

Двигатель

Научно-технический журнал

№ 4 (82 + 243) 2012

Космические исследования:

- проводятся для Земли,

- управляются с Земли,

- обслуживаются с Земли.

...даже если Земля, это - вода

стр. 64



Редакционный совет

Агульник А.Б., д.т.н.,
декан факультета авиационных двигателей МАИ

Бабкин В.И., к.т.н.,
ген. директор ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"

Багдасарьян Н.Г., д.филос.н.,
профессор МГУ им. М.В. Ломоносова,
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Богуслаев В.А., д.т.н.,
председатель совета директоров АО "МОТОР СИЧ"

Воронков Ю.С., к.т.н.,
зав. кафедрой История науки РГГУ

Григорян Г.Г., д.т.н.,
гл. научный сотрудник ФГУК "Политехнический музей"

Губерт А.М., д.т.н.,
зам. директора ФГУП "Исследовательский центр
им. М.В. Келдыша"

Дическул М.Д.,
зам. управляющего директора ОАО "УК "ОДК"

Дмитриев В.Г., д.т.н.,
вице-президент корпорации "Иркут"

Иноземцев А.А., д.т.н.,
ген. конструктор ОАО "Авиадвигатель"

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

Каторгин Б.И., академик РАН

Коржов М.А., к.т.н.,
руководитель проекта "Двигатель"
ОАО "АвтоВАЗ"

Кравченко И.Ф., д.т.н.,
ген. конструктор ГП "ИВЧЕНКО-ПРОГРЕСС"

Крымов В.В., д.т.н.

Кутенев В.Ф., д.т.н.,
зам. ген. директора ГНЦ "НАМИ" по научной работе

Кухаренко Г.М., к.т.н.,
зав. каф. ДВС Белорусского национального ТУ

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

Новиков А.С., д.т.н.

Пустовгаров Ю.Л.,
президент Торгово-промышленной палаты
Республики Башкортостан

Рачук В.С., д.т.н.,
ген. конструктор, ген. директор
ФГУП "КБ Химавтоматики"

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

Рыжов В.А., д.т.н.,
главный конструктор ОАО "Коломенский завод"

Ситнов А.П.,
зам. руководителя Комиссии по оборонно-
промышленному комплексу РСПП

Скибин В.А., д.т.н.,
научный руководитель ГНЦ "ЦИАМ
им. П.И. Баранова"

Смирнов И.А., к.т.н.,
ген. конструктор КБХМ - филиала ФГУП "ГКНПЦ
им. М.В. Хруничева"

Соколовский М.И., д.т.н.,
ген. конструктор, ген. директор ОАО "НПО "Искра"

Троицкий Н.И., к.т.н.

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

Чепкин В.М., д.т.н.,
зам. ген. директора НПО "Сатурн" по НИОКР

Черваков В.В., д.т.н.,
зав. кафедрой 202 факультета авиационных
двигателей МАИ

Чуйко В.М., д.т.н.,
президент Ассоциации "Союз
авиационного двигателестроения"

Зайков Г.В.,
ген. директор ГП "НПК газотурбостроения
"ЗОРЯ" - "МАШПРОЕКТ"

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор

Александр Иванович Бажанов

Заместитель главного редактора

Дмитрий Александрович Боев

Ответственный секретарь

Александр Николаевич Медведь к.т.н.

Финансовый директор

Юлия Валерьевна Дамбис

Редакторы:

Александр Аркадьевич Гомберг,

Андрей Иванович Касьян, к.т.н.

Юрий Романович Сергей, к.т.н.

Валентин Алексеевич Шерстянников, д.т.н.

Литературный редактор

Дмитрий Павлович Войтенко

Художественные редакторы:

Александр Николаевич Медведь

Владимир Николаевич Романов

Техническая поддержка

Ольга Владимировна Лысенкова, к.пед.н.

В номере использованы фотографии, эскизы и рисунки:

А.В. Артамонова, А.И. Бажанова,

Д.А. Боева, А.В. Ефимова,

А.Н. Медведя, В.Н. Романова и др.

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111116, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2.

Тел./Факс: (495) 362-3925.

boeff@yandex.ru

aib50@yandex.ru

www.dvigately.ru

Электронная версия журнала (2006-2012 гг.) размещается также на сайте Научной электронной библиотеки www.elibrary.ru и включена в индекс РИНЦ

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ООО "Редакция журнала "Двигатель" ©

генеральный директор Д.А. Боев

зам. ген. директора А.И. Бажанов

Ответственность за достоверность информации и наличие в материалах фактов, не подлежащих разглашению в открытой печати, лежит на авторах публикаций.

Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов.

Перепечатка опубликованных материалов без письменного согласия редакции не допускается. Ссылка на журнал при перепечатке обязательна.

Журнал "Двигатель", рекомендован экспертными советами ВАК по техническим наукам, по истории, экономике, философии, социологии и культурологии в числе журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Индекс 28377 в общероссийском каталоге 2008 г.

Научно-технический журнал "Двигатель" ©

зарегистрирован в ГК РФ по печати.

Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.

14-й (106-й) год издания.

Отпечатано

ЗАО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.

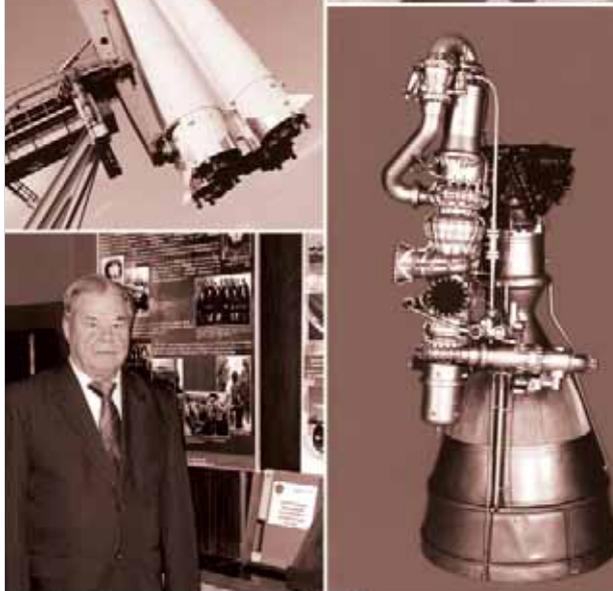
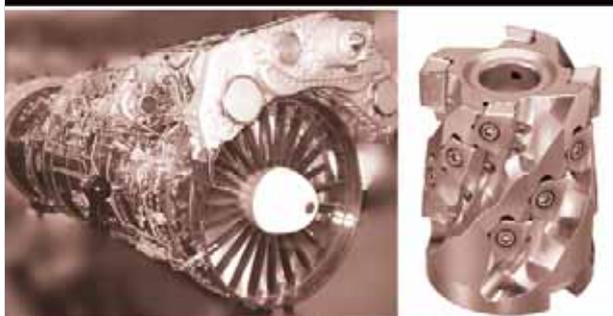
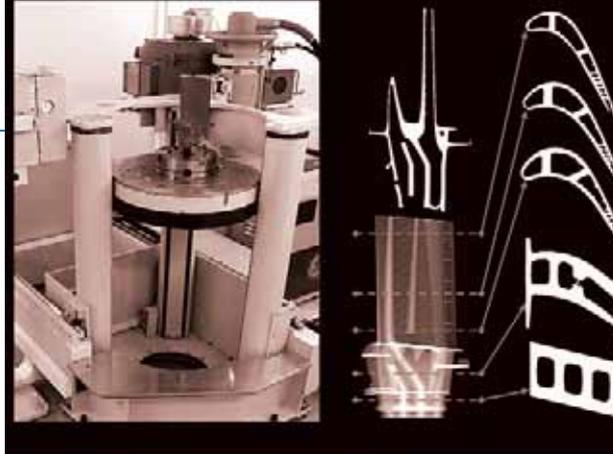
Тираж 5 000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

2. **Космические разработки авиационного института**
В.И. Бабкин
4. **Новое поколение балансировочных станков для современных и перспективных авиационных и стационарных газотурбинных двигателей**
И.И. Радчик, Д.Ф. Скворцов, К.К. Якутин
7. **Новая серия фрез VFX 5 0 для высокопроизводительной обработки титановых сплавов**
8. **Способ устранения проскальзывания роликов межвальных подшипников с помощью овализации кольца подшипника в эксплуатации**
А.Ю. Потапов, Ю.Б. Назаренко
12. **Летные исследования в обеспечение вибрационной надежности лопаток КНД авиационных ГТД**
Б.Б. Коровин
16. **Крылатые ракеты и как с ними бороться**
А.Н. Медведь
20. **Российские высокоэнергетические томографы для отработки технологии и сертификации ответственных изделий авиационной промышленности**
И.А. Вайнберг, Э.И. Вайнберг, С.Г. Цыганов, В.Б. Сидорин
27. **SMART MIRACLE. Концевые фрезы. Антивибрационная серия**
28. **Жизнь посвятил двигателестроению**
32. **Турбулентность. Моды Фурье**
Ю.М. Кочетков
34. **Проблематичное начало и драматический конец разработки ракеты-носителя Н1**
В.Ф. Рахманин
41. **75 лет назад Америка рукоплескала Стране Советов. О людях причастных**
В.И. Гуров
42. **Паровозы Коломенского завода**
В.В. Боченков, Е.В. Бычкова, О.Б. Галацкий, И.Л. Индра
48. **Мониторинг требований работодателей в аспекте эффективности реализации Федеральной целевой программы**
С.В. Корсаков, С.Н. Авраменко
52. **Аспекты использования информационно-коммуникационных технологий в деятельности межрегионального ресурсного центра**
А.В. Невмержицкий
54. **Математическая модель объективного рейтингования образовательных учреждений на основе концепции информационной энтропии**
В.Ю. Переверзев
58. **Интеллектуальные технологии в корпоративных системах управления**
Г.М. Новикова
59. **Методы и порядок производства работ по разработке котлованов и шахт**
А.С. Сальников
60. **Отличительные особенности популярных аудио-, видеокодеков и контейнеров**
К.А. Невмержицкий
62. **Памяти Владимира Михайловича Воробьева**
63. **Экологические возможности форкамерной системы зажигания "Шаровая молния"**
Н.М. Котов, А.П. Болдин, П.В. Аксёнов, М.В. Рыжов

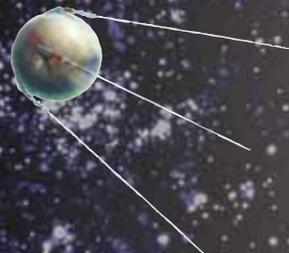




КОСМИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ АВИАЦИОННОГО ИНСТИТУТА



Владимир Иванович Бабкин, генеральный директор ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова, к.т.н.



В прошлом, 2011 году, весь мир отпраздновал полувековой юбилей первого полета человека в космос - им стал наш соотечественник Юрий Алексеевич Гагарин, облетевший 12 апреля 1961 г. на корабле "Восток" Земной шар.

4-го октября этого года исполняется 55 лет запуска первого искусственного спутника Земли, созданного также в нашей стране. Центральный институт авиационного моторостроения имеет самое непосредственное отношение к обоим этим эпохальным событиям.

Несмотря на то, что основным направлением деятельности Центрального института авиационного моторостроения им. П.И. Баранова (ЦИАМ) является создание научно-технического задела (НТЗ) и сопровождение разработки авиационных двигателей и силовых установок, наш институт вносил весьма значительный вклад в разработку отечественной аэрокосмической и ракетной техники, причём с самого начала развёртывания работ в этой области.



В 1957 году по решению Правительства СССР специалисты ЦИАМ были привлечены к созданию ракетных двигателей, в частности, доводке кислородно-керосиновой двигателя третьей ступени (РО-7) ракеты-носителя "Восток". Тематически это было поручено специально созданному отделу ракетных двигателей (позднее переименован в отдел аэрокосмических двигателей), руководимому в то время В.Р. Левиным. В этом отделе были проведены

расчетные исследования турбонасосных агрегатов (ТНА) и камер сгорания различных ракетных двигателей, внедрявшихся в производство. Так, проводимые под руководством В.А. Шерстянникова расчётные исследования и испытания на экспериментальных установках турбины турбонасосного агрегата двигателей "Востока" показали необходимость замены двухступенчатого варианта лопаточных венцов на одноступенчатый, что и было в сжатые сроки реализовано в ОКБ. И таких работ было множество. Высокая надежность семейства ракет-носителей, "выросших" от легендарной "семерки" С.П. Королева, демонстрирует правильность решений, внедренных в конструкции двигателей в те годы.



В дальнейшем сотрудники ЦИАМ успешно участвовали в работе различных ОКБ при создании мощных отечественных ЖРД: НК-33 (для сверхтяжелой ракеты Н-1 по лунной программе), РД-0120, РД-180, РД-191 и др. по проблемам обеспечения надежного запуска, устойчивости рабочего процесса, совершенствования лопаточных машин ТНА, повышения быстродействия систем регулирования, достижения требуемых прочностных запасов и др. В середине 1960-х гг. специалисты ЦИАМ много сделали для создания двигателей "закрытой схемы" ракеты-носителя "Протон". Следует особо отметить следующих сотрудников института, внесших значительный вклад в эти работы: В.Р. Левин, В.Е. Дорошенко, И.А. Биргер, В.Л. Эпштейн, В.Т. Митрохин, В.А. Шерстянников, В.М. Калнин, А.А. Шевяков, К.Н. Шестаков, А.Г. Романов, А.И. Гулиенко, Б.Ф. Шорр, Д.А. Огородников, С.А. Сиротин и др. Отметим, что созданные в советских ОКБ двигатели НК-33 и РД-170 существенно превосходят современные американские ЖРД, опередив их более, чем на четверть века. В связи с этим американцы для ряда своих ракет закупали эти двигатели, создание которых является большим вкладом в развитие мирового ракетного двигателестроения.



Сотрудники отдела ЖРД ЦИАМ в 1981 году

Многоразовая космическая транспортная система "Энергия-Буран" оказалась наиболее выдающимся достижением отечественной ракетной техники. В разработке этой системы институту была отведена важная роль в испытаниях ЖРД 17Д15 (разработчик РКК "Энергия") системы управления корабля "Буран" и самого мощного в мире ЖРД РД-170 (разработчик НПО "Энергомаш") первой ступени ракеты-носителя "Энергия". Испытания этих двигателей с имитацией высотного полета осуществлялось на высотном стенде ЦИАМ Ц16-Т/В в 1970-1980 годах. Были подтверждены параметры этих двигателей, их работоспособность и экономичность. МКТС "Энергия-Буран" совершила свой первый и последний полёт в космос 15 ноября 1988 г. Важность вклада ЦИАМ в работах по этой МКТС была подтверждена вручением А.С. Рудакову, в то время занимающему должность начальника отдела аэрокосмических двигателей, Ленинской премии и награждением В.Л. Семенова, его заместителя, орденом Трудового Красного Знамени.



Отдельно стоит отметить участие нашего института в создании воздушно-реактивных и комбинированных двигателей для авиационных ракет и ракет ПВО. В 60-70-е годы прошлого века сотрудники ЦИАМ в сотрудничестве с МКБ "Искра", Коломенским КБМ, ГосМКБ "Вымпел" и др. принимали непосредственное участие в проектировании и доводке двигательных установок на базе прямоточных (ПВРД) и ракетно-прямоточных двигателей (РПД) для ракет ЗМ9 (для всемирно известного зенитно-ракетного комплекса "Куб"), "Москит", "Яхонт" и др. Профессор Владимир Аристархович Сосунов, долгие годы являвшийся заместителем начальника ЦИАМ, заложил теоретические основы проектирования интегральных твердотопливных РПД. Неоценимый вклад в создание



Исследовательский ГПВРД на разгонном блоке - ракете С-200

двигателей для сверхзвуковых ракет внесли Ю.И. Тулупов, Н.П. Дулепов, В.Я. Хилькевич и др. сотрудники ЦИАМ.

Весомо участие сотрудников института в создании двигательных установок для ракетных комплексов С-200 и С-300, ОКБ П.Д. Грушина. Председателями межведомственной комиссии по наземной отработке и принятию на вооружение этих двигателей были сотрудники ЦИАМ В.А. Шерстянников и Ю.И. Тулупов.

Важнейшей вехой на нашем пути в аэрокосмической отрасли

явился полет в 1991 г. первого в мире гиперзвукового ГПВРД, работающего на водородном топливе. ГПВРД разработки Воронежского КБХА разогнался до числа $M = 6,5$ с помощью ракеты С-200. ЦИАМ наряду с МКБ "Факел", ТМКБ "Союз", НПО "Темп" и др. активно участвовал как в проектировании и отладке ГПВРД осесимметричной конфигурации, так и в проведении его летных испытаниях.

В настоящее время в Институте активно продолжают расчетные и экспериментальные исследования в обеспечении создания НТЗ по силовым установкам на базе ГПВРД (руководители работ А.Н. Прохоров и В.Ю. Александров) и интегральных РПД и ПВРД на твердом и жидком топливах (руководители работ Л.С. Яновский и Е.В. Суриков) для перспективных летательных аппаратов различного назначения. Самым сложным в этих работах является разработка элементов этих силовых установок, одновременно обеспечивающих как высокую эффективность рабочего процесса в них, так и требуемый ресурс. Поэтому наряду с вычислительными экспериментами с использованием современных численных методов газовой динамики и процессов горения в камерах сгорания большое внимание уделяется экспериментальной отработке и верификации математических моделей по результатам комплексных испытаний двигателей и их отдельных узлов на специальных стендах.

Для этого в Институте есть все необходимое: крупнейшая в Европе экспериментальная база в подмосковном Тураево (Научно-исследовательский центр ЦИАМ), а также стенды для испытания малоразмерных объектов (воздухозаборники, сопла и др.) на территории Института в Москве. Требуется лишь современная модернизация экспериментальной базы для того, чтобы она отвечала современным требованиям и имела потенциал для роста.

Отрадно видеть, что в авиационную науку после застоя (в лихие 1990-е годы) начала приходить молодежь. С опорой на ветеранов и старшее поколение в лице Н.П. Дулепова, В.Л. Семенова, А.И. Ланшина, Ю.М. Шихмана, В.И. Копченова, В.А. Степанова, В.А. Виноградова, В.И. Гурова, Л.С. Яновского, А.Н. Крайко, С.Ю. Крашенинникова, Е.В. Сурикова, В.Н. Строкина, Н.Н. Захарова, В.Е. Шлякотина, А.Г. Прудникова и многих других, молодые инженеры и специалисты готовы брать новые вершины в деле создания силовых установок для перспективных авиационных и космических систем. При этом, они вооружены и новыми знаниями, и техническими возможностями для их воплощения. Есть уверенность, что наши надежды на них оправдаются.



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

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ БАЛАНСИРОВОЧНЫХ СТАНКОВ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ АВИАЦИОННЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

ООО "ДИАМЕХ 2000":

Игорь Иосифович Радчик, генеральный директор
Дмитрий Федорович Скворцов, руководитель Центра подготовки специалистов
Константин Константинович Якутин, начальник производства балансировочных станков

Проблема качественного уравнивания роторов приобретает особую актуальность при производстве газотурбинных двигателей четвёртого и пятого поколений с высокими частотами вращения роторов, проходящими при пусках и остановках двигателей целый ряд критик и работающих в условиях высоких температур, давлений и динамических нагрузок.

Достижение минимального дисбаланса при балансировке ротора на станке способствует снижению вибрации двигателя на частоте вращения, увеличению межремонтного ресурса и повышению надёжности, усталостной прочности и долговечности двигателя.

Ранее на предприятиях авиационной отрасли в основном использовались балансировочные станки серии ДБ производства Савёловского машиностроительного завода, принадлежащего отрасли. Нужно отметить, что основную массу станков составляли станки резонансного типа, эти станки достойно отработали по 30 - 50 лет и в настоящее время уже подлежат замене.

К современным балансировочным станкам предъявляются следующие требования:

1. Высокая чувствительность станка и точность уравнивания. Минимально достижимый остаточный удельный дисбаланс в каждой плоскости коррекции должен стабильно измеряться в пределах 0,05 г-мм/кг. Должна быть обеспечена стабильность показаний величины и фазы вибрации при измерениях.

2. Режим прогрева ротора, возможность вращения ротора в течение длительного времени на малых частотах вращения без возникновения негативных явлений в виде износа роликов станка или накатки опорных шеек ротора.

3. Плавный запуск и останов станка.

4. Отсутствие массивного виброизолированного фундамента.

5. Удобства эксплуатации станка, такие как автоматический доворот ротора на требуемый угол, наличие укладчиков ротора для плавной и безударной укладки, универсальный ременный привод, опоры с цилиндрическими роликами.

6. Измерительно-управляющий блок на базе современного промышленного компьютера с сенсорным экраном не менее 12 дюймов, обеспечивающий:

- надёжный пуск и останов станка;
- измерение вибрации в двух и более точках;
- расчёт корректирующих грузов в двух и более плоскостях коррекции по методу коэффициентов влияния;
- запоминание коэффициентов влияния для однотипных роторов (не менее 1000 типов);
- просмотр текущих и предыдущих значений углов и дисбалансов;
- усреднение балансировочных данных по результатам нескольких циклов балансировки;
- расстановку балансировочных грузов с заданными массами и с учётом занятых мест;
- возможность балансировки с расстановкой двух грузов

заданной массы;

- удобство пользования отображённой информацией.

7. Минимально возможная для обеспечения высокой точности и стабильности показаний частота вращения ротора при балансировке с целью обеспечения безопасной работы и снижения потребления электроэнергии.

8. Простота эксплуатации и обслуживания.

9. Высокая надёжность.

Всем этим требованиям удовлетворяют балансировочные станки серии ВМ, разработанные и производимые серийно российским предприятием "ДИАМЕХ 2000", основанным в 1989 г. Серийное производство балансировочных станков было начато в 1995 г. с модели ВМ-3000 грузоподъёмностью до 3000 кг. Всего на данный момент было реализовано более 900 станков 16-и моделей, из которых 30 станков грузоподъёмностью 40...90 т (рис. 1).



Рис. 1. Балансировочный станок ВМ-36000 грузоподъёмность 40 т

Конструктивно станки серии ВМ выполнены по схеме с шарнирными податливыми опорами, работающими в резонансной области. В основу конструкции заложен принцип маятника, который фактически является механическим фильтром. Такая конструкция позволяет эффективно выделить полезный сигнал датчика вибрации на частоте вращения ротора и отделить его от паразитных колебаний окружающей среды. Именно такая конструкция позволяет отказаться от дорогостоящего фундамента и достигать высокой точности уравнивания даже при установке станка на обычный цеховой пол в помещениях с повышенным вибрационным фоном, например, в цехе компрессорной станции на газопроводе или в цехе электростанции. При этом вибрация рядом находящихся работающих турбин не влияет на точность уравнивания (рис. 2).

