960 г.) - Главный научный сотрудник, профессор, начальник отдела камер сгорания, редактор журнала "Механика жидкости и газа";

В.Т. Митрохин (к.т.н. 1960 г.), автор монографий (1966), д.т.н. (с



В.Р. Левин (в центре) с сотрудниками своего отдела в 1976 г

1976 г.), начальник отделения компрессоров с 1976 по 2002 г., профессор МАИ;

В.А. Шерстянников (к.т.н. 1959 г.), д.т.н. (1980 г.), в 80-е годы заместитель начальника Главного управления по науке МАП, член Бюро комитета СЭВ по сотрудничеству с зарубежными странами и НТК отрасли по реализации космической программы "Энергия - Буран", действительный член Германской академии им. Гумбольдта, лауреат премии им. проф. Н.Е. Жуковского;

В.И. Гуров (к.т.н. 1972 г.), в 1990 г. - д.т.н., выдающийся специалист, признанный технической общественностью МАП и МОП, в области криогенных проблем системы топливоподачи ЖРД, с 1991 г.;

В.Л. Семенов (к.т.н. 1975 г.) - с 1985 г. начальник сектора лаборатории №12, с 1988 г. - заместитель начальника отдела № 012, руководитель работ по летным испытаниям ГПВД на жидком водороде по программе "Н-1 - Буран", награжден орденом "Трудового Красного знамени"; "Заслуженный машиностроитель России", член-корреспондент Академии космонавтики и воздухоплавания, награжден медалями им. С.П. Королева, С.А. Косбергера, М.М. Бондарюка;

В.А. Зотов (инженер-конструктор, 1961) - к.т.н., ведущий специалист по уплотнению зазоров в ТНА и неравномерному захолаживанию подшипников, ведущий инженер отдела № 012 ЦИАМ по двигателю ракеты "Энергия" ЖРД РД-170, разработанного в ОКБ "Энергомаш".

Середина 60-х годов отмечена для профессора В.Р. Левина и возглавляемого им научного коллектива достижением реальных



Руководство ЦИАМ в испытательном центре Тураево с представителями министерства и военными заказчиками (В.Р. Левин крайний справа)



Зам. начальника ЦИАМ В.Р. Левин встречает почетных гостей на праздновании 50-летия института (1981 г.) в ГЦКЗ "Россия"

результатов в деятельности ОКБ МОП и МАП. Пришло признание научных результатов и рекомендаций промышленности. Работы ЦИАМ по динамике ЖРД, устойчивости процессов сгорания, надежности отмечены научными премиями им. Н.Е. Жуковского, а авторитет профессора В.Р. Левина у руководителей отрасли стал непререкаемым.

Период работы ОКБ Н.Д. Кузнецова по ЖРД для ракетного комплекса Н1-Л3 с 1968 по 1972 г. был очень напряженным для всех коллективов, принимавших участие в его создании, особенно для самого коллектива ОКБ и ЦИАМ, так как осуществлялся переход от модификаций этих двигателей первых образцов к ЖРД многообразного применения. Председателем Государственной комиссии по стендовым испытаниям всех ступеней ракеты Н1-Л3 был В.Р. Левин. К 1972 г. было развернуто серийное производство этих модификаций. К маю 1974 г. ракетный комплекс Н1 был подготовлен к запуску, и уже ждали только команды на пуск, но, к сожалению, в мае 1974 г. вышло решение правительства о прекращении всех работ по ракетному комплексу Н1. В.Р. Левин очень тяжело переживал это решение. После прекращения работ по Н1 в Совмине СССР рассматривались различные возможные варианты использования созданных многообразных ЖРД семейства НК, но выдвигавшиеся Н.Д. Кузнецовым и В.Р. Левиным предложения не были поддержаны и реализованы. Перед коллективом лаборатории № 12 встали новые задачи в связи с работами ОКБ П.Д. Грушина, В.Н. Челомея, А.М. Исаева, В.Г. Степанова, С.П. Изотова.

В 1976 г. в связи с семидесятилетием заместителя начальника ЦИАМ, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, д.т.н. профессора В.Р. Левина министр авиационной промышленности П.В. Дементьев объявил ему благодарность. В 1976 г. В.Р. Левин за достигнутые успехи был награжден орденом Октябрьской Революции. В эти годы его деятельность весьма напряженна, он неоднократно назначался председателем межведомственных комиссий по двигателям ЖРД и РТД и приглашался для работы в Советах главных конструкторов МАП и МОП. Творческое содружество коллектива ЦИАМ, руководимого профессором, связывало коллективы, руководимые С.П. Изотовым, Н.Д. Кузнецовым, В.П. Глушко, С.А. Косберг, А.М. Люлькой (М.А. Кузьминаым), А.Д. Конопатовым, В.П. Радовским, В.Г. Степановым, А.М. Исаевым.

Характерной чертой в работе профессора В.Р. Левина была большая ответственность и надежное обоснование его предложений и замечаний. Для него самого было характерно, и он неукоснительно требовал от своих сотрудников не общих рассуждений, а строго обоснованных, четко сформулированных и проверенных практикой предложений, глубокого знания предмета и существа проблемы. К совещаниям с главными конструкторами он тщательно готовился и требовал от сотрудников, приглашенных им на совещания, практических предложений, которые он выслушивал и уточнял в период подготовки. Его богатый опыт, целеустремленность и трудолюбие снискали большое уважение всех сотрудников коллектива и служили примером для многих из его соратников и учеников.

В 1976 г. вышло правительственное решение о подключении

ЦИАМ к разработке основных двигателей и бортовых энергетических установок "Энергия - Буран" и "Зенит" (РД-170, РД-171, РД-0120, РД-120, 17Д-15, ВСУ-814, РТВД-14). Под руководством В.Р. Левина реконструируется экспериментальная база на филиале ЦИАМ в Тураево (стенд Ц-16Т/В), разрабатываются рекомендации по технической диагностике системы управления ЖРД орбитального маневрирования и РСУ.

Накопленный коллективом лаборатории № 12 опыт позволил обеспечить завершение доводочных испытаний ЖРД 17Д15 для космического корабля "Буран" Ц16-Т/В (1980 г.), были закончены испытания на стенде БМГ плоского двухрежимного водородного ГПВРД при $M=5,0$ и выданы рекомендации на проектирование летного и стендового осесимметричного ГПВРД.

Тем временем здоровье Валерьяна Романовича стало ухудшаться. В 1981 г. после продолжительной болезни умерла его верная спутница и жена Варвара Александровна. Жизнь стала тяжелее. В.Р. Левин пытался по-прежнему сосредотачивать всю свою энергию на решении сложных вопросов развивающейся космонавтики и ракетостроения и гиперзвуковыми полетами, но здоровье уже не позволяло.

В 1985 г. была завершена программа доводочных испытаний ЖРД 17Д15 для космического корабля "Буран" и произведен первый полет ракетоносителя "Зенит" с ЖРД, созданным при участии ЦИАМ (В.Р. Левин, В.А. Зотов, А.С. Рудаков). Руководство ЦИАМ приняло решение о расширении исследований гиперзвуковых и комбинированных двигателей для воздушно-космических самолетов, для чего была произведена реорганизация отдела № 12. Начальником отдела назначается А.С. Рудаков, заместителями начальника отдела - К.Н. Шестаков и Ю.Г. Москвин (с 1988 г. - В.Л. Семенов). Впоследствии начальнику отдела № 12 ЦИАМ А.С. Рудакову в составе авторского коллектива присуждена Ленинская премия за работы в области энергетического машиностроения.

В июне 1986 г. министр авиационной промышленности А.С. Сысцов издал приказ об освобождении В.Р. Левина от должности заместителя начальника ЦИАМ в соответствии с его личной просьбой. В этом же приказе сказано: "...Отмечая многолетнюю плодотворную работу в авиационной промышленности, объявить т. Левину Валерьяну Романовичу благодарность". С августа 1986 г. д.т.н., профессор Левин Валерьян Романович назначен на должность Главного научного сотрудника по специальности "Силовые установки летательных аппаратов". Здоровье Валерьяна Романовича, однако, ухудшалось, и 1 февраля 1988 года он скончался.

В начале 90-х годов двигатели НК, созданные для ракетного комплекса Н1 в СНТК им. Н.Д. Кузнецова, привлекли внимание американских фирм, разработывавших ракеты и двигатели. Фирма "Аэроджет" закупила партию двигателей НК-33, провела в присутствии специалистов из СНТК им. Н.Д. Кузнецова на стенде в США контрольные испытания этих двигателей и подтвердила, что, несмотря на более чем 20-летнее хранение, "двигатели являются наиболее надежными в своем классе и имеют максимально возможное отношение тяги к массе". В 1998 г. в США было поставлено свыше 45 двигателей НК-33, которые предназначались для проектировавшихся ракет Kistler.

В 2001 г. СНТК им. Н.Д. Кузнецова выдвинула работу под названием "Разработка и внедрение не имеющих аналогов в мировой практике в классе тяги 150...180 тонн ЖРД замкнутой схемы НК-33 и НК-43" на премию Правительства РФ. Президиум НТС ЦИАМ 30 ноября выдвинул следующие кандидатуры участников от ЦИАМ: В.Р. Левин (посмертно) и работавшие в тот период в институте В.М. Калнин, А.Г. Романов, К.Н. Шестаков.

К 75-летию ЦИАМ им. Баранова у входа в здание, где работал профессор, д.т.н., заслуженный деятель науки и техники РСФСР В.Р. Левин, была установлена гранитная плита с надписью: **"В этом здании работал Левин Валерьян Романович, выдающийся ученый в области газотурбинных и ракетных двигателей, заместитель начальника ЦИАМ 1938-1985 гг."**



Вышла в свет книга одного из наиболее авторитетных историков авиационного двигателестроения и одновременно главного редактора "Крыльев родины" Л.П. Берне "А.А. Микулин - легенда XXI века".

Прошло уже более двадцати лет со дня смерти одного из самых даровитых отечественных двигателистов, автора первого советского серийного авиадвигателя большой мощности М-34, создателя крупногабаритного газотурбинного двигателя АМ-3, поднявшего в небо Ту-16, и "малютки" АМ-9, предназначенного для МиГ-19. Сегодня уже практически не осталось никого из тех, кто трудился вместе с А.А. Микулиным. Редкое исключение - автор книги, который проработал с Александром Александровичем не один десяток лет на ответственных должностях. Почти все последние микулинские двигатели прошли испытания на летающих лабораториях под руководством Льва Павловича. Автор монографии, несомненно, обладает хорошей памятью и

недюжинным писательским талантом. И еще - способностью объективно оценивать пережитое, что в не меньшей мере значимо при разговоре о такой сложной фигуре, как генеральный конструктор Александр Александрович Микулин.

Впервые под одной обложкой (ранее часть материала публиковалась в нашем журнале) собрана поистине бесценная информация обо всех серийных и опытных двигателях, разрабатывавшихся под руководством А.А. Микулина. В книге ярко рассказано и о ближайших сотрудниках Александра Александровича - Б.С. Стечкине, П.Ф. Зубце и др. Книга, несомненно, будет интересной для широкого круга читателей, как двигателистов, так и тех, кто интересуется историей отечественной авиации. **А**

Берне Л.П. "Александр Микулин - легенда XX века", М., "Крылья Родины", 2006, 248 с., ил.

ООО "Редакция журнала "Крылья Родины-1", ISBN 5-8037-0284-6



Валентин Алексеевич Шерстянников - доктор технических наук, действительный член Германской академии имени А. Гумбольдта, специалист в области авиационных и ракетных двигателей, автор многих научных работ, опубликованных в отечественных и зарубежных изданиях, представил вниманию читателей книгу "Двигатели, опередившие время (отечественные ЖРД 60-80-х годов XX века)". Работая в головном НИИ по двигателям, на протяжении многих лет принимал непосредственное участие в создании высокоэффективных ЖРД для ракет космического и оборонного назначения. Разработанные автором методы физического моделирования и натурной отработки процесса запуска ЖРД, учитывающие реальные условия работы двигателей в составе ракеты, нашли практическое применение в ОКБ при создании ЖРД.

В 1960 - 1970-е годы В.А. Шерстянников возглавлял Межведомственные комиссии по наземной отработке и приемке в эксплу-

атацию двигателей и двигательных установок для ряда ракет оборонного назначения, спутниковой системы связи "Радуга" и ракет-носителей "Союз".

В 1980-е годы автор являлся заместителем начальника Главного управления по науке Министерства авиационной промышленности, входил в руководство Комитета СЭВ по сотрудничеству с зарубежными странами и НТК отрасли по реализации космической программы "Энергия-Буран".

В книге использованы публикации автора в научных трудах АН СССР и РАН по космонавтике, международных астронавтических конгрессов МАФ и симпозиумов по авиационной и космической науке. **А**

Шерстянников В.А. "Двигатели, опередившие время (отечественные ЖРД 1960-1980-х годов XX века)".

М., Издательство редакции журнала "Двигатель", 2006, 130 с., ил., ISBN 5-7038-1547-9

В связи с отмечаемым в декабре 2005 г. семидесятилетием ЦИАМ вышло в свет второе (исправленное) издание двухтомника "Газовая динамика. Избранное" (Редакторы-составители: А.Н. Крайко (отв.), А.Б. Ватажин и А.Н. Секундов. М.: Физматлит, 2005. Т. 1. 720 с., т. 2. 752 с.). Первое издание "Газовой динамики" вышло при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований к семидесятилетию Центрального института авиационного моторостроения (ЦИАМ) им. П.И. Баранова, которое отмечалось в декабре 2000 г., и полувековому юбилею основанной в 1952 г. по инициативе Л.И. Седова лаборатории газовой динамики ЦИАМ. С основания и до начала 1970-х гг. руководителем лаборатории был Г.Г. Черный.

Сборник включает сокращенные варианты опубликованных в 1950 - 2000 гг. статей, содержащих результаты теоретических и экспериментальных исследований ученых лаборатории газовой динамики ЦИАМ.

В т. 1 рассмотрены: квазиодномерные модели; проблемы пограничного слоя, его отрыва и взаимодействия со скачками; гиперзвуковые течения; оптимальное профилирование головных частей, сопел, профилей, самолетоподобных конфигураций и зозоров газодинамических подшипников; устойчивость течений в каналах, их аэроакустика, взаимодействие решеток и венцов, нестационарное сжатие газа.

В т. 2 рассмотрены: течения с детонационными волнами; численные методы

решения задач газовой динамики; трансзвуковые течения; турбулентные струи; теория и модели турбулентности; двухфазные течения; МГД течения в каналах и пограничных слоях; электрогазодинамические (ЭГД) турбулентные течения; коронный разряд в потоке газа; ЭГД эффекты в каналах и струях; бесконтактная электростатическая диагностика. **А**

Информацию по вопросам приобретения второго издания "Газовой динамики" можно получить в издательской фирме "Физико-математическая литература" МАИК "Наука/Интерпериодика".

117997Б Москва, ул. Профсоюзная, 90.
Тел.: (495) 334-7421, 334-7620.
E-mail: fizmat@maik.ru, fmlsale@maik.ru.

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ ДВУХФАЗНЫХ ТЕЧЕНИЙ

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

В различных двигательных и энергетических установках используются рабочие тела, содержащие помимо газовой фазы жидкие и твердые частицы. Эти частицы применяются как высокоэнергетические добавки для повышения удельного импульса тяги. Частицы в газе приводят к изменению режима течения и, как следствие, могут влиять на теплофизические и химические составляющие процесса. Исследование влияния двухфазности на турбулентность в настоящее время остается актуальной научной задачей, требующей теоретических и экспериментальных решений.

Двухфазные течения изучаются в химической промышленности применительно к процессам утилизации вредных отходов, при исследовании пылевидных облаков с целью изучения экологии крупных промышленных городов, в метеорологии применительно к проблемам авиации и воздействию твердых и жидких осадков на корпуса и лобовые стекла самолетов. Наиболее развита двухфазная газодинамика в части исследования течений в ракетных двигателях твердого топлива (РДТТ), где наряду с газофазной составляющей присутствуют твердые и жидкие продукты сгорания порошков металлов (Al и др.), добавляемых в топливо для повышения удельного импульса тяги. Двухфазное течение является одновременно внутренним течением в каналах сложной формы и течением с внешним обтеканием. Причем обтекаемые тела (частицы) движутся внутри этих каналов.

Наличие частиц в газовом потоке влияет на его режим (ламинарный или турбулентный). При этом степень влияния, в основном, определяется дисперсностью частиц и вязкостью газа. Размер частиц, используемых в различных технологиях, может охватывать весьма широкий спектр от нескольких ангстрем до нескольких миллиметров. Все зависит от технических условий.

Для определения размеров частиц в РДТТ пользуются специальными отборниками, например, "устройством для отбора проб из дисперсного высокотемпературного двухфазного потока" (патент РФ № 2262111). Это устройство, схема которого представлена на рис. 1, позволяет производить достоверные изокINETические отборы из камер сгорания РДТТ. Отбор широкого спектра частиц обеспечивают основные узлы отборного устройства: обратный клапан лабиринтного типа (крупные частицы до 100 и более микрон), циклон (единицы и десятки микрон), барботажная камера (доли микрон) и фильтр Петрянова (до сотен ангстрем). С помощью данного устройства был исследован широкий спектр конденсированных продуктов сгорания различных высокотемпературных твердых топлив.

В результате исследований были установлены закономерности по влиянию на размер частиц различных параметров РДТТ (давления, габаритов, состава топлива). В частности, для камер сгорания РДТТ были определены функции распределения частиц по размерам и уровни средних размеров частиц. Было показано, что плотность функции распределения масс частиц по размерам $g(d_p)$ имеет бимодальный вид (рис. 2) с координатами мод 1...2 мкм и 5...7 мкм, а также две затяжные - восходящую и нисходящую ветви. При этом минимальный размер частиц составлял ~ 100 А, а максимальный ~ 100 мкм.

Обобщение большого числа российских и зарубежных опытов по отбору частиц показало, что имеется тенденция к возрастанию среднемассового размера частиц при переходе к крупногабаритным РДТТ с большими диаметрами (D_d) камер сгорания.

Конденсированные частицы преимущественно имеют сферическую форму (рис. 3). Однако среди прочих в продуктах сгорания РДТТ имеется много частиц неправильной формы. Это частицы в виде гантелей, груш, эллипсоидов, других продуктов ударного взаимодействия и аэродинамического разрушения.

В данном случае выбор частиц, содержащихся именно в продуктах сгорания РДТТ, не принципиален и в большей мере иллюстративен, но для анализа турбулентности двухфазных течений он может быть наиболее характерен в силу широты диапазона их свойств.

Анализ турбулентности для двухфазных потоков следует начать с модели течения. Предполагается, что сферические частицы движутся в канале сложной формы вместе с вязкой жидкостью или газом. Причем газ движется быстрее. По мере движения частиц их скорость увеличивается, а разность скоростей газа (V_g) и частиц (V_p) со временем уменьшается. Происходит выравнивание, характеризующееся временем релаксации частиц τ_{rel} . Для сферических частиц это время может быть вычислено по формуле

$$\tau_{rel} = \frac{\rho_p d_p^2}{18\mu}$$

где ρ_p и d_p - плотность и диаметр частиц;
 μ - вязкость газа.



Рис. 1

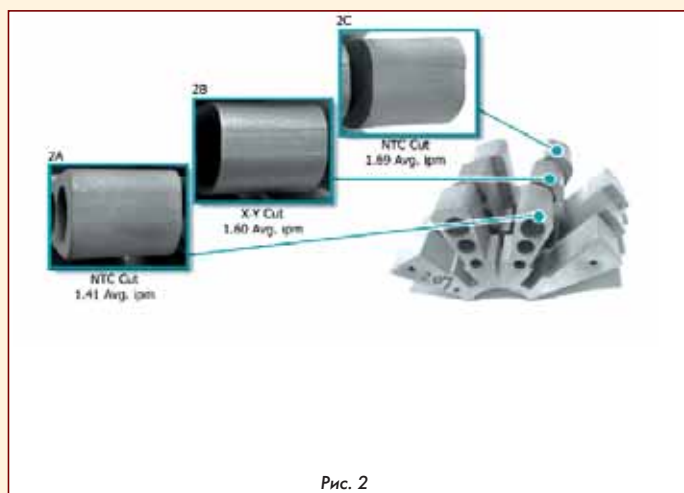


Рис. 2

Ускорение любой частицы, находящейся в потоке вязкого газа, может быть выражено уравнением

$$\frac{dV_p}{dt} = \frac{V_g - V_p}{\tau_{\text{рел}}}$$

Интегрирование данного уравнения дает простую формулу для разности скоростей

$$\Delta V = V_g \cdot e^{-Stk}$$

Здесь $Stk = \tau_{\text{пр}}/\tau_{\text{рел}}$ - критерий Стокса, характеризующий релаксацию частиц, а $\tau_{\text{пр}}$ - время пребывания частицы в рассматриваемом объеме. Видно, что при увеличении критерия Стокса разность скоростей между частицами и газом уменьшается. При этом траектории движения частиц сближаются с линиями тока газа (условие изокINETИЧНОСТИ).

Турбулентность газового потока характеризуется критерием Рейнольдса

$$Re = \frac{\rho_i V_i D}{\mu}$$

и она тем интенсивнее, чем больше число Рейнольдса.

При двухфазном течении турбулентность зависит также от относительного движения газа и частиц.

$$Re_p = \frac{\rho_i \Delta V d_p}{\mu_i} = \frac{\rho_i V_i D}{\mu_i} \cdot \frac{d_p}{D} \cdot e^{-Stk}$$

или

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

Очевидно, что оба правых сомножителя только уменьшают число Рейнольдса потока газа, то есть его "ламинируют". Причем величина экспоненты может быть намного меньше единицы, а отношение d_p/D , например для современных РДТТ, может составлять 10^{-5} при $d_p = 5$ мкм и $D = 500$ мм. Таким образом, для определенных условий турбулентный газовый поток при добавлении в него частиц может стать ламинарным, что может привести к увеличению потерь на трение.

Как отмечалось в предыдущей статье (журнал "Двигатель", № 6 (42), 2005 г.), обтекание шара всегда происходит при дозвуковом режиме, а самая "бурлящая" турбулентность реализуется при числе Маха $M = 1$. Поэтому при анализе турбулентности считалось представительным рассмотрение дозвукового обтекания шара как общего случая. Из опытов Фейджа следует, что распределение давления по шару имеет немонотонный характер (рис. 4). До определенной координаты давление падает. Далее, проходя минимум, давление некоторое время растет и затем становится постоянным. Это означает, что различные области шара обтекаются при различных градиентах давления dp/dx . На начальном участке, где давление падает, а скорость, естественно, растет - течение происходит с отрицательным градиентом давления $dp/dx < 0$.

С момента перехода к области замедления потока величина градиента давления положительная ($dp/dx > 0$). Начиная с некоторой координаты градиент давления равен нулю. Ранее (журнал "Двигатель", № 4 (40), 2005 г.) на примере сопла было показано, что течению с отрицательным градиентом давления ($dp/dx < 0$) соответствует ламинарный режим, либо могут возникать волны Толмина-Шлихтинга. Этим и объясняется ламинарное течение в лобовой части шара. Течение с положительным градиентом ($dp/dx > 0$) идентифицируется с течением в режиме вихрей Тейлора-Гертлера. Поэтому вблизи миделевого сечения шара возникают дискретные продольные вихри с попарно противоположным вращением. Их количество кратно двум. Эти вихри (винтовые течения) распространяются вниз по потоку до того места, где течение становится безградиентным. В этом месте ($dp/dx = 0$) вихри попарно скручиваются, образуя плотную оплетку с противоположно вращающимися по местам контактов парами вихрей (спинами). Такая вихревая упаковка формирует устойчивый ближний след за шаром. Форма и размеры этого следа влияют на устойчивость течения по тракту двигателя.

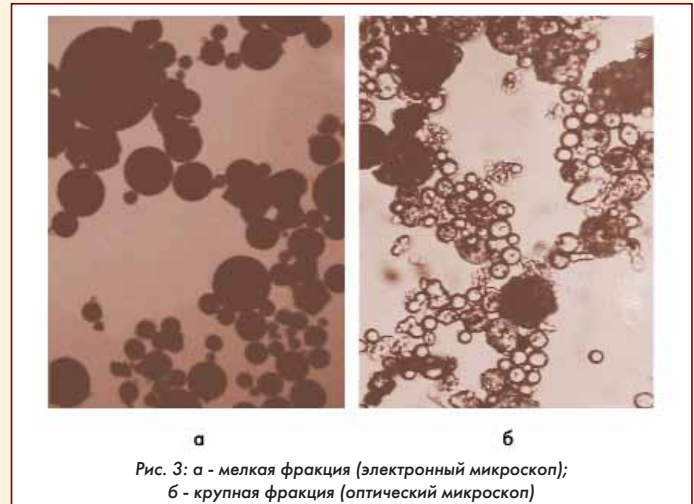


Рис. 3: а - мелкая фракция (электронный микроскоп); б - крупная фракция (оптический микроскоп)



Рис. 4

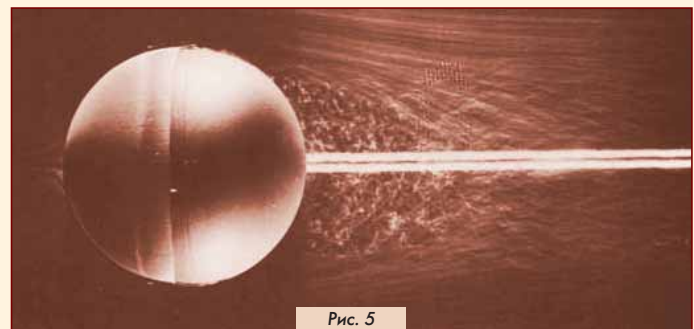


Рис. 5

Анализ экспериментальных данных различных авторов показывает, что пространственная структура течения вблизи шаров трудно воспроизводима при помощи видео и фотосъемки. Добиться детальных картин обтекания не всегда удается в полной мере. В большинстве случаев в области ближнего следа за шаром удается зафиксировать лишь устойчивое турбулентное облако с четкими границами (работы Прандтля и Эйффеля). Наиболее детальные фотографии получил Верле (рис. 5). На них совмещены области устойчивых течений: ламинарная и волновая Толмина - Шлихтинга в лобовой части шара и продольно-вихревая в ближнем следе за шаром.

При больших концентрациях частиц в потоке могут реализовываться случаи пересечения ближних следов за частицами. Такие пересечения образуются в результате коагуляции и дробления жидких частиц различных размеров, движущихся с разными скоростями относительно газа. Турбулентность в подобных случаях несколько увеличивается из-за появления дополнительных "застойных" зон. При этом улучшается смесеобразование в камере сгорания и увеличивается полнота сгорания топлива.

В двухфазных потоках интенсификация турбулентности зависит от конкретной ситуации. Наибольшие локальные эффекты проявляются в камере сгорания и дозвуковой части сопла, где разница скоростей наибольшая. В сверхзвуковой части сопла, за исключением дозвуковых зон с положительными градиентами давления (конструкционные уступы, стыки и пр.), турбулентность отсутствует.

К.П.Д. ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Валентин Иванович Голубев, зам. генерального директора АО "Международные технологии"

Когда автомобилей на Земле было относительно немного, мало кто задумывался о том, что же будет с человечеством, когда число "железных коней" вырастет до десятков и сотен миллионов. По-хорошему об этом надо было подумать еще лет двадцать-тридцать назад, но в те времена для разработчиков автомобилей вопросы, связанные с к.п.д. транспорта и экологией (особенно с загрязнением воздуха выхлопными газами), не являлись первостепенными. Сегодня ситуация обострилась, автомобилей стало невыносимо много, дышать в больших городах просто нечем. И все же положение человечества, вынужденного решать дилемму баланса экологии и энергетики, можно спасти, если решительно изменить подход к выбору рационального к.п.д. транспортного средства. Именно к к.п.д. транспортного средства в целом, а не только к его агрегатам (двигателю, трансмиссии и т.п.).

На заре автомобилестроения инженеры прекрасно понимали, что к.п.д. ДВС заметно лучше, чем к.п.д. паровых машин, и это придавало оптимизма. Действительно, 20 %, несомненно, лучше, чем 10 %. В то время мало кто мог предположить, что ДВС - термодинамический преобразователь энергии с кривошипно-шатунным механизмом - способен столь сильно (и не только позитивно) повлиять на жизнь общества в целом.

После того как число автомобилей перевалило за миллион, наиболее дальновидные исследователи стали задумываться, а рационально ли такое большое количество энергии выбрасывать на ветер: ведь 80 % энергии топлива вылетает в выхлопную трубу и только 20 % передается на выходной вал двигателя. Однако существенно улучшить к.п.д. ДВС не представлялось возможным, и к сегодняшнему дню он фактически оказался в зените своего развития. А в точке максимума функции ее производная (т.е. скорость изменения параметра), как известно, нулевая.

Большие доходы автомобильных предприятий, нефтедобывающих компаний, заводов по переработке нефти отодвинули в дальний угол проблемы, обусловленные принципиальными недостатками кривошипно-шатунной конструкции ДВС. Расчеты эффективности транспортных средств (ТС) выполнялись лишь с целью сравнительной оценки близких по своим характеристикам объектов (например, автомобилей предыдущего и следующего поколения). Между тем использование методики расчета к.п.д. транспортного средства позволяет подойти к проблеме концептуально и определить направления совершенствования вида техники в целом!

В автомобиле коэффициент полезного действия двигателя и трансмиссии принято рассматривать как произведение к.п.д. отдельных частей машины, нескольких частных к.п.д.:

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m, \quad (1)$$

где η_i - к.п.д. термодинамического цикла;

η_m - к.п.д. поршневой группы и клапанного механизма.

Эти показатели, входящие в формулу к.п.д., "оптимизированы" почти до пределов. В среднем ежегодно удается снизить лишь на доли процентов расход бензина на сто километров пробега. Ради снижения расхода бензина разрабатываются все более сложные конструкции двигателей, а то и целые силовые установки, в состав которых входят ДВС, электродвигатель, аккумулятор, системы управления и т.д.

Зачастую грузовик, рассчитанный на перевозку трех тонн груза, везет 200 кг. Эффективность при этом очень мала. Чтобы дать математическую оценку эффективности использования ТС

можно ввести коэффициент загрузки ТС:

$$K_z = m_p / (m_p + m_c),$$

где m_c - собственная масса ТС;

m_p - масса груза.

Чем выше K_z , тем большая часть сгоревшего топлива была использована на перевозку груза. Для того, чтобы ТС использовались с максимальным K_z , разработаны машины разной грузоподъемности. Так появилась возможность подобрать под груз транспортное средство, и владельцу транспортной конторы не придется перевозить холодильник на КраЗе.

При разработке ТС во внимание принимаются в первую очередь прочность, надежность и технологичность конструкции, а величина его собственной массы получается как результат разработки. Конечно, любой конструктор автомобиля прекрасно понимает, что чем меньше масса машины, тем меньше расход бензина. Но одного этого понимания мало, стремление сокращения массы ТС должно стать самостоятельной, и притом весьма важной целью. Недостаточный, на наш взгляд, учет фактора собственной массы легкового автомобиля привел к тому, что сегодня это транспортное средство весит 1...3 т, в то время как масса обычной кареты или коляски на протяжении двух тысяч лет не превышала 150...200 кг. Если приплюсовать массу лошади получим собственную массу ТС порядка 700 кг. При массе полезной нагрузки от 200 до 1000 кг получим K_z в пределах 0,2...0,6. Именно увеличение собственной массы ТС в XX веке и является пагубным для жизни цивилизации, т.к. основная доля жидкого топлива сжигается легковым автомобилем... для перемещения собственной массы. Прикинем: масса груза в легковом автомобиле при типовой поездке (в салоне один-два пассажира вместо пяти, для перевозки которых и просчитывалась конструкция) составляет 3...15 % от массы автомобиля. Конечно, комфорта в авто больше, да и скорость перевозки намного выше (про скорость автомобиля пара слов в конце статьи), но...

Известно, что радиоприемник потребляет 1 Вт, телевизор - 100 Вт, на бытовые нужды расходуется приблизительно 1 кВт, на отопление - 2 кВт. При передвижении в электричке, в автобусе, в троллейбусе на одного человека приходится 1...2 кВт, при движении в собственном автомобиле - 50...200 кВт. Отношение мощностей, как видно, - два порядка. Напрашивается вывод: легковой автомобиль с ДВС создан и используется принципиально неправильно!



Вероятно, начало этому было положено в начале 50-х годов, когда в Америке начался автомобильный бум, и связанная с этим борьба за увеличение скорости легкового автомобиля. Американцам была привита любовь к большим машинам, мощность двигателя была доведена до 300 л.с. Но во время экономического кризиса начала семидесятых годов поняли, что мощность двигателей надо понизить и ее понизили. Мощность двигателей "среднего" легкового автомобиля уменьшили, но не до номинальной величины в десять (с моей точки зрения) лошадиных сил, а только до ста.

Определим мощность, которая необходима для передвижения человека. При движении пешком и на велосипеде человек тратит весьма небольшое количество калорий. Эта величина неоднократно измерялась биологами и вычислялась физическими методами. Ее можно определить, используя следующие формулы:

а) Как известно, при скорости 5 км/ч и шаге 0,8 м мощность передвижения определяется подъемом тела массой 80 кг при каждом шаге на 2...3 см. Тогда

$$N = m \cdot g \cdot h / t,$$

где t - продолжительность половины одного шага, в течение которого идет подъем, равная 0,3 с.

Подставив соответствующие параметры, получаем: при спокойной ходьбе мощность равна 65 Вт;

б) Если мощность вычислять по формуле работы с учетом коэффициента трения, то

$$N = k \cdot m \cdot S / t,$$

где k - коэффициент трения по асфальту, который принимаем равным 0,05, как у шин автомобиля при сцеплении с асфальтом.

В этом случае мощность равна 55 Вт.

в) Измеренная физиологически энергия, расходуемая человеком при ходьбе в течение часа, равна 216 ккал. С учетом к.п.д. биологического шагающего двигателя (25 %) получается, что на движение тратится 15 кал/с, и это соответствует мощности 63 Вт.

Получилось хорошее совпадение результатов. Итак, при движении пешком человеку необходима мощность около 60 Вт.

г) При движении на велосипеде со скоростью 9 км/ч мощность, развиваемая человеческим организмом, составляет 270 ккал/ч, что эквивалентно 18 кал/с или 72 Вт.

д) При поездке на велосипеде со скоростью 20 км/ч потребная "биологическая" мощность возрастает до 545 Вт, а мощность, расходуемая на движение, составляет 136 Вт.

е) При движении на велосипеде полной массой 120 кг со скоростью 100 км/ч с хорошим обтекателем энергия тратится на преодоление трения качения и сопротивление воздуха. Потребная механическая мощность в этом случае составляет 1,66 л.с. Такую мощность способны кратковременно развивать отлично тренированные спортсмены на соревнованиях велосипедов. Очевидно, что для мышечного транспортного средства указанная мощность является экстремальной.

В послевоенные годы были разработаны автомобили, в которых водитель и пассажир располагались, как в мотоцикле, друг за другом. На большой скорости движение осуществлялось на двух колесах. На малой - выпускались дополнительные боковые колесики. Называлась эта конструкция моноколейным автомобилем.

Можно провести оценку потребной мощности двигателя для такого моноколейного автомобиля, рассчитанного на транспортировку двух человек и имеющего собственную массу порядка 150...220 кг. Ве-

личину максимальной скорости установим равной 100 км/ч. Масса такого транспортного средства с пассажирами составит в среднем 330 кг, а потребная мощность двигателя будет равна:

$$N = k \cdot m \cdot v / 270 + c_w \cdot S \cdot v^3 \cdot \rho / 2 \cdot 1 / 3500 = 0,012 \cdot 330 \cdot 100 / 270 + 0,02 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 1,22 / 2 \cdot 1 / 3500 = 1,46 + 1,4 = 2,86 \text{ л.с.},$$

где c_w - коэффициент обтекаемости;

S - площадь поперечного сечения автомобиля;

ρ - плотность воздуха.

Таким образом, потребную мощность двигателя для такого моноколейного с максимальной скоростью 100 км/ч можно оценить величиной 2 кВт (при скорости 60 км/ч потребляемая мощность будет всего 1,18 л.с.).

Как нетрудно заметить, это соизмеримо с другими видами энергетического потребления (освещение, отопление, бытовые нужды, передвижение в коллективном транспорте). Коэффициент загрузки моноколейного составляет около 50 % (при наличии водителя и пассажира).

Сегодня масса легкового автомобиля в основном превышает одну тонну (см. табл. 1). Так как в большинстве случаев в таком автомобиле едет один человек, то получается, что собственная масса ТС на порядок превышает массу груза. Фактически, не человек едет на машине, а машина использует человека для своего перемещения!

Мощность двигателя N_e почти наполовину теряется в трансмиссии и других механизмах автомобиля, а на движение, на тягу, создаваемую колесами, остается мощность N_d , которую можно рассчитать, а можно определить по времени набора скорости, которое измеряется для каждого легкового автомобиля. При разгоне двигатель работает на полную мощность, которая вычисляется по формуле, в которой N_a - расход мощности на обеспечение ускорения ТС, N_k - расход мощности на преодоление сопротивления качения, N_w - расход мощности на преодоление сопротивления воздуха

$$N_d = N_a + N_k + N_w.$$

С другой стороны, $N_d = H_u \cdot G \cdot \eta_{er}$, где H_u - теплота сгорания топлива, G - часовой расход топлива. К.п.д. автомобиля определяем как отношение мощности, потребной для передвижения груза (или пассажиров), к мощности истраченного горючего:

$$\eta_o = N_{rp} / H_u \cdot G = N_{rp} \cdot \eta_e \cdot \eta_T / N_d = m_{rp} \cdot k_1 \cdot \eta_e \cdot \eta_T / \{ (m_{rp} + m_d) \cdot k_1 + k_2 \cdot V^3 \} = k_n \cdot \eta_e \cdot \eta_T \quad (2)$$

где η_T - к.п.д. трансмиссии ($\eta_T = 0,5...0,7$).

В этих формулах коэффициенты k_1 и k_2 усложняют представление о коэффициенте перевозки и представление о к.п.д. автомобиля. Их можно исключить, если учесть, что при $V < 80$ км/ч величиной $k_2 \cdot V^3$ можно пренебречь, т.к. $(m_{rp} + m_d) \cdot k_1 \gg k_2 \cdot V^3$. При этом коэффициент перевозки $k_n = m_{rp} / (m_{rp} + m_d)$, т.е. он равен ко-

Таблица 1

Автомобиль легковой	m_p , кг	m_d , кг	N_e , л.с.	N_d , л.с.	K_3		Расход, г/т·км	К.п.д. ТС, %	
					Загрузка			Загрузка	
					Полная	Реальная		Полная	Реальная
ВАЗ-2101 (1,2 л)	1355	955	64	40	0,3	0,09	160	3,0	1,0
ВАЗ-2108 (1,3 л)	1260	795	64	40	0,37	0,12	148	5,2	1,7
ВАЗ-2121 (1,6 л)	1550	1150	80	50	0,26	0,08	200	2,1	0,65
Москвич-214102 (1,7 л)	1500	1030	82	42	0,27	0,09	185	3,3	1,1
BMW 740 (дизель)	2500	1960	240	170	0,2	0,05	270	4,6	1,15
Мерседес-SL600 (6 л)	2320	1980	400	183	0,15	0,05	630*	1,7	0,57
Chrysler-2,5i (2,5 л)	1930	1435	141	76	0,26	0,06	300	3,5	0,9

* - городской цикл.