Специальная конструкция роликового блока, представляющая собой двухосевой шарнир, позволяет роликам самоустанавливаться и обеспечивать постоянный линейный контакт между роликами и опорной поверхностью шейки ротора. Такая конструкция полностью исключает накатку шеек и позволяет осуществлять



Рис. 2. Балансировочный станок VM-90000 во время балансировки ротора генератора на электростанции

режим прогрева ротора на станке, требуемый для стабилизации состояния ротора при длительном хранении, а также не требует строгого горизонтирования ротора при его укладке на станок. Эта высокотехнологичная конструкция, является уникальной разработкой компании "ДИАМЕХ 2000", содержит целый ряд высокоточных элементов и обеспечивает высокую точность уравнивания (рис. 3).



Рис. 3. Балансировочный станок VM-3000

Станки всех моделей серии VM, начиная со станка модели VM-300, снабжены специальными укладчиками, позволяющими обеспечить плавную укладку ротора на станок. Укладчики надежно предохраняют опорную систему станка от перегрузок при ударах, ошибках крановщика и других нестандартных ситуациях (рис. 4). Балансировочный станок модели VM-8000 оснащён электрическими укладчиками, управляемыми дистанционно.

Основным видом привода на станках серии VM является ременный с регулируемым натяжением ремня. Этот вид привода делает станок универсальным и пригоден для большинства роторов различной конфигурации. В ряде случаев станок снабжён комбинированным карданно-ременным приводом, который применяется, например, при балансировке некоторых типов роторов газовых турбин, осевых вентиляторов с

большим моментом сопротивления вращению или отсутствием поверхностей для установки ремня. Однако следует отметить, что при использовании карданного привода возникает необходимость учитывать неуравновешенность самого карданного вала и переходных деталей от кардана к ротору.

Практика уравнивания авиационных газотурбинных двигателей показывает, что к балансировке каждого типа ротора нужен индивидуальный подход. Требуется тщательная проработка укладки ротора на станок, в ряде случаев возникает необходимость балансировки роторов в сборе с собственными подшипниками и даже в собственных корпусах. Все эти задачи оперативно решаются в конструкторском отделе предприятия "ДИАМЕХ 2000" и успешно реализуются на станках серии VM. Кроме этого, решаются вопросы, связанные с изготовлением и использованием специальной оснастки (рис. 5, 6).

Балансировочные станки серии VM заслуженно получили высокую оценку Центрального института авиационного моторостроения им. П.И. Баранова и были рекомендованы институтом к широкому внедрению в отрасли.

Новое поколение балансировочных станков серии VM уже нашло применение на современных двигателестроительных заводах, таких как ОАО "ММП им. В.В. Чернышёва", ФГУП "Завод им. В.Я. Климova", ОАО "УМПО", ОАО "КМПО", ОАО "НПО "Сатурн", ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют", а так же на ряде ремонтных предприятий: ОАО "Уральский завод гражданской авиации", ОАО "Арамилский авиационный ремонтный завод", ОАО "514 АРЗ" (г. Ржев) и др.

Говоря о конструкции балансировочного станка, обычно подразумевают два основных типа станков: дорезонансный тип станка с жёсткими опорами, на котором балансировка выполняется по динамическим реакциям в опорах (измеряются силы) и станок зарезонансного типа с податливыми опорами, на котором балансировку проводят измеряя непосредственно смещение главной центральной оси инерции относительно оси вращения ротора (измеряются перемещения).

Несмотря на единство конечной цели - уравнивание ротора, т.е. совмещение главной центральной оси инерции ротора с его осью вращения путём установки корректирующих грузов или снятия массы, станки двух типов имеют принципиальные различия в методиках балансировки.



Рис. 4. Балансировочный станок VM-8000



Рис. 5. Балансировочный станок VM-050 со специальной оснасткой



Рис. 6. Балансировочный станок VM-3000 со специальной оснасткой

Методика балансировки на жёстких станках предусматривает обязательную процедуру калибровки опор станка эталонным ротором для минимизации инструментальной погрешности станка, а балансировочные грузы вычисляются по геометрическим параметрам ротора. Это и обеспечивает простоту настройки станка перед балансировкой, но увеличивает методическую погрешность, обусловленную отличием эталонного ротора от реального объекта балансировки. В процессе эксплуатации происходят различные негативные процессы, которые приводят к изменению жёсткости опорных стоек, меняются параметры различных электронных компонентов. Поэтому производители станков с жёсткими опорами настоятельно рекомендуют приобретать вместе со станком средства калибровки - дорогостоящие эталонные роторы и хотя бы раз в год, а лучше перед каждой ответственной балансировкой выполнять поверку (аттестовывать) станки этими роторами, а для обеспечения точности выполнять калибровку.

На станке дорезонансного типа точность балансировки быстро растёт с увеличением частоты вращения ротора, но при этом станок выходит из рабочего диапазона, который ограничен массой ротора и жёсткостью опор станка, а для достижения приемлемой точности уравнивания на низких частотах враще-

ния станки должны быть установлены на специальные массивные виброизолированные фундаменты. Из-за особенностей конструкции приходится использовать ролики с бомбированной поверхностью, что приводит к накатке шеек из-за малого пятна контакта и высоких контактных напряжений.

Балансировочные станки зарезонансного типа лишены этих недостатков, процесс определения коэффициентов влияния (т.е. калибровка) происходит на каждом типе балансируемого ротора, или, при необходимости, на каждом балансируемом роторе. При этом отсутствует методическая и устраняется инструментальная погрешность, так как калибровка проводится непосредственно перед балансировкой. Калибровка несколько удлиняет процесс балансировки, что можно отнести к единственному "недостатку" данного метода балансировки, но повышает точность измерений.

На станке зарезонансного типа не требуется обязательная ежегодная поверка станка эталонным ротором. Проверка точности станка может быть выполнена в любой момент, по методике производителя, на любом уравновешенном роторе с хорошим качеством шеек. При необходимости, станок может быть поверен в соответствии с ГОСТ 20076-2007 (ISO 2953:1999).

Кроме этого собственная частота податливой опоры станка зависит только от длины маятниковой подвески и не зависит от массы балансируемого ротора, поэтому балансировка возможна в широком диапазоне балансируемых масс.

Точность балансировки в зарезонансной области определяется точностью измерения амплитуды колебаний опор, которая не зависит от частоты вращения балансируемого ротора. Частота вращения ротора может выбираться в широких пределах исходя только из технологических соображений.

Резюмируя, можно сказать следующее, балансировочные станки зарезонансного типа имеют ряд существенных преимуществ, а именно, возможность балансировки любых роторов с высокой точностью во всем заявленном частотном диапазоне, отсутствие накатки шеек, большой диапазон масс балансируемых изделий, отсутствие у станка специального фундамента, малые мощности привода, быстрый монтаж и ввод в эксплуатацию, отсутствие необходимости приобретения дорогих эталонных роторов.

В ближайшее время грядёт новая волна возрождения Российской гражданской авиации, чему имеются предпосылки в виде проекта создания нового самолета МС-21, ряде совместных Российско-Украинских проектов, что потребует и создания новых, перспективных, надёжных и высоко экономичных двигателей. Предприятие "ДИАМЕХ 2000" готово приложить все силы для обеспечения производства новых двигателей современной и надёжной балансировочной техникой. 

ДИАМЕХ²⁰⁰⁰
Вибродиагностика и Балансировка

**Россия, 115432, г. Москва,
2-й Кожуховский пр., д. 29, корп. 2, стр. 16.
Тел.: +7 (495) 223-04-20.
Факс: +7 (495) 223-04-90.
diamech@diamech.ru www.diamech.ru**

Новая серия VFX 5 для высокопроизводительной обработки титановых сплавов.

Новые фрезы серии VFX 5 для фрезерования титана с высокой производительностью. Тип фрез VFX5 представляет собой более миниатюрную версию успешной серии VFX6. Новые корпуса фрез имеют диаметры от Ø40 мм до Ø80 мм с короткой или длинной режущей кромкой. В дополнении ко всему используются пластины меньшего размера XNMU16 с полным ассортиментом угловых радиусов от 0,8 до 5,0 мм.

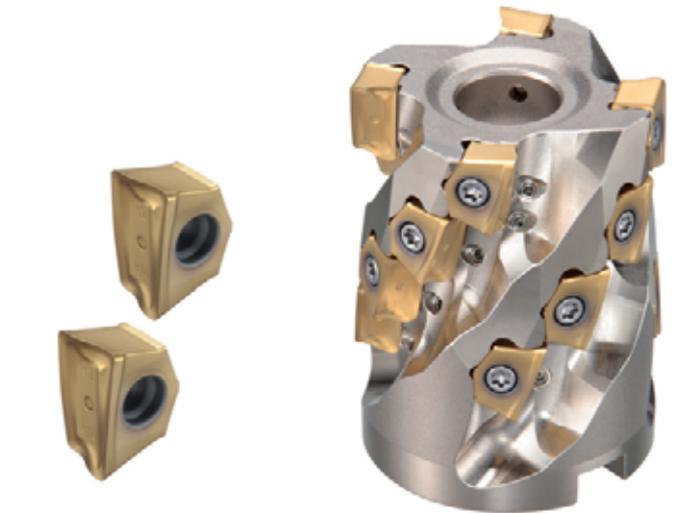
Фрезы VFX изготавливаются из стали 42 CrMo4, которая хорошо эксплуатируема при повышенных нагрузках и температурах благодаря своим свойствам. Так же они имеют инновационную систему внутренних отверстий для подачи СОЖ со сменными форсунками для регулирования давления жидкости в зависимости от возможностей станка или от требуемых условий охлаждения.

Посадочное место пластины

При конструировании посадочного места пластины была предусмотрена сдвоенная V - образная форма опорной поверхности и большая осевая область контакта пластины с корпусом для обеспечения общей прочности крепления, высокой стабильности позиционирования пластин на корпусе и оптимального распределения нагрузки.

Пластины

Для данной серии фрез используются сменные твердосплавные пластины с новым покрытием MP9030, полученным методом PVD на основе Ti - соединения. Благодаря специальному субстрату, обладающему балансом таких характеристик, как износостойкость



и сопротивление излому, и новому покрытию удалось обеспечить оптимальное соотношение производительности и низкого сопротивления резанию, что является обязательным условием для успешного фрезерования титановых сплавов.

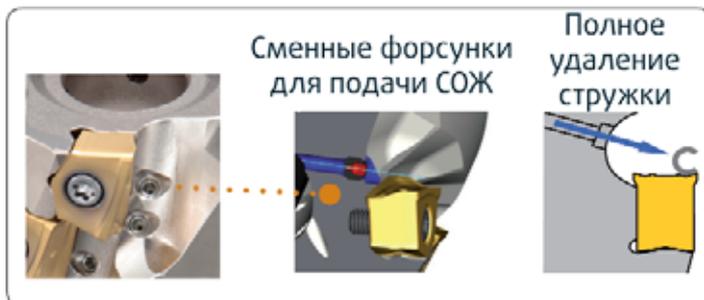
Инновационная геометрия пластин представляет собой многоступенчатую криволинейную переднюю поверхность, которая делает врезание мягким. Геометрия режущей кромки стремится к типу кромки монолитных фрез, что, следовательно, позволяет повысить качество обрабатываемых стенок, чем обычно. Также повышенные нагрузки требуют надёжную систему крепления пластины. Для этого предусмотрен большой TS450 винт с рекомендованным крутящим моментом 5,0 Нм., сдвоенная V-образная опорная поверхность и большая область для выхода стружки.

Новые пластины теперь также доступны для серии VFX6 в диапазоне угловых радиусов от 1,2 мм до 5,0 мм с двумя различными стружколомами MS и HS для средних и тяжелых условий соответственно.

Серии VFX - Преимущества

Перед запуском на рынок фрезы VFX были протестированы в различных областях, где они в настоящее время успешно используются. Превосходное удаление материала со скоростью до 500 см³ / мин было достигнуто при сохранении достаточной стойкости инструмента, что легко превзошло все ожидания по эталону скорости в 400 см³/мин.

Первоначальные критерии, такие как, высокая скорость удаления материала, стойкость инструмента, надёжность, снижение вибраций и уменьшение общих затрат пользователей были достигнуты не только в лабораторных условиях, но также и в реальном производстве.



СПОСОБ УСТРАНЕНИЯ ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЯ РОЛИКОВ МЕЖВАЛЬНЫХ ПОДШИПНИКОВ С ПОМОЩЬЮ ОВАЛИЗАЦИИ КОЛЬЦА ПОДШИПНИКА В ЭКСПЛУАТАЦИИ

ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют":
Алексей Юрьевич Потапов, директор по НИР и ОКР
Юрий Борисович Назаренко, ведущий конструктор, к.т.н.

Рассматривается способ устранения проскальзывания роликов малонагруженных межвальных подшипников с помощью оваллизации внешнего кольца в эксплуатации, которая происходит под действием центробежных сил при наличии двух мест в окружном направлении кольца с погонной массой отличной от исходного состояния. Разработана методика установления параметров посадки подшипника и монтажного люфта для реализации постоянного контакта роликов с кольцами на всех режимах эксплуатации двигателя.

In this article the method of the low-loaded intershaft bearing rollers' slipping elimination by the external ring ovalization in the maintenance is discussed. The ovalization is created by the centrifugal forces in case of two parts in the bearing ring round surface with changed mass per unit length existence. Methods of estimating the dimensional characters of the bearing seating and a play supporting the constant contact of rollers and rings in all operating conditions are elaborated.

Ключевые слова: вал, межвальная подшипник, посадочные места под подшипник, люфт подшипника, натяг роликов, центробежные силы, локальные места кольца с измененной погонной массой, оваллизация кольца подшипника.
Keywords: bearing shaft, intershaft bearing, bearing seats, bearing play, roller tension, centrifugal forces, bearing ring parts with changed mass per unit length, bearing ring ovalization.

Введение

Межвальные подшипники, на которых смонтированы валы газотурбинного двигателя, в процессе работы двигателей часто бывают недозагружены. Кроме этого в процессе эксплуатации под действием центробежных сил при вращении внешнего кольца и давления роликов на него зазор подшипника увеличивается, что ухудшает условия его работы.

В данной ситуации ролики "зависают", то есть, они не контактируют с двумя кольцами одновременно, а прижимаются к внешнему кольцу и частота их вращения относительно оси подшипника стремится к частоте вращения внешнего кольца. Однако при изменении режимов работы двигателя или при перегрузках и эволюциях самолета, нагрузки на подшипники могут увеличиваться. В момент контакта тел качения с двумя кольцами подшипника ролики начинают вращаться с частотой, равной половине суммы частот роторов и частота их вращения должна снизиться (если внешнее кольцо вращается быстрее внутреннего) и в этот момент их начинает тащить сепаратор, который вместе с роликами в период их зависания получил большую скорость. Отмеченное выше обуславливает большие динамические нагрузки и проскальзывание роликов относительно дорожек качения колец подшипников, что снижает срок их службы за счет износа роликов, колец, сепаратора и вызывает ударные нагрузки.

В этой связи был разработан способ устранения проскальзывания тел качения и конструкция радиального роликового подшипника (патент РФ №116583 от 27.05.12 г.), обеспечивающие на всех режимах эксплуатации постоянный контакт части роликов с кольцами, что позволяет исключить проскальзывание роликов относительно колец [1].

1. Сущность способа устранения проскальзывания роликов в слабонагруженных подшипниках

Сущность данного способа заключается в оваллизации внешнего кольца подшипника в эксплуатации, которая происходит под действием центробежных сил при наличии двух мест (в окружном направлении) с погонной массой отличной от исходного состояния.

Техническим результатом данного способа является повышение долговечности подшипника и эффективности его работы, особенно для подшипников с вращающимся внешним кольцом или двумя одновременно (межвальным), за счет обеспечения гарантиро-

ванного контакта определенного количества роликов с дорожками колец подшипника.

Указанный технический результат обеспечивается тем, что в роликовом радиальном подшипнике на одном из колец подшипника диаметрально противоположно образованы места, имеющие большую или меньшую массу по сравнению с остальными участками кольца, причем места, имеющие меньшую массу, образованы удалением с них материала кольца, а места, имеющие большую массу, образованы добавлением грузов на кольцо, что наиболее просто реализуется при его изготовлении.

Сущность работы модели рассмотрим на примере двигателя АЛ-31Ф, где был реализован предлагаемый способ на межвальном подшипнике.

Во внешнем кольце роликового подшипника типоразмера 95х130х18 мм методом электроэрозии изготовлены в радиальном направлении по два паза с противоположных торцов на двух диаметральных местах кольца (рис. 1). Размер каждого паза составляет 6,1х4,2х2,2 мм (в окружном направлении) по ширине кольца и глубиной в радиальном направлении). Уменьшение массы на каждом пазе равно 0,375 г, а на двух торцевых - по 0,75 г.

При монтаже подшипника в углубления вставляют шпонки или штифты (рис. 2), которые устраняют проскальзывание наружного кольца подшипника относительно посадочного места наружного вала.

Под действие центробежных сил кольца и роликов при вращении внешнего кольца с частотой 13 300 об/мин. происходит оваллизация кольца: уменьшение диаметра с уменьшенными участками кольца составляет 4,6 мкм по сравнению с неподвижным кольцом, а в

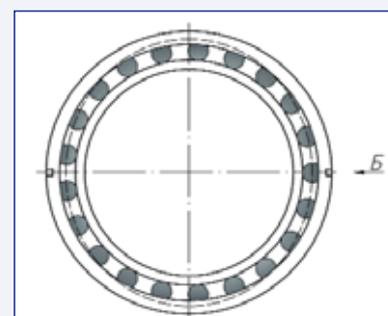


Рис. 1. Вариант с четырьмя пазами (пунктиром показана оваллизация)

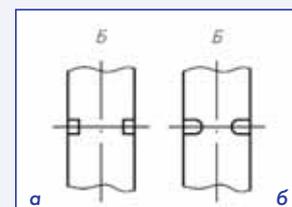


Рис. 2. Паза прямоугольные: под шпонку (а), круглые под штифт (б)

диаметрально противоположном направлении происходит увеличение диаметра на 98 мкм (рис. 3).

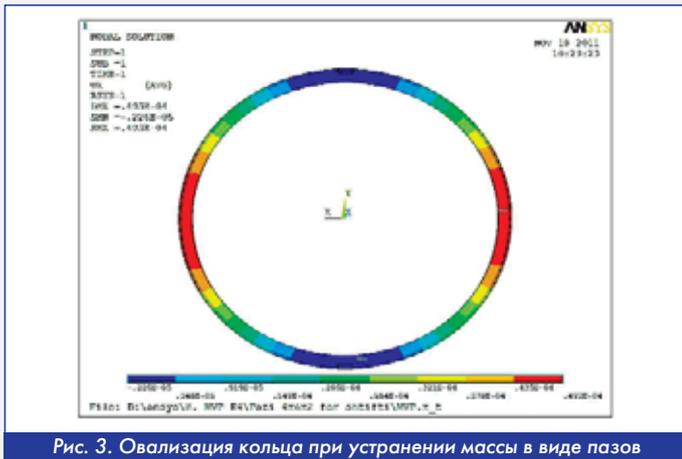


Рис. 3. Овализация кольца при устранении массы в виде пазов

Центробежные силы роликов учитывались в виде приложения давления на беговую дорожку внешнего кольца при частоте вращения роликов равной полусумме частот вращения внешнего и внутреннего колец. Расчеты были реализованы в программном комплексе "ANSYS".

Наличие на двух диаметрально противоположных сторонах кольца локальных мест с иной массой приводит к тому, что при вращении кольца происходит его овализация и на малой оси вала, где диаметр кольца уменьшается, люфт подшипника будет устранен, и ролики будут контактировать одновременно с двумя кольцами.

Для осуществления овализации кольца его установка на посадочное место (вал) должна производиться с зазором, достаточным для отсутствия контакта кольца с валом по большому диаметру овала.

В осевом направлении кольца подшипника должны быть установлены свободно. С двух сторон (или с одной) подшипника размещают стопорные кольца.

При вращении внешнего кольца, посадочное место под него (вал) также вращается с такой же частотой и происходит увеличение диаметра посадочного вала на 50 мкм. В этом случае зазор между кольцом подшипника и посадочным валом при неподвижном роторе должен быть 50 мкм.

В рассмотренном примере при монтажном люфте подшипника не более 4 мкм натяг роликов происходит на режимах при частоте вращения 90 %.

2. Посадка внешнего кольца на ролики при обеспечении их натяга на всех режимах эксплуатации

Для обеспечения надежной работы межвольного подшипника во всем диапазоне частот вращения необходимо более существенное удаление металла или локальное уменьшение жесткости кольца.

Рассмотрим два варианта удаления материала и фиксации кольца подшипника в торцевом направлении. Пазы изготовлены по два паз с каждого торца на двух диаметральных местах кольца. Размеры каждого паза составляли 6,05 мм (радиальное), 6,1 мм (окружное) и 3 мм (осевое) для первого варианта и 1,5 мм для второго варианта. Удаление массы с двух спаренных пазов составило 1,6 г. и 0,75 г.

При определенном вращении внешнего кольца происходит натяг роликов при уменьшении диаметра кольца в зонах с уменьшенной погонной массой. Так, для первого варианта посадка кольца на ролики реализуется при 24 % оборотов, а для второго варианта - 48 % от максимальной частоты вращения внешнего кольца. Эти частоты находятся ниже рабочего диапазона частот, что предопределяет натяг роликов на всех режимах эксплуатации двигателя.

При посадке кольца на ролики при дальнейшем увеличении частоты вращения происходит увеличение центробежных сил кольца и оно продолжает вытягиваться в ортогональном направлении относительно посадки на ролики.

Для определения максимального диаметра кольца при посадке его на ролики и дальнейшем увеличении оборотов была рассмотрена контактная задача и результаты расчета увеличения диаметра кольца при 100 % оборотов и посадке его при различных монтажных люфтах подшипника для первого и второго вариантов представлены на рис. 4.

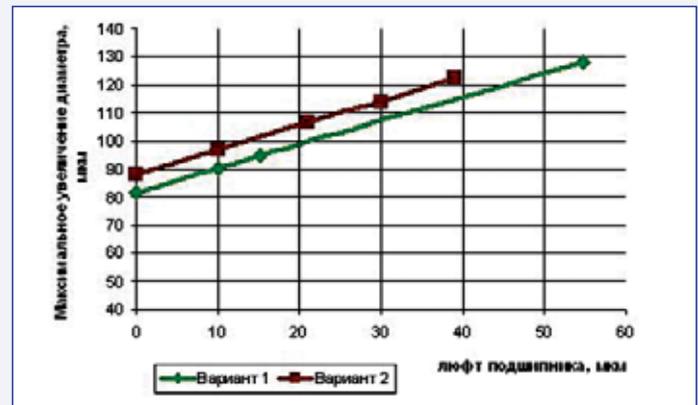


Рис. 4. Зависимость максимального увеличения диаметра кольца от люфта подшипника

С учетом увеличения диаметра посадочного места под внешнее кольцо подшипника на 50 мкм, определим величину зазора его посадки (диаметральный) при различных люфтах подшипника (рис. 5).