Таблица 2

Автомобиль грузовой	m_p , т	m_d , т	N_e , л.с.	N_d , л.с.	K_3		Расход, г/т·км	К.п.д. ТС, %	
					Загрузка			Загрузка	
					Полная	Реальная		Полная	Реальная
Зил-130-76	10,5	4,3	150	80	0,57	0,4	47	7,3	5,1
Газель	3,5	2,09	110	60	0,4	0,32	107	5,2	4,2
КамАЗ-320	15,3	7	170	90	0,52	0,3	28	9	5,1
КамАЗ-53212	18,2	8	250	130	0,55	0,31	25	9,4	5,3
МАЗ-516Б	23,5	9	240	140	0,62	0,4	17	12,6	8

Таблица 3

Автобус	m _{п, т}	m _{г, т}	Ne, л.с.	Nd, л.с.	K _з		Расход, г/т·км, Вт·ч/пасс. км*	К.п.д. ТС, %	
					Загрузка			Загрузка	
					Полная	Реальная		Полная	Реальная
ЛиАЗ-677	14	8,4	180	75	0,4	0,31	71	3,67	2,85
"Икарус-242"	16	9	160диз	95	0,43	0,26	29	8,4	5
ЛАЗ-699Р	13,4	8,6	180	75	0,36	0,3	85	3,3	2,8
ПАЗ-3201	7,2	4,9	115	57	0,32	0,28	75	3,5	3,0
"Соболь"	3,25	2,44	100	60	0,25	0,18	164	4,1	3,3
ЛиАЗ-5256	27,3	18	170диз	90	0,34	0,25	27	5,4	4
Троллейбус	19,1	11	150	130	0,42	0,27	30*	36,4	23

Таблица 4

Поезд	m _{п, т}	m _{г, т}	Ne, кВт	Nd, кВт	K _з		Расход, г/т·км, Вт·ч/пасс. км*	К.п.д. ТС, %	
					Загрузка			Загрузка	
					Полная	Реальная		Полная	Реальная
ВЛ10 (грузов.)	2172	700	6500	6000	0,68	-	25*	62,5	-
ЧС200 (пассаж.)	988	900	8400	7800	0,09	-	38	9	-
ЭР2 (пассаж.)	543	455	8000	7100	0,16	0,08	25	13,8	7
Метро	486	416	1950	1800	0,144	0,08	20	12,4	6,9
Трамвай (2 ваг.)	63,6	27х2	200	180	0,15	0,08	30	13,6	6,8

эффиценту загрузки (1), так что к.п.д. автомобиля:

$$\eta_a = \eta_e \cdot \eta_r \cdot k_z \quad (3)$$

При большой скорости к.п.д. автомобиля становится меньше этой величины и определяется по формуле (2). К.п.д. грузовых автомобилей по формуле (3) можно определять только при скорости, меньшей 60 км/ч, в противном случае - по формуле (2).

Определим коэффициент загрузки для двух случаев: полной номинальной загрузки и реальной загрузки, которая имеет место в большинстве случаев. Десять лет назад было определено, что легковой автомобиль имеет реальную загрузку 1,3 пассажира. Вообще-то это значение получается разным в будни и выходные дни, зависит от времени суток, имеет большой разброс, если пользоваться результатами разных авторов и в разных странах, но везде заметна тенденция к его уменьшению. Сегодня при поездах по Москве днем этот коэффициент равен 1,2 (тридцать лет назад он оценивался равным 1,5...1,7). В наших расчетах берется принятый в большинстве случаев коэффициент 1,3.

В табл. 1 даны значения коэффициента использования легковых автомобилей (к.п.д. ТС) при полной загрузке и при реальной. Как видно, при реальной загрузке он находится в пределах

рационального значения. Кроме того, при определении к.п.д. грузовых автомобилей мы не учли, что обратный путь у них пустой, так что реальное значение указанного параметра у них должно быть ниже приведенного в табл. 2.

Несколько хуже показатели у автобусов ввиду того, что коэффициент загрузки у них меньше 0,5.

Теперь о к.п.д. авиационного, железнодорожного и водного транспорта. Если на железнодорожном транспорте применимы "автомобильные" расчеты, то к воздушному и водному транспорту с их турбинами и винтами требуется несколько иной подход. По расходу горючего на тонно-километр все виды транспорта можно привести к одному знаменателю. Однако этот показатель в ряде случаев не стыкуется с к.п.д. ТС, т.к. он не учитывает собственной массы ТС. Кроме того, при сравнении водного и воздушного транспорта необходимо вводить поправку на скорость. Чем выше скорость, тем больше расход топлива, но некоторые грузы экономически выгоднее везти быстро.

Наилучшими энергетическими и экологическими показателями обладает железнодорожный транспорт, и это неудивительно: коэффициент трения качения на порядок меньше, чем у ТС на резиновых колесах. Кроме того, к.п.д. и тяговые характеристики электрических двигателей с последовательным возбуждением намного лучше, чем у ДВС. Собственная масса вагонов грузовых поездов составляет примерно 19...24 т, а у пассажирских вагонов она равна 40...54 т. Для последних коэффициент загрузки не превышает 0,1. А для грузового вагона коэффициент загрузки приближается к 0,7 (см. табл. 4).

Таблица 5

Самолет	Mвзл, т	Mгр, т (пасс)*	Ne, кгс (л.с.)*	Nd, кгс (л.с.)*	K _з при полной загрузке	S, км	V, км/ч	Расход, г/т·км, г/пасс·км	К.п.д. ТС, %
Як-42Д	57,5	13,5	19 500	3420	0,23	2700	780	260	4,2
Ан-12Б-30	75	30*	20 800*	5000*	0,4	1500	600	400	9,6
Ан-70	126	47	56 000*	14 000*	0,32	4700	780	146	6,4
Ил-76ТД	190	50	-	-	0,26	-	780	228	5,2
Ту-104А	74,5	41,5	19 000	4580	0,1	2800	840	120	2,7
Ту-124	34,5	5	11 000	2750	0,14	1500	800	125	3,6
Ту-154	89	164*	31 500	7800	0,2	7000	980	36	5
Ка-126	3	1	720*	54*	0,33	660	190	600	2,5
Ка-32	12,7	3,7	2200*	176*	0,29	800	260	490	2,3

Таблица 6

Суда	Mв полн, т	Дедвейт, т, (пасс.)*	Ne, кВт	Nd, кВт	S, км	V, км/ч	K _з при полной загрузке	Расход, г/т·км, г/пасс·км*	К.п.д. ТС, %
Танкер пр. 77 (речной)	3800	2800	1030	270	6100	18	0,73	10	19
Сухогруз пр.1557	4440	3170	970	190	-	19	0,72	2	14
Gellic Monarch	8224	6074	4900	1620	-	28	0,74	6	24
СПК "Метеор"	53	16,4 (130)*	1320	400	600	65	0,3	44*	9
Яхта Falcon 115	125	16,8 (30)*	3360	1200	5000	50	0,19	540*	7
Танкер Liber Troitsk	56	41	8310	2900	-	28	0,74	5	26
СПК "Спутник"	110	34 (260)*	2400	770	800	65	0,31	30*	9,7

0,5...1,7%, в среднестатистической оценке - 1,16%, а округленно - 1%. Легковых автомобилей у нас в стране больше 22 млн, на планете свыше 500 млн. Интересно, что скажет "среднестатистический" водитель, если ему сказать, что он из 100 л бензина 99 л выбрасывает на ветер? Действительно, ведь на перемещение собственно водителя (хозяина ТС) расходуется только 1 л.

У ТС коллективного пользования и у грузовых автомобилей этот к.п.д. несколько выше (см. табл. 2, 3).

Как видно, применение дизелей обеспечивает большой к.п.д. двигателя, и коэффициент загрузки у грузовиков в среднем 0,5, т.е. больше, чем у легковых автомобилей. Поэтому реальный к.п.д. таких ТС около 5%, что заметно больше, чем у легковых автомобилей, но далеко от

да, с учетом K_3 , к.п.д. перевозки на самолете можно оценить равной 6 %.

Суда с древних веков были основным видом грузового транспорта. Парус являлся таким мощным двигателем (тысячи кВт), который долго заменить было нечем. Но у него были недостатки: в шторм и штиль он не работал. Поэтому переход в свое время на нефтяное топливо был неизбежен, и тогда об экономии топлива речи не шло. Но теперь, когда нефть кончается, надо оценить эффективность перевозок и на водном транспорте.

У современного водного транспорта главные проблемы связаны с низким к.п.д. винта корабля. Лишь половина энергии вращающегося винта уходит на передачу движения судна, а вторая половина энергии рассеивается. Только из-за большого K_3 водного транспорта к.п.д. перевозки оказывается приличным, но разброс и в этом случае довольно велик (см. табл. 6). У грузовых судов при малой скорости к.п.д. перевозки достигает почти 30 %.

Что можно порекомендовать разработчикам по итогам анализа приведенных таблиц?

Анализ данных, приведенных в таблицах, еще раз показывает, что главным средством повышения K_3 является снижение собственной массы ТС, будь то автомобиль, вагон или самолет. Сделать это можно путем применения более легких конструктивных материалов, что автоматически приведет к снижению требуемой мощности двигателя, следовательно, его массы и массы трансмиссии. Естественно, вся проблема в поиске этих материалов. Можно применять и дерево, была же в авиации специальная фанера, главное - обеспечить надежность, долговечность и самое важное - безопасность.

Можно порекомендовать более широкое использование электрической тяги. Троллейбус имеет на порядок лучшие энергетические показатели по сравнению с автобусом. К тому же он экологически чистый, не загрязняет воздух больших городов. Но и без автобуса не обойтись, нет возможности везде протянуть контактную сеть. У метро, как и у пассажирского железнодорожного транспорта, также надо снижать массу вагонов, конечно, с учетом обеспечения достаточной прочности вагона. Да и не мешало бы менять число вагонов в электропоездах, в зависимости от величины K_3 (ночные электрички почти пустые).

В автомобилестроении продолжается поиск наиболее оптимальной конструкции автомобиля. Есть конструкции, в которых вместо механической трансмиссии используются мотор-колеса. Электропитание осуществляется либо от аккумуляторов, либо от генераторов, приводимых в действие экономичными двигателями, в т.ч. и работающими на водородосодержащих топливах. В сравнительно отдаленной перспективе возможно создание дешевых топливных элементов.

На последних автосалонах наряду с классическими легковыми машинами стали демонстрироваться совсем новые разработки, в которых не просто уменьшено число перевозимых людей, а оно просто сведено к минимуму - одному водителю. Это уже инди-



Монокорейный автомобиль П. Шилового с гироскопическим стабилизатором вертикали (1907)

видуальное транспортное средство, в котором обеспечен достаточно высокий комфорт.

Но не все могут сесть за руль, кое-кого и возить надо. В этом случае наиболее целесообразно использовать монокорейное ТС, рассчитанное на двух человек. И установить на него ту силовую установку, которая на тот момент будет наиболее оптимальной как с точки зрения высокого к.п.д., удовлетворения всех экологических требований, так и меньшей зависимости от нефти.

И несколько слов о скорости автомобиля. К сожалению, число аварий и жертв на дорогах из-за превышения скорости растет. В связи с этим хотелось бы предложить конструкторам автомобилей заложить в систему управления автоматическое ограничение скорости. Если по закону нельзя ездить больше 90 км/ч, значит, нельзя. А конструктивно сделать это сейчас можно. Тогда и экономия нефти будет, да и людей сбережем.

Литература:

1. Бюссиен Р. Автомобильный справочник, пер. с нем., М.: МАИ, т. 1, 1959.
2. Голубев В.И. Против природы на АВТО. Природа и Человек, № 8, 2003, с. 10-13.
3. Большая энциклопедия транспорта, т. 2, М.: Маш., 1995. Самолеты и вертолеты.
4. Судостроение, № 1 - 6, 1999.



Концепт-кар фирмы "Тойота" - индивидуальное транспортное средство i-Unit

ИНФОРМАЦИЯ

У Международная конференция "Авиация и космонавтика-2006" состоится с 23 по 26 октября в Москве. Она проводится ежегодно при содействии Федерального космического агентства, Федерального агентства по промышленности, Федерального агентства по образованию, Российской академии наук, Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского и Российской академии авиации и воздухоплавания.

Основными темами Конференции будут: "Авиационная безопасность и безопасность полетов", "Анализ и синтез сложных систем", "Аэродинамика, Аэрокосмические

образование", "Беспилотные летательные аппараты", "Бортовые радиоэлектронные комплексы", "Вертолетостроение", "Динамика движения твердых и деформируемых тел", "Интернет-технологии в науке и образовании", "История развития и сотрудничества отечественной и зарубежной авиации и космонавтики", "Компьютерные и информационные технологии на транспорте", "Многосредные аппараты и системы", "Прикладные и математические методы", "Прогнозирование, экономика, конкурентоспособность авиационной техники", "Ракетно-космические аппараты и системы", "Робото-

технические системы", "Системы жизнеобеспечения", "Системы управления движением, ориентации и навигации", "Тепловые двигательные установки", "Тепловые режимы, теплозащита, терморегулирование", "Электро-ракетные двигатели и энергоустановки", "Электроэнергетические, электро-механические и биотехнические системы".

Дополнительную информацию можно получить по телефону и электронной почте.

E-mail: aviacosmos_2006@mai.ru;

aviacosmos_2006@mail.ru

<http://www.mai.ru>

Тел.: (495) 195-9483, (8-906) 717-8391.

WELCOME, ABROAD!

(ПРИВЕТ, ЗАГРАНИЦА!)

Лев Ио

Часть 3

...Прошел еще месяц, и теперь Ион уже сам собрал совещание с участием Ковалья и Федотова по поводу проекта № 666. "Да пойми ты, - орал взбудораженный Коваль, - как мы банк производственных отклонений не увеличивали, как не меняли коэффициенты внутренней и внешней теплоотдачи (т.е. холодного воздуха внутри и горячего снаружи - прим. автора), не горит эта падла, и все тут. Ведь для образования прогара нужно: первое - чтобы вследствие высокой температуры где-то образовалась маленькая, вначале даже микроскопическая трещинка и второе - давление воздуха внутри должно быть меньше давления газа снаружи, чтобы трещинка развилась вследствие проникновения в охлаждаемые полости горячего наружного газа. А у нас ни достаточно высокой температуры для возникновения трещинки нет, ни отрицательного перепада давления Δp Виктор получить не может..."

Все это было понятно Одрову (конечно, вообще, как физику, а сколько времени потратили Федотов и Коваль, последнего вон как разобрало, сейчас, правда, по делу)...

- Ну все, - вдруг неожиданно для себя озарился Ион, - уменьшаем "горло" жиклера, чтобы расход в условиях работы при температуре T_2 пошел не α_1 , а меньший, и так будем уменьшать "горло" до тех пор, пока деталь не разогреется, как нужно, и величина Δp не станет отрицательной...

- Да ты что, ведь в размере такого простого элемента, как жиклер, никто никогда не ошибается...

- Я знаю, но иначе мы ни на шаг не сдвинемся...

- Тебе нужен результат любой ценой.

- Да, и это тоже, мне нечем двухмесячную работу прикрыть, но, но... - продолжал озаряться Ион, - ведь и ты, и Виктор теперь на все сто уверены, что вы сделали отличную защиту лопатки SARU, я горжусь вашей работой, или вы и в это не верите?

- В это верим, - произнес молчавший до сих пор Федотов, - руку даю на отсечение.



- Не надо членов из-за этого лишаться, - продолжал витийствовать Одров. - Значит что-то ирреальное случилось, португалы не могли же отлить SARU так, чтобы зажать каналы охлаждения донельзя... В конце концов вернемся к началу экспедиции и к ее цели - нам необходимо так настроить модель, чтобы возник прогар. Таким образом, для задачи неважно, почему случился прогар, поскольку слишком много неизвестных. Я знаю, что ваши модели врут при расчетах коэффициентов теплоотдачи ну на 20 %, ну на 50 % как максимум, но ведь и вариации коэффициентов даже в больших пределах ничего не дали. Значит, случилось нечто совершенно нам неизвестное, ну, вдруг инородные тела попали в каналы охлаждения, например, забор воздуха шел из сухого глиняного карьера, вот каналы комками глины и позабывались, но это же один хрен, что размер жиклера уменьшился...

- А что, - осмелился вставить реплику Федотов (он по жизни был инициативным профессионалом, но сильно забивался властным Ковалем). - По-моему, поиграть размером жиклера - мысль неплохая.

- Посмотрим, - кряхтя, согласился Владимир ("Он никогда не признает моей правоты, да и фиг с ним...", главное дело бы шло, а сейчас пойдет, - радостно подумал Ион. - Вот ты и доказал третий раз, что хороший король очень даже нужен").

...Ответ был готов к концу того же дня. Если зажать жиклер в полтора раза (невероятно много, так ошибиться в производстве этой простой детальки невозможно), то прогар лопатки произошел бы через 60 часов, что соответствовало последним данным Квина. Теперь варианты расчетов можно было выполнить за два дня, и все - проект завершен!

Однако "суэта вокруг дивана" была продолжена с неожиданной стороны... Вечером того же дня раздался еще один звонок из Лиона. Звонил Иван Апинов, начальник Иона по административной линии. Он находился в Лионе на совещании руководителей фирмы Surgom и сообщил Иону, что после общения со Стерри Флорином хотел бы получить от Одрова письмо-отчет по поводу течения дел в проекте № 666. Письмо должно быть направлено Стерри, а Иван хотел получить копию.

- Дело в том, - объяснил Иван, - что Стерри хотел бы понять, почему простая задача, поставленная Квином, по истечении двух месяцев Вами еще не решена...

- Все, крантец, приехали, - подумал Одров. Скромный, якобы, интерес Стерри был знакомым. - Теперь на Квина давят не только сбоку, но и сверху, - понял Ион (см. рис. 1).

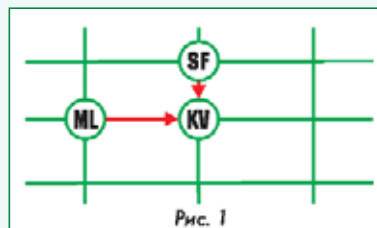


Рис. 1

Дело в том, что умный, жесткий и хитрый SF (Стерри Флорин) был начальником KV (Квина Вволь), так сказать, сверху (как Иван Апинов командовал Одровым). Структура управления или, как говорят на Западе, reporting line, имела клетчатый или, по научному,

матричный характер. SF был обычным "линейным" начальником Вволя, в то время как конкретные проектные задачи последнему ставились ML (Мауро Лойолой). Так что Квин находился как бы под двойным подчинением-давлением.

Ион тревожился не зря - интерес SF был не простым любопытством. Раз он обращался в Surcom RU за разъяснениями, значит он, как и ML, был недоволен KV.

- Да и Бог бы с ним, с Вволей, но как бы вместе с KV не загреметь и нашему отделу. Квин-то будет все валить на субподрядчиков - Surcom RU и Porto, - подумал Одров, садясь поздним сентябрьским вечером за ноутбук дома на кухне.

Дух докладной был продуман еще за ужином - он должен был быть умеренно швейковским, иначе ничего не получится, слишком много таинственного в этой задаче (так, до сих пор нет обещанных фотографий нарезок, неужто за два месяца не могли сделать?). Полночи Одров сочинял докладную писульку. Это электронное письмо он из соображений порядочности дал в два адреса: SF и KV, а копии ML, Ивану Апинову и Владимиру Ковалю.

From: Ion Odrov/RUSSIA/SURCOM RU 06-09-98 03:06
 To: Sterri Florin/France/SURCOM FR, Kwin Voila/France/SURCOM FR
 cc: Ivan Apinov/RUSSIA/SURCOM RU, Vladimir Koval/RUSSIA/SURCOM RU, Mayro Loiola /France/SURCOM FR
 Subject: Project № 666 status report

Уважаемые Стерри и Квин!

Иван Апинов передал мне просьбу Стерри доложить состояние дел по проекту № 666 "Rockvel failure" и дать предложения по завершению проекта. Буду последователен, но временами многословен, извините.

18.06 с.г. я получил письмо от Квина с настоятельной просьбой срочно приехать в Лион для участия в совещании по поводу прогара соплового аппарата SARU в Роквеле. В тот же день я прибыл в Лион.

Из Лиона вместо необходимой нам сгоревшей матчасти я привез копии демонстрационных слайдов М. Лойолы, из которых можно было понять, что прогар лопаток случился вследствие недостаточного их охлаждения, и что Surcom RU должен осуществить моделирование прогара и вариантыные расчеты на устойчивость лопаток SARU к допустимым производственным отклонениям. Кроме того, Квин сказал, что прогар случился приблизительно после 2000 часов эксплуатации изделия.

Через месяц в ходе телефонной беседы со мной Квин уточнил, что авария случилась менее чем через 50 часов наработки SARU. Видимо, большая загруженность Surcom France не позволила раньше расшифровать протокол работы сгоревшей детали (работа на 2-3 часа для молодого инженера - прим. автора). По той же причине до сих пор Surcom RU не получил фотографий нарезок лопаток.

Описанные выше действия Surcom France повлекли за собой необходимость в дополнительных исследованиях. Запрашиваемый соответствующий экстрабюджет составил 25 000 FF, из коих Квин согласился оплатить лишь 8000 FF без всяких на то оснований, видимо, из соображений глобальной экономии.

При этом вплоть до вчерашнего дня Surcom RU не мог смоделировать прогар. Ну не горит SARU ни при каких допустимых или даже разумно недопустимых производственных отклонениях, прямо Вечный Жид какой-то! Вчера, однако, мы нашли способ симитировать прогар, хотя довольно искусственным способом. Рамки и характер письма не позволяют описать способ моделирования, но сейчас видится финал этого проекта.

Я предлагаю:

1. Командировать в Лион двух техников Surcom RU с алмазной пилой и фотоаппаратом для осуществления нарезок SARU с последующим их фотографированием.
2. Провести в Лионе или Москве совещание специалистов обеих компаний с обсуждением результатов, полученных в ходе работ по проекту № 666.

3. После составления плана работ, принятого на совещании (см. п. 2), немедленно приступить к выполнению этого плана.

4. Surcom France оплатить (приготовиться к оплате) следующих счетов Surcom RU:

- 17 000 FF (остаточной суммы от 25 000 FF, почему-то проигнорированной Квином, см. выше).

- при принятии предложения п. 1 - стоимость командировки двух техников Surcom RU для проведения и фотографирования нарезок лопатки SARU (транспорт + отель + суточные + стоимость алмазной пилы) - 2*(3400 FF + 1100 FF + 400 FF) + 600 FF = 10 400 FF.

- стоимость моих трудозатрат по составлению данного письма - внеочередного отчета: 3 часа * 150 FF = 450 FF (почасовая ставка компании Surcom RU составляла 150 FF, не путать с почасовой же зарплатой инженеров, которая была не более 15 % от этого числа - прим. автора).

С наилучшими пожеланиями, искренне Ваш, Ион Одров.



...Лион после получения письма замолчал дней на 10 (имеется в виду лишь проект № 666, по всем остальным проектам работа и переписка не стихали). Это был хороший признак. "Пусть пожуют свое же дерьмо", - думал Ион, считая себя настоящим Королем отдела...

4. 15 сентября Одрову позвонил Вволя и попросился приехать через неделю на два дня для обсуждения совместных работ по проекту № 666. Ион, проверив, будет ли Коваль в это время на работе, перезвонил Квину и сообщил, что, дескать, с нашей стороны все ОК, ждем, надеемся, в общем Welcome, Abroad.

- И то дело, пора друг другу морды набить очно, не все же время малявами подлыми обмениваться, - подумал Ион. - Но главное-то, главное: Surcom France идет по пути, предложенному им, Одровым!

Ион вызвал Ковалю и распорядился: встретить Вволю сухо-официально, но традиционному гостеприимству следовать - в первый же день визита Квина отвезти последнего в ресторан. Идти без Иона, тройкой: Квин + Коваль + Федотов. Всеми этими действиями Ион хотел подчеркнуть: первое - технический характер визита Вволя и второе - свое недовольство подлыми наветами друг на друга, в том числе и своей вынужденной писанкой (Одров не гордился своим письмом, ну как Басилашвили в кинофильме "Осенний марафон": "Я вам и полы могу помыть...").

...Первые полтора дня пребывания Квина на российской земле прошли спокойно. Как и планировалось, Ион только открыл переговоры, а потом Коваль с Федотовым доложили Вволе принятую концепцию, а дальше пошли подробности, в кои Ион уже не вникал.

Ранним вечером второго дня визита Ввола Ион зашел попроситься к Квином (тот улетал в Париж завтрашним утренним рейсом, а Ион планировал провести ближайший вечер в кругу семьи). Во время пожимания ладоней и обмена любезностями Одров, однако, обратил внимание на необычную красномордность Ковалья ("Я не знаю почему, но после бани я всегда красный... Я на одном конце деревни никого не трогаю, а мой отец - на другом..."; - вспомнил Ион выступление покойного ныне Михаила Евдокимова). Ион второй раз напрягся, когда, удаляясь от отдела, услышал чрезмерно возбужденный голос Ковалья...

Через десять минут идущего по направлению к выходу из офиса Иона нагнал Квин.

- Ты извини, Ион, - сконфуженно сказал Ввола. - Меня только что Владимир куда-то послал, я не знаю куда, но по тону Ковалья мне ясно, что ходить туда не следует...

Ион в душе чертыхнулся: "Провел вечерок в семье". Устами же он произнес: "Садись Квин и подожди, пожалуйста, пару минут", а ногами уже был на пути к группе "Охлаждение". Кресло Ковалья пустовало, но, слава Богу, Федотов еще сидел, причем рот у него был приоткрыт.

- Витя, быстро, расскажи, что случилось, и почему Володя послал Квина.

- Мы обсуждали дополнительные расчеты, которые позволяют учесть трехмерность реальной картины разрушения, вещь бесполезная, но возможная ("Ввола перед своим начальством выпендриться хочет", - понял Ион), как вдруг Владимир заорал, что, дескать, это лишь пустая трата времени, стал требовать фотографии нарезок, а затем и послал...

- Ясно, пойдем со мной, - сказал Одров, и, увлекая Виктора к своему working place (рабочему месту, англ.), тут же увидел возвращавшегося Ковалья.

По всей видимости, Володя, осознав опрометчивость своего послания, вернулся, и Ион, зная, что Коваль никогда не извиняется и не берет свои, даже самые поганые и несправедливые слова обратно, чисто из интереса ждал, что же начальник "Охлаждения" предпримет. Ну, ждал-то он, пожалуй, одной из каких-то подколок, а по делу уже беседовал с Федотовым и Вволой о завершении работ ("Вот, блин, Федотов-то вполне сносно бает по-английски, особенно по технике, мог бы и без меня

управиться, но не может паузы заполнить, пошутить, о погоде поговорить. Замордовали нас еще в ящике: "Заказчик - враг капиталистический, а какой на хрен Ввола сейчас враг, ему поддержка от нас нужна, он же за место свое трясется..."). Когда закончили обсуждать действительно бесполезные, но наукоподобные квазитрехмерные расчеты, Квин вдруг неожиданно сказал: "У меня с собой фотографии нарезок, могу показать..."

Тут уж и Федотов (как профессионал), и Одров (как любитель) загорелись (краем глаза Ион видел в щель между перегородками, отделяющими его "комнату" от остального отдела, что Коваль барражирует как ворон возле ионовой "комнаты", изображая интерес к работе других сотрудников отдела). Квин стал листать тетрадь-альбом... Федотов ахнул первым: "Там же стержень остался невытравленным" (надо сказать пару слов о технологии изготовления внутри охлаждаемой лопатки пустот, которые и предназначены для протечки охлаждающего воздуха. Так вот, вначале делается керамический стержень, полностью имитирующий будущую пустоту. Затем он помещается в обычную пресс-форму, которая заливается основным материалом. После затвердения последнего пресс-форма разбирается, стержень удаляется, например, вытравливается кислотой, и лопатка вчерне готова).

По восклицанию Федотова Ион понял, что внутри соплового аппарата SARU остались куски стержня, забивающие, пусть частично, проходные каналы для охлаждающего воздуха. Таки вот он, дроссель, который все не могли найти, и Ион в своем предположении о забитости каналов глиной был очень близок к правде. Вот почему Ввола не присылал эти фотки раньше: во-первых, это позор для фирмы-Заказчика (Surcom France) и фирмы-изготовителя (Porto). Во-вторых, французские коллеги не могли послать их в третью фирму (в данном случае Surcom RU), опасаясь утечки этой постыдной правды в первую очередь на фирму-эксплуататор (в Роквеле). Для роквельской фирмы собственно и делались научные и инженерные расчеты, чтобы потом замылить Заказчику глаза большим объемом проведенных исследований.

- Это, наверное, пройдет для роквельского начальства, - подумал Ион, - но любой инженер по специальности "охлаждение", увидев фотографии нарезок (а их таки придется поместить в итоговый отчет), поймет, что цена всем этим расчетам нулевая (тут Ион вспомнил исторический анекдот: после битвы при Ватерлоо Наполеон спрашивает своего начальника артиллерии генерала Груши, почему в самый разгар битвы замолчали пушки французов. "На это есть много причин, император, - ответил генерал, - во-первых, кончились ядра..." - "Не продолжайте, генерал...").

- Квин, можно нам сделать копии этих фотографий, - проверяя свою догадку, спросил Ион.

- Нет, нет, это предварительные данные, я Вас потом снабжу копией финального отчета (забегая вперед скажем, что обещанной копии Surcom RU так и не получил).

Коваль, уже почти не стесняясь, стоял у тонюсенькой стенки-перегородки, пытаясь понять, о чем там спич...

- Фиг тебе, не позову, хренопосылатель Заказчиков...

Ведь от них (Заказчиков) шли бабки, на которые они и все остальные этажи Surcom RU жили - не тужили. Ведь если бы вдруг этот денежный поток прекратился, или французы с немцами потребовали бы вернуть начальный кредит, пошедший на покупку теперь уже обветшавших конвейерных линий отделов 12 и 13, то все, "абзац котенку". Почему же мы не молимся на этих богов, сотрудничающих с нами, правда, не из милости и не в убыток себе, но все-таки, все-таки...

Ион вспомнил, как его отличный сотрудник Сева Верин, один из первых проект-менеджеров отдела, был "научен" тем же М. Лойолой... Будучи руководителем проекта по расчету рабочих характеристик одной немецкой турбины, он никак не мог получить часть данных от венгра-эмигранта Петра Ранды, руководителя проекта с немецкой стороны (Петр эмигрировал из Венгрии подростком в 1956 году, когда советские танки ползали как тараканы по улицам и Буды, и Пешта, и, казалось бы, должен ненавидеть русских и все русское, но вот, поди ты, все было не совсем так, и когда Surcom RU



исполнилось пять лет, прислал такое проникновенное поздравительное письмо Иону, что куда там поэты! Ион до сих пор помнит конец этого письма: *"Россия имеет преимущество перед Западом, потому что русские обладают тем, что Запад теряет - душой"*).

Так вот, Мауро посоветовал настучать на Петра (который и бюджет-то приличный выделил, и со сроками не торопил, ну просто не мог он быстро собрать нужные нам данные) руководителю немецкой конторы. Давал ли такой совет Мауро ввиду общей неупорядоченности (пардон, "менеджментности") организма или имея что-то личное против Петра, осталось невыясненным, но Сева до сих пор вздрагивает, вспоминая, как он на следующий день после отправки своего возмутительнейшего и по делу, и по форме письма позвонил Петру и услышал в ответ гневно-холодное: *"Что вам нужно, господин Верин?"* (а до письма были на "ты" и по именам друг друга называли...).

...Но сейчас надо проводить Вволу до отеля (планировалось, что это сделает Коваль)... Ион усадил Квина в свою "четверку" и двинул к гостинице, до коей и было-то всего пару километров, но моросящий дождь и фактор пятничного вечера привели к тому, что дорога заняла около часа, который они проехали почти молча... Лишь однажды Квин оживился, когда Ион на забитом перекрестке дал гудок перед тем, как ехать на свой зеленый.

- *Что это значит?* - удивленно спросил француз.

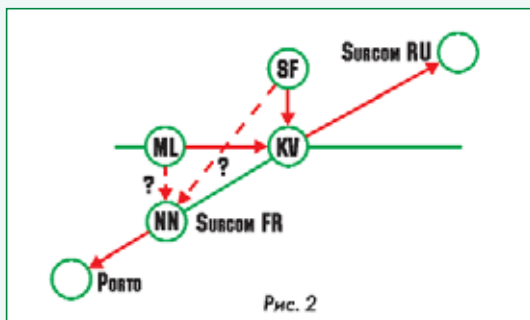
- *Мой гудок, как предупредительный выстрел, сигнализирует о том, что я имею право ехать и так буду ехать.*

Квин так до конца и не понял. Конечно, где ему уяснить, что хотя законы, пусть нарушающиеся в России повсеместно (это-то Квин знает, еще в конце XVIII века один французский путешественник не без юмора заметил, что *"строгость законов империи Российской смягчается необязательностью их исполнения"*), есть, но и за действия по закону можно подвергнуться наказанию...

Наконец показался отель, ко входу в который легко (в отличие от вволовских мучений летом в Лионе) подкатил Ион и, прощаясь с Квином, сказал: *"Извини меня за последнее письмо, я был вынужден его написать"*.

- *Я знаю,* - грустно кивнул Квин. - *Пока.*

Дома, после ужина, Ион взял листок и нарисовал схему, которая представляла собой рис. 1, дополненный пространственной координатой, на которой Ион разместил всех субподрядчиков Surcom FR:



Итак, давление SF и ML на KV понятно, а чем же располагал Квин? Тоже вроде бы ясно: проектантом (Surcom RU) и изготовителем (Porto). Казалось бы (так думали многие российские сотрудники), завяжите напрямую изготовителя с проектантом, и все будет тип-топ. Ан-нет, бабки-то у французов и, даже если бы они не хотели, им пришлось бы быть посредниками. Иначе Surcom RU и Porto ни черта путного ни произвели бы, натягивая одеяло каждый на себя (россияне требовали бы неукоснительного следования конструкторской документации, а португальцы настаивали бы на расширении полей допусков, принятии деталей с отклонениями и т.д.). Но Surcom FR держал все нити в своих руках...

Однако KV контактировал с Porto не один - был еще кто-то из отдела продаж Surcom France (назовем его NN), кто вел прямые переговоры с португальцами о ценах и сроках. Квин же отвечал за документацию, а также вместе с NN - за приемку



готовой продукции... Сотрудники отделов продаж вообще сильно отличались от инженеров. Один раз Одров сидел в ресторане "Метрополь" с таким вот "продажным" менеджером. Тот после кофе потребовал коньяк и, попыхивая наитолстейшей из виденных Одровым сигар, стал настаивать, чтобы Ион показал ему "Москву красных фонарей".

- *Зачем тебе красные фонари,* - еще тогда наивно подумал Ион, - *у нас бабы и так не против...*

Короче, похоже, здесь без подобного менеджера не обошлось. Ион не сомневался, что в истории с привлечением Porto в качестве исполнителя достаточно сложного (и нового для португальцев) заказа замасан и Квин, может быть и не прямо, и уж наверняка без участия в возможной здесь коррупционной сделке. Были ли связаны с менеджером NN, ML и/или SF, осталось неясным, поэтому эти связи на схеме Одров пометил пунктирными линиями со знаком вопроса. По крайней мере без Мауро Лойолы (ML), руководителя всего проекта, здесь не обошлось. Как им всем (ML, NN и SF) удалось сделать Квина крайним, Иону было неизвестно, но факт остается фактом: Ввола ходит с видом побитой собаки... Наверное, он сам стал крайним в эту очередь, как бессловесный ягненок, ну как тогда, июньским вечером, был согласен платить штраф французским гаишникам, когда сказать было что... Да, Квин такой! Пусть мелочен, придрчив и временами тугоумен, но бесконечно порядочен и честен! После этих рассуждений, Одров стал абсолютно уверен, что Квин и крохи никакой мзды, ну ни сантима левого за контракт с этим Porto не получил.

- *А, может быть,* - подумал Ион, - *и этот господин NN не особенно-то прямо и виновен в закупке негодных лопаток. Просто Porto нужно было сбавить этот хлам, и, по разгильдяйству, KV, NN, ML (а может быть и SF) подмахнули бумагу о приемке. Ну, может быть, после хороших ресторанных посиделок с менеджерами Porto, добренных посещениями домов с лиссабонскими "красными фонарями" к тому же...*

...В конце года Ион получил письмо-извещение от Квина Вволы, что со следующего января он уже не ведущий инженер компании Surcom FR, а профессор лионского колледжа techishe escole... С тех пор каждый год Виктор Федотов пересылает Одрову по электронной почте письма-поздравления Квина с Рождеством, адресованные только Виктору, в которых, однако, он просит передавать Иону привет, а Владимиру Ковалю не просит передавать ничего... **П**

Москва - Ростов н/Д, 07.02.1999 - 12.11.2005.

МИНИАТЮРНЫЕ ГАЗОТУРБИННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Александр Владимирович Ефимов
Равиль Зяmileвич Нигматулин
Игорь Никифорович Гайдамака

Михаил Яковлевич Иванов
Олег Иванович Иванов
Николай Иванович Огарко

Еще недавно под "малоразмерным" газотурбинным двигателем подразумевалось устройство, способное уместиться под капотом легкового автомобиля. Но процесс миниатюризации ГТД на этом не остановился. Несмотря на огромные трудности, с которыми пришлось столкнуться разработчикам, размеры и масса самых маленьких "газотурбинников" продолжали сокращаться.

Так, еще в 1973 г. был создан предназначенный для авиамodelей миниатюрный ГТД TDJ-76 "Мини Мамба". При собственной массе 6,5 кг это чудо техники обладало тягой 25 кгс, его диаметр не превышал 150 мм, а длина - 400 мм. Зато частота вращения вала для обеспечения требуемой величины тяги была доведена до 96 000 об/мин. Интересно, что в конструкции колеса компрессора мини-ГТД его создатели применили... дерево (помните анекдот, популярный среди инженеров - специалистов по самолету и двигателю, о том, что в дипломном

проекте один студент ради хохмы выбрал дуб в качестве конструкционного материала то ли для лопаток, то ли для подшипников - вот вам и шуточки), точнее - армированный углеволокном композиционный материал на его основе. Входной канал был спрофилирован по лемнискату для уменьшения неравномерности поля скоростей на входе в двигатель и, как следствие, снижения потерь. Сопло выполнено по схеме "с центральным телом". Двигатель был одноконтурным (при создании двухконтурного ГТД пришлось бы столкнуться с дополнительными трудностями), высказывалось мнение о целесообразности использования эжекторного усилителя тяги из-за существенно дозвуковой скорости полета авиамodelи.