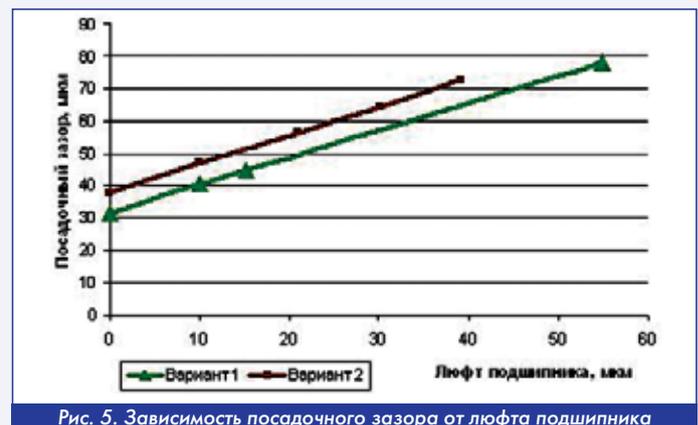


Рис. 5. Зависимость посадочного зазора от люфта подшипника

Как видно из графиков (рис. 5) при монтажном люфте подшипника в диапазоне от нуля до 10 мм при пазах по первому варианту, посадочный зазор должен быть не менее 40 мкм, а по второму варианту - 47 мкм.

В этом случае при посадке внешнего кольца на ролики, второй посадки на посадочное место по большой оси овала не произойдет и это обеспечит надежную работу межвольного подшипника при обеспечении гарантированного контакта роликов с двумя кольцами одновременно.

3. Методика определения параметров посадки подшипника и монтажного люфта

Деформирование внешнего кольца под действием центробежных сил при его вращении до момента посадки кольца на ролики будет определяться следующими факторами.

Радиальным полярно симметричным деформированием равномерного кольца (без пазов) и неравномерным деформированием кольца в окружном направлении (овализация) за счет локального изменения погонной массы кольца на двух диаметральных участках, которое можно оценить, если приложить к кольцу на этих участках две силы, направленные к центру и равные центробежной силе от удаленной массы.

Кроме этого, необходимо учесть также локальные изменения жесткости кольца на месте выполнения пазов.

Равномерное деформирование кольца определим приложив к

кольцу погонную нагрузку от центробежных сил кольца и роликов, которая составит

$$g = F \cdot \rho \cdot R_k \omega^2 + \frac{Z \cdot m_p \cdot R_p \omega_c^2}{2\pi R_k}, \quad (1)$$

где F - площадь внешнего кольца в поперечной плоскости по оси подшипника; ρ - плотность материала кольца; R_k - радиус беговой дорожки кольца; ω - круговая скорость вращения внешнего кольца; Z - количество роликов; m_p - масса каждого ролика; R_p - радиус траектории вращения роликов; ω_c - круговая скорость вращения роликов (сепараторная частота), приближенно можно принять $\omega_c = 0,88\omega$.

Определяя нормальные силы в кольце подшипника

$$N = g \cdot R_k \quad (2)$$

и, используя закон Гука, окружные деформации

$$\varepsilon_\theta = \frac{g \cdot R_k}{F \cdot E}, \quad (3)$$

установим радиальное перемещение кольца под действием равномерной нагрузки

$$\Delta R = \varepsilon_\theta \cdot R_k = \frac{g \cdot R_k^2}{F \cdot E}. \quad (4)$$

Неравномерное деформирование кольца под действием двух сосредоточенных диаметральных сил P при удалении массы m (рис. 6)

$$P = m \cdot R_k \cdot \omega^2, \quad (5)$$

при известном законе распределения изгибающих моментов [2]

$$M = -0,182P \cdot R_k + 0,5P \cdot R_k (1 - \cos\theta), \quad (6)$$

установим энергетическим методом, приравнявая работу внешних сил при перемещении контура кольца Δ от силы P

$$A = P \cdot \Delta \quad (7)$$

потенциальной энергии, накопившейся в кольце под действием изгибающего момента, пренебрегая потенциальной энергией от нормальных сил ввиду их не существенного влияния [2]

$$U = 4 \int_0^{\pi/2} \frac{R_k M^2 d\theta}{2EJ} = 4 \int_0^{\pi/2} \frac{R_k^3 \cdot P^2 (0,318 - 0,5\cos\theta)^2 d\theta}{2EJ}, \quad (8)$$

где E - модуль упругости кольца; J - момент инерции поперечного сечения кольца.

Из решения уравнений (7) и (8), находим максимальное значение радиального уменьшения (увеличения) контура кольца

$$\Delta = \frac{0,0746 R_k^3 \cdot P}{EJ}. \quad (9)$$



Рис. 6. Расчетная схема кольца, с приложенными двумя сосредоточенными силами



Рис. 7. Расчетная схема половины кольца, нагруженной двумя сосредоточенными силами

Перемещения в кольце при локальном уменьшении жесткости в местах изготовления пазов, определим с помощью экстраполяции между перемещениями для цельного кольца и для кольца с нулевой жесткостью в местах изготовления пазов, т.е. для половины кольца (рис. 7).

Изгибающие моменты при нагружении половины кольца двумя силами будут равны

$$M = -0,5P \cdot R_k \cos\theta. \quad (10)$$

Определяя потенциальную энергию половины кольца

$$U = 2 \int_0^{\pi/2} \frac{R_k^3 \cdot P^2 \cos^2\theta d\theta}{8EJ} = 0,196 R_k^3 \cdot P^2, \quad (11)$$

находим максимальное значение уменьшения контура кольца

$$\Delta' = \frac{0,392 R_k^3 \cdot P}{EJ}. \quad (12)$$

Максимальное увеличение контура кольца будет равно

$$\Delta'' = \frac{0,26 R_k^3 \cdot P}{EJ}. \quad (13)$$

Для любого ослабления жесткости кольца максимальное уменьшение контура кольца (радиальное) определим из выражения

$$\Delta = \frac{R_k^3 \cdot P}{EJ} \left[0,0746 + \frac{0,317(J - J^*)}{J} \right], \quad (14)$$

а увеличения контура кольца составит

$$\Delta = \frac{R_k^3 \cdot P}{EJ} \left[0,0746 + \frac{0,185(J - J^*)}{J} \right], \quad (15)$$

где J и J^* - момент инерции целого кольца и в месте изготовления пазов.

Методику расчета овализации и определения параметров посадки кольца рассмотрим на примере межвального подшипника с параметрами 95x130x18 мм. На внешнем кольце подшипника на двух диаметральных участках были выполнены по два торцевых паза 6,05 мм (радиальное), 6,1 мм (окружное) и 1,5 мм (осевое). Момент инерции поперечного сечения целого кольца составил $0,226 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4$ и в зоне изготовления пазов - $0,182 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4$. Площадь поперечного сечения $F = 0,88 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ и радиус беговой дорожки $R_k = 0,0605 \text{ м}$. Масса одного ролика равна $m_p = 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$, количество роликов $Z = 28$ шт., радиус траектории вращения роликов $R_p = 0,056 \text{ м}$. Масса удаленного металла на двух пазах составила $m = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$. Монтажный люфт равен 10 мкм.

Из выражения (1) определим погонную нагрузку от центробежных сил

$$g = 0,057 \cdot \omega^2, \quad (16)$$

а из (4) - радиальное расширение кольца

$$\Delta R = 1,19 \cdot 10^{-11} \cdot \omega^2 \text{ м}. \quad (17)$$

Сосредоточенные силы, прикладываемые к кольцу в местах изготовления пазов, определим из выражения (5)

$$P = 0,045 \cdot 10^{-3} \cdot \omega^2 \text{ Н}. \quad (18)$$

Из выражения (14) определим максимальное уменьшение контура кольца

$$\Delta = 0,303 \cdot 10^{-10} \cdot \omega^2 \text{ м}. \quad (19)$$

Из условия, что уменьшение контура (19) будет равно радиальному равномерному расширению (17), увеличенному на радиальный люфт, определим круговую частоту, когда произойдет посадка

кольца на ролики

$$3,03 \cdot 10^{-11} \cdot \omega^2 = 1,19 \cdot 10^{-11} \omega^2 + 5 \cdot 10^{-6}. \quad (20)$$

Из решения квадратного уравнения получаем $\omega = 521$ рад/с, что соответствует 37,4 % от максимальной частоты вращения.

При посадке кольца на ролики будет возникать реакция, уменьшающая сосредоточенную силу, которая овализирует кольцо.

Результирующую силу определим из условия равенства радиального равномерного расширения (17) на режиме 100 % увеличенного на радиальный люфт и уменьшения контура кольца (14). В итоге результирующая сила P равна 42 Н.

Максимальное увеличение контура кольца определится как сумма равномерного радиального расширения (17) 23 мкм и неравномерного, определяемого по формуле (15) при силе $P = 42$ Н и оно составит 45,8 мкм.

С учетом радиального расширения посадочного места под внешнее кольцо 25 мкм диаметральный зазор при его посадке должен быть не менее 42 мкм.

Несмотря на хорошую сходимость расчетов теоретического и метода конечных элементов (10 %) окончательное назначение параметров необходимо производить численными методами в программных комплексах "ANSYS" или "PATRAN".

Выводы

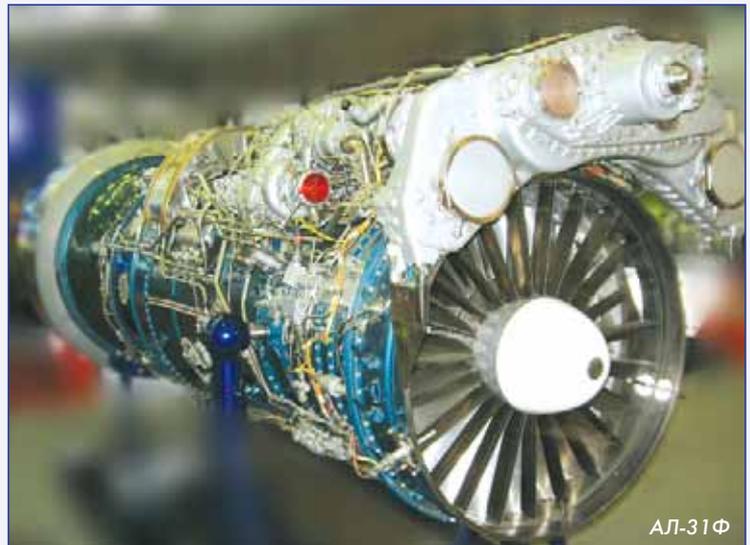
Предлагаемый способ позволяет устранить проскальзывание роликов относительно дорожек колец малонагруженных подшипников, особенно для подшипников с вращающимся внешним кольцом или двумя кольцами одновременно (межвальными), благодаря обеспечению гарантированного контакта оп-

ределенного количества роликов с дорожками колец подшипника на всех режимах эксплуатации, даже при существенном увеличении зазора в подшипнике без овализации.

Литература

1. Патент №116583 Россия. Подшипник роликовый радиальный/ А.Ю. Потапов, Г.П. Скирдов, В.В. Ясинский, Ю.Б. Назаренко. Опубл. 27.05.12 г. Бюл. № 15.
2. Беляев Н.М. Сопротивление материалов.- М.: Наука, 1976, -608 с.

Связь с автором: e-mail: nazarenkojb@rambler.ru



XI МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2012
МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

20 - 23 НОЯБРЯ



Генеральные информационные партнеры:



Технический партнер:



ОРГАНИЗАТОР

Международный выставочный центр

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

Государственного агентства Украины по управлению государственными корпоративными правами и имуществом Украинской Национальной Компании "Укрстанкоинструмент"



Международный выставочный центр

Украина, 02660, Киев

Броварской пр-т, 15

М "Левобережная"

☎ (044) 201-11-65, 201-11-56

e-mail: lilia@iec-expo.com.ua

www.iec-expo.com.ua

www.tech-expo.com.ua

ЛЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВИБРАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЛОПАТОК КНД АВИАЦИОННЫХ ГТД

Борис Борисович Коровин, начальник лаборатории НИО-3
ОАО "Летно-исследовательский институт им. М.М. Громова", д.т.н.

На основе анализа результатов динамического тензометрирования лопаток КНД большой номенклатуры авиационных ГТД при их стендовых и летных испытаниях продемонстрирована важная роль летных исследований в совершенствовании методов вибрационной доводки этих двигателей, обоснованы условия минимизации тензометрирования в полете.

Resting on the results of flight and bench test LP compressor and fan blades dynamics strain-gauging for a large number of aviation GTE types the importance and application field of blade vibration flight researches is shown.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, летные исследования, лопатка компрессора, вибронегруженность, прогноз.
Key word: gas turbine engine, flight research, compressor blade, vibration loading, prediction.

Опыт летных исследований вибронегруженности лопаток КНД, полученный для большой номенклатуры ГТД дозвуковых и сверхзвуковых самолетов второго, третьего, четвертого и четвертого+ поколений, свидетельствует не только об актуальности этих дорогостоящих исследований, но и о возможности их сокращения не в ущерб безопасности полетов и срокам создания двигателей. Такая ситуация объясняется тем, что летные исследования несут в себе не только проверочные функции подтверждения допустимости реального динамического нагружения лопаток, но и служат источником новых сведений об условиях этого нагружения, обеспечивая обратную связь в совершенствовании технологии стендовой доводки авиадвигателей.

В подтверждение сказанного рассмотрим результаты проведенных в ЛИИ им. М.М. Громова исследований, которые внесли заметный вклад в обеспечение вибрационной надежности лопаток КНД авиадвигателей.

Статистическим анализом вибронегруженности лопаток КНД при работе двигателей с лемнискатным входом на стенде и в составе силовых установок сверхзвуковых маневренных самолетов пяти типов по результатам тензометрирования более 200 лопаток на 11 экземплярах двигателей шести типов оценено влияние компоновочных эффектов самолета на динамическое нагружение лопаток. При установке двигателя на самолет происходит увеличение уровня вибрационного нагружения лопаток при их вынужденных колебаниях в среднем в 2,5 раза в стартовых условиях по сравнению со стендовыми, а в некоторых достаточно редких случаях и в 5...6 раз. Эксплуатация же двигателей в высотно-скоростных условиях полета может привести к дополнительному увеличению вибрационного нагружения лопаток по сравнению с их нагружением на старте в среднем в 1,4 раза (в 2 раза в наиболее неблагоприятных случаях) [1].

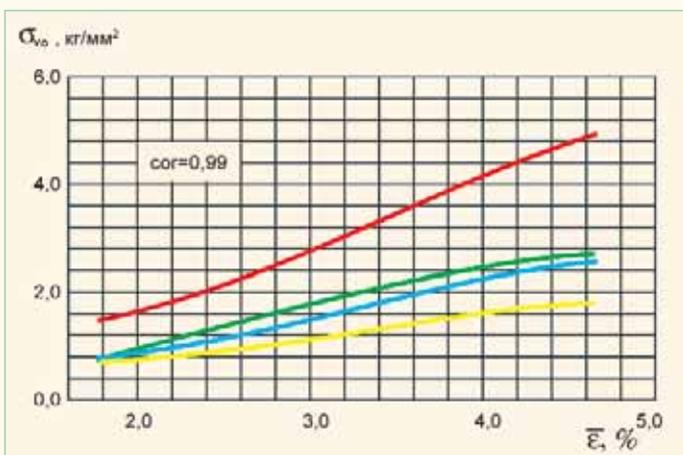


Рис. 1. Изменение интенсивности вибронегружений в комлевой части бандажированной лопатки вентилятора ТРДДФ по параметру $\bar{\epsilon}$ при воздействии турбулентности потока на входе в двигатель:
 - - для суммарного вибропроцесса; - - для II группы форм;
 - - для I группы форм; - - для зонтчатой формы

Летными исследованиями, предусматривавшими совмещение тензометрирования лопаток с замером параметров возмущенного потока на входе [2] установлено, что их повышенная вибронегруженность в эксплуатационных условиях, как правило, определяется неблагоприятным воздействием неоднородности потока на входе, возникающей при совместной работе двигателя и самолетного воздухозаборника. Были предложены и верифицированы экспериментально определяемые параметры этой неоднородности, которые могут быть использованы для количественной оценки возбуждения вынужденных колебаний лопаток в эксплуатации [1, 3].

Именно в летном эксперименте еще в 1973 г. впервые была выявлена необходимость учета воздействия турбулентности воздушного потока на динамику лопаток в условиях совместной работы ТРДФ со сверхзвуковыми входными устройствами. Материалы этого уникального эксперимента с размещением охлаждаемого ртутного токосъемника в обтекателе турбины позволили теоретически обосновать и с привлечением методов спектрального анализа экспериментально подтвердить механизм трансформации в область высоких частот спектра турбулентных пульсаций, вычисленного по их замерам на статоре, при восприятии этого спектра рабочими лопатками [3]. Указанным эффектом, в частности, объясняется то обстоятельство, что значимый вибрационный отклик лопаток нередко наблюдается в полосе частот в W/C раза превышающей полосу частот спектра турбулентности, вычисленного по замерам пульсаций давления на статоре [4] (W и C - относительная и абсолютная скорости потока в венце).

На основе анализа вибронегруженности лопаток при их существенной отстройке от резонансов установлена экспериментально определяемая мера нестационарного силового воздействия на лопатки турбулентности потока на входе в двигатель [3, 4]. Указанная мера суть величина среднеквадратического отклонения ϵ или полуразмаха A широкополосных пульсаций полного давления в безразмерном виде $\bar{\epsilon} = \epsilon / P_1^*$ ($A = A / P_1^*$), полученных по замерам пульсации ΔP_1^* на периферии ($\bar{r} = 0,9$) входного сечения. Линейность вибрационного отклика лопатки вентилятора с густым спектром для двигателя 4-го поколения на воздействие турбулентности, оцениваемой по параметру $\bar{\epsilon}$, показана на рис. 1.

Полученные результаты способствовали активизации исследований в отрасли по изучению случайных колебаний и характеристик сопротивления усталости лопаток при таких колебаниях [5, 6].

Серьезное влияние на работы в отрасли оказали результаты проведения специально спланированного цикла летных исследований вибронегруженности лопаток КНД и неоднородности течения на входе для одного и того же ТРДФ, установленного на сверхзвуковых самолетах различного типа: с воздухоподводящим каналом, имеющим два осесимметричных участка (СУ № 4) и с боковым плоским воздухозаборником (СУ № 5).

В результате этих исследований не только выявлено существенное влияние самолетной компоновки двигателя и условий полета на динамическое нагружение лопаток и дисков КНД, но и показано,

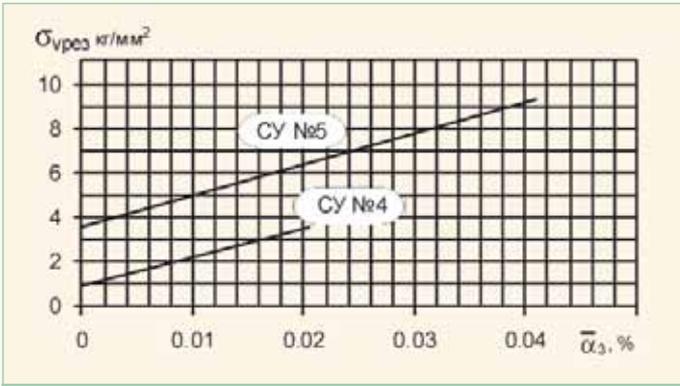


Рис. 2. Линии регрессии $\sigma_{урез}$ на α_3 для лопаток I ступени КНД полученные в условиях работы двигателя одного и того же типа в компоновке СУ № 5 и СУ № 4 на режиме резонанса лопаток, вызываемого третьей гармоникой возбуждения

что их вибрационная надежность может определяться комбинированным воздействием неоднородности воздушного потока и повторно-статического нагружения, определяемого полетным циклом. При более жестком полетном цикле для самолета с СУ № 4 разрушения рабочих колес первой ступени компрессора КНД в эксплуатации, наблюдавшиеся в месте выкружки паза диска под установку лопаток, происходили только для двигателей, работавших в компоновке СУ № 5. При этом вибронпряжения, вызываемые резонансом третьей гармоники возбуждения в месте разрушения для двигателей, работавших в СУ № 5, оказались в 2 раза больше, чем для двигателей, установленных в СУ № 4 (рис. 2).

Другим не менее важным результатом указанного цикла работ было установление экспериментально определяемой меры нестационарного силового воздействия на лопатки возбуждающей их резонанс пространственной неравномерности потока. Показано, что при возбуждении резонансных колебаний лопаток по первым изгибным формам с частотой кратности k к частоте вращения ротора, в качестве такой меры может служить величина относительной амплитуды k -ой гармоники окружной неравномерности полного давления воздуха на входе P_1^* , определяемая, как $\alpha_k = \bar{\alpha}_k / P_1^*$. Величину α_k получают в результате гармонического анализа кривых окружной неравномерности полного давления на относительном радиусе $\bar{r} = 0,9$ входного сечения двигателя при обеспечении не менее $5k$ числа замеров этого давления на указанном радиусе. Максимальные значения параметров $\bar{\alpha}_k$ для обследованных силовых установок сверхзвуковых самолетов, соответствующие максимальным режимам работы двигателей, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения параметра $\bar{\alpha}_k$ при $k = 1, 2, 3$ и 4 для СУ сверхзвуковых самолетов											
№ СУ	Максимальные значения параметра $\bar{\alpha}_k, \%$								Отношение величин одноименных гармоник $\bar{\alpha}_k$ в полете и на старте		
	на старте				в полете						
	$\bar{\alpha}_1$	$\bar{\alpha}_2$	$\bar{\alpha}_3$	$\bar{\alpha}_4$	$\bar{\alpha}_1$	$\bar{\alpha}_2$	$\bar{\alpha}_3$	$\bar{\alpha}_4$	$k=2$	$k=3$	$k=4$
2	-	3,4	0,6	0,1	-	4,1	-	0,6	1,2	-	6,0
3	-	-	-	-	8,0	6,7	4,1	-	-	-	-
4	1,5	0,7	0,7	0,6	1,7	1,2	2,0	2,2	1,7	2,85	3,66
5	2,8	1,6	2,1	0,8	4,7	3,4	4,1	3,0	2,12	1,95	3,75
5*	2,7	2,1	2,8	1,9	4,6	1,9	3,7	1,9	0,9	1,3	0,96
5**	-	-	2,9	-	-	-	3,8	-	-	1,3	-
6	4,75	0,3	0,56	-	5,29	3,01	2,4	-	9,1	4,37	-
6*	5,41	1,6	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-
6**	4,95	2,5	0,52	-	-	-	-	-	-	-	-

Цифры в колонке (№ СУ) означают базовые версии воздухозаборников, а индексы * и ** при этих цифрах в таблице соответствуют модификациям воздухозаборников.