Турбина TDJ-76 выполнялась фрезерованием и последующей гибкой из стального диска толщиной 2,5 мм, при этом лопатки были плоскими, непрофилированными. Камера сгорания, занимавшая большую часть объема двигателя, изготавливалась из жаропрочной стали. В ней применялась довольно сложная система подачи топлива с предварительным его испарением; топливо использовалось также для отвода тепла от подшипников. Запуск двигателя осуществляли на пропане с переходом на жидкое

топливо после разгона ротора до частоты вращения, составлявшей 3000 об/мин.

Впоследствии был создан целый ряд аналогичных двигателей, отличавшихся тягой и размерами. Так, были разработаны и изготовлены ГТД со следующими параметрами (первое число - тяга в ньютонах, второе - диаметр крыльчатки компрессора в миллиметрах): 70/66, 80/76, 90/88, 100/90. Модели с такими двигателями получили относительно широкое распространение.

И все же наследники "Мини Мамбы" оказались великоваты. Энтузиасты малоразмерных ГТД замахнулись на разработку двигателей, способных обеспечить полет действительно миниатюрных летательных аппаратов, не превосходящих по размерам человеческую ладонь! В 2000 г. в печати появились сообщения о том, что в Массачусетском технологическом университете создают малоразмерный ГТД с максимальным диаметром корпуса 12 мм и диаметром рабочих колес, не превышающим 8 мм. Аналогичный проект попытались реализовать Токийский университет совместно с ЦИАМ им. П.И. Баранова. При разработке использовался опыт проектирования микро-ГТД FD-3 длиной 260 мм и диаметром 110 мм, предназначавшегося для беспилотных летательных аппаратов. Предварительные исследования показали, что для создания суперминиатюрного ГТД требовалось выполнить ряд условий:

- оптимизировать газодинамический тракт;
- тщательно спрофилировать входное и выходное устройство;
- обеспечить подобие геометрических и газодинамических параметров микро-ГТД и более крупного прототипа.

В качестве двигателя-прототипа был избран FD-3. Характеристики его рабочего процесса для стендовых условий приведены в таблице.

Обратим внимание на следующие важнейшие особенности двигателя FD-3. Применение спрофилированного по лемнискату входного устройства и выходного устройства с центральным телом не было прихотью конструктора, а представляло собой совершенно необходимое условие повышения эффек-

тивности двигателя. Относительные размеры камеры сгорания по сравнению с размерами камеры обычных ГТД были существенно увеличены, но даже и в этом случае полного сгорания топлива добиться не уда-



Двигатель FD-3 на витрине магазина. Внизу для оценки масштаба положен российский рубль. Для того чтобы приобрести этот мини-ГТД придется выложить 60 тысяч таких маленьких блестящих дисков. Или их бумажных эквивалентов.



Характеристика мини-ГТД FD-3	Значение
Массовый секундный расход воздуха, кг/с	0,5
Внутренняя тяга двигателя, Н	223
Температура газа на входе в турбину, К	1000
Степень сжатия компрессора	3,0
Относительный расход топлива, кг/кг топл.-ч	0,016
Давление на входе в компрессор, Па	96 852
Температура на входе в компрессор, К	288,15
Степень понижения давления в сопле	1,547
Скорость истечения газов из сопла, м/с	446,1
Температура газа на срезе сопла, К	794,9
Удельный расход топлива, кг/(Н·ч)	0,125
Часовой расход топлива на максимальном режиме, кг/ч	27,875

валось. Рабочие колеса центробежного компрессора и осевой турбины имели почти одинаковый диаметр. Высота лопаток на выходе центробежного колеса и на входе в турбину составляла 4 мм. Лопатки компрессора и турбины были соответствующим образом спрофилированы (можно уточнить - "традиционным" способом), благодаря чему к.п.д. каждого из этих агрегатов достигал 0,8.

Для перехода к микро-ГТД с диаметром ротора порядка 8 мм были сделаны предварительные газодинамические расчеты, результаты которых приведены на рис. 1. Как нетрудно убедиться, степень повышения давления в компрессоре и степень снижения давления на турбине получились близкими к параметрам более крупного прототипа. Расход воздуха на входе в компрессор составляет 2 г/с, к.п.д. компрессора и турбины оказались меньшими, чем у FD-3, но вполне правдоподобными. Анализ полученных результатов позволял утверждать: двигатель с указанными параметрами может быть работоспособным и пригодным для приведения во вращение ротора миниатюрного генератора выходной мощностью около 100 Вт. Высота лопатки центробежного компрессора на выходе составляла 0,2 мм, а на входе центробежной турбины - 0,4 мм. Подобные лопатки скорее похожи на увеличенную шероховатость, чем на лопатки рабочего колеса, а профилирование лопаток центробежного компрессора существенно отличается от традиционного.

В дальнейшем выяснилось, что ограничения технологического характера вполне способны перечеркнуть вывод о реальности создания столь миниатюрного газотурбинника. С самого начала предполагалось, что основные узлы микро-ГТД будут изготавливаться из керамики (из кремния или карбида кремния) с использованием технологии MEMS, той самой, которая используется при производстве компьютерных чипов. Более глубокое изучение особенностей этой технологии привело к пониманию ее важной особенности: она не позволяет изготавливать детали, имеющие сложный пространственный профиль, аналогичный профилю лопатки компрессора или турбины ГТД. Все, что способна дать технология MEMS, - это плоские лопатки постоянной толщины, выполненные заодно с диском (своеобразные "блиски") и цилиндрические (даже не конусные) отверстия в керамических стенках. Очевидно, что такие технологические ограничения серьезно снижают к.п.д. компрессора и турбины и ставят под вопрос реалистичность создания микро-ГТД.

В связи с этим был сделан вывод о необходимости промежуточного шага, каковым стало изготовление двигателя, впятеро большего по основным размерам, нежели описанный. Диаметр ротора такого двигателя, как нетрудно определить, был принят равным 40 мм. Дело в том, что помимо технологических трудностей следовало также изучить структуру и величину потерь на трение в модельном двигателе, а это удобнее делать на более крупном объекте.

Как известно, соотношение вязкости и инерционных явлений в потоке описывается критерием Рейнольдса $Re = V \cdot D / \nu$, где V - характерная скорость, D - характерный размер, ν - коэффициент кинематической вязкости. После уменьшения числа Рейнольдса менее некоторого значения потери на трение в каналах ГТД начинают резко возрастать. Соответствующая область значений числа Re называется "не ав-

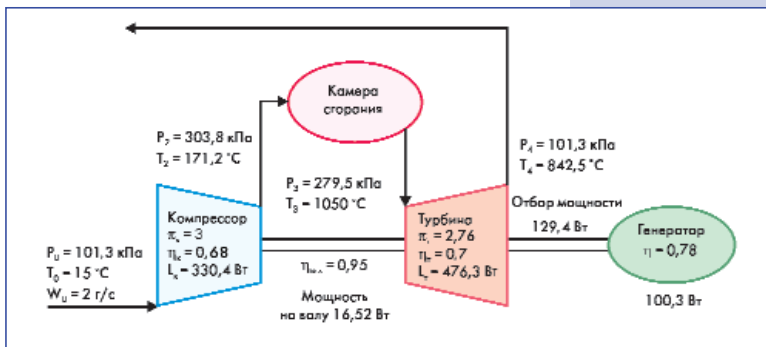


Рис. 1. Расчетная схема микро-ГТД с 8-миллиметровым диаметром ротора

томодельной". Увеличение потерь на трение становится заметным и при диаметре ротора 40 мм, но для двигателя с диаметром ротора 8 мм течение в каналах компрессора и турбины настолько "ламинизируется", что возникают локальные (местные) зоны отрыва и даже зоны отрыва, занимающие весь канал от входа до выхода. При наличии таких зон эффективность ступени и ее производительность резко падают (уменьшается расход воздуха через ступень). Еще одной неприятной особенностью миниатюрных колес является увеличение угла отставания и, как следствие, снижение напорности компрессора.

Тем не менее, оптимизировав параметры компрессора и турбины, для микро-ГТД с диаметром ротора 40 мм удалось добиться приемлемых значений к.п.д. компрессора и турбины (около 0,7). Результаты предварительного проектирования иллюстрируются рис. 2.

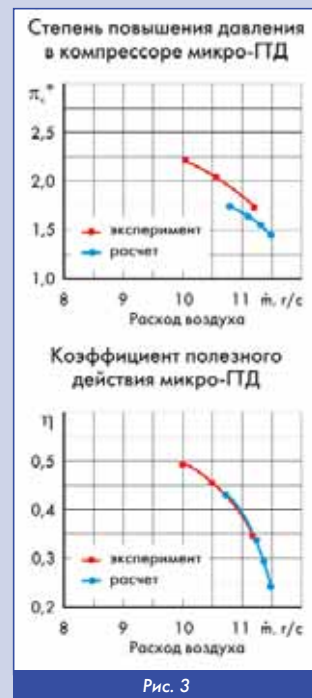
В дальнейшем в Токийском университете были проведены испытания компрессора с диаметром ротора 40 мм. Результаты, полученные японскими разработчиками, приведены на рис. 3.

В заключение отметим наиболее важные, на наш взгляд, выводы, к которым мы пришли по результатам работы в рамках описанного проекта:

- создание микро-ГТД с диаметром ротора 40 мм технически осуществимо, если несколько ужесточить технологические требования в отношении толщин отдельных деталей и величины зазоров;
- необходимо доработать технологию MEMS с целью обеспечить возможность изготовления деталей с поверхностями двойной кривизны (крышки и лопаток), главным образом компрессора, для микро-ГТД с диаметром ротора 8 мм;
- требуется спроектировать соответствующим образом входное и выходное устройства;
- наибольшие технологические трудности связаны с изготовлением деталей компрессора;
- применение микро-ГТД для создания тяги вряд ли рационально, и наиболее вероятным можно считать использование описанного двигателя в качестве привода миниатюрного генератора электрической энергии.

Существует ли предел миниатюризации? На этот вопрос, скорее всего, нужно ответить - да, существует.

Теоретически можно представить двигатель, в котором в единицу времени соединяются ("сгорают") одна молекула водорода и одна молекула кислорода. "Сгорела" пара - подается следующая. Но при этом приходится описывать газ уже в виде дискретной среды, а не непрерывной, как это принято в классической газовой динамике. Применение в подобном устройстве компрессора и турбины очень сомнительно. Так что это - другая история.



КОТЛЫ ДЛЯ ПЕРВЫХ ПАРОВЫХ МАШИН

Виктор Сергеевич Шитарев, капитан дальнего плавания

Эти инженерные сооружения не отличались особой сложностью и работали по принципу обычного чайника или самовара. Их тогда называли котлами сундучного типа. Внутренний объем разделялся на топку, над которой располагалась емкость с котельной водой, для отопления использовались дрова. Из-за малой площади нагрева пара они давали мало и работали плохо, и поднять в них высокое давление было просто невозможно. Материалом их изготовления было железо или медь, иногда эти материалы использовали в комбинации, так как медь не ржавеет. Со временем возникла необходимость выделить основные характеристики котлов.

Рассмотрим наиболее важные. Начнем с давления пара, которое можно было "держать" в котле. Если рабочее давление в нем не превышало 50 фунтов на квадратный дюйм, то его относили к котлам низкого давления. Чтобы выразить это давление в атмосферах (что нам более понятно), надо 50 умножить на 0,07; тогда получим 3,5 атмосферы (атм). При рабочем давлении до 150 фунтов на квадратный дюйм (10,5 атм) парогенератор считался котлом высокого давления. Далее шли масса пустого котла и его масса, когда он заполнен котельной водой до рабочего уровня. Затем, площадь нагрева - площадь топочного пространства и других поверхностей, омываемых пламенем и раскаленными газами, образовавшимися от сгорания топлива.

Важной характеристикой была площадь колосниковой решетки, на которой сжигалось топливо - дрова или каменный уголь. Паросъем (паропродуцируемость) - это масса воды, которая в котле превращается в пар в единицу времени; как известно,

пар на весы не положишь. Нетрудно заметить, что чем больше площадь нагрева, тем больше паропродуцируемость котла. Поэтому котлы сундучного типа вскоре были заменены галерейными котлами. В них раскаленные газы проходили по "галереям", располагавшимся в толще котельной воды, что заметно увеличивало площадь нагрева.

Однако возможности галерейных котлов вскоре были исчерпаны, и им на смену пришли огнетрубные. Площадь нагрева в них была высока, поскольку галереи заменили дымогарными трубками, проходившими в толще котельной воды. Поскольку трубок было много, то и площадь нагрева значительно увеличивалась. Такие котлы строились до тех пор, пока плавали пароходы торгового флота, почти до конца XX века. Сначала в них в качестве топлива использовался каменный уголь, а потом мазут флотский. Огнетрубные котлы были экономичны, надежно обеспечивали давление пара порядка 16 атм и его перегрев до температуры около 300 градусов Цельсия.

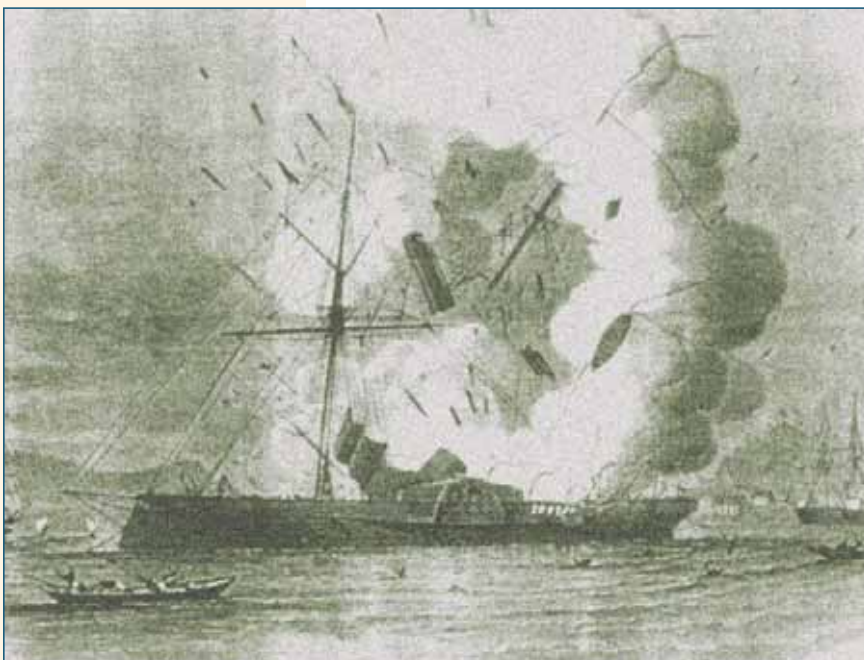
Далее внесем ясность еще в некоторые понятия. Подойдем к неработающему холодному котлу и посмотрим на манометр. Его стрелка указывает нулевую отметку, давление пара в котле отсутствует. Теперь будем вводить котел в действие, давление начнет расти, допустим, по манометру оно достигло 16 атмосфер. Такое давление обозначается тремя буквами "ати" (атмосферы истинные), но снаружи на котел давит атмосфера Земли, значит, абсолютное давление в котле будет 17 ата (абсолютное).

Котлы, с которыми мы познакомились, имели один крупный недостаток - они были взрывоопасны. Из школьного курса физики известно, что при нормальном атмосферном давлении вода кипит при температуре 100 градусов Цельсия. Давление в паровых котлах значительно превышает атмосферное, поэтому вода начинает там кипеть при более высокой температуре, равной приблизительно 200 градусам. Теперь представьте, котел дал трещину, через которую вышел из него весь пар. А температура котельной воды 200 градусов. Происходит ее мгновенное вскипание, затем следует взрыв огромной силы. Поэтому при проектировании котлов инженеры всегда стремились к тому, чтобы при работе котла в нем было как можно меньше котельной воды.

Исчерпывающей статистики о взрывах котлов нет, но кое-какими сведениями мы располагаем. По материалам В.С. Ридфилда, только за 1817 год на реке Миссисипи было зарегистрировано четыре взрыва котлов. На пароходе "Конститушен" погибло 13 человек; на "Дженер Робинсон" убито 9 человек; на "Янки" убито 4 человека; на "Герис" убит 1 человек. Сведения о раненых отсутствуют. Все суды имели котлы высокого давления.

Тогда существовало мнение: чтобы уменьшить опасность взрыва, надо устанавливать на

Взрыв парового котла судна в гавани Сингапура, 1885



судах котлы с рабочим давлением не более 50 фунтов на квадратный дюйм. Но соглашаться с этим мнением, видимо, нет нужды. Только за 1825 год на американских судах взорвалось 17 котлов низкого давления. Как говорится, "хрен редьки не слаще". Просто надо было строго соблюдать правила технической эксплуатации. Но в этом отношении американцы часто действовали "очертя голову". Вот что пишет в своих воспоминаниях английский инженер Давид Стивенсон: "...пароходы ...останавливаются для приема грузов и пассажиров, ...запаса дров на топливо. Смелость, с которой шкиперы управляют своими судами, иногда бывает довольно занимательна, хотя весьма не безопасна. Будучи на большом пароходе "Онтарио", я наблюдал образец подобного управления.

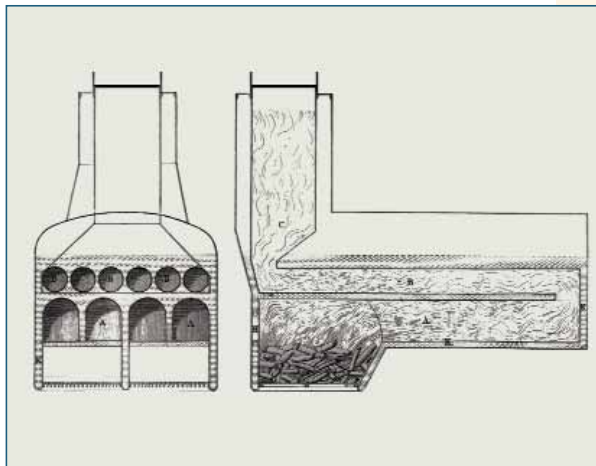
Судно уткнулось носом в берег среди камней и древесных пней и простояло так несколько часов под погрузкой. Принятый груз увеличил осадку и создал порядочный крен, так что когда дали ход, оно, в полном смысле слова, вышло на глубину на своих колесах. Чтобы судно снялось, пары в котлах подняли до огромного давления; клубы их, вылетавшие из паровыпускной трубы при каждом ходе поршня, производили звук, похожий на выстрелы из огнестрельного оружия. В то же время казалось, что все части судна дрожали и весь корпус его стонал от толчков..."

Но "горячие американские парни", любившие поспорить, шли еще дальше. Часто на реках Америки между пароходами устраивались гонки. На паровых котлах, как правило, устанавливались предохранительные клапаны рычажного типа. При избыточном давлении они стравливали пар из котла, регулировались же клапана навешиванием груза на рычаг. Чем больше этот груз, тем большее давление в котле можно было поднять. Когда начиналась такая гонка, в топках разводили максимально возможный огонь, а механик садился на рычаг предохранительного клапана. Давление в котле поднималось за пределы расчетного, но увеличивалась и мощность машины, а, следовательно, и скорость хода судна.

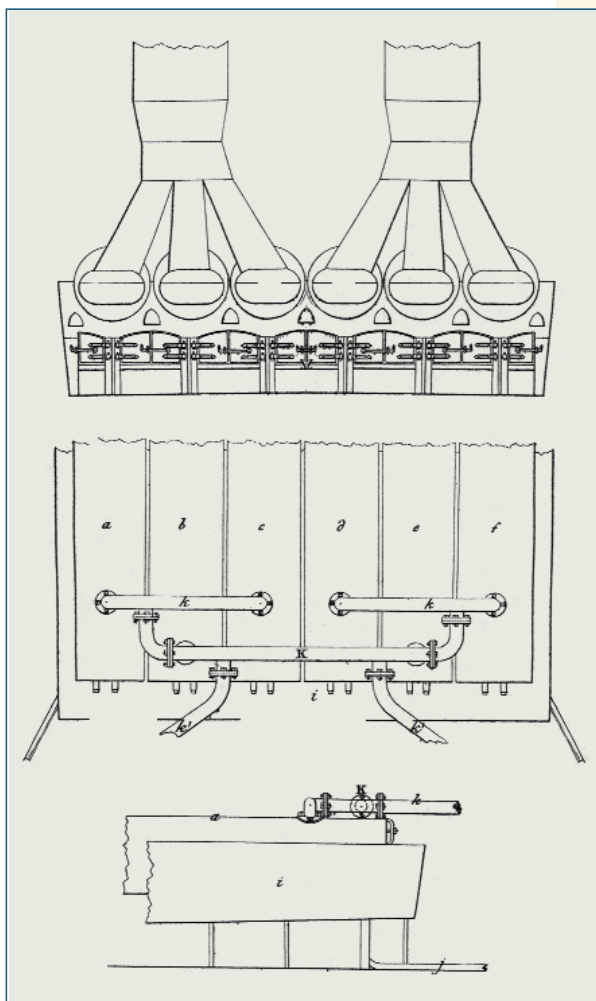
Иногда в гонках участвовало три парохода. Зрелище это осталось на холстах американских художников. Из труб пароходов вырывался огненный шлейф, уходивший за трубу на полтора - два метра; машины работали с максимальной мощностью, которая была выше расчетной. В общем, было на что посмотреть.

Экипажи русских пароходов были намного скромнее, о чем свидетельствует публикация от 1835 года в "Коммерческой газете": "...Со введения в России пароходов минуло уже 20 лет. В продолжении сего времени с пароходами случались во всех государствах Европы и Америки большие несчастья, но в России ничего подобного не было, а ныне уже существуют у нас 52 парохода. Сверх того, весьма примечательно, что на Неве введен пароход прежде, нежели на Темзе, и что самое значительнейшее улучшение в устройстве, употребление двух паровых машин на судне, было сделано прежде всего в России в 1816 году, даже Шотландия в этом отстала..."

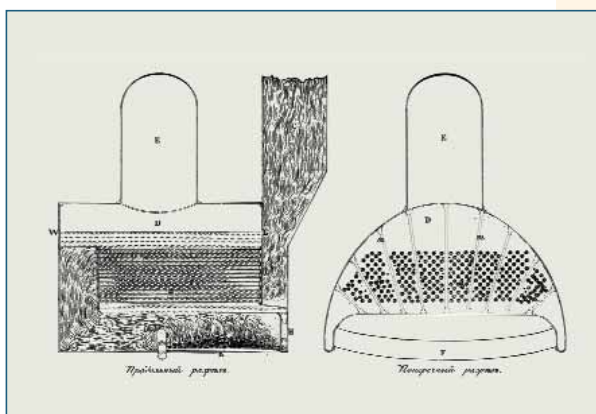
Таким образом, хотя на первом российском пароходе Чарльза Берда в 1815 году и была установлена машина фирмы "М. Болтон - Д. Уатт", машиностроение в России развивалось успешно. К середине XIX века предприятия России производили на коммерческой основе и паровые машины, и паровые котлы, и движители ничем не уступавшие лучшим зарубежным образцам.



Паровой котел галерейного типа



Паровые котлы малого диаметра. В те времена считалось, что несколько котлов малого диаметра в отношении взрывобезопасности предпочтительнее, чем один котел большого диаметра



Один из первых огнетрубных котлов

"БУДУ ЛЮБИТЬ ВСЕГДА"

Анатолий Маркуша

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

Спустился до самого дна. Там в высокой увядшей траве отчетливо лопотал ручей, прозрачный и чистый. Я сел на здоровенную корягу, расслабился по методу доктора Леви и сделал совершенно неожиданное открытие: оказывается, природный и незагаженный ручей имеет запах... воды! Что бы ни писалось в учебниках, чистая вода пахнет, и очень приятно. Сразу моя мысль скакнула в другую сторону. А раньше, когда все реки, все озера и водоемы были прозрачными, ничем не загаженными, как же, наверное, легко дышалось людям?!

Так я и сидел, размышляя о жизни и земле, о людях. Всякие мысли приходили в голову, пока я слушал, как лопочет ручеек на бородинской земле. Возможно, это были как раз те самые правильные мысли и на них следовало строить сочинение "Родина - любовь моя". Только я уверен - уверен на все двести процентов, что за такое "произведение" никто бы четверки не поставил. Не высовывайся! Подумаешь, какой умник выискался! Больно грамотный! Мне даже вспомнился майор из патруля, что сдал меня в милицию как больно грамотного...

Там, на берегу ручейка, меня нашла Оля.

- Тебя все ищут. Юрий Павлович сердится, - сказала Оля.

- Ну и что?

- Ничего. Вставай, поехали...

И тут Оля действительно поехала. Скот к ручью был глинистый и жутко скользкий, она нескладно переступила, и ее повезло, потянуло в воду. Еле-еле я успел ухватить Олю за штанину, с трудом удержался, чтобы не загудеть следом, перехватил, сгреб в охапку и не сразу вытащил. Пока тащил, чувствую: что-то торкается мне в руку... Не сразу дошло - это стучало Олино сердце. Она, понятно, перепугалась, и сердце у нее молотило будь здоров на каких оборотах.

Вытащил я Олю, держу, чтобы опять не съехала. А она говорит:

- Не надо, Кирюша.

- Чего не надо?

- Обнимать меня...

Эх, Оля-Оля! Да я и не думал ничего.

15. До сих пор я, кажется, не вспомнил, что у Оли есть сестренка Рита. Ей шесть лет теперь; я когда только-только начал ходить к ним в дом, Рита была совсем маленькая - не сразу и заметишь. Напоминала она редиску: щечки красные, башка - ровненьким шариком, на макушечке волосики торчком. Ей нарочно волосики так закалывали - по середине головы. Для чего - не знаю, а получалось смешно.

С Олей мы иногда делали вместе уроки, а иногда я так приходил, когда один, а когда с ребятами. И никто на Риту особого внимания не обращал. Я тоже, хотя она и липла. Подойдет, сунет какую-нибудь свою куклу в руки и ждет. Молча. Но все рав-

но всякому понятно: хочет, чтобы с ней поиграли. Только кому с такой малявкой может быть интересно? Мы и не обращали внимания.

Потом, когда Олин папа оказался в больнице, получилось так: Олина мама не могла уйти с работы и велела ехать в больницу Оле, а Оля попросила меня посидеть с Риткой - в тот день ее почему-то не отвели в детский садик.

Мы остались вдвоем - Рита и я.

Довольно скоро я понял: хоть Рита и малышня, но не стеснительная, не молчаливая, а, наоборот, очень даже разговорчивая. И болтает этот ребенок не только глупости. Например, она каждой своей кукле сочинила биографию. На это же нужно воображение!

Катя - самая большая ее кукла - была цирковой наездницей. Она выступала на Цветном бульваре, упала с зебры, и у нее сломались обе ноги и одна рука. Кате было очень больно. Ее отправили на "скорой помощи" к самому лучшему доктору - к профессору Илизарову. Он ее вылечил в три дня! Но работать в цирке не разрешает. Должны окрепнуть кости после переломов. Все это Рита рассказывала так серьезно, что можно было и поверить. Слушал-слушал я Риту и вдруг подумал: разве это справедливо - смотреть на нее, как на дурочку? Пусть я вдвое выше ее ростом, пусть нахватався всякой всячины из книжек, в школе от ребят, но ее голова работает совсем даже не хуже моей. Не-ет, товарищи дорогие, "маленький человек" вовсе не означает "глупый"!

Для проверки я стал задавать Рите всякие вопросы:

- Знаешь, Рита, куклы, если они даже наездницы в цирке, все-таки игрушки, а что тебе в настоящей, во взрослой жизни больше всего нравится?

- Мне много всего нравится. Когда мама улыбается. Когда бабушка к нам приезжает со своим таксом. Когда папа бреется, и машинка у него красиво жужжит. Когда никого нет и тихо-тихо, тоже нравится...

- А почему, когда тихо, нравится? - все-таки это странно, чтобы шестилетний ребенок мечтал о покое.

- Потому что я не люблю, когда кричат, - сказала Рита, поглядела на меня и, видимо, решила, что я не понял. Стала пояснять: - Не люблю, когда ссорятся, когда друг на друга громко кричат.

Это колоссально! Оказывается, мы - Рита и я - единомышленники! Я тоже обожаю, когда у матери хорошее настроение, когда отец в доме, и тоже терпеть не могу крика, особенно взрослого, на который нам, ребятам, своим криком отвечать не полагается!

Не помню, сколько еще вопросов я задал Рите. На все она отвечала, можно сказать, на пять с плюсом. Конечно, я не стал ее сильно хвалить - нельзя же портить ребенка, а про себя подумал: "Мировая у Оли сестренка!"

И вдруг эта умница спрашивает:

- Кто старше - ты или Оля?

- Никто не старше, мы одинаковые. Ну, если есть разница месяца в два или три, можно не считать - все равно в один год родились. А почему ты спрашиваешь?

- А меня ты старше? Знаю-знаю, старше! Скажи только, на сколько лет?

- Мне скоро будет четырнадцать. Так? А тебе пока шесть. Вот вычти из четырнадцати шесть, что получится? Сколько?

- Вот я и спрашиваю, сколько?

- Эх ты! Восемь. Я старше тебя на восемь лет. Понятно?

- Жалко...

- Почему жалко?

- Мама говорила, хороший муж должен быть на десять лет старше своей жены. Оля не подходит. Я подумала: может, я подойду? Но тоже не получается...

Подумайте, какими глупостями взрослые могут забивать детям головы! Шестилетнему ребенку мама объясняет, какая разница в возрасте должна быть между женой и мужем! На что это похоже?! А нам еще говорят: не болтайте лишнего...

Пришлось мне объяснять Рите. Не дело это - о всякой ерунде думать: старше муж, младше муж... Есть вещи поважнее, пусть она учит.

И тут Рита меня наповал сражает:

- Ты, Кирюша, этого не понимаешь - ты же мужчина. А для женщины ничего важнее нет, как хорошо выйти замуж, чтобы сразу и на всю жизнь.

- Да кто тебе голову забивает?

- И мама говорила, и девочки в садике говорили... А ты с нашей Олей целовался?

Меня прямо в жар кинуло. Чуть было не наорал на Ритку. Стал заговаривать ей зубы. А сам не могу понять: а почему мне и в голову не пришло целоваться с Олей? Или я какой-то бесчувственный, а может, просто трус?

Когда домой вернулась Олина мама, она меня очень благодарила: выручил, ну, и все такое... А я решил скорее смыться, чтобы еще раз не встретиться с Олей, хотя не могла же она узнать мои мысли.

Прощаясь, я, сам не знаю почему, сгреб в охапку Риту, поднял, потряс, поцеловал и рванул в двери. А она глянула на меня совсем-совсем как взрослая, насмешливо так улыбнулась и, честное слово, со значением сказала:

- Приходи еще, Кирюша. Я тебя буду ждать.

Странно, позанимался я там часа три с маленьким ребенком, иду домой по той самой улице, по которой уже десять миллионов раз ходил, ничего особенного не произошло, а в голове вроде улей гудит...

И совсем, можно сказать, ни к селу ни к городу приходит на память, что в субботу к маме приходил... как бы назвать? Ну-у, гость. А до этого, еще в начале вечера я почувствовал: что-то у нас в доме не так. Во-первых, мама сразу после работы испугалась, хотя обычно она делает это утром. Во-вторых, переделась не в брюки и свитер, как всегда, а в платье. Не в самое модняцкое, правда, но из тех, что на работу не носит. В-третьих, насыпала в вазу конфет, в другую положила печенье.

- У нас гости? - спрашиваю.

- В некотором роде да. Ко мне зайдет на часок товарищ.

- Товарищ? К тебе?.. Я - третий лишний?

Нет, по голове мама мне не дала, сдержалась, но я видел - хотела!

Минут через двадцать товарищ явился.

"Товарищ"! Человек с ушами. А больше ничего и не видно.

Мама познакомила нас. Про меня сказала: мой велико-возрастный сын, а про него: мой товарищ по работе. Я - твой и он - твой... Что же получается? Оба мы твои! Не-ет, я не согласен и водиться с Товарищем не собираюсь.

Теперь задаю себе вопрос: а почему?

Странно, но ответить не могу. Нельзя же пренебрегать человеком только потому, что у него ослиные уши, кривой нос или неприятно бегающие глазки? Мало ли кто не ослепляет внешностью или, как здорово сказала Мария Михайловна, "в биологической лотерее, к сожалению, не выиграл".

Теоретически я на все сто процентов не прав.

А практически Товарищ мне от-вра-ти-те-лен. И ничего я тут поделать не могу.

Может быть, у меня мелковата душа? Неприятно.

В тот первый вечер мать очень старалась, чтобы ее Товарищу понравилось в нашем доме. Я ей не мешал, вежливо отвечал на вопросы, когда он меня спрашивал, предложил им включить маг, чтобы вечер шел под приятный мне и в голову не приходило целоваться с Олей? Или я какой-то бесчувственный, а может, просто трус?

Мама откровенно смутилась от моих слов, даже покраснела, но все-таки промолчала. Мне ее даже жалко сделалось, но слова уже вылетели...

А Товарищ, хотите верьте, хотите нет, нахально усмехнулся, на морде у него светилась благодарность, и он пожелал мне - гад ползучий! - спокойной ночи. Это в четверть десятого!

Тыщу лет назад мне пришлось сколько-то времени прожить в Малаховке. Там была дача отцовских приятелей, почти родственников. Почему и для чего родители сослали меня в эту Малаховку - я и сейчас не знаю. Очевидно, имелись у них высшие соображения на этот счет. Никакой обиды за эту ссылку я не испытывал и не испытываю, тем более что на даче мне было совсем не кисло: свобода!

Рядом со старым домом, местом моего базирования, стоял заборище метра три ростом, поверну - стальные шипы! Для чего такая ограда была сооружена, что защищала, я понятия не имел и очень удивился, когда прочитал на медной дощечке, привернутой к калитке, что за забором живет доктор... Фамилию боюсь перепутать, похоже, немецкая была фамилия и начиналась на букву "P".



Я, как воспитанный ребенок, попросил разрешения удалиться, чтобы остающиеся не испытывали никакого неудобства, стеснения, дискомфорта и иных ощущений отрицательного знака...

Странно все-таки: доктор - и от людей отгородился?

Рядом с табличкой белела кнопка звонка. Один раз я даже ткнул в нее и, отбежав, спрятался: что будет? Но ничего не случилось. Калитка просто не запахнулась.

За забором притаилось что-то непонятное. Рядом с тайной я балдею и оставаться в покое не могу. Вооружившись бельевой веревкой, старым театральным биноклем с выщербленными перламутровыми пластинами отделки, я залезаю на елку. Елка стояла на "нашей" территории, близко к загадочному участку, так что я мог рассчитывать кое на что. С трудом поднялся до верхушки, привязал себя к стволу, навел бинокль. Вокруг бревенчатого дома густо - густо росли какие-то кудрявые деревца, сверху они, казалось, накрыты зеленым сплошным плющом.

Сразу мысль - маскировочная сеть?

Факт!

Вот и все, что я узнал в первой разведке. Можно сказать, почти ничего не узнал. И тогда я надолго залег у таинственного забора, ловил каждый шорох от туда, старался разобрать каждый случайный звук, чтобы понять, что же там происходит.

Дом был обитаем: время от времени в нем хлопала дверьми. За забором жил не один человек. Иногда я улавливал обрывки речи, слышал отдельные слова, их приносили разные голоса. Однажды до меня долетел тонкий плач - женский или детский. И постоянно слышно было, как хрипит старый патефон. Чаше всего мягкий баритон исполнял: "Нет-нет, не добра та ночь, коль гонит все мысли прочь..." Таинственность нагнеталась, я просто погибал от любопытства: что же за всем этим?

Решение пришло совершенно неожиданно: сделать подкоп! Для чего и зачем, я и не подумал уточнить, а сразу же энергично принялся за дело. Как крот, углублялся я в землю. Работа оказалась не такой легкой: песок осыпался, приходилось крепить грунт, кроме того, желтый песок, выброшенный на поверхность, был слишком заметен на зеленом фоне мха. Приходилось его относить подальше, развеивать. Дело шло медленно. Но все-таки я докопался. Выход из туннеля пришелся за сараем, в темном и, извиняюсь, довольно вонючем месте. Но с точки зрения тактики это была удача: здесь едва ли кто мог обнаружить мой лаз. К сожалению, я мало что видел из своего подземелья. Не помогали и бинокль.

Хочу высказаться тут по одному поводу. На всякий случай. Дрожать и не ползти - трусость, а вот дрожать, но все равно ползти - это совсем наоборот. Так вот, я дрожал и полз. В конце концов, добрался до угла сарая, осторожно приподнял голову, осмотрелся.

То, что я увидел, вообразить невозможно!

Рядом с козлами, на которых пилиат дрова, сидел мальчишка, на вид лет двенадцати, худенький, в синих стиранных трусах, в клетчатой рубашке...

Потом звонки, уроки... Все вроде стало приходить к некоторой средней постоянной.

Началась география, началась самым нормальным образом. Герман Станиславович рассказывал, кто слушал, кто делал только вид, Димка - так просто пялил глаза в окошко, как будто решал: улетать ему или малость подождать?

Меня преследовали странные мысли. Появились они ночью. Сначала мне снились какие-то

на вид лет двенадцати, худенький, в синих стиранных трусах, в клетчатой рубашке. И у него на шее был надет... строгий ошейник. Да-а, собачий! От ошейника тянулась цепь к кольцу, ввернутому в колоду. Цепь была заперта на большой замок.

А в доме громко хрипела пластинка: "Нет-нет, не добра та ночь..."

Человек на цепи... Не в кино, а рядом! Что я должен был делать? Во всяком случае, не смотреть же просто так. Я тихонечко посвистел, и парень услышал: он сразу насторожился и завертел головой.

- Эй, парень, говори быстро, чего надо? Помогу... Но тот молчал и только показывал осторожно, рукой доказывал: сматывайся, мол, чеши отсюда, пока не поздно!

- Как тебя звать? - зачем-то прошептал я, хотя, если подумать, на что мне было его имя?

Он не ответил и снова показал рукой: смывайся!

А дальше я даже не понял, что случилось. Я вдруг отделился от земли, очутился в воздухе, мимо поплыли курчавенькие деревца, плотно окружавшие, как я раньше определил, дом. К моему лицу стал придвигаться забор, потом что-то чавкнуло, и часть забора будто выломилась - это как я сообразил, открылась калитка, и две усыпанные рыжими веснушками ручищи придали мне очень даже приличное ускорение. Кто вытряхнул меня с докторского участка, я так и не сумел понять. Но раз были руки, был и хозяин у них...

Сначала я немного посидел в пыли, приходя в себя, а потом встал на задние лапы и захромал на дачу. Настроение? Ну, сами понимаете, какое может быть настроение, если тебя вышвырнули, как нашкодившего кота, за ворота. Но еще хуже было другое - человек на цепи. Пожалуй, это было самое ужасное переживание, которое я испытал за всю жизнь. Тайна так и осталась тайной. И теперь, спустя два года, я несколько не приблизился к ее раскрытию.

С этими мыслями я улегся, лежал и думал. "Нет-нет, не добра та ночь..." Выключиться и заснуть долго не удавалось.