При рассмотрении таблицы обращает на себя внимание соизмеримость амплитуд 2, 3 и 4 гармоник возбуждения для каждой из обследованных силовых установок 2-го и 3-го поколений (СУ № 2-5) и увеличение интенсивности одноименных гармоник для всех силовых установок, включая СУ № 6 четвертого поколения. Отметим, что увеличение уровня одноименных гармоник в условиях полета относительно стендовых не противоречит статистическим данным об увеличении вибронпряжения лопаток при их вынужденных колебаниях в условиях работы двигателей на сверхзвуковых самолетах.

Анализ изменения фазы для гармоник общей неравномерности, ответственных за возбуждение интенсивных резонансных колебаний лопаток КНД в эксплуатационных условиях, позволил сформулировать направление исследований по разработке методов активной виброзащиты лопаток [7]. Идея метода состоит в том, чтобы вибрации лопаток, вызываемые k -ой гармоникой окружной неравномерности потока, снижать путем подавления этой гармоники с по-

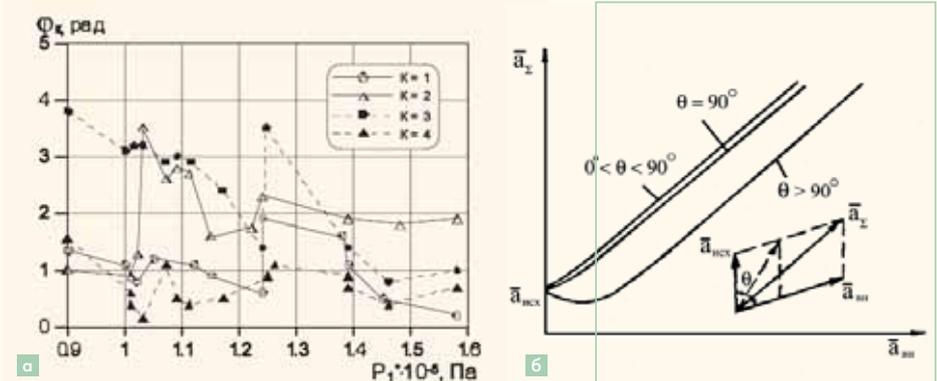


Рис. 3. Изменение фазы первых четырех гармоник α_k в разгоне самолета с СУ № 5 (а); взаимосвязь модулей результирующей $\bar{\alpha}_\Sigma$ и внесенной $\bar{\alpha}_{вн}$ гармоник при фиксированном значении исходной регулируемой (подавляемой) гармоники $\bar{\alpha}_{исх}$ (б)

мощью искусственно созданного управляемого по фазе и интенсивности конкурирующего периодического воздействия той же частоты. Так как максимальный уровень параметра $\bar{\alpha}_k$ находится для современных СУ в диапазоне величин 0,5...4 %, можно ожидать, что создание окружной неравномерности с гармоничностью заданной кратности и интенсивности может быть достигнуто с приемлемыми потерями.

Амплитуду результирующей гармоники возбуждения α_Σ при заданной интенсивности исходной регулируемой (подавляемой) гармоники $\alpha_{исх}$ и внесенной имитатором $\alpha_{вн}$ можно рассчитать с помощью известного соотношения для модуля суммы векторов

$$\alpha_\Sigma = \sqrt{\alpha_{исх}^2 + \alpha_{вн}^2 + 2\alpha_{исх}\alpha_{вн}\cos\theta}, \quad (1)$$

где θ - фазовый угол между векторами $\bar{\alpha}_{исх}$ и $\bar{\alpha}_{вн}$.

Изменение α_Σ для трех характерных ситуаций взаимного расположения векторов $\bar{\alpha}_{исх}$ и $\bar{\alpha}_{вн}$ при $\bar{\alpha}_{исх} = \text{const}$, которые могут встретиться на начальной стадии процедуры регулирования, показано на рис 3,б. Рисунок, в частности, иллюстрирует существование нижнего предела регулирования колебаний, зависящего от соотношения между модулями $\bar{\alpha}_{исх}$ и $\bar{\alpha}_{вн}$. Из рисунка также видно, что в случае тупого угла между векторами $\bar{\alpha}_{исх}$ и $\bar{\alpha}_{вн}$ имеет место зона неоднозначных значений α_Σ для достаточно широкой области значений $\bar{\alpha}_{вн}$. Из выражения (1) следует, что при любой заданной неравномерности потока можно добиться минимизации интенсивности периодического воздействия потока на лопаточный венец, обеспечив положение векторов $\bar{\alpha}_{исх}$ и $\bar{\alpha}_{вн}$ в противофазе и равенство их модулей. Это обеспечивается последовательным вращением внесенной неравномерности $\bar{\alpha}_{вн}$ и изменением ее модуля до получения минимума α_Σ при контроле вибрационного отклика лопаток в реальном времени.

Высокая степень линейной корреляции между параметрами $\bar{\epsilon}$, (\bar{A}), $\bar{\alpha}_k$ и переменными напряжениями в лопатках [1, 2, 4] позволила ввести понятие коэффициентов виброчувствительности лопаток отдельно к турбулентности и пространственной неравномерности.

Коэффициент виброчувствительности лопаток к турбулентности может быть определен как

$$K_T = \sigma_{вн} / \bar{A}_{cp} \quad (2)$$

Здесь \bar{A}_{cp} - среднее (по числу замеров в мерном сечении зна-

чение полуразмаха относительных пульсаций полного давления перед ступенью в %);

$\sigma_{\text{во}}$ - максимальные зафиксированные при тензометрировании нерезонансные вибрационные напряжения в лопатках (вибрационный фон) в Па.

Параллельность линий регрессии $\sigma_{\text{врез}}$ на $\bar{\alpha}_k$, полученных для рабочих лопаток первой ступени КНД одного и того же типа двигателя при работе в аналогичных высотно-скоростных условиях в составе силовых установок маневренных самолетов различного типа [1, 2] и совпадение необъясняемых однофакторной линейной моделью уровней переменных напряжений (для $\bar{\alpha}_k = 0$) с уровнями вибрационного фона в лопатках в окрестности резонанса (рис. 5) позволяют определить коэффициент виброчувствительности лопаток к пространственной неравномерности $K_{\text{рез}}$ из соотношений

$$K_{\text{рез}} = \sigma_{\text{вк}} / \bar{\alpha}_k \quad (3)$$

$$\sigma_{\text{вк}} = \sigma_{\text{врез}} - \sigma_{\text{во}} \quad (4)$$

где $\sigma_{\text{врез}}$ - максимальные замеренные вибрационные напряжения в лопатках при их резонансе, а $\sigma_{\text{во}}$ - вибрационный фон в лопатках при их отстройке от резонанса в окрестности режима работы двигателя, соответствующему указанному резонансу.

С помощью соотношений (2), (3) и (4) можно прогнозировать динамическое нагружение лопаток на различных этапах создания двигателя и самолета. Прогнозирование вибронгруженности лопаток с использованием коэффициентов их виброчувствительности наиболее актуально для максимальных режимов работы двигателя, как при резонансе лопаток, вызываемом 2-й, 3-й и 4-й гармониками, так и без резонанса [4]. Процедура прогнозирования осуществляется по формулам, полученным из (2), (3), (4) и переписанным в виде

$$\bar{\sigma}_{\text{во}} = K_T^* \cdot \bar{\epsilon}_{\text{ср}}^c \quad (5)$$

$$\sigma_{\text{врез}} = K_{\text{рез}} \cdot \bar{\alpha}_k^c + \sigma_{\text{во}} = K_{\text{рез}} \cdot \bar{\alpha}_k^c + K_T^* \cdot \bar{\epsilon}_{\text{ср}}^c \quad (6)$$

Здесь $\bar{\epsilon}_{\text{ср}}^c$, $\bar{\epsilon}_{\text{ср}}^c$ и $\bar{\alpha}_k^c$ - оценки соответствующих параметров неоднородности потока перед КНД (вентилятором), предварительно определенные в ожидаемых условиях работы двигателя на самолете, а величина $K_T^* = 3K_T$ (т.к. $\bar{A}_{\text{ср}} = 3\bar{\epsilon}_{\text{ср}}$ при допущении нормального закона распределения мгновенных значений турбулентных пульсаций полного давления).

Индекс "-" соответствует режиму с максимальной физической частотой вращения ротора $N_{\phi \text{ max}}$

При прогнозировании вибрационного нагружения с помощью соотношений (5) и (6) предполагается, что коэффициенты $\bar{\epsilon}_{\text{ср}}^c$, K_T^* и $K_{\text{рез}}$ получены по формулам (2), (3) и (4) при тензометрировании лопаток КНД (вентилятора) на наземном или высотном стенде и не меняются существенно в условиях работы двигателя на самолете, а величины $\bar{\epsilon}_{\text{ср}}^c$, $\bar{\epsilon}_{\text{ср}}^c$ и $\bar{\alpha}_k^c$ заранее определены при одном из перечисленных ниже видов испытаний:

- при продувках самолетных каналов или их моделей в аэродинамических трубах;
- при испытаниях натурных воздухозаборников на основном самолете или летающей лаборатории.

Широкое применение методов прогнозирования вибронгруженности лопаток при резонансе по параметру α_k затруднено вследствие инструментальных ограничений в получении требуемого числа точек замера параметров потока в окружном направлении перед двигателем. Указанное ограничение может быть снято при замене экспериментальных замеров расчетными благодаря использованию результатов 3-D методов газодинамического расчета параметров течения в воздухозаборнике.

В работах [1] и [8] показана возможность прогнозирования и контроля вибронгруженности лопаток КНД при их резонансных колебаниях и с помощью регрессионных моделей нагружения, входными параметрами которых в дополнение $\bar{\alpha}_k$ и $\bar{\epsilon}$, служит приведенная частота вращения ротора (модели I типа) либо параметры полета и работы двигателя (модели II типа).

Прогнозирование вибронгруженности лопаток КНД на различных этапах создания двигателя и самолета позволяет своевременно корректировать стратегию вибрационной доводки, оптимально распределять работы по тензометрированию на стенде, летающей лаборатории и основном самолете, исходя из результа-

тов прогноза и технических возможностей располагаемых средств испытаний.

Опыт летных исследований вибронгруженности лопаток компрессоров авиационных ГТД на летающих лабораториях и основных самолетах свидетельствует о различной актуальности динамического тензометрирования лопаток КНД в полете в зависимости от типа и назначения создаваемого двигателя. Так, для ТРД и ТРДД с невысокой степенью двухконтурности, устанавливаемых на дозвуковых самолетах с расположением двигателей на подкрыльевых пилонах (Ил-76) на боковых пилонах в задней части фюзеляжа (Ту-134, Ил-62), а также для силовых установок самолетов типа Як-40, Ту-154 актуальность оценки динамического нагружения лопаток КНД в летных условиях минимальна.

Для ТРДД большой и сверхбольшой степени двухконтурности максимальная вибронгруженность лопаток вентилятора, вызываемая гармониками общей неравномерности воздушного потока на входе соответствует стартовым условиями и усугубляется боковым ветром, что и определяет обязательные условия проверки вибронгруженности, позволяя в ряде случаев отказаться от тензометрирования в полете.

Для группы ТРДД большой размерности и большой степени двухконтурности, куда естественно отнести и винтовентиляторные двигатели большой тяги, нет альтернативы оценки вибронгруженности рабочих колес вентиляторов (винтовентиляторов) ГТД в летных условиях, включая и проверку устойчивости лопаток к флаттеру, ввиду отсутствия термобарокамер соответствующей мощности.

Важным представляется и проведение летного эксперимента по динамическому тензометрированию лопаток КНД ТРДФ (ТРДДФ) сверхзвуковых маневренных самолетов, если в стартовых условиях работы с самолетным воздухозаборником уровень переменных напряжений в лопатках при их вынужденных колебаниях, увеличенный в 1,4 раза окажется больше нормативных значений. ▣

Литература

1. Коровин Б.Б. К совершенствованию методологии вибрационной доводки лопаток компрессоров авиационных ГТД. Труды ЛИИ № 409. - 1981, 56с.
2. Коровин Б.Б. Оценка нагружения элементов конструкции ГТД в условиях полета. В кн. Летные исследования газотурбинных двигателей (под редакцией Г.П.Долголенко). - Москва: Машиностроение, 1983. - С. 83-91.
3. Коровин Б.Б. Идентификация аэроупругих явлений в лопатках турбомашин методами спектрального анализа. В кн. Аэроупругость турбомашин. - Киев: Наукова Думка, 1980. - С. 159-168.
4. Коровин Б.Б., Колотников М.Е., Кудашин В.С. К выбору предельного эксплуатационного параметра для прогнозирования вибронгруженности лопаток вентилятора, вызываемого турбулентностью потока на входе в ГТД. Авиационно-космическая техника и технология №9/25. - Харьков: ГАУ "ХАИ". - 2005. - С. 173-180.
5. Кулагина В.А., Коровин Б.Б., Максимов В.П., Набатова Н.А., Родов А.Я. Исследование колебаний лопаток компрессора, возбуждаемых случайными пульсациями потока. В сб. Аэроупругость лопаток турбомашин. - Труды ЦИАМ №953, 1981. - С. 166-181.
6. Tumanov N.V. Fatigue and Crack Kinetics in Aero Engine Fan Blades under Random Vibration. Fatigue Testing and Analysis under Variable Amplitude Loading Conditions. (ASTM STP 1439). Eds. P.C. Mckeighan and N. Ranganathan/ West Conshohocken, PA. ASTM International.
7. Коровин Б.Б., Червонюк В.В. О возможности регулирования уровня вынужденных колебаний лопаток турбомашин с помощью управляемого воздействия на поток. В сб. Вибрационная прочность и надежность двигателей и систем летательных аппаратов. - Куйбышев. - 1983. - С. 79-84
8. Коровин Б.Б. Методы прогнозирования и контроля лопаток КНД авиационных ГТД при испытаниях и в эксплуатации. Авиационно-космическая техника и технология №8/34. - Харьков: ГАУ "ХАИ". - 2006. - С. 74-79.

Связь с автором: kulakov-ii@mtu-net.ru



**Станки,
которые
обеспечат Ваш успех,
и партнер,
которому
Вы можете доверять,-
СЕГОДНЯ И ЗАВТРА**



ООО "ХЕРМЛЕ-ВОСТОК":
Россия, 127018, Москва, ул. Полковная, 1, стр.4
Тел.: +7 (495) 627-3634.
Факс: +7 (495) 627-3635.
E-mail: info@hermle-vostok.ru
www.hermle.de



КРЫЛАТЫЕ РАКЕТЫ И КАК С НИМИ БОРОТЬСЯ

Александр Николаевич Медведь, доцент МФПУ "Синергия", к.т.н.

Общие положения

На протяжении двух последних десятилетий все относительно крупномасштабные военные конфликты с участием США и стран НАТО в качестве обязательного элемента включали массированное применение крылатых ракет (КР) морского и авиационного базирования.

Руководство США активно продвигает и постоянно совершенствует концепцию "бесконтактной" войны с применением высокоточного оружия (ВТО) дальнего действия. Эта идея предполагает, во-первых, отсутствие (или сокращение до минимума) людских потерь со стороны нападающего и, во-вторых, эффективное решение важнейшей задачи, характерной для начального этапа любого вооруженного конфликта, - завоевание безусловного господства в воздухе и подавление системы ПВО противника. Нанесение "бесконтактных" ударов подавляет моральный дух обороняющихся, создает ощущение беспомощности и неспособности борьбы с агрессором, угнетающе действует на высшие органы управления обороняющейся стороны и подчиненные войска.

Помимо "оперативно-тактических" результатов, достижение которых американцы неоднократно демонстрировали в ходе антииракских кампаний, ударов по Афганистану, Югославии и др., накопление КР преследует и "стратегическую" цель. В печати все чаще обсуждается сценарий, в соответствии с которым предполагается одновременное уничтожение важнейших компонентов Стратегических ядерных сил (СЯС) Российской Федерации обычными боезарядами КР, преимущественно морского базирования, в ходе первого "обезоруживающего удара". После нанесения такого удара должны быть выведены из строя командные пункты, шахтные и подвижные пусковые установки РВСН, объекты ПВО, аэродромы, подводные лодки в базах, системы управления и связи и др. Достижение требуемого эффекта, по мнению американского

военного руководства, может быть обеспечено благодаря:

- сокращению боевого состава СЯС РФ в соответствии с двухсторонними соглашениями;
- увеличению числа применяемых в первом ударе средств ВТО (в первую очередь - КР);
- созданию эффективной противоракетной обороны Европы и США, способной "добить" не уничтоженные в ходе обезоруживающего удара российские средства СЯС.

Для любого непредвзятого исследователя очевидно, что правительство США (независимо от фамилии и цвета кожи президента) упорно и настойчиво добивается такого положения, когда Россия будет, подобно Ливии и Сирии, загнана в угол, и ее руководству придется сделать последний выбор: согласиться на полную и безоговорочную капитуляцию в части принятия важнейших внешнеполитических решений или все же опробовать на себе очередной вариант "решительной силы" или "несокрушимой свободы".

В описанной ситуации для РФ необходимы не менее энергичные и, самое главное, эффективные мероприятия, способные если не предотвратить, то хотя бы отодвинуть "день Д" (может быть, ситуация изменится, остроту угрозы удастся уменьшить, появятся новые аргументы против осуществления "силового варианта", высадятся марсиане, американские "верхи" станут более вменяемыми - в порядке уменьшения вероятности).

Располагая огромными ресурсами и запасами постоянно совершенствуемых образцов ВТО, военно-политическое руководство США справедливо считает, что отражение массированного удара КР является крайне дорогостоящей и сложной задачей, которая сегодня не по плечу ни одному из потенциальных противников Соединенных Штатов.

Сегодня возможности РФ по отражению такого удара явно недостаточны. Высокая стоимость современных систем ПВО, будь то зенитные ракетные системы (ЗРС) или пилотируемые авиационные комплексы (ПАК) перехвата, не позволяет развернуть их в необходимом количестве с учетом огромной протяженности границ РФ и неопределенности с направлениями, с которых могут быть нанесены удары с применением КР.

Между тем, обладая несомненными достоинствами, КР не лишены существенных недостатков. Во-первых, на современных образцах "крылаток" отсутствуют средства обнаружения факта атаки КР со стороны истребителя. Во-вторых, на относительно протяженных участках маршрута крылатые ракеты летят с постоянным курсом, скоростью и высотой, что облегчает осуществление перехвата. В-третьих, как правило, КР летят к цели компактной группой, что упрощает нападающему планирование нанесения удара и теоретически способствует повышению живучести ракет; однако последнее выполняется лишь при условии насыщения целевых



Пуск КР с американского ракетного крейсера

Прогнозируемое число носителей высокоточных средств большой дальности и потенциальный суммарный залп крылатых ракет ВС США к 2015 г.

Тип носителя КР	Число КР на одном носителе	Суммарное число КР на носителях
Стратегический бомбардировщик В-52Н	20	1120
Стратегический бомбардировщик В-2	16	320
Атомная ПЛ типа Virginia	20	200-240
Атомная ПЛ типа Los Angeles	8	56
Атомная ПЛ типа Providence	20	620
Атомная ПЛ типа Ohio	154	616
Эсминец УРО типа Arleigh Burke	30-45 ¹	2400-3600
Эсминец типа Spruance	8	
Крейсер УРО типа Ticonderoga	42-63 ¹	

¹. В неподвижных подпалубных ПУ крейсеров и эсминцев для размещения КР предполагается выделять от половины до 2/3 имеющихся ячеек

каналов средств ПВО, а в противном случае указанная тактика играет негативную роль, облегчая организацию перехвата. В-четвертых, скорость полета современных крылатых ракет пока еще дозвуковая, порядка 800...900 км/ч, поэтому для перехвата КР обычно имеется существенный ресурс времени (десять минут).

Проведенный анализ свидетельствует, что для борьбы с крылатыми ракетами необходима система, способная:

- перехватывать большое число малоразмерных дозвуковых неманеврирующих воздушных целей на предельно малой высоте в ограниченном районе за ограниченное время;
- прикрывать одним элементом этой подсистемы участок (рубеж) шириной много большей, чем у существующих ЗРС на малых высотах (ориентировочно 500...1000 км);
- обладать высокой вероятностью выполнения боевой задачи в любых метеоусловиях днем и ночью;
- обеспечивать существенно более высокое значение комплексного критерия "эффективность/стоимость" при перехвате КР по сравнению с классическими ЗРС и ПАК перехвата.

Эта система должна сопрягаться с другими системами и средствами ПВО/ПРО в части управления, разведки воздушного противника, связи и т.п.

Опыт борьбы с КР в военных конфликтах

Масштабы применения КР в вооруженных конфликтах характеризуются следующими показателями.

В период проведения операции "Буря в пустыне" в 1991 г. с надводных кораблей и подводных лодок ВМС США, развернутых на позициях в Средиземном и Красном морях, а также в Персидском заливе, было выполнено 297 пусков КРМБ типа "Томахок".

В 1998 г. в ходе операции "Лис пустыни" контингент американских вооруженных сил применил по Ираку более 370 крылатых ракет морского и авиационного базирования.

В 1999 г. в ходе агрессии НАТО против Югославии в рамках операции "Решительная сила" крылатые ракеты были использованы при нанесении трех массированных авиационно-ракетных ударов, состоявшихся на протяжении первых двух суток конфликта. Затем США и их союзники перешли к систематическим боевым действиям, в ходе которых также применялись крылатые ракеты. Всего в период активных действий было выполнено более 700 пусков ракет морского и воздушного базирования.

В процессе систематических боевых действий в Афганистане вооруженные силы США применили более 600 крылатых ракет, а в ходе операции "Свобода Ираку" в 2003 г. - не менее 800 КР.

В открытой печати, как правило, результаты применения крылатых ракет приукрашиваются, создавая впечатление о "неотвратимости" ударов и об их высочайшей точности. Так, по телевидению неоднократно показывался ролик, в котором демонстрировался случай прямого попадания крылатой ракеты в окно здания цели и т.п. Однако ни об условиях, в которых производился этот эксперимент, ни о дате и месте его проведения никаких данных не приводилось.

Однако существуют и другие оценки, в которых крылатые ракеты характеризуются заметно менее впечатляющей эффективностью. Речь идет, в частности, о докладе комиссии Конгресса США и о материалах, опубликованных офицером иракской армии, в которых доля пораженных в 1991 г. средствами иракской ПВО американских крылатых ракет оценивается приблизительно в 50 %. Несколько меньшими, но также существенными, считаются потери крылатых ракет от югославских средств ПВО в 1999 г. В обоих случаях крылатые ракеты сбивались преимущественно переносными ЗРК типа "Стрела" и "Игла". Важнейшим условием перехвата было сосредоточение расчетов ПЗРК на ракетах опасных направлениях и своевременное предупреждение о приближении крылатых ракет. Попытки применить "более серьезные" ЗРК для борьбы с крылатыми ракетами были затруднены, так как включение РЛС обнаружения целей из состава ЗРК практически немедленно вызвало нанесение ударов по ним с применением противорадиолокационных авиационных средств поражения.

В этих условиях иракская армия, к примеру, вернулась к практике организации постов воздушного наблюдения, обнаруживавших крылатые ракеты визуально и сообщавших об их появлении по телефону. В период ведения боев в Югославии для противодействия крылатым ракетам использовались высококомбинированные ЗРК "Оса-АК", включавшие РЛС на непродолжительное время с немедленной сменой позиции вслед за этим.

Итак, одной из важнейших задач является исключение возможности "тотального" ослепления системы ПВО/ПРО с потерей способности адекватного освещения воздушной обстановки. Вторая задача - быстрая концентрация активных средств на направлениях ударов. Современные ЗРС для решения этих задач не вполне подходят.

Американцы тоже боятся крылатых ракет

Задолго до 11 сентября 2001 г., когда на объекты Соединенных Штатов обрушились самолеты-камикадзе с пассажирами на борту, американские аналитики выявили другую гипотетическую угрозу стране, которую, по их мнению, могли создать "страны-изгои" и даже отдельные террористические группы. Представьте себе следующий сценарий. В двухстах-трехстах километрах от побережья державы, где проживает "хэппи нейшн", появляется невзрачный сухогруз с контейнерами на верхней палубе. Ранним утром, чтобы использовать дымку, затрудняющую визуальное обнаружение воздушных целей, из нескольких контейнеров с борта этой посудины внезапно стартуют крылатые ракеты, конечно же, советского производства или их копии, "сварганенные" умельцами из неназванной страны. Далее контейнеры сбрасываются за борт и затопливаются, а судно-ракетоносец прикидывается "ни в чем не повинным торговцем", оказавшимся здесь случайно.

Крылатые ракеты летят низко, их старт обнаружить непросто. И начинены их боевые части не обычным ВВ, не игрушечными медвежатами с призывами к демократии в лапках, а, естественно, мощнейшими отравляющими веществами или, на худой конец,



Израильские ПУ противоракетной обороны Хеэ



Контейнеровоз

спорами сибирской язвы. Спустя десять-пятнадцать минут ракеты появляются над ничего не подозревающим прибрежным городом... Что и говорить, картина нарисована рукой мастера, насмотревшегося американских фильмов ужасов. Но для того, чтобы убедить американский конгресс раскошелиться, нужна "прямая и явная угроза". Главная проблема: для перехвата таких ракет практически не остается времени на приведение в готовность активных средств перехвата - ЗУР или пилотируемых истребителей, ведь наземная РЛС сможет "увидеть" несущуюся на десятиметровой высоте крылатую ракету на расстоянии, не превышающем нескольких десятков километров.

В 1998 г. на проработку средства защиты от кошмара крылатых ракет, прилетающих "ниоткуда", в США были впервые выделены деньги в рамках программы Joint Land Attack Cruise Missile Defense Elevated Netted Sensor System (JLENS). В октябре 2005 г. были закончены научно-исследовательские и экспериментальные работы, связанные с проверкой заложенных идей на реализуемость, и фирма Raytheon получила отставку на изготовление опытных образцов системы JLENS. Теперь речь пошла уже не о каких-то несчастных десятках миллионов долларов, а о солидной сумме - \$1,4 млрд. В 2009 г. были продемонстрированы элементы системы: гелиевый аэростат 71М с наземной станцией для подъема/опускания и обслуживания, а фирма Science Applications International Corp. из Санкт-Петербурга получила заказ на проектирование и изготовление антенны для радиолокатора, являющегося полезным грузом аэростата. Еще через год семидесятиметровый аэростат впервые поднялся в небо с РЛС на борту, а в 2011 г. систему проверили почти по полной программе: сначала симитировали электронные цели, затем запустили низколетящий самолет, после чего пришел черед беспилотника с очень маленькой ЭПР.

Собственно, антенн под аэростатом имеется две: одна для обнаружения малоразмерных целей на относительно большой дальности, а другая для точного целеуказания на меньшей дальности. Питание к антеннам подается с земли, отраженный сигнал "спускают" по оптико-волоконному кабелю. Работоспособность системы проверялась вплоть до высоты 4500 м. В составе наземной станции имеется лебедка, обеспечивающая подъем аэростата на нужную высоту, источник питания, а также кабина управления с рабочими местами диспетчера, метеоролога и оператора управления аэростатом. Сообщается, что аппаратура системы JLENS сопрягается с корабельной ЗРК "Иджис", наземными ЗРК "Патриот", а также с комплексами SLAMRAAM (новый ЗРК самообороны, в котором в качестве активных средств применяются конвертированные УР AIM-120, прежде позиционировавшиеся как ракеты "воздух-воздух").

Однако весной 2012 г. у программы JLENS начались трудности: Пентагон в рамках запланированного сокращения бюджета заявил об отказе от развертывания первой партии из 12 серийных станций с аэростатами 71М, оставив только две уже изготовленные станции для доводки РЛС, устранения выявленных недостатков в аппаратуре и программном обеспечении.

30 апреля 2012 г. в ходе практических пусков ЗУР на учебно-испытательном полигоне в штате Юта с использованием целеуказания от системы JLENS был сбит беспилотный самолет, применявший средства РЭП. Представитель фирмы Raytheon отметил: "Дело не только в том, что БЛА был перехвачен, а еще и в том, что удалось выполнить все требования технического задания по обеспечению надежного взаимодействия системы JLENS и ЗРК "Патриот". Фирма надеется на возобновление интереса военных к системе JLENS, ведь ранее планировалось, что Пентагон закупит сотни комплектов в период с 2012 по 2022 г.

Симптоматичным можно считать тот факт, что даже самая богатая в мире страна, судя по всему, все же считает неприемлемой для себя цену, которую пришлось бы заплатить для постройки "великой американской противоракетной стены" на основе использования традиционных средств перехвата КР, пусть даже во взаимодействии с новейшими системами обнаружения низколетящих воздушных целей.

Предложения по облику и организации противодействия крылатым ракетам с помощью беспилотных истребителей

Проведенный анализ свидетельствует о том, что систему борьбы с крылатыми ракетами целесообразно строить на основе использования относительно мобильных подразделений, вооруженных управляемыми ракетами с тепловыми ГСН, которые должны быть своевременно сосредоточены на угрожаемом направлении. В составе таких подразделений не должно быть стационарных или низкомобильных наземных РЛС, которые немедленно становятся объектами ударов противника с применением противорадиолокационных ракет.

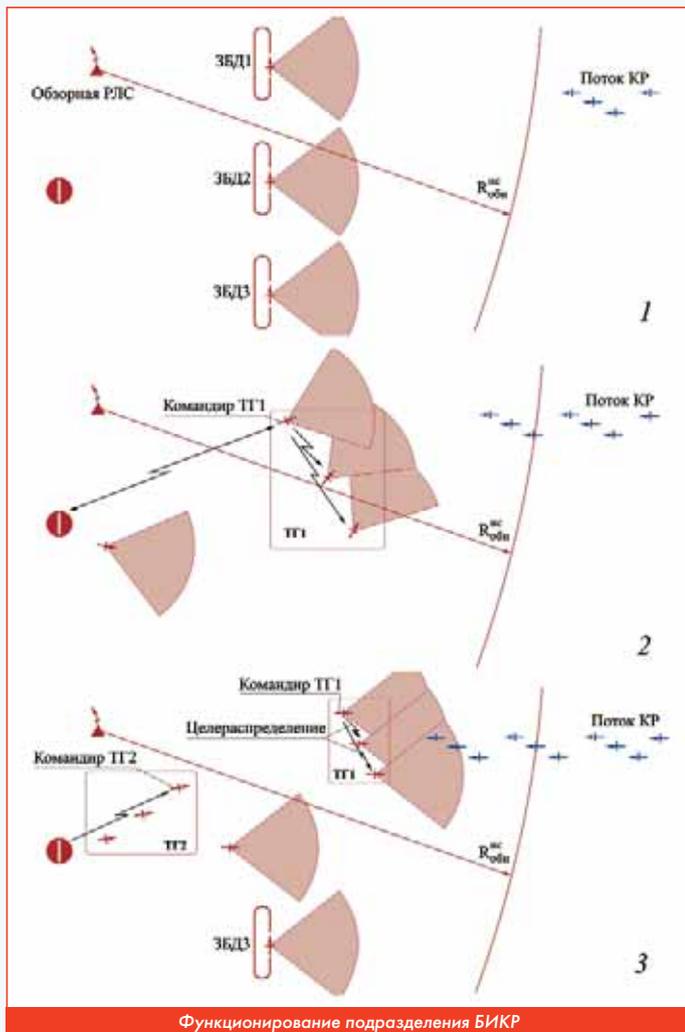
Наземные средства ПВО с ракетами "земля-воздух" с тепловыми ГСН характеризуются небольшим курсовым параметром, составляющим единицы километров. Для надежного прикрытия рубежа протяженностью 500 км потребуются десятки комплексов. Значительная часть сил и средств наземной ПВО в случае пролета крылатых ракет противника по одному-двум маршрутам окажутся "не у дел". Возникнут проблемы с размещением позиций, организацией своевременного предупреждения и целераспределения, возможностью "насыщения" огневых возможностей средств ПВО на ограниченном участке. Кроме того, мобильность такой системы обеспечить довольно затруднительно.

Альтернативой может стать применение относительно малоразмерных беспилотных истребителей-перехватчиков, вооруженных управляемыми ракетами малой дальности с тепловыми ГСН. Подразделение таких летательных аппаратов может базироваться на одном аэродроме (аэродромный взлет и посадка) или в нескольких пунктах (безаэродромный старт, аэродромная посадка). Главным достоинством авиационных беспилотных средств перехвата крылатых ракет является возможность быстрой концентрации усилий в ограниченном коридоре пролета ракет противника. Целесообразность применения БИКР против крылатых ракет обусловлена также тем, что "интеллект" такого истребителя, реализуемый в настоящее время на основе существующих датчиков информации и вычислителей, достаточен для поражения целей, которые не оказывают активного противодействия (за исключением системы встречного подрыва у крылатых ракет с ядерной БЧ).

Малоразмерный беспилотный истребитель крылатых ракет (БИКР) должен нести бортовую РЛС с дальностью обнаружения воздушной цели класса "крылатая ракета" на фоне земли порядка 100 км (класса "Ирбис"), несколько УР "воздух-воздух" (класса Р-60, Р-73 или ПЗРК "Игла"), а также, возможно, авиационную пушку. Относительно небольшие масса и размерность БИКР должны способствовать снижению стоимости аппаратов по сравнению с пилотируемыми истребителями-перехватчиками, а также уменьшению

Ориентировочные летно-технические данные БИКР	
Масса пустого аппарата, кг	2000...3000
Масса вооружения, кг	300...450
Масса топлива, кг	1500...2500
Максимальная скорость, км/ч	1100...1400
Скорость на режиме максимальной продолжительности полета, км/ч	500...700
Максимальная продолжительность полета, ч	4-5
Потолок, м	6000...8000
Максимальная допустимая перегрузка, ед.	6...9
Длина разбега / пробега, м	300...400
Число управляемых ракет "воздух-воздух"	4-6

Управляемые ракеты "воздух-воздух", которыми можно вооружить БИКР			
	Р-73-2	Р-60М	"Игла"
Разработчик	НПО "Молния"	КБММОП	
Система наведения	ТСН	ТСН	ТСН
Дальность пуска максимальная, км	40	40	40
Дальность пуска минимальная, км	0,3	0,3	0,3
Высота полёта поражаемых целей, км	0,02-20	0,02-20	0,02-20
Максимальная скорость полета УР	4 М	4 М	4 М
Длина ракеты, мм	2900	2900	2900
Максимальный диаметр корпуса УР, мм	170	170	170
Размах крыльев, мм	510	510	510
Стартовая масса, кг	110	110	110
Масса боевой части, кг	7,4	7,4	7,4
Максимальная скорость поражаемой цели, км/ч	2500	2500	2500



суммарного расхода топлива, что немаловажно с учетом необходимости массового использования БИКР (максимальную потребную тягу двигателя можно оценить равной 2,5...3 тс, т.е. примерно как у серийного АИ-222-25). Для эффективной борьбы с крылатыми ракетами максимальная скорость полета БИКР должна быть околозвуковой или невысокой сверхзвуковой, а потолок - относительно небольшим, не более 10 км.

Управление БИКР на всех этапах полета должно обеспечиваться "электронным пилотом", функции которого должны быть существенно расширены по сравнению с типовыми системами автоматического управления летательными аппаратами. Помимо автономного управления целесообразно предусмотреть возможность дистанционного управления БИКР и его системами, например, на этапах взлета и посадки, а также, возможно, боевого применения вооружения или принятия решения на применение оружия.

Процесс боевого применения подразделения БИКР можно кратко описать следующим образом. После обнаружения средствами старшего начальника (низкомобильную наземную обзорную РЛС вводить в состав подразделения нельзя!) факта приближения крылатых ракет противника в воздух поднимают несколько БИКР с таким расчетом, чтобы после выхода в расчетные районы зоны обнаружения бортовых РЛС беспилотных перехватчиков полностью перекрывали по ширине весь прикрываемый участок. Первоначально район маневрирования конкретного БИКР задается перед вылетом в полетном задании. При необходимости район может быть уточнен в полете посредством передачи соответствующих данных по защищенной радиолинии. В случае отсутствия связи с наземным КП (подавления радиолинии) один из БИКР приобретает свойства "командного аппарата" с определенными полномочиями. В составе "электронного пилота" БИКР необходимо предусмотреть блок анализа воздушной обстановки, который должен обеспечить массирование сил БИКР, находящихся-

ся в воздухе, на направлении подхода тактической группы крылатых ракет противника, а также организовать вызов дополнительных дежурных сил БИКР в случае, если все крылатые ракеты не удастся перехватить "активными" БИКР. Таким образом, дежурящие в воздухе БИКР в известной мере сыграют роль своеобразных "обзорных РЛС", практически неуязвимых для противорадиолокационных УР противника. Они же могут бороться с потоками крылатых ракет относительно невысокой плотности.

В случае отвлечения дежурящих в воздухе БИКР на одно направление с аэродрома должны быть немедленно подняты дополнительные аппараты, которые должны исключить образование неприкрытых зон на участке ответственности подразделения.

В угрожаемый период возможна организация непрерывного боевого дежурства нескольких БИКР. В случае возникновения необходимости переброски подразделения на новое направление БИКР могут перелететь на новый аэродром "своим ходом". Для обеспечения посадки предварительно на этот аэродром должна быть транспортным самолетом доставлена кабина управления и расчет, обеспечивающий выполнение необходимых операций (возможно, потребуется не один "транспортник", но все же проблема переброски на большое расстояние потенциально решается проще, чем в случае с ЗРС, и за гораздо более короткое время). На этапе перелета на новый аэродром БИКР должен управляться "электронным пилотом". Очевидно, что помимо "боевого" минимума оборудования для обеспечения безопасности полетов в мирное время автоматика БИКР должна включать подсистему исключения столкновений в воздухе с другими летательными аппаратами.

Только летные эксперименты смогут подтвердить или опровергнуть возможность уничтожения КР или иного беспилотного летательного аппарата противника огнем из бортовой пушки БИКР. Если вероятность уничтожения КР пушечным огнем окажется достаточно высокой, то по критерию "эффективность - стоимость" такой способ уничтожения крылатых ракет противника окажется вне всякой конкуренции.

Центральной проблемой при создании БИКР является не столько разработка собственно летательного аппарата с соответствующими летными данными, оборудованием и вооружением, сколько создание эффективного искусственного интеллекта (ИИ), обеспечивающего эффективное применение подразделений БИКР.

Представляется, что задачи ИИ в данном случае могут быть разделены на три группы:

- группа задач, обеспечивающая рациональное управление одиночным БИКР на всех этапах полета;
- группа задач, обеспечивающая рациональное управление группой БИКР, которая перекрывает установленный рубеж воздушного пространства;
- группа задач, обеспечивающая рациональное управление подразделением БИКР на земле и в воздухе с учетом необходимости периодической смены летательных аппаратов, наращивания сил с учетом масштабов налета противника, взаимодействия с разведывательными и активными средствами старшего начальника.

Проблема, в определенной мере, состоит в том, что разработка ИИ для БИКР не является профильной ни для создателей собственно летательных аппаратов, ни для разработчиков бортовых САУ или РЛС. Без совершенного ИИ беспилотный истребитель превращается в неэффективную дорогостоящую игрушку, способную дискредитировать идею. Создание же БИКР с достаточно развитым ИИ может стать необходимым шагом на пути к многофункциональному беспилотному истребителю, способному бороться не только с беспилотными, но и пилотируемыми летательными аппаратами противника.



РОССИЙСКИЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТОМОГРАФЫ ДЛЯ ОТРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ ОТВЕТСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ООО "Промышленная интроскопия":
Ирина Алексеевна Вайнберг, старший научный сотрудник, к.т.н.
Эдуард Ильич Вайнберг, президент, д.т.н.
Сергей Геннадьевич Цыганов, старший научный сотрудник
Вадим Борисович Сидорин, старший научный сотрудник

Авиационное машиностроение продолжает лидировать в конкурентном освоении новых технологий и материалов с целью повышения мощности и надежности энергоустановок при одновременном снижении веса, расхода топлива и затрат на техническое обслуживание. Бурно развивается комфортабельная широкофюзеляжная пассажирская авиация, нацелившаяся на историческую задачу скоростных межконтинентальных перевозок до 1000 пассажиров. Невиданный прогресс в компьютерных технологиях и спутниковой навигации обусловил взрывное развитие беспилотной авиации, цифрового управления, роботизацию производства и применения. Продолжается соревнование за малозаметность, гиперзвуковые скорости, вертикальный взлет и посадку, а 5 поколение скоро сменится 6-м. Отработка технологии, производство и эксплуатация ответственных авиационных изделий с обеспечением высокой надежности немислимы без использования высокоинформативных средств неразрушающего контроля качества и количественной технической диагностики.

К сожалению, традиционные методы неразрушающего контроля ориентированы на исследование наружной поверхности или изделий простой формы типа листов или труб, но не обеспечивают количественный контроль внутренней структуры типичных для авиации сложных, пространственно развитых деталей и сборок.

Например, чем измерить толщину стенки замкнутой рубашки охлаждения или охлаждаемой турбинной лопатки сложной формы? Чем оценить величину зазоров и правильность сборки ответственного клапана, датчика или целого авиадвигателя? Как оценить качество пайки внутри сложной форсунки или многослойного неразъемного соединения? Как оценить соответствие пространственного армирования и структуры композиционной конструкции требованиям чертежа? Как гарантировать качество и надежность сложного литья, если в Вашем распоряжении нет адекватных средств неразрушающего контроля изделий произвольной формы и структуры?

Для решения этих и других подобных задач российская фирма "ПРОМИНТРО" более 20 лет разрабатывает и поставляет конкурентоспособные высокоэнергетические рентгеновские компьютерные томографы серии ВТ, позволяющие количественно исследовать

внутреннюю пространственную структуру широкого спектра авиационных изделий любой сложности [1]. Чем сложнее изделие, тем ярче проявляются уникальные информационные возможности томографов. ООО "ПРОМИНТРО" имеет высокую международную репутацию, а ее томографы многие годы успешно эксплуатируются в России, Китае, Франции, Чехии, Южной Корее, Италии и США. Например, томографы "ПРОМИНТРО" уже более 15 лет используются известной французской двигателестроительной компанией SNECMA и ведущей в области углеродных композитов южнокорейской фирмой DACC. Многие аэрокосмические предприятия Китая (в Шанхае, Сиане, Пекине) используют томографы "ПРОМИНТРО". Среди крупных отечественных предприятий, оснащенных томографами "ПРОМИНТРО", можно указать КНИИМ, АвтоВАЗ, ГосНИИмаш, ПМЗ, НПО "Сатурн".

Внешний вид современных высокоэнергетических моделей томографов ВТ-600ХА, ВТ-800ХА и ВТ-1500ХА с рабочим полем соответственно до 600, 800 и 1500 мм представлен на рис. 1 и 2. Рис. 2 позволяет рассмотреть типичные особенности необходимого рентгенозащитного помещения и приспособлений для вертикальной загрузки объектов контроля (ОК) длиной до 3 м.



Рис. 1. Внешний вид высокоэнергетических томографов ВТ-600ХА и ВТ-1500ХА



Рис. 2. Внешний вид высокоэнергетического томографа BT-800XA

Отличительные особенности высокоэнергетических томографов "ПРОМИНТРО", благодаря которым они превосходят доступные зарубежные аналоги [1]:

- широкий диапазон плотностей и размеров контролируемых изделий вследствие применения двух уникальных высокоэнергетических источников излучения (минифокусной рентгеновской трубки на 450 кВ с проникающей способностью до 50 мм стали и минифокусного специализированного ускорителя электронов на 5 МэВ с проникающей способностью более 150 мм стали);

- возможность контролировать ОК весом до 300 и даже 1000 кг;

- увеличенный диапазон рабочих полей томограмм от 50 до 600/800/1500 мм при длине зоны контроля по вертикали (без перестановки ОК) более 1000 мм;

- увеличенная ширина рабочего поля рентгенограмм ОК - до 600/800/1500 мм;

- высокое пространственное разрешение (внутри ОК диаметром до 600/800/1500 мм) до 100 пер/см во всем диапазоне энергий за счет сочетания фирменной методики локальной томографии и дополнительного коллимирования минифокусных источников излучения при увеличенном формате томограмм до 2048 x 2048;

- высокая точность бесконтактного измерения размеров внутренних структурных элементов, адекватная точности традиционных машиностроительных средств измерения (штангенциркулей и микрометров);

- уникально высокое качество томограмм, достигаемое благодаря перечисленному выше и за счет двумерной коллимации многоканальных пучков излучения с физическим подавлением вклада рассеянного излучения.

Приведенные далее примеры практического применения этих томографов для отработки технологии ответственных изделий, актуальных для современного этапа авиакосмических разработок, позволяют читателям самостоятельно убедиться в указанных достоинствах и расширяют представления о возможных областях применения компьютерной томографии [2, 3].

При анализе представленных изображений томограмм следует помнить, что каждая двумерная томограмма сечения ОК содержит от 1 до 4-х миллионов 16-разрядных цифровых значений, отражающих распределение плотности материалов в исследуемом сечении или выбранной оператором локальной зоне такого сечения. Результаты томографического контроля представляются в виде изображений и графиков распределения плотности внутри ОК, позволяющих обнаружить дефекты типа разноплотностей, пор,

трещин, включений и бесконтактно количественно измерить плотность и геометрические размеры внутренних конструктивных элементов и зазоров. Правда, делается это не по картинкам, а по цифровым файлам исходных томограмм с помощью специального программного обеспечения томографа. Однако тенденции безжалостной тотальной компьютеризации технологий таковы, что и изображения и оператор томографа скоро станут ненужным атавизмом, а результатом томографического контроля будет цифровой протокол с таблицами значений и координат критических отклонений от требований конструкторской документации.