Вытянувшись на спине, я уговаривал себя: "Рука тяжелеет. Правая рука делается горячей, она тяжелеет. Я расслаблен, мне хорошо..." Все делал по науке, а не помогало.

"Желтый песок рассыпается по темно-зеленому мху..."

Желтизна просвечивает сквозь зеленую шерстку.

В туннеле сыrovато, пахнет могилой...

Шуршит, осыпается песок...

"Левая рука тяжелеет. Я расслаблен, мне хорошо..."

Я заснул.

16. В школу я хожу самым быстрым шагом. Тренировка все-таки! А тут тащился еле-еле. С недосыпу, наверное, да и настроение от вчерашнего вечера оставалось наикислейшее. Оснований, пожалуй, серьезных и не было, а все-таки на мозг что-то давило.

Потом звонки, уроки... Все вроде стало приходить к некоторой средней постоянной.

Началась география, началась самым нормальным образом. Герман Станиславович рассказывал, кто слушал, кто делал только вид, Димка - так просто пялил глаза в окошко, как будто решал: улетать ему или малость подождать?

Меня преследовали странные мысли. Появились они ночью. Сначала мне снились какие-то



Рядом с козлами, на которых пилиат дрова, сидел мальчишка, на вид лет двенадцати, худенький, в синих стиранных трусах, в клетчатой рубашке...

ужасы: вроде кто-то волочет меня на виселицу. Кругом тропическая природа, красота, люди гуляют, смеются, и никто не обращает внимания на происходящее. Что я такого сделал, почему меня должны были повесить - ничего этого я не знаю и не могу выяснить... А вокруг звучит скачущая музыка. В оркестре сильная группа ударных... Потом начали противно кричать попугаи, и меня что-то стиснуло, да так сильно, что я захрипел и проснулся. Сел в кровати, ничего толком не могу понять. Сердце колотится как сумасшедшее, лоб мокрый. До меня не сразу дошло, что голубоватый четырехугольник, перечеркнутый темным крестом, - окно. Откинувшись на подушку, я медленно приходил в себя. И тут закопошилась черная мыслишка: "А умирать-то страшно... Почему это так устроено на свете - все обязательно умирают? И если с этим ничего нельзя поделать, тогда для чего вообще человеку жить?" Вот какие неожиданные вопросы будто пропечатывались в мозгу. Даже не сами вопросы - одно пугающее слово "смерть"...

С наступлением дня ночные страхи как будто испарялись, во всяком случае, так нахально не давили на черепок, но где-то на самом нижнем этаже сознания они копошились и время от времени вроде бы выключали меня из окружающей обстановки. Вот и теперь, на уроке, когда я вдруг услышал: "Каретников!", никак не мог сообразить, чего от меня хочет учитель. Выгадывая время, на всякий случай я изобразил легкую улыбку: весь к вашим услугам (совершенно как тот гнусный официант в ресторане), поднялся с места... К счастью, я слышал, как Леха шипит: "Колумб, Колумб!..", я естественно предположил - надо рассказывать о великом открытии. Тут нет проблемы.

- В 1416 году, - почесал я, - будущий Генрих Мореплаватель, тогда еще только инфант, отправил первую морскую экспедицию в просторы мирового океана. С этого дня и до самой его смерти в 1460 году уходили португальские корабли искать путь в Индию. Генрих Мореплаватель заставил людей преодолеть врожденный страх перед океаном, настойчиво готовя флот к глобальным открытиям...

Говорил я уверенно, дат не путал, но в классе сделалось подозрительно тихо. Глянул мельком на Германа Станиславовича. Как будто ничего такого на его лице не читалось. И все-таки я на всякий случай чуточку сократился.

- Надо сказать, в то время Индиями называли большую часть Азии, собственно Индию и Бирму, Китай и Японию, Молуккские острова, Индонезию и даже Эфиопию. Говоря об Индиях, Колумб имел в виду в первую очередь таинственный остров Сипангу, то есть Японию, о котором упоминал Марко Поло...

Тишина оставалась подозрительной. Я сократился еще раз. Натянул Колумба в чистом виде и успокоиться!

- Испанская корона заключила с Колумбом специальный договор. Он получил три каравеллы и письмо к китайскому императору. В августе 1492 года "Санта-Мария", "Пинта", и "Нинья" вышли в открытое море и взяли курс на Канарские острова...

- Садись, Каретников. На вопрос отвечает Масленикова.

- Открытие Колумба, как и другие открытия той эпохи, связаны с борьбой великих держав за раздел мира, за мировое господство и в первую очередь за колонии, которые были тогда неогра-

ниченным источником богатства Европы, - сказала Оля и замолчала.

- Хорошо, Масленикова. Садись. Надо слушать, Каретников, это - во-первых, и, во-вторых, отвечать следует не вообще, не вокруг да около, а выкладывать суть дела. О чем ты мечтаешь? Я ведь спросил: что послужило причиной первых дальних плаваний Колумба. Что? А тебя повело на историю великих морских открытий средних веков. Так о чем, Каретников, ты мечтаешь?

- Честно сказать, - сам того не ожидая, сказал я, - не дает покоя одна мысль: на что вся эта волянка, когда чуть раньше или чуть позже человек все одно помирает?

Ребята засмеялись, а Герман Станиславович пристально, вроде даже с подозрением, поглядел на меня - дескать, все ли у тебя дома, парень? И велел садиться.

Потом, после уроков, он подошел ко мне в вестибюле и совсем не учительским голосом сказал:

- Зря ты, Кирилл, в пессимизм ударяешься. Кто родился - помрет. Закон природы. Только расстраиваться по этому поводу нечего. Природа-матушка не только мудра, она еще и хитрая! Ужас смерти, что охватывает нас в отроческие годы - ах, конец... ах, черная дыра... ах, холод и бесследность исчезновения... - она, матушка, видно, придумала, чтобы мы дорожили жизнью, береглись, не творили лишних глупостей. С годами этот страх утрачивает свою остроту, отступает и перестает мучить. Как свидетельствуют многие источники, очень старые люди испытывают даже необременительное, медленно нарастающее утомление, и смерть в их сознании приобретает сходство с обычным сном, с желанием отдыха, покоя... Надо, Кирилл, взять себя в руки и спокойно пережить эту трудную полосу, не расслабляясь, не теряя над собой контроля.

Здорово он говорил.

Вообще я Германа Станиславовича уважаю: он всегда дельно выступает. И шутки понимает, и на грубости с нашей стороны никогда не нарывается. Но сейчас я думал про другое. Сказать: переборщи себя, перешагни через страх или лень, привычку врать - просто! А как одолеть на деле хоть тот же страх или лень?

Вот в таком духе я и высказался. За добрые рекомендации спасибо, а где раздобыть инструкции по их выполнению, Герман Станиславович?

-- Ты когда-нибудь думал, Кирилл, чем плохой учитель отличается от хорошего?

- Как? Разве у нас в школах бывают плохие учителя? Что вы такое говорите, Герман Станиславович?! В жизни ничего подобного еще не слышал...

- Не валяй дурака, не надо. Плохой учитель требует, требует, требует... Он спрограммирован, как кнут, - подгонять, наказывать. А хороший учитель незаметно кормит ученика похлебкой знаний, да так хитро кормит - чем больше ешь, тем сильнее есть хочется. Я много думаю: как правильнее учить, как лучше воспитывать? И странные мысли приходят в голову: мы с утра до ночи боремся с какими-нибудь недостатками - с враньем, ленью, с трусостью, разболтанностью или воровством... Верно? А может, начинать надо бы с другого конца - показывать на собственном примере, что такое трудолюбие, храбрость, щедрость?.. Что более действительно: выкорчевывание или вживление? Любопытно, что ты по этому поводу скажешь? **А**

ГОРЮЧЕЕ - КАКИМ ЕМУ БЫТЬ?

Александр Идин

Основным горючим, применяемым на Земле, является углерод. Он в разных количествах содержится в древесине, угле, нефти, природном газе и т.д. Сжигание содержащих углерод топлив (соединение углерода топлива с кислородом) - экзотермическая химическая реакция, при которой выделяется тепловая энергия. Сейчас довольно трудно установить, когда первобытный человек стал пользоваться этой энергией. Не понимая ничего в химии горения, он был доволен тем, что мог греться у костра и готовить пищу.

Прошли тысячелетия, прежде чем огонь стали использовать при изготовлении новых материалов (керамики из глины, железа из металлических руд и т.д.). И только за несколько столетий до нашей эры тепло и пар, полученные с помощью огня, позволили заработать некоторым механизмам (например, статуи нерид Александрийского маяка "могли" поворачиваться и бить в колокола).

Но должны были пройти века, прежде чем человек придумал тепловой двигатель. Сначала это был двигатель внешнего сгорания (паровой), который нашел применение в насосах, шахтах, на фабриках, а после и на кораблях (пароходах) и железнодорожных локомотивах (паровозах). Были довольно успешные попытки применить паровую машину в автомобиле и совсем безуспешные - на самолете.

Только с изобретением двигателя внутреннего сгорания (ДВС) промышленная энергетика и особенно транспорт вышли на современный этап своего развития. Для работы ДВС необходимо подать внутрь какое-либо горючее. Это горючее должно быть смешано с окислителем, как правило с кислородом воздуха, а затем подожжено. В результате теплота, выделенная при сгорании, увеличивает объем рабочих газов, и это увеличение объема преобразуется в механическую работу. В двигателях совершенно разных конструкций может применяться одно и то же горючее. Встречаются и такие конструкции, которые могут работать на разных видах горючего.

К горючему, используемому в ДВС, с самого начала предъявлялись определенные требования, практически не изменившиеся до настоящего времени. Еще в начале прошлого века среди основных требований перечислялись следующие:

- горючее должно хорошо смешиваться с воздухом;
- при воспламенении горючего не должно происходить чрезмерно сильных взрывов;
- горючее должно надежно воспламеняться;
- горючее должно обладать наибольшей удельной теплотой сгорания;
- после сгорания не должны образовываться вредные остатки.

Надо заметить, что поиск горючего для двигателя внутреннего сгорания шел одновременно с разработкой конструкции самого двигателя.

Первая попытка использования силы взрыва газов для производства механической работы была предпринята в 1678 г. французским аббатом Хаутефюлле. Он предложил взрывать порох в закрытом сосуде, снабженном клапанами, и использовать разряжение, образующееся в этом сосуде после расширения и охлажде-

ния газов, для подъема воды (до нас эти предложения дошли в записках Христиана Гюйгенса, известного изобретателя и ученого). В 1682 г. тот же автор предложил использовать силу газов от взрыва пороха уже непосредственно для подъема воды. С 1688 г. известнейший механик XVII века Дени Папен в течение долгого времени пытался воплотить это устройство и признал порох непригодным для такого дела.

В 1794 г. Роберт Стрит запатентовал двигатель, в котором во время движения поршня вначале происходило испарение горючего и смешивание его с воздухом, после чего смесь воспламенялась и силой взрыва толкала поршень.

В 1801 г. Франсуа Лебон придумал двигатель, работающий на светильном газе. В 1823 г. Самуил Браун его построил, причем с водяным охлаждением. В 1838 г. Уильям Барнет создал двигатель, в котором газ и воздух перед подачей в цилиндры сжимались специальными насосами (прототипами современных турбокомпрессоров), а воспламенение смеси происходило при положении поршня в верхней мертвой точке. Первый двигатель, получивший практическое применение (как водоподъемная машина), был создан французским механиком Этьеном Ленуаром в 1860 г. В 1867 г. Н. Отто и Э. Ланин экспериментировали с двигателем на светильном газе. Ими был впервые предложен четырехтактный цикл (цикл Отто), теоретически обоснованный в 1824 г. Н. Сади-Карно. Первый реально работающий двигатель по циклу Отто построен в 1871 г. французским инженером Бодэ-Роша. Он вошел в историю как создатель современного двигателя.

До этого момента конструкторы рассматривали в качестве горючего светильный газ. Поджигание газа в цилиндре двигателя осуществлялось специальными устройствами. В 1884 г. Даймлер разработал двигатель, работающий на другом, уже жидком горючем - бензине. Новое топливо позволило увеличить частоту вращения вала двигателя со 150 до 800 оборотов в минуту.

В 1893 г. Рудольф Дизель изобрел двигатель, в котором горючее (угольная пыль!) должно было самовоспламеняться вследствие нагрева до высокой температуры при сжатии. Мощность двигателя должна была составлять 100 л.с. Закончив в 1897 г. серию опытов, он понял, что угольная пыль не годится, а наилучшими видами горючего для его двигателя являются керосин и нефть.

С тех пор прошло более века. Появились новые конструкции двигателей внутреннего сгорания (например, двигатель Ванкеля), продолжалась модернизация существующих конструкций, но горючим для всех двигателей так и оставались газ, бензин и дизельное топливо. Так продолжалось бы и дальше, если бы не некоторые обстоятельства, из которых два наиболее главных: угроза глобального потепления из-за выбросов CO₂ (парниковый газ) и истощение мировых запасов углеводородного топлива.

Этими проблемами ученые и конструкторы автомобилей начали вплотную заниматься в 60-70 годах прошлого века. Поиск решения шел по нескольким путям. Во-первых, совершенствовался сам двигатель (снижение удельного расхода горючего, улучшение процессов горения, уменьшение механических потерь

Под двигателем внешнего сгорания понимаются двигатели, в которых сгорание топлива (горючего - прим. ред.) происходит вне самого двигателя. Главными представителями этого двигателя являются паровая машина и паровая турбина. Топливо сжигается под паровым котлом, пар из которого поступает в цилиндры двигателя, где и производит работу, не претерпевая при этом химических изменений своего состояния.

Двигателями внутреннего сгорания называются такие двигатели, в которых топливо вводится в цилиндр двигателя в сыром виде, где воспламеняется и отдает полученное им при сжигании тепло в виде работы.

В.Ю. Гитис, Двигатели внутреннего сгорания, Петроград, 1916.

В современном промышленном городе доля выбросов в атмосферу от двигателей автомобилей по окиси углерода достигает 75 %, окислов азота - 60 % и углеводородов - 50 %.

в двигателе и трансмиссии и т.д.). Во-вторых, внедрялись различные каталитические нейтрализаторы отработавших газов двигателя, что существенно повысило стоимость автомобиля. И, в-третьих, осуществлялся поиск альтернативного горючего. С этим связана необходимость разработки новой конструкции двигателя, а то и всей силовой установки автомобиля.

В данной статье поговорим о перспективных, может быть даже экзотических, видах горючего.

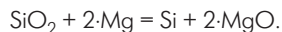
Если посмотреть на периодическую систему химических элементов Д.И. Менделеева, то можно увидеть, что рядом с углеродом (С) находится кремний (Si), который вместе с германием, оловом и свинцом входит в подгруппу углерода. Всем известно, что кремний является составной частью обычного песка, а в земной коре его почти 28 %.

Никто и не задумывался о том, что кремний - тоже горючее, пока не произошел любопытный случай на одной из немецких химических фабрик. Там на складе неожиданно "закипел" мелкодисперсный порошок кремния, хранившийся в герметичной медной таре в среде азота.

Этим заинтересовался профессор химии Норберт Аунер, который выяснил, что порошок кремния может вступить в реакцию с азотом в присутствии катализатора - окиси меди. Реакция начинается при условии предварительного нагрева компонентов до 500 °С.

То, что на нашей Земле песка хоть отбавляй, всем известно. Так что истощение запасов этого топлива не грозит. Мало того (и это самое главное), в результате этой реакции в атмосферу не попадает ни грамма CO₂ - основного газа, вызывающего парниковый эффект.

Чистый кремний получают в результате реакции восстановления оксида SiO₂ избытком магния при нагревании:



Энергия, затраченная на нагрев, компенсируется той энергией, которая получается при реакции с азотом. Всю энергетику можно перевести на кремний. Автомобили тоже можно заправлять кремниевым порошком. Кстати, все новое, это хорошо забытое ста-

рое: опыты по использованию кремния в виде горючего уже проводились, причем довольно давно. На немецкой фирме "Вакер" в бак автомобиля залили вместо бензина кремнийсодержащую жидкость - тетраметилсилан. Теплотворная способность этой жидкости такая же, как и у бензина. Тогда эксперимент провалился из-за того, что песок, образовавшийся при горении, быстро вывел двигатель из строя.

И хотя это другая, но все же проблема. И уже есть путь для ее решения - изготовление поршней, цилиндров и других деталей из керамики. Это сложно, требуются дорогостоящие исследования, но зато будет решена проблема защиты атмосферы от отработавших газов. Ведь в результате горения получается все тот же песок, но только нитратный. Из нитрида кремния можно получить аммиак, а из него, в свою очередь, водород. Причем такое производство обойдется примерно на порядок дешевле, чем получение водорода из воды, а это позволит еще шире открыть дверь в водородную энергетику. Поэтому в перспективе водителю автомобиля придется не выбрасывать образовавшийся в двигателе "песок" на дорогу, а везти его на автозаправку и там менять (с доплатой, разумеется) на кремниевый порошок.

Возможно еще одно решение. В журнале "Двигатель" (№ 2, 3 - 2005 г.) были опубликованы статьи о двигателе Стирлинга, относящемся к двигателям внешнего сгорания. В этом двигателе камера сгорания изолирована от движущихся частей. Тем самым решается проблема защиты от образующегося нитрида кремния. Да и собирать его будет проще.

Еще одна немаловажная деталь - кремний, в отличие от всех других видов горючего, совершенно безопасен: пока рядом нет катализатора (окиси меди) даже удар молнии или взрыв гранаты его не подожгут. **□**

(Продолжение следует)



А
К
Т
О

3-я российская выставка виа осмические технологии и борудование

Казань - 2006



Информационные технологии
Иновационные технологии в авиадвигателестроении
Космические технологии
Системы управления информацией об изделии
Композиционные, полимерные материалы и термопласты в авиакосмическом комплексе
Плазменные и лазерные комплексы, оборудование технических процессов
Высокоточное наукоемкое технологическое оборудование в промышленности
Исследование и конструирование технологических процессов и материалов
Перспективное проектирование и фундаментальные исследования
Современные технологии в самолето- и вертолетостроении, создании космических аппаратов
Системы спасения и жизнеобеспечения

ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР "Казанская ярмарка", Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8,
Тел./факс: (843) 570-51-16, 570-51-11, E-mail: pdvrt@bk.ru, vico@ibit.ru, www.aktokazan.ru



ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОХРАНЕНИЯ И НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Андрей Иванович Касьян

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

Сенека

Российский аккумулятор кинетической энергии массой 2400 кг содержит в герметичном корпусе маховик, находящийся на одной оси с ротором электромашин. Электромашин в режиме двигателя, раскручивая маховик в течение восьми с половиной минут, сообщает ему мощность 300 кВт. Когда машина работает в режиме генератора, маховик разряжается, преобразуя кинетическую энергию в электрическую. К.п.д. аккумулятора составляет 88 %. Российский аккумулятор кинетической энергии массой 2400 кг содержит в герметичном корпусе маховик, находящийся на одной оси с ротором электромашин. Электромашин в режиме двигателя, раскручивая маховик в течение восьми с половиной минут, сообщает ему мощность 300 кВт. Когда машина работает в режиме генератора, маховик разряжается, преобразуя кинетическую энергию в электрическую. К.п.д. аккумулятора составляет 88 %.