Рис. 3-8 дополняют представления об информативности высокоэнергетических томографов "ПРОМИНТРО" при отработке технологии и сертификации достаточно крупных, тяжелых и сложных по форме и внутренней структуре

деталей и сборок из металлов (алюминиевых сплавов, титана и жаропрочной стали) [3].

На рис. 3 внутри сложного толстостенного литья отчетливо видны пор и ошибки геометрии механообработки длинных 4 мм каналов. Рис. 4 подтверждает возможность детального исследования любых сечений и правильности сборки сложного титанового направляющего аппарата компрессора $\varnothing 600$ мм с 46 регулируемыми лопатками.

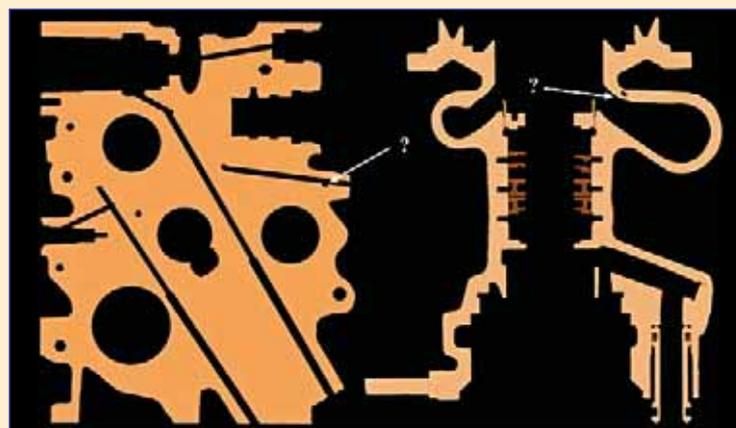


Рис. 3. Томограммы $\varnothing 400/200$ мм сложного литья авиакосмического назначения

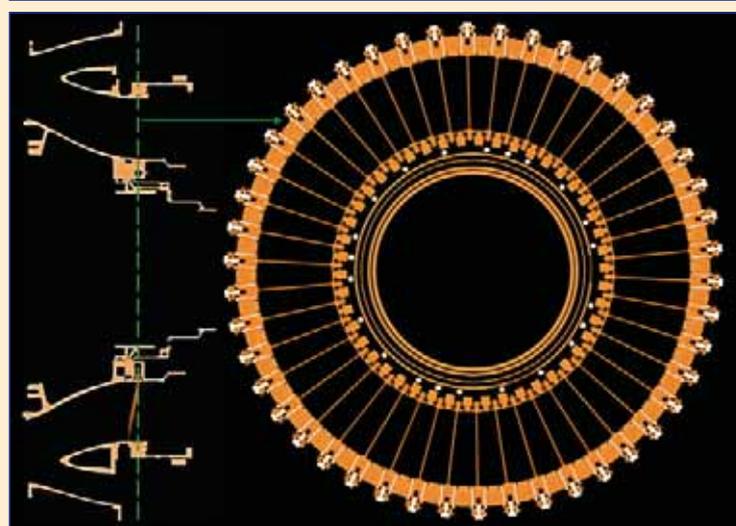


Рис. 4. Продольная и поперечная томограммы титанового корпуса направляющего аппарата компрессора ТРДД $\varnothing 600$ мм с 46 регулируемыми лопатками

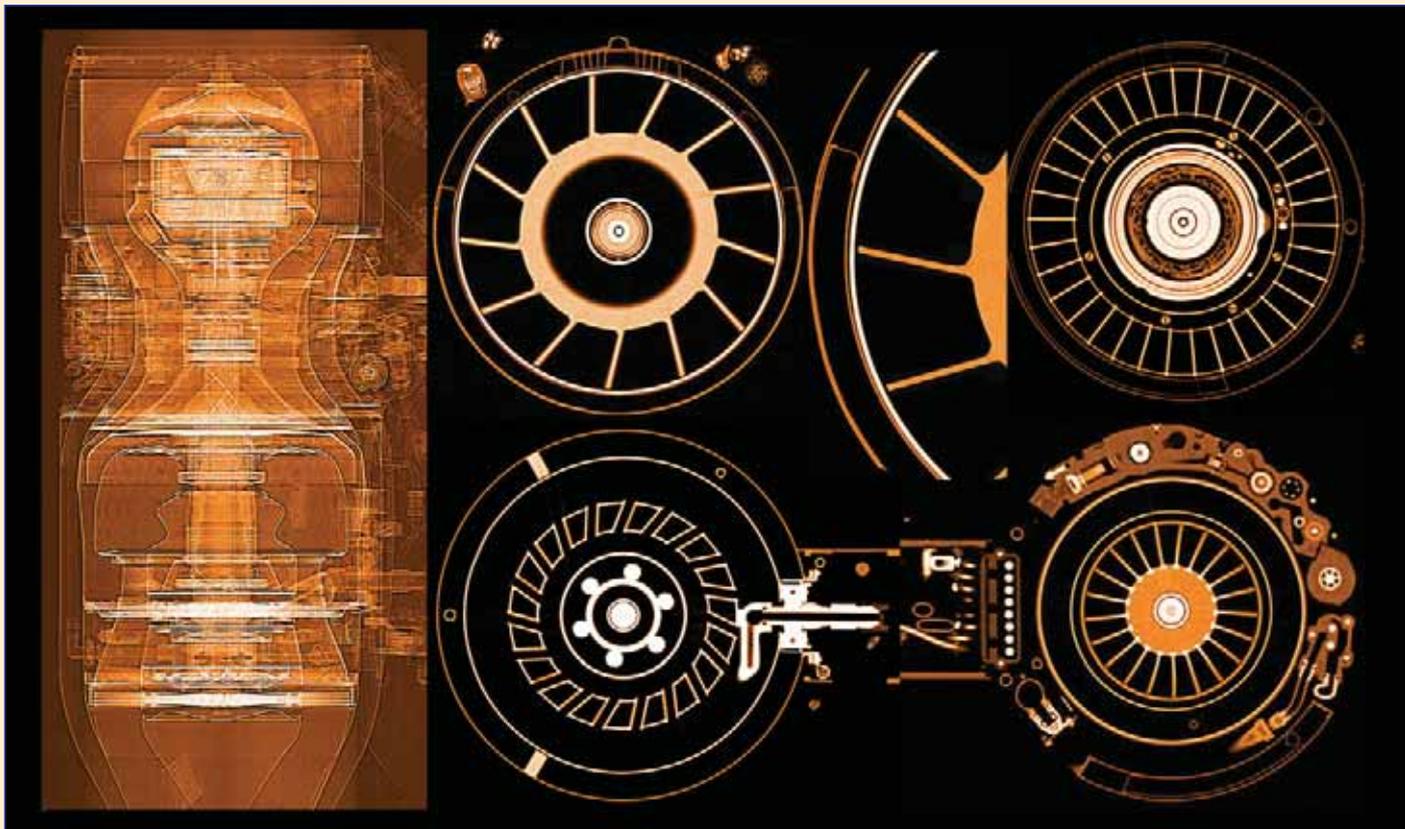


Рис. 5. Рентгенограмма и поперечные томограммы двухконтурного двухвального ТРД Ø330 мм в сборе

Рис. 5 - уникальный пример томографического контроля мало-размерного двухконтурного двухвального ТРД в сборе. Правильность сборки, качество использованных деталей и узлов, величина зазоров, состояние подшипников, положение критичных элементов

регулировки доступны для объективной сертификации.

Рис. 6 отражает реальный процесс высокоэнергетической томографии на 5 МэВ крупной лопатки из жаропрочного сплава с габаритами 170 x 80 x 350 мм и прямым получением поперечных и про-

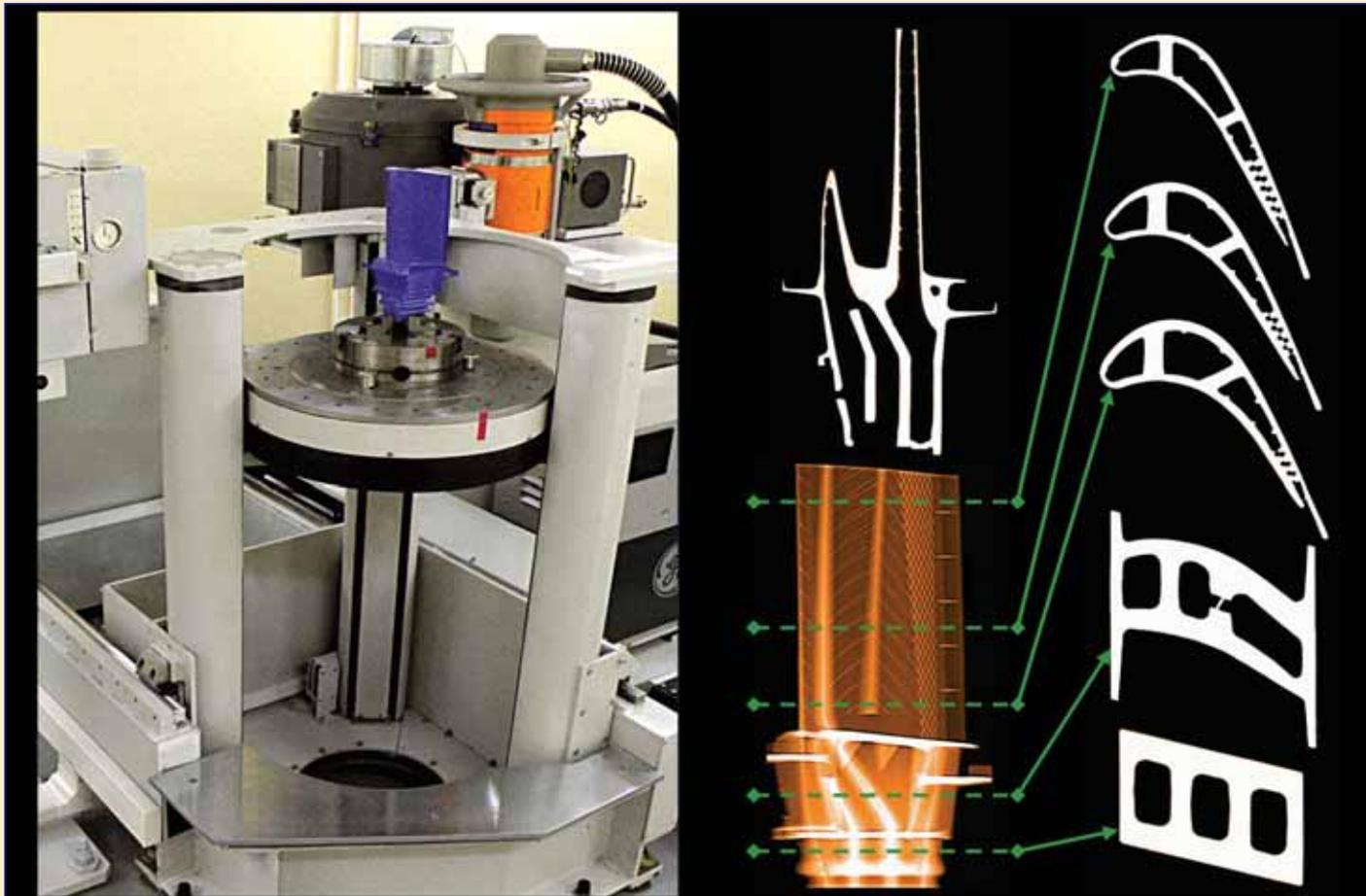


Рис. 6. Внешний вид и томограммы продольного и поперечных сечений крупной охлаждаемой турбинной лопатки из жаропрочной стали с габаритами 170 x 80 x 350 мм

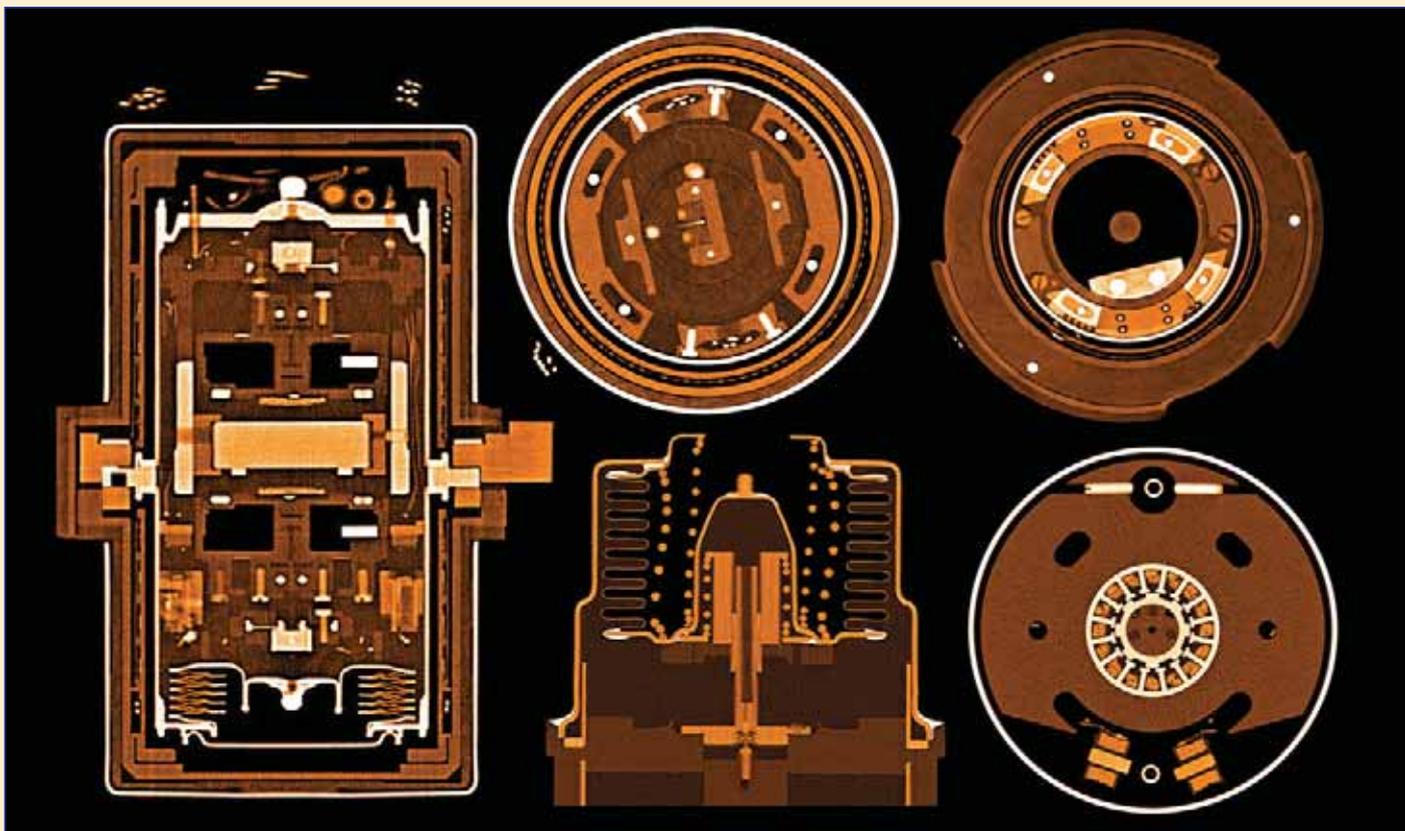


Рис. 7. Обзорные и локальные томограммы $\varnothing 100/50$ мм датчиков аэрокосмического назначения

дольного 2-D сечения. На приведенных томограммах виден структурный дефект литья в хвостовике лопатки, а также разнотолщинность "спинки" и "корыта" пера и угонение носка входной кромки пера, обусловленные смещением и недостатками элементов стержня.

На рис. 7-8 приведены примеры томограмм внутренней структуры неразборных навигационных датчиков и теплообменников. Несмотря на предельную сложность внутренней структуры этих изделий, отчетливо прослеживается геометрия, зазоры, многочислен-

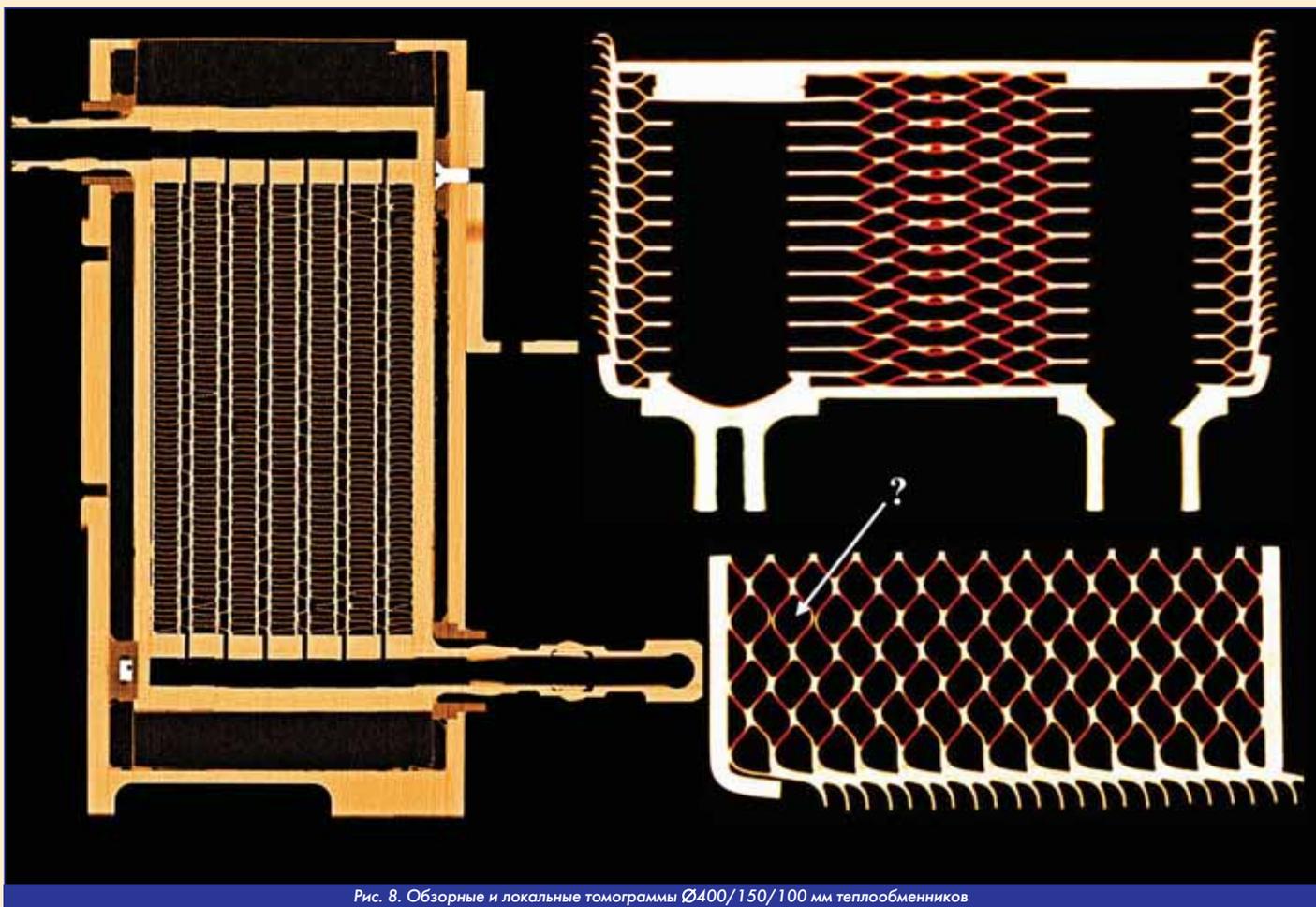


Рис. 8. Обзорные и локальные томограммы $\varnothing 400/150/100$ мм теплообменников

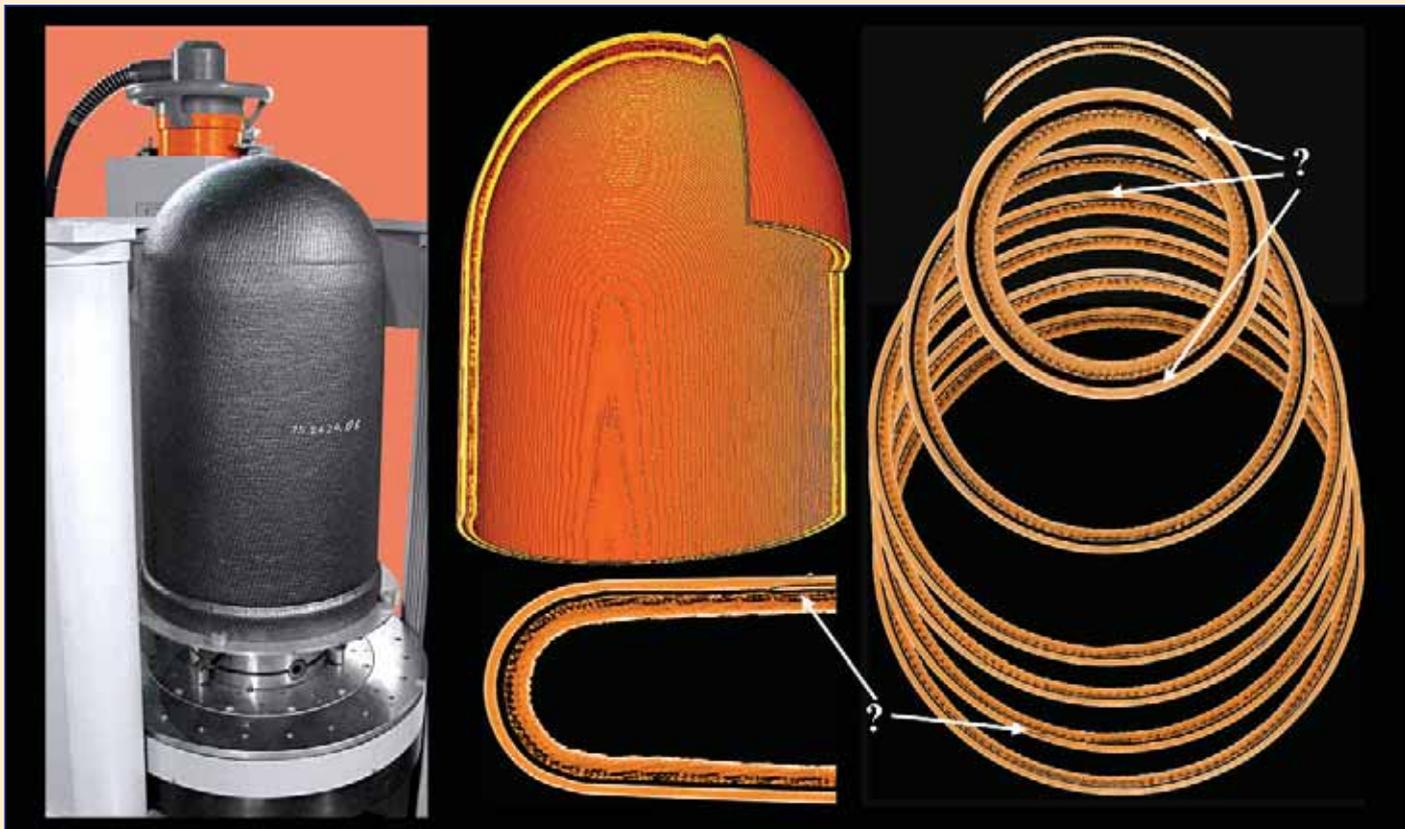


Рис. 9. Внешний вид и томограммы крупногабаритного тигля ($\varnothing 415 \times 725$ мм) из двух слоёв пирографита на плетёном каркасе из углеродных нитей

ные паяные и сварные соединения, положение элементов регулировки. Видно, что запас высокого пространственного разрешения придает томографам "ПРОМИНТРО" универсальные свойства, позволяя эффективно исследовать не только крупные изделия из ме-

таллов, но и локальные зоны крупных ОК или достаточно малые изделия диаметром до 50...20 мм.

Как видно из рис. 9-12, универсальный характер информативности рассматриваемых томографов еще более ярко проявляется

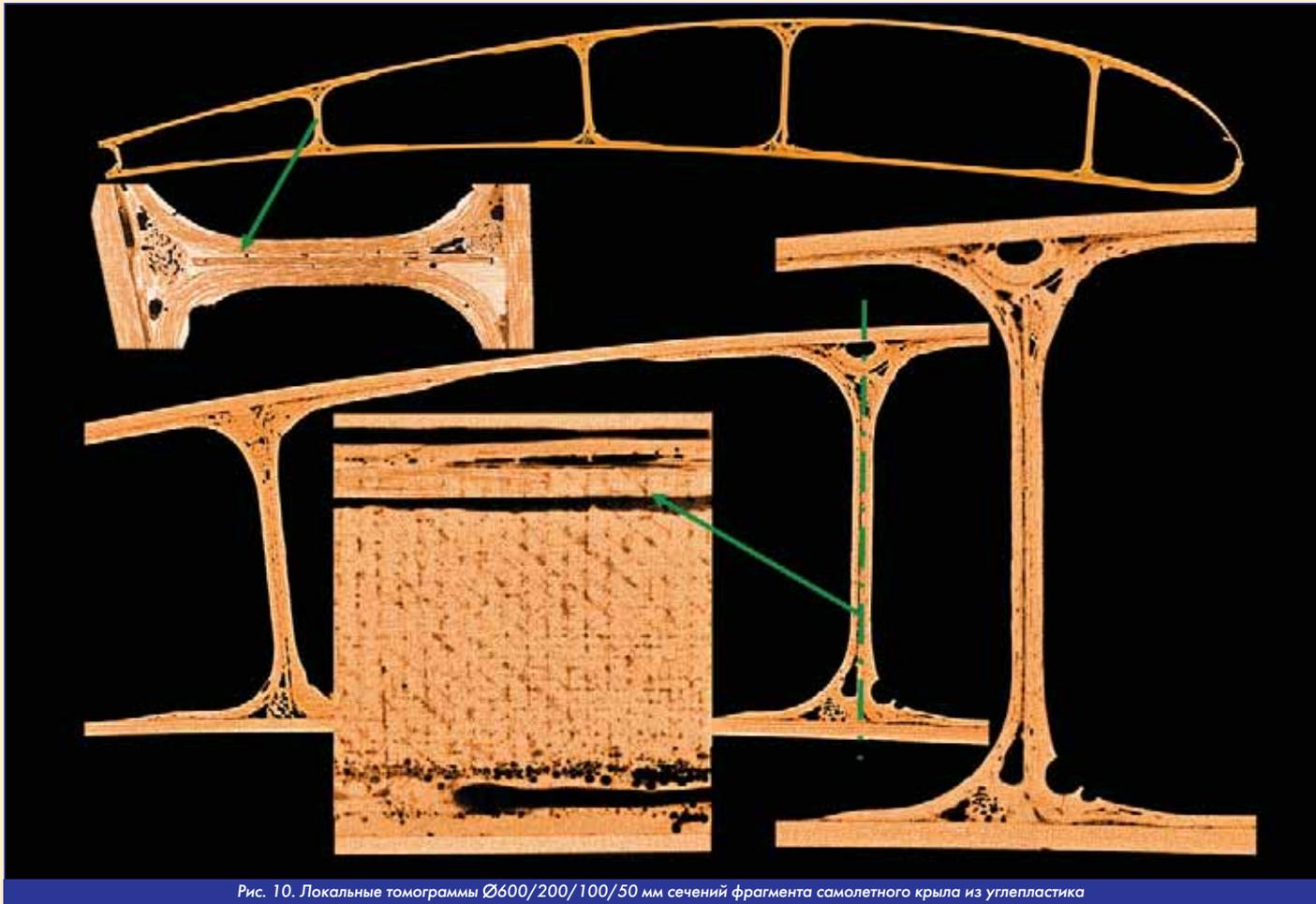


Рис. 10. Локальные томограммы $\varnothing 600/200/100/50$ мм сечений фрагмента самолетного крыла из углепластика



Рис. 11. Внешний вид и томограммы широкохордной углепластиковой лопасти вентилятора (710 x 400 x 40 мм)

при исследовании внутренней структуры современных ответственных изделий из композитов, чему способствует и более низкий уровень плотности композитных материалов.

Внутри сложнейших изделий из углеродных композитов без

разрушения удастся уверенно выявлять типичные технологические дефекты:

- отклонения геометрии от требований конструкторской документации;

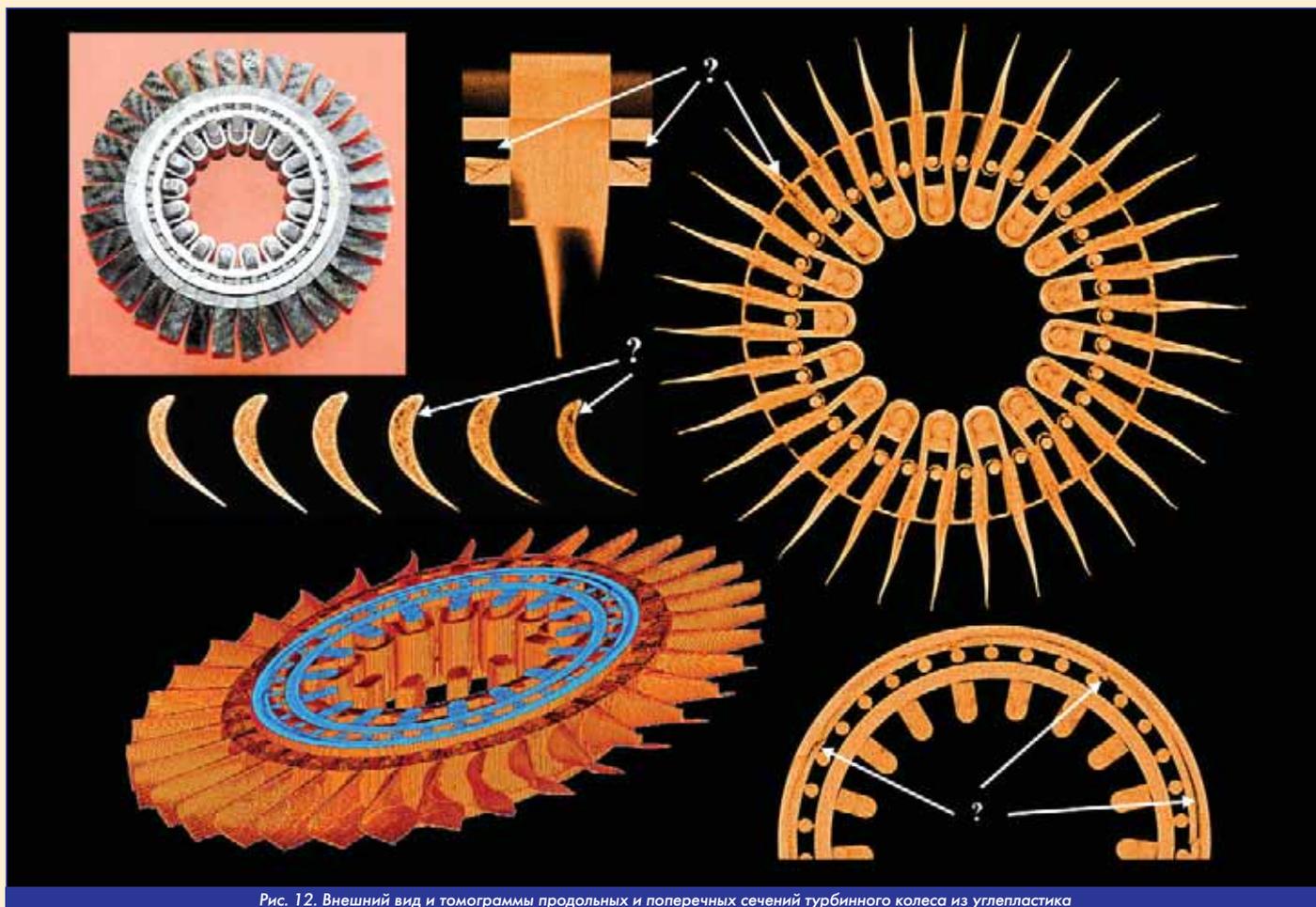


Рис. 12. Внешний вид и томограммы продольных и поперечных сечений турбинного колеса из углепластика

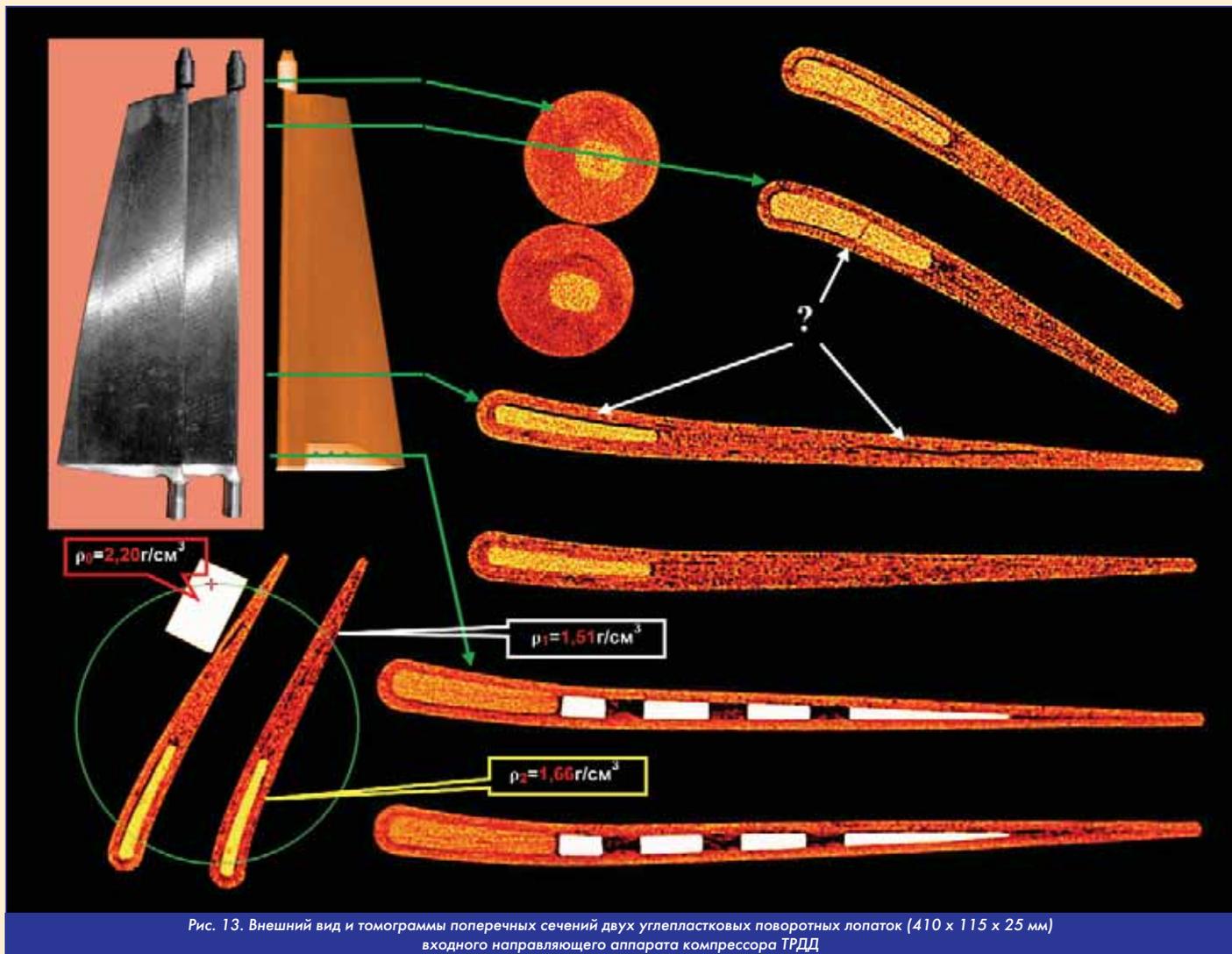


Рис. 13. Внешний вид и томограммы поперечных сечений двух углепластиковых поворотных лопаток (410 x 115 x 25 мм) входного направляющего аппарата компрессора ТРДД

- разноплотности, обусловленные различиями соотношения армирующих волокон и связующего;
- непрочности и расслоения в местах сопряжения разнотолщинных элементов структуры;
- нарушения структуры армирования;
- поры, трещины и плотные включения.

В нижнем левом углу рис. 13 показан пример калибровки абсолютных значений плотности внутренних структур по томограмме с использованием контрольного образца из пирографита, не содержащего смолы и пор, с аттестованной плотностью $\rho_0 = 2,20 \text{ г/см}^3$.

Применение композитов в аэрокосмической промышленности, энергетике, автомобилестроении, судостроении, строительстве и оборонной промышленности переживает в наши дни небывалый виток популярности. От самолетов из многослойных деревянных композитов через эпоху тотального превосходства металлов авиакосмические технологии нового каменного века осваивают легкие, прочные и термостойкие углекомпозитные корпуса, крылья, лопасти, лопатки, турбинные колеса, тормозные диски, керамический режущий инструмент, подшипники, трубопроводы, броню, камеры сгорания и теплозащиту.

В этой связи томографическая диагностика с ее уникальной информативностью при неразрушающем изучении внутренней структуры повышенной сложности представляется чрезвычайно важной для всей технологической цепи создания ответственных конструкций из композиционных материалов.

Приведенные примеры далеко не исчерпывают всех областей применения высокоэнергетических томографов "ПРОМИНТРО" в авиационном двигателестроении и шире - авиацион-

ной промышленности. Это охлаждаемые турбинные лопатки и литейные формы для них, сложное корпусное литье и сварные соединения, клапаны, форсунки, топливораспределительные агрегаты, уплотнительные кольца, подшипники, всевозможные датчики, теплозащита, обтекатели, лопасти, лопатки, турбинные колеса, элементы крыла и другие изделия из композитов и керамики, радиопоглощающие покрытия и многое другое. Однако и этой краткой заметки достаточно, чтобы оценить практические достоинства и уникальность сочетания высокой проникающей способности, высокого пространственного разрешения и режима локальной томографии высокоэнергетических томографов "ПРОМИНТРО".

Авторы признательны многочисленным специалистам КНИИМ, ГосНИИмаш, МАИ, ТПУ, ПМЗ, "Салют", "Сатурн", ЦИАМ, Китайской аэрокосмической академии, ДАСС и Снеста за помощь в определении важных областей применения и внедрении высокоэнергетических томографов "ПРОМИНТРО".

Литература

1. Вайнберг И.А., Вайнберг Э.И. Универсальные компьютерные томографы для отработки технологии и сертификации ответственных промышленных изделий. Критерии выбора. - Двигатель. 2011. №4. С.20-25.
2. Вайнберг И.А., Вайнберг Э.И., Цыганов С.Г. О месте томографической диагностики в повышении качества турбинных лопаток. - Двигатель. 2011. № 6. С.10-13.
3. Вайнберг И.А., Вайнберг Э.И., Цыганов С.Г. Опыт томографической диагностики композитов. - Композитный мир. 2011. № 6. С.8-11.

SMART MIRACLE

КОНЦЕВЫЕ ФРЕЗЫ

АНТИВИБРАЦИОННАЯ СЕРИЯ

ТИПОРАЗМЕРЫ:

- 3-и зуба $\varnothing 1\text{-}\varnothing 20\text{мм}$
- 4-е зуба $\varnothing 2\text{-}\varnothing 25\text{мм}$
- 4-е зуба с угловым радиусом $\varnothing 2\text{-}\varnothing 20\text{мм}$



NEW

Покрытие нового поколения SMART MIRACLE (Al,Cr)N.

Более гладкая поверхность ZERO-μ позволяет получить максимальную остроту режущей кромки и обеспечить большее сопротивление износу для увеличения стойкости инструмента. Инновационная геометрия стружечной канавки способствует снижению нагрузки на зуб и улучшает процесс удаления стружки.

Новое поколение концевых фрез для обработки труднообрабатываемых материалов и сталей.

ООО „ММС Хардметал 000“, a subsidiary of

MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION

107023, г. Москва, ул. Большая Семёновская, д.11 стр.5

ТЕЛ./ФАКС.: +7-495-725-58-85 E-mail : info@mmc-carbide.ru

MITSUBISHI
MITSUBISHI MATERIALS

ЖИЗНЬ ПОСВЯТИЛ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЮ

Благодаря генеральному директору – генеральному конструктору (1994 – 2004 годы) доктору технических наук Евгению Александровичу Гриценко, уникальное двигателестроительное КБ – ОАО "Самарский научно-технический комплекс им. Н.Д. Кузнецова", не закрылось, не обанкротилось за долги, а сохранило свой потенциал в конце XX – начале XXI веков.

Посчитано, что из сотни человек только один способен быть руководителем. А людей, которые могут быть творцами – учеными, конструкторами, и того меньше – наверное, единицы на миллионы землян. Такие люди уникальны по своим дарованиям и бесценны для любой страны мира и ее научно-промышленного потенциала. Одним из таких редчайших по своим природным дарованиям россиян был Евгений Александрович Гриценко. До последнего своего часа, до последнего вздоха он думал, рассчитывал, анализировал, как создавать новые авиационные и вертолетные двигатели, как проводить их государственные испытания, внедряя в серийное производство. Он жил этим сложнейшим делом, в этом была вся его суть – творца и конструктора.

О земных делах Гриценко знали Президенты России, Украины, премьер-министры, губернаторы, руководители самолетной и двигателестроительной промышленности стран СНГ. Его награждали орденами и медалями. А он оставался скромным, доброжелательным, мудрым человеком, который всю свою жизнь без остатка посвятил отечественному двигателестроению.

Важность учебы

С Финской войны в 1940 году отец Евгения политрук Гриценко пришел уже тяжело больным. Через несколько месяцев, в 33 года, в возрасте Христа – умер. На руках у молодой вдовы остались малолетние сын и дочь. Она не растерялась под грузом ежедневных проблем. Так работала бухгалтером на железной дороге, что удостоилась ордена Ленина. Редкость для такой профессии. В Великую Отечественную войну чтобы сносно кормить детей да больную сестру, содержала огород. Маленький, худющий сынок Женя, как мог, помогал матери содержать грядки, носил воду для полива, колот дрова. А вот учился в школе из рук вон плохо. Смышленный, озорной мальчуган любил улицу, друзей. Не до учебы. Школьные учителя советовали матери выдрать сына, как следует, чтобы за ум взялся и не прогуливал уроки. Несмотря на все проделки сына мать, ни разу в руки не взяла ремень. Только гладила по голове сорванца, печально смотрела в глаза и просила одуматься и хорошо учиться, иначе в жизни будет трудно. Буквально до 5-го класса продолжались материнские уговоры: бросить улицу, развеселую, дворовую компанию ребят, у многих из которых на Великой войне полегли отцы и старшие братья. А вот в пятом классе Евгений словно посмотрел на себя со стороны. Разве он не может учиться так же, как первые по успеваемости в их классе ребята? Ему ведь неоднократно говорили в школе, что с его вели-



В рабочем кабинете

колепной памятью можно стать круглым отличником... Среднюю школу № 12 Евгений Гриценко закончил с золотой медалью.

Одаренного, статного юношу профессор из Московского физико-технического института звал поступать в этот вуз, тогда еще только выделившийся из знаменитого МГУ. Однако Евгения манила авиация. Он мечтал сконструировать авиационные двигатели, считал, что эта профессия наиболее перспективная. Без экзаменов, после собеседования его приняли в 1952 году в Куйбышевский авиационный институт на кафедру двигателестроения.

Талантливый парень учебу совмещал со спортом – футболом, шахматами. Играл за сборную вузов Куйбышева "Буревестник" на первенстве России. Давал сеансы одновременной игры на 32 шахматных досках в местном железнодорожном техникуме. В "День Железнодорожника" выступал с сеансами одновременной игры в городском парке культуры и отдыха. Играл и по памяти:

слепую.

За полгода до окончания института Евгений размышлял: какую профессию выбрать – конструктора или технолога. Он думал, что если станет конструктором, то технологию производства не изучит и не освоит. Поэтому и выбрал технологию. Дипломный проект разрабатывал по основной теме: "Создание механического цеха на заводе", а по специальной теме создавал проект – "Обработка шестерен дробью для повышения их прочности".

До мельчайших деталей Евгений разработал механический цех. Подготовил все необходимые чертежи, расчеты. Специальную тему тоже создал основательно. Обработка деталей дробью в конце 50-х годов прошлого века считалась прогрессивным методом, который в нашей промышленности только внедрялся. В госкомиссии на защите дипломных проектов в феврале 1958 года находился пожилой и опытный главный технолог серийного Куйбышевского завода имени М.В. Фрунзе (нынешний "Моторостроитель"), Владимир Ковачич. Он являлся противником обработки деталей дробью для повышения прочности, что значительно усложняло производственный процесс. Во время защиты проекта он замучил Гриценко различными вопросами. Провал защиты казался неминуемым. Неожиданно за Евгения вступился сам председатель госкомиссии генеральный директор – генеральный конструктор Куйбышевского ОКБ Н.Д. Кузнецов. Он довольно громко сказал Ковачичу, что тот зря цепляется к студенту, который хорошо разбирается в непростом вопросе. В итоге за дипломный проект Гриценко получил отличную оценку.

При распределении выпускников КуАИ на места будущей ра-

боты Евгений выбрал создавшееся в родном городе в тот период Куйбышевское конструкторское бюро машиностроения (ККБМ) при серийном моторостроительном заводе. Это КБ было филиалом головного ОКБ Кузнецова. Хотя у Гриценко, как у одного из лучших по успеваемости выпускников, имелась возможность работать в любом научном центре или серийном двигателестроительном заводе страны, в том числе в столице. Так молодой инженер стал инженером-конструктором в филиале головного ОКБ. Молодого подающего надежды работника ещё с защиты диплома приметил сам генеральный конструктор, Герой Социалистического труда, академик Николай Дмитриевич Кузнецов.