Формирование новых понятий, законов - длительный исторический процесс. Но для того, чтобы наука стала наукой, средством понимания окружающего мира, а не просто описанием природы, этот процесс необходим. Так, например, ученые очень долго подходили к наиболее важному во всей физике принципу - принципу сохранения. В своем труде "Трактат о свете" Рене Декарт писал: "Если одно тело сталкивается с другим, оно не может сообщить ему никакого другого движения кроме того, которое потеряет во время этого столкновения, как не может и отнять у него больше, чем одновременно приобрести себе". В данном случае мы имеем дело с первой формулировкой закона сохранения импульса. Надо учесть, что под декартовым импульсом нельзя понимать современное произведение массы на скорость, т.к. масса у Декарта не ассоциировалась с ньютоновским определением. В 1776 г. Леонард Эйлер (1707-1783) сформулировал третий закон сохранения - закон сохранения момента импульса. Этот закон основывается на дифференциальном подходе.

Приведенные законы, как и закон инерции, не имеют определяющего значения вне ньютоновской парадигмы (концепции естествознания). Надо сказать, что Исаак Ньютон не использовал аппарат дифференциального исчисления, а применял геометрические методы: механические величины выражались в виде различных геометрических величин и соотношений между ними. Поэтому каждая задача решалась своим способом. Эйлер разработал аналитический аппарат и представил законы движения в современной дифференциальной форме, причем в проекциях на оси координат (векторы были изобретены Уильямом Гамильтоном в XIX в.). Эйлер использовал в качестве основных понятий силу, массу, время, систему координат и два закона Ньютона, не обращаясь ни к каким дополнительным "физическим" соображениям. Он впервые определил скорость как соотношение пути и времени (знакомое сейчас решительно всем $v = s/t$), но дать определение ускорения не смог. В трудах Эйлера намечилось опередившее свое время построение механики сплошной среды.

Продолжая исследования Эйлера, Жозеф Луи Лагранж (1736-1813) свел описание действующих в механике законов к задачам интегрирования

систем дифференциальных уравнений. Он завершил разработку аналитических методов и получил уравнения в обобщенных координатах. Дальнейшие исследования шли в направлении, указанном Лагранжем, Гамильтоном и Якоби, т.е. по линии разработки математических оснований механики. Заметим, что в настоящее время большое значение приобретают стохастические задачи. Иначе говоря, к описанию процессов, реально действующих, привлекают математический аппарат, учитывающий разброс и случайности.

В современной классической механике можно наблюдать борьбу двух направлений, условно называемых аксиоматическим и операционалистическим. В основе последнего лежит описание определенных измерительных операций. Давид Гильберт выдвинул подход, связанный с аксиоматизацией механики. В трудах Грегори Риччи и Туллио Леви-Чивиты динамика была сформулирована в терминах римановой геометрии. Так как связь этого подхода с классической динамикой чисто историческая, то аксиоматические принципы были использованы для решения проблем квантовой механики и теории относительности. Основные положения аналитической механики получили определенную формулировку в алгебраизированных "пространствах без метрики" - дифференцируемых многообразиях.

Затрагивающие основные мировоззренческие вопросы релятивистская и квантовая теории выдвинули парадигму, основанную на теоретико-инвариантном подходе. Само понятие "инварианта" вошло в науку в связи с координатными преобразованиями. Известно, что система координат вводится достаточно произвольным способом. Под инвариантом понимают величину, остающуюся неизменной при переходе к иной системе координат. Мы уже отмечали связь пространственно-временных симметрий с законами сохранения. Но до начала XX века концепция симметрии не играла существенной роли и первостепенное значение придавалось дифференциальным уравнениям движения.

Нельзя не отметить большой роли, которую играют динамические симметрии (их также называют "внутренние"), систематизирующие свойства объектов микромира и указывающие на связь с определенными взаимодействиями. Но природа этих симметрий не связана ни с квантовым, ни с релятивистским характером взаимодействия.

Законы сохранения в квантовой теории определяют так называемые правила отбора, согласно которым, запрещены (не могут реально существовать) реакции и превращения, идущие с нарушением закона со-



хранения. Основные положения всех этих законов и правил столь разнообразны и пространны, что в этой маленькой статье мы можем, самое большее, только упомянуть об их существовании и некоторым образом, очень поверхностно, подчеркнуть отдельные взаимосвязи и структуру. На основании теоремы Эмми Нетер (1882-1935) можно установить важный закон сохранения электрического заряда, который вытекает из независимости динамики частиц от калибровочных преобразований 1-го рода. Законы сохранения являются основными источниками информации о свойствах изучаемых объектов микромира. Например, закон сохранения пространственной четности связан с зеркальной симметрией, а закон сохранения временной четности - с симметрией замены знака у времени. В дополнение к перечисленным, имеется целый ряд специфических законов сохранения, интерпретирующих опытные правила отбора. Таков, например, закон сохранения барионного числа (запрещающий распад протона на мезоны и лептоны). Многие законы приближенные. Например, закон сохранения пространственной четности (зеркальная симметрия) нарушается в процессах слабого взаимодействия на уровнях микрочастиц.

Мы видим, что законы сохранения прошли долгий путь, начиная от перпетуум мобиле. Намечающийся пересмотр взглядов на симметрии, инвариантность, законы сохранения должен привести к открытию нового обобщенного закона сохранения и превращения энергии.

В 1929 г. в раскопках Урского могильника в долине реки Евфрат был обнаружен глубоко под землей массивный диск диаметром около метра с отверстием в центре. Что бы это могло быть? Может быть археологи нашли древнюю монету? Известно, что некоторые племена используют деньги в виде каменных дисков, а многие современные деньги - кружки с отверстием в центре. Однако тщательные исследования показали, что это - древний гончарный круг, изготовленный в четвертом тысячелетии до н.э. Значит легенда о том, что гончарный круг изобрел племя Дедала, не верна и горшки и миски, используемые человечеством, идеально круглые уже более шести тысяч лет. Кто же был этот гончар, который раскручивал круг и обрабатывал на нем изделия? Подозревал ли он о том, что используемый принцип накопления энергии станет одним из самых перспективных в век технического прогресса?

Для того, чтобы более подробно разобраться в рассматриваемой проблеме, необходимо напомнить некоторые положения векторной алгебры. Векторное исчисление было открыто Гамильтоном (1805-1865) и Германом Грассманом (1809-1877). Векторные зависимости носят инвариантный характер и в чистом виде отражают суть физических явлений. Известны скалярное и векторное произведения. Скалярное произведение векторов в результате дает число. Эта операция очень важна, т.к. определяет условие перпендикулярности векторов (скалярное произведение таких равно нулю). Но нас больше интересует векторное произведение, которое обозначим косым крестом "x". В результате перемножения векторов $a \times b$ получается вектор, модуль которого равен произведению модулей векторов на синус угла φ между ними: $a \cdot b \cdot \sin\varphi$. Направление полученного вектора выбирается по перпендикуляру к множителям в ту сторону, откуда наименьший поворот от первого сомножителя ко второму виден происходящим против хода часовой стрелки. Такое направление выбрано условно и можно было бы результирующий вектор направить по

перпендикуляру в противоположную сторону. Но тем не менее так было сделано в целях общности формул. Для более подготовленного читателя заметим, что скалярное произведение есть внутреннее произведение в алгебре Клиффорда, т.е. значение симметричной билинейной формы, ассоциированной с данной квадратичной (положительно определенной) формой. Векторное произведение есть величина дуальная бивектору (тензору), который можно рассматривать как геометрический объект: ориентированную плоскость, натянутую на векторы a и b .

Дадим теперь определение момента импульса. Момент импульса частицы относительно фиксированной точки равен векторному произведению радиус-вектора r , проведенного из фиксированной точки, на импульс p : $r \times p$. Момент силы или вращательный момент равен векторному произведению $r \times F$, где F - сила, действующая на частицу. На основании второго закона Ньютона можно получить важное утверждение: в отсутствие моментов вращения момент импульса постоянен. Это и составляет содержание закона сохранения момента импульса. Этот закон обусловлен "равноправностью" всех направлений.

Если рассматривать вращение Земли вокруг Солнца, то закон сохранения момента импульса будет иметь наглядный геометрический смысл: секторная скорость Земли (т.е. площадь описываемая радиус-вектором за единицу времени) постоянна. Это общеизвестно в астрономии как закон Кеплера. Для частицы, движущейся по кругу со скоростью v , перпендикулярной радиусу движения r , момент импульса равен просто произведению массы на скорость и расстояние: $m \cdot v \cdot r$ или $m \cdot \omega \cdot r^2$, (где ω - угловая скорость). Момент импульса, например Нептуна (орбита близка к круговой), равен $3 \cdot 10^{42}$ кг·м²·с⁻¹. Земля имеет момент импульса на два порядка меньший. В результате, основная масса солнечной системы (99,8 %) принадлежит самому Солнцу, а основной момент - периферийным планетам. Нестыковка получается вроде бы... Большой момент импульса имеют и галактики, но проблема вращения их еще не объяснена.

Рассмотрим обруч радиуса R , вращающийся относительно оси, перпендикулярной к его плоскости и проходящей через центр. В этом случае очевидно вся масса обруча находится на одинаковом расстоянии от оси и момент импульса равен $m \cdot v \cdot R = m \cdot \omega \cdot R^2$. Здесь мы использовали тот факт, что все точки обруча движутся с одинаковой скоростью v , равной $\omega \cdot R$. Из приведенной формулы видно, что произведение $m \cdot R^2$ характеризует свойство самого обруча. Величину $J = m \cdot R^2$ называют моментом инерции обруча при его вращении. Для произвольного тела величина момента инерции равна сумме произведений элементарных масс на квадраты расстояний от некоторой оси. Суммирование должно производиться по всем элементарным массам, на которые можно разбить тело. Из соображений симметрии ясно, что для однородного тела, симметричного относительно оси вращения (как обруч), момент импульса равен произведению момента инерции на угловую скорость.

Момент инерции является мерой инертности тела при непоступательном движении. Его очень удобно использовать для описания кинетической энергии вращательного движения. Кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг оси, равна $0,5 \cdot J \cdot \omega^2$. Плотность энергии, запасаемой во вращающемся теле, равна $0,5 \cdot J \cdot \omega^2 / m$. На практике отношение J/m упрощается до коэффициента. Рассмотрим, например, стальное

В Германии появился сотовый телефон, в котором отсутствует аккумулятор. Если требуется позвонить, то вам надо дернуть за тростик и раскрутить маховик. Встроенный генератор, находящийся на одной оси с маховиком, обеспечит телефон электроэнергией.

Если изготовить супермаховик из карбонового нановолокна, то плотность энергии, которую он может запасти, составит около 1 МВт ч/кг.



Кинетическая энергия вращательного движения Земли составляет $212,8 \cdot 10^{27}$ Дж.

кольцо. Для линейной скорости вращения 1000 км/ч плотность энергии будет составлять 38 500 Дж/кг.

Чем же перспективен маховичный аккумулятор энергии? В принципе он может развить такие мощности, которые недоступны другим накопителям энергии. Но главное его преимущество - экологические показатели. Механические накопители не обладают радиоактивностью, для их работы не требуется никаких химических веществ. Нам даже трудно себе представить ту роль, которую будут играть потомки древнего гончарного круга в будущем.

Давайте рассмотрим все по порядку. Главной и неотъемлемой частью устройств, использующих механический аккумулятор энергии, несомненно, является сам маховик. А что еще? Необходимо какое-то приспособление, которое бы маховик раскручивало, а при необходимости отбирало энергию. Такая система называется "трансмиссия". Трансмиссии по своим принципам действия бывают самые разные: от механической до гидродинамической. Трансмиссия - сложное устройство, хотя можно было бы обойтись и без нее. Можно придумать вращающийся в вакууме в невесомости диск, ускоряемый магнитным полем. Отбор энергии от диска также осуществляется с помощью поля. Но согласитесь, что в данной конструкции без маховика обойтись совсем никак нельзя.

Теперь поближе познакомимся с самым важным элементом - маховиком. При вращении маховик накапливает большое количество энергии. Чем быстрее вращается, тем больше энергия. Но когда маховик вращается, появляются силы, стремящиеся разорвать его. Вся проблема и состоит в том, чтобы не дать этим силам разрушить маховик. Материал маховика испытывает напряжение, т.е. силу, отнесенную к единице площади. Опять это связано с инерцией. Движущиеся частицы "не хотят" поворачиваться по кругу, и их нужно заставлять силой. Напряжение можно пояснить следующим образом. Возьмем в руки стержень и станем растягивать его с некоторой силой. Эта сила, деленная на площадь поперечного сечения, и есть напряжение - мера внутренних сил, возникающих в теле. Если напряжение в стержне или маховике превысит критическое, то материал разрушится. Подсчитаем величину этого напряжения. Если каждый килограмм маховика накопил 385 Дж, что соответствует автомобилю, движущемуся со скоростью 100 км/ч, то напряжение будет равно $0,6 \text{ кН/см}^2$. Ньютон (Н) - это единица измерения силы. При таком напряжении маховик, изготовленный из современных материалов, не разрушится: прочность их на три порядка выше. Даже и при плотности энергии 38 500 Дж/кг материал будет испытывать напряжение $0,06 \text{ МН/см}^2$, что все еще вполне удовлетворяет требованиям по прочности.

Не только прочность, но и форма маховика играет важную роль. Как известно, древний урартский гончарный круг был выполнен в форме плоского диска. Рассмотрим это подробнее. Представим себе вращающийся диск. Вблизи оси вращения скорость частиц мала и энергия их невелика. Значит, форма диска - невыгодна. Тогда сделаем "колесо", поместив всю массу на периферию. Мы получили форму обода. Почти до начала XX в. такая конструкция считалась самой совершенной. Но, чтобы с устройством можно было ра-

ботать: раскручивать его и снимать с него запасенную энергию, обод должен сидеть на оси. Слабым местом становились спицы, соединяющие обод с осью: они могли лопнуть. Если увеличивать количество спиц, то в конце концов получим сплошной диск. Мы увеличили массу всего маховика, но и увеличили прочность. Таким образом результирующая плотность энергии маховика увеличилась. В конце XIX, начале XX вв. такого типа маховики использовались для накопления весьма больших энергий (например, в торпедах). В 1918 г. известный русский ученый А.Г. Уфимцев запатентовал новый, так называемый равнопрочный маховик. Этот маховик развивает очень большую плотность и имеет профиль сечения диска, близкий к гиперболическому. Прежде чем дальше продолжить рассмотрение формы, задумаемся над материалом маховика.

Если следовать здравому смыслу, то чем тяжелее будет маховик, тем больше в нем накопится энергии. Если сделать маховик невесомым, то о какой энергии будет идти речь? На самом деле все сложнее. Если сделать маховик (даже равнопрочный) из свинца, то он много энергии не накопит. Дело в том, что накопленная энергия пропорциональна отношению прочности материала к плотности, т.е. удельной прочности. Удельная прочность - редко встречающаяся характеристика материала. Для свинца этот показатель невысок. Удельная прочность высококачественной стали составляет около $2 \cdot 10^5 \text{ м}^2\text{с}^{-2}$. У титана еще больше. Поэтому титановый маховик может накопить в единице массы энергию в 1,5 раза большую, чем стальной. Примерно такая же картина для легких сплавов. Свинцовый маховик не накопит и десятой доли энергии легкого, тем более титанового маховика. Удивительно, что бамбуковый маховик почти в десять раз превосходит по плотности энергии стальной. Очень эффективно накапливают энергию маховики, изготовленные из композитных материалов. Их основное преимущество - отсутствие опасных осколков при разрывах.

Кроме ободковой схемы существует и стержневая, когда стержень вращается вокруг оси, перпендикулярной к его продольной оси. Если сделать стержневой маховик из композитных материалов, то распределение сил в нем будет такое, что возникнет опасность расслоения. Для того, чтобы обойти это, придумали щеточную конструкцию, в которой отдельные волокна стягиваются в центре. Это уже виток изобретательской мысли: в определенном смысле мы вновь вернулись к спицам. Только без обода. Г. Портновым был предложен супермаховик, составленный из волокон, близкий по форме к равнопрочному. По плотности энергии стержневые накопители достигли уровня 300 000 Дж/кг. По некоторым непроверенным данным японские супермаховики достигли 650 000 Дж/кг.

В нашей стране исследуются в основном ободковые супермаховики. Основные их достоинства: компактность и аэродинамические качества. Достигнутая плотность энергии несколько уступает стержневым накопителям.

Механические накопители энергии могут применяться во многих областях техники. Известно, что около 65 % энергии, потребляемой транспортными средствами, расходуется на их ускорение. Затем эта энергия почти полностью рассеивается при торможении. Отсюда ясно, насколько важна идея накопления энергии торможения. Особенно перспективен такой вид накопления на электротранспорте. В следующем номере мы рассмотрим химический способ накопления энергии.

ВЫБИРАЯ МЕЖДУ ТОЧНОСТЬЮ И
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ, ЧАЩЕ ИДУТ
НА КОМПРОМИСС...



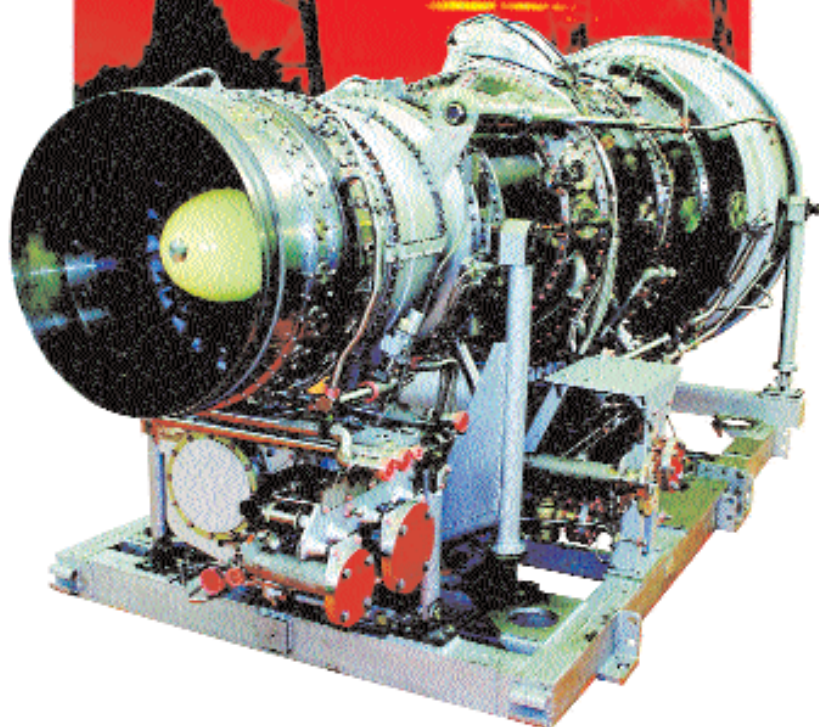
Линейные электроискровые станки **Sodick** - совершенство без компромиссов

- Линейные сервоприводы по всем осям и оптические линейки с дискретностью = 10 нанометров:
 - идеальная точность и динамика перемещений
- Керамическая рабочая зона из материалов с тепловым расширением в 2 раза меньшим, чем у гранита:
 - непревзойденная геометрическая точность
 - идеальная гальваническая развязка
- Встроенные 3D CAD/CAM-системы в дополнение к автопрограммированию с автотехнологом:
 - управляющая программа по твердотельной модели из любого 3D САПРа
- Совершенные электроискровые генераторы:
 - фантастические возможности электроискрового зеркального выхаживания
 - сверхнизкий износ электрода



№ 1 в Японии
№ 1 в мире

Телефоны в Москве: +7 495 786-9841; +7 901 526-3406, -07, 08; +7 495 614-9801; +7 495 725-3603
Факсы: +7 495 786-9842; +7 495 614-1842 // E-Mail: sodicom@sodick.ru; tc@sodick.ru // www.sodick.ru.
Быстрая поставка, оперативное техническое обслуживание. **Гарантия 2 или 3 года.** Всегда в наличии на складах
в Москве и других городах популярные модели ЭИ станков, расходные материалы и части. **Горячая линия 24/7.**



ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

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