И все-таки, в первый год работы в ККБМ у Евгения имелись сомнения, раздумья, как жить, где найти наиболее лучшее применение своим силам. Он практически профессионально играл в футбол. Его звали в различные футбольные команды. Имелись и перспективы и на шахматном поприще. Он вполне мог стать спортсменом. Только выбрал для себя многотрудную деятельность инженера-конструктора и остался ей верным всю жизнь.

Конструкторская судьба в "НК"

За полвека работы в авиации великой державы Николай Дмитриевич Кузнецов создал уникальную школу отечественного двигателестроения, само ОКБ с филиалами, научно-производственную кооперацию и более 50 самолетных, ракетных, наземных для газоперекачивающих агрегатов двигателей. Это НК-12МВ с модификациями для стратегического бомбардировщика Ту-95, пассажирского трансатлантического лайнера Ту-114; НК-12МА для грузового могучего самолета Ан-22 "Антей"; НК-22 для стратегического бомбардировщика Ту-22М; НК-144 для сверхзвукового пассажирского лайнера Ту-144; НК-25 для Ту-22М3; НК-32 для стратегического бомбардировщика Ту-160; НК-86 для широкофюзеляжного лайнера Ил-86; НК-8-2У для среднемагистрального лайнера Ту-154Б; НК-33 для "Лунной ракеты" генерального конструктора С.П. Королева; наземные двигатели НК-16СТ, НК-36СТ, НК-38СТ для газоперекачивающих агрегатов и другие. В создании многих кузнецовских двигателей непосредственное участие принимал конструктор Е.А. Гриценко. Учителем и наставником Евгений Александрович считал выдающегося русского ученого и конструктора, генерального директора - генерального конструктора ОКБ в Куй-

бышеве академика Кузнецова. Гриценко занимался доводкой узлов и агрегатов, повышением ресурса, испытаниями, внедрением новых изделий в серийное производство.

В филиал предприятия Гриценко пришел на работу в период внедрения в серийное производство знаменитого в авиации двигателя НК-12 и его доводки. В цехах завода возникла масса различных производственных вопросов. Молодой инженер подружился с рабочими, мастерами, начальником цеха Манаевым, который трудился на этой должности еще со времен войны. Производство он знал досконально, мог выполнить самую сложную задачу точно и на высшем уровне. Многие Гриценко перенял для себя у этого замечательного специалиста. При этом Евгений следил за работой цеха, регулярно проводил авторский контроль выпущенных деталей. Проверял их качество различными видами контроля. Порой требовал готовые детали перемерять. Для выявления многочисленных отклонений в производстве от конструкторской документации, которые в конечном итоге могли отразиться на работе двигателей, вкальвал, порой, не считаясь со временем. Надо было любой ценой увеличивать ресурс НК-12, у которого вначале серийного производства в 1955 году он составлял всего 100 часов.

В 1958 году после проведенной работы, в том числе и с участием специалистов ККБМ Гриценко и других создается новый НК-12МВ. Если первый двигатель этой серии имел ресурс всего 50 часов, то последний - 200 часов. Именно с надежным НК-12МВ для авиации ПВО стал серийно производиться самолет Ту-126.

В Куйбышевском конструкторском бюро машиностроения - филиале головного ОКБ, которое ныне ОАО "Самарское конструкторское бюро машиностроения" Евгений Александрович с 1958 по 1983 годы прошёл путь от инженера-конструктора III категории до первого заместителя главного конструктора - руководителя предприятия. Причем он не просто трудился, как многие, а каждую должность осваивал досконально. Такой подход к порученному делу выделял молодого конструктора среди многих других тружеников ККБМ. В 1983 году генеральный конструктор ОКБ Николай Кузнецов предложил Евгению Гриценко стать главным конструктором - руководителем предприятия Казанского проектного конструкторского бюро, нынешнее ОАО "КП "Авиамотор". За семь лет работы Евгений Александрович в несколько раз увеличил производственные и конструкторские площади предприя-



Руководство ОАО "СНТК им. Н.Д. Кузнецова" (2001 г.):
сидят, слева направо: В.С. Анисимов, С.М. Игначков, Е.А. Гриценко, А.В. Зуев, П.Л. Бакаушин;
стоят, слева направо: В.Н. Орлов, Л.М. Ширкин, В.И. Чернышев, В.И. Павлов, Р.В. Харламов, В.И. Бузняков, Е.Н. Субботин



На праздновании 100-летия со дня рождения Н.Д. Кузнецова

тия, развернул жилищное строительство. Работники стали получать квартиры, в очереди на которые стояли по много лет. При этом руководитель не провалил ни одного производственного задания. Благодаря его работоспособности и энергии были повышены ресурсы НК-8-2У для лайнера Ту-154Б, НК-86 для самолета Ил-86, создан двигатель для боевого экраноплана "Лунь". В кратчайшие сроки разработан и внедрен в серийное производство двигатель НК-16СТ для газоперекачивающего агрегата, который крайне необходим был Газпрому Советского Союза. В тот период строился газопровод "Уренгой - Помары - Ужгород". Американцы по политическим соображениям отказались продавать русским газоперекачивающие агрегаты. ЦК КПСС и Совет Министров СССР поручили ОКБ Кузнецова создать двигатель для ГПА. Эту работу блестяще в минимальные сроки выполнил Евгений Гриценко и руководимый им коллектив КПБМ.

В 1990 году учитель и наставник, знаменитый советский конструктор двигателей Н.А. Кузнецов предложил Е.А. Гриценко должность главного конструктора - первого заместителя генерального директора в головном ОКБ в Куйбышеве. Но наступили тяжелые времена. Финансирование к 1992 году огромного научно-производственного предприятия, из-за проводившихся в стране, мягко говоря, необдуманных реформ, практически прекратилось. Под руководством Гриценко разрабатывается ряд программ по созданию перспективных двигателей, которые предлагаются руководству Министерства промышленности РФ. Они одобряются. ...Только денег не выделяется ни копейки. Огромное ОКБ стремительно катится в пропасть банкротства и разорения. С предприятия уходят сотрудники. Женщины с детьми однажды перегородили дорогу, по которой ездил генеральный директор - генеральный конструктор Кузнецов, требуя выплаты заработной платы себе и мужьям, которую ОКБ задолжало за несколько месяцев. В этот самый сложный период уходит на пенсию из-за болезни и преклонного возраста бессменный в течение многих лет руководитель Н.Д. Кузнецов. Преемником великого конструктора становится Е.А. Гриценко. Все его мысли направлены на то, как сбросить родное ОКБ от разорения и довести до металла перспективный НК-93, предложенный еще гениальным учителем. Но где на этот многообещающий, весьма дорогостоящий проект взять сред-



ства? Несмотря на поддержку Правительства РФ, из бюджета поступают какие-то крохи. ОКБ в долгах, как в шелках. И тогда Гриценко решает на торговую сделку с американской фирмой "Аэроджет", специалисты которой на одной из первых в России выставок "Авиадвигатель" заинтересовались русским многоцелевым, уникальным по своим техническим характеристикам ракетным двигателем НК-33.

После закрытия "Лунной программы" в СССР, ЦК КПСС и Совет Министров СССР распорядились утилизировать все уже готовые ракеты и двигатели. Генеральный конструктор Кузнецов сильно рисковал, но приказал... спрятать в ОКБ секретные ракетные "НК-33". Двад-

цать лет они находились на консервации! В начале 90-х годов по распоряжению Гриценко их извлекли на свет божий, продули сжатым воздухом системы. И двигатели заработали. Долго и трудно шли переговоры с американцами, которые хотели купить НК-33 по цене почти металлолома. Их реальную стоимость смог доказать Гриценко. Американцы поняли, что для создания таких перспективных двигателей им понадобятся годы и миллиарды долларов, и они согласились с той ценой, которую предложил генеральный директор - генеральный конструктор СНТК им. Н.Д. Кузнецова Евгений Александрович Гриценко. НК-33 проверили на американском испытательном стенде в городе Сократомо. Русские двигатели своими характеристиками произвели фурор среди американских конструкторов. У американцев таких не было. Более 100 многоцелевых ракетных НК-33 приобрели американцы.

Вырученные деньги от выгодной торговой сделки Евгений Гриценко пустил не на дорогие иномарки, виллы, или личный счет в иностранном банке, он не сделался в одночасье олигархом, а направил на поддержание своего СНТК и создание перспективного самолетного НК-93. На Международном авиакосмическом салоне в 2001 году в подмосковном городе Жуковском этот двигатель удивил своими характеристиками и конструкцией всех двигателестроителей мира. Самарцы вместе со своим генеральным конструктором Гриценко в сложнейших финансово-экономических условиях создали самый лучший в мире в своем классе двигатель, который предполагалось устанавливать на Ту-204, Ил-96, продавать за рубеж.

Ценой огромных усилий Гриценко добился его летных испытаний на самолете-лаборатории Ил-76. Уже в первом полете НК-93 показал выдающиеся показатели по расходу топлива, экономичности. К сожалению, нашлись силы в нашей стране, которые все сделали для остановки испытаний и торпедирования перспективного двигателя. С летающей лаборатории он был снят, при этом поврежден и отправлен в СНТК, словно ненужный для отечественной авиации и мирового двигателестроения. Спустя несколько лет в США и ЕС двигателестроители пошли по пути создания перспективных изделий, которое в свое время предложил Николай Кузнецов, а в металле создал Евгений Гриценко.

В 2004 году акционеры СНТК решили всю полноту власти на

уникальном самарском предприятии передать не специалисту двигателестроителю с огромным авторитетом, стажем и опытом, а, в общем-то, хорошему летчику, которого назначили генеральным директором. А Гриценко предложили стать его заместителем и заниматься конструкторскими вопросами. Евгений Александрович выступил против этого. Доказывал, писал, что такое разделение полномочий только нанесет вред "СНТК", сложившейся производственной кооперации, в которую входили несколько серийных заводов, бывшие филиалы ОКБ, ставшие к тому времени самостоятельными. К мнению Гриценко не прислушались. В сложившейся обстановке он уже не мог нормально работать. Поэтому и написал заявление об уходе с работы. Покинул родное предприятие, которому отдал 40 лет жизни и труда. Это был поступок настоящего генерального конструктора. Он оказался прав на все сто процентов. Мощная кузнецовская научно-производственная кооперация распалась. А "СНТК", переименованное в ОАО "Кузнецов", стало стремительно терять кадры и деградировать.

С того же 2004 года Евгения Гриценко пригласили работать генеральным конструктором в совместное российско-украинское предприятие ЗАО "Двигатели "Владимир Климов - Мотор Сич", которое возглавил президент, председатель совета директоров Анатолий Ситнов (генерал-полковник, начальник Вооружения ВС РФ с 1994 по 2001 год). Уже пожилой, прошедший тяжелые жизненные и трудовые университеты конструктор и производительница весьма энергично занялся сертификацией двигателей, организацией конструкторской деятельности, досконально изучил новую для себя тематику - вертолетные двигатели.

Так новейший и перспективный вертолетный двигатель ТВ3-117ВМА-СБМ1В, созданный в Запорожье в АО "МОТОР СИЧ", никак не мог пробить дорогу к российским потребителям. Однако им весьма заинтересовался министр обороны России Анатолий Сердюков, который понял, что с этим новым запорожским двигателем российские Ми-24, Ми-8, Ми-17, Ми-28Н, Ка-52 станут эффективнее на 30...40 %, чем с прежними. Из-за противодействия в России некоторых руководителей решили провести государственные стендовые испытания не в специализированном российском конструкторском центре с необходимыми стендами, приборами, специалистами, а в Гатчине, в военном авиаремонтном заводе, что вызвало удивление у многих российских специалистов. Пришлось создавать там специальный испытательный стенд, подготавливать специалистов. Этим важным делом занялся генеральный

конструктор Е.А. Гриценко и довел всё до логического завершения. В 2011 году госкомиссия выдала государственный сертификат в России на новый запорожский двигатель.

Впереди предстояли летные испытания нового запорожского изделия на российском вертолете. Трудно было их организовать. К намеченной цели Евгений Александрович шел поступательно, точно рассчитывая свои действия. Можно было надеяться, что опытный, уважаемый в промышленности, в Минобороны, в науке генеральный конструктор "ВК-МС" блестяще справится и с этой трудной задачей. Только изношенное за годы жизни и труда сердце не выдержало чрезмерной каждодневной нагрузки. В иной мир Евгений Александрович ушел неожиданно для всех, кто его знал, ушел полный задумок, планов, проектов, направленных на то, чтобы российская авиация и двигатели были лучшими в мире. На любой должности Евгений Александрович Гриценко являлся весьма уважаемым и авторитетным руководителем. Он, действительно, был одним из последних настоящих генеральных конструкторов, болеющим душой за авиацию и свое Отечество. **П**

Александр Григорьевич Бабакин,
член Союза писателей России, полковник запаса



Выставка HeliRussia-2012. Экспозиция АО "МОТОР СИЧ". Последние встречи...

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ. МОДЫ ФУРЬЕ

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

Неустойчивость является частным случаем теории турбулентности. Все основные положения неустойчивости работы двигателей на химическом топливе базируются на уравнениях для турбулентных течений. Одним из интереснейших разделов теории неустойчивости является гармонический анализ, основанный на учении о тригонометрических рядах Фурье. Отмечается, что первый член ряда Фурье является основным тоном (модой) и определяет высоту звука. Последующие члены ряда Фурье представляют собой обертоны, а их сочетание определяет тембр звука. На базе торсионно-волновой парадигмы возможно проведение гармонического анализа в ЖРД.

В предыдущей работе [1] было показано, что некоторые турбулентные образования, такие как вихри, торсионные жгуты и винтовые течения могут приводить к появлению пространственной периодичности. А например, вихрь, установившийся в донной области, может быть описан цилиндрической функцией. При этом близлежащие слои жидкости или газа благодаря силам трения будут воспринимать со стороны вихря пульсационные воздействия. В определенных случаях в этих областях возникает местный колебательный процесс. Представим себе мысленно следующий эксперимент. Твердый вращающийся диск почти касается вертикально установленной сверху от него трубки. В трубке свободно движется шарик, периодически соприкасаясь с диском. Понятно, что при вращении диска шарик будет совершать колебательные движения, так как под действием вращения он будет отскакивать от диска, а под действием гравитационной силы к нему постоянно стремиться. Частота колебаний шарика будет зависеть от угловой скорости вращения диска, и чем она больше, тем частота будет меньше. Данный мысленный опыт иллюстрирует естественный переход вращательной энергии диска в колебательную энергию шарика. Очевидно, что данный процесс является автоколебательным, так как со стороны диска происходит постоянная подпитка энергией. В двигателях, работающих на химическом принципе (ЖРД, РДТТ, ГРД и др.) при определенных условиях также возникает колебательный процесс. Он сопровождается возникновением неустойчивости в работе. Понятно, что процесс без колебаний всегда будет устойчив и тогда не возникает проблем по части прочности. Но, если бы двигатель мог работать, не разрушаясь из-за недостаточной прочности, то тогда можно было бы вполне резонно говорить о том, что процесс в камере сгорания устойчив. Видимо в перспективе, когда конструкции будут достаточно прочными, произойдет переход к условиям, когда газодинамический процесс и процесс горения будут колебательными. Ведь понятно, что при таком колеблющемся потоке перемешивание продуктов сгорания будет весьма эффективным. Такой способ позволит решить проблему гиперзвукового горения, так как скорость поперечных колебаний, зависящая от частоты, будет соизмерима со скоростью компонентов в продольном направлении. На практике уже рассматривалось вибрационное горение [2], предполагающее малые амплитуды. Но вполне возможны и значительные амплитуды при сохранении сверхвысоких частот.

В работе [1] также было показано, что автоколебательный процесс является акустическим солитоном, то есть дисперсия, возникающая в данном процессе, компенсируется нелинейностью этого процесса. Это уникальное свойство характерно и для процессов турбулентности и для процессов неустойчивости. Схожесть их говорит об одной природе возникновения. Не случайным является тот факт, что уравнения, полученные без учета сопротивления, по внешнему виду совпадают с уравнениями полученными строго для автоколебательного процесса. Вспомним, что уравнение для автоколебательного процесса имеет вид уравнения для

линейного осциллятора. Проследим за цепочкой действий, полученных не точно, но позволивших получить похожее уравнение, полученное точно. Берем любую книгу по акустике. Первое, что мы видим - это игнорирование уравнения Навье-Стокса. Почти всегда трение не учитывается, а используется уравнение Эйлера. Второе: почти во всех известных случаях рассматривается двумерная задача. При этом делается ссылка на то, что практически все конструкции осесимметричны. Третье допущение состоит в том, что выбрасываются из рассмотрения нелинейные члены. При этом, как известно, теряются весьма важные решения (сглаживаются пики давления, могут теряться экстремумы и т. д.). Четвертое допущение предполагает малость изменения активных параметров. Выбрасываются все члены из разложения ряда выше первого. Пятое допущение гласит о том, что выбрасываются из рассмотрения малые, относительно больших, члены уравнения.

После всех процедур "издевательства" над уравнением Навье-Стокса получают очень изящное классическое волновое уравнение. Исследователи успокаивают себя: "Ведь было классическое уравнение Навье-Стокса, а стало не менее классическое волновое уравнение математической физики". Более того появилась надежда его решить методом разделения переменных Фурье, а главное, появилась ясная гарантия того, что решения уравнения будут иметь колебательный вид. И действительно, если применить метод Фурье, для уравнения записанного в цилиндрических координатах, то оно распадается на два: Бесселя и Неймана. Уравнение Бесселя немедленно начали решать и получили разложение в ряд по "бесселям", а вот с уравнением Неймана возникли трудности и его решали численно. Решение уравнения Бесселя считается точным решением в задаче о неустойчивости, при этом первый член разложения называют главной модой колебания. Последующие члены характеризуют обертоны. Если задуматься над данным утверждением, то следует считать, что первый член ряда Бесселя (константа игнорируется) совпадает с первым членом ряда Фурье, полученном при точном решении уравнения Навье-Стокса. Справедливо ли это?

В практике обычно предполагают, что решения волнового уравнения будут колебательными. Это дает основание его упростить и перейти к уравнению Гельмгольца, но тогда при одномерном случае оно (уравнение Гельмгольца) превращается в тривиальное уравнение для осциллятора без сил трения. Чего и требовалось ожидать. Но!.. Такое же уравнение было получено после точного решения уравнения Навье-Стокса. Правда, в отличие от рассмотренного ранее в последней работе [1] рассматриваются колебания в каждой точке заданного пространства камеры сгорания, например ЖРД. А именно, в каждой точке заданного пространства можно описать автоколебательный процесс если он при этом имеет место.

Таким образом, автоколебательный процесс - это чистая гармоника. Но известно из практики ЖРД, что чистых гармоник в камере обычно не получается. Получается сложная суперпозиция обертонов, придающих уникальный тембр звучанию.

Жан Батист Жозеф Фурье. Выдающиеся открытия



Жан Батист Жозеф Фурье, знаменитый французский математик и физик, родился 21 марта 1768 г. Основным его сочинением был трактат под названием "Аналитическая теория тепла", ставший вехой в математической физике, где он развил математическую теорию теплопроводности. Лорд Кельвин назвал эту теорию великой математической поэмой. Фурье развил методы решения уравнения теплопроводности при различных граничных условиях, тем самым заложив основы математической физики. Его метод разделения переменных является универсальным инструментом при решении многих задач математической физики. Но поистине уникальное открытие им было сделано после того, как он разработал учение о представлении функций в виде тригонометрических рядов, которое ему потребовалось для решения своих уравнений. Его работы в этом направлении привели к новому взгляду на понятие функции. Появились понятия функции действительного переменного и функции комплексного переменного. В дальнейшем это учение было развито великими математиками Вейерштрассом, Дирихле и др. Представленная теория Фурье, изложенная в "Аналитической теории тепла" поначалу была подвергнута критике со стороны известных математиков: Эйлера, Даламбера, Бернулли и Лагранжа. Ранее теория тепла строилась на подходах Лапласа, основанных на механическом детерминизме и использовала ньютоновскую механику. Но вскоре основоположники данного учения были вынуждены принять новую теорию Фурье как исходную точку науки нового типа [3]. Вторым предметом притязаний, перечисленных ученых было то, что Фурье не удалось при жизни доказать сходимость его рядов, но это позже изящно сделал Дирихле.

Разработанная теория Фурье по представлению функций в виде тригонометрических рядов позволила проводить так называемый гармонический анализ процесса неустойчивости ЖРД. Другими словами, гармоническим анализом называется процедура разложения искомой функции в ряд Фурье. Для чего же это надо делать и какую пользу приносит подобное разложение? Все очень просто - члены бесконечного ряда Фурье являются обертонами. То есть, разлагая любую функцию в такой ряд, получаем сумму бесконечного количества оттенков звучания. Каждый член ряда - это мода, или тон, или нота. Каждой моде соответствует определенная частота. Первый член ряда, не считая свободного члена, называется основным тоном и определяет высоту звучания

Гармонический анализ неустойчивости ЖРД

сложного звука. Последующие члены (обертоны) определяют окраску звука (тембр). Амплитуда обертона уменьшается с увеличением его порядка. Математически ряд Фурье записывается следующим образом

$$f(x) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos kx + b_k \sin kx),$$

где

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx,$$

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos kx dx,$$

$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin kx dx,$$

Искомую функцию $f(x)$ можно представить путём группирования членов и ввода понятия местной амплитуды A_k и фазы колебательного процесса φ_k

$$f(x) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \sin(kx + \varphi_k).$$

Вводя далее понятие периода $T = 2\pi/\omega$ верхнюю формулу можно переписать:

$$f(t) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \sin(k\omega t + \varphi_k).$$

Последняя запись характеризует представление произвольных гармонических колебаний с кратными частотами. При этом первый член под суммой, имеющий вид $A_1 \sin(\omega t + \varphi_1)$, определяет высоту звука или основной тон (моду). Важно то, что все периоды слагаемых соизмеримы между собой, то есть их отношения равны рациональным числам. В случае несоизмеримости периодов речь может идти только о шуме, то есть о сочетании слагаемых как о беспорядочно меняющихся сложных тонах. В отличие от звука, акустический спектр шума будет сплошным.

Интегралы коэффициентов тригонометрического ряда определяются либо аналитически с использованием положений торсионно-волновой парадигмы [4], либо численно по осциллограмме запуска ЖРД.

Литература

1. Ю.М. Кочетков. Турбулентность и автоколебательный процесс в ЖРД. // Двигатель № 3, 2012 г.
2. Раушенбах Б.В. Вибрационное горение. М. Государственное издательство физико-математической литературы, 1961.
3. Р.З. Кавтарадзе. Локальный теплообмен в поршневых двигателях. М.: изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001 г.
4. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Торсионно-волновая парадигма. // Двигатель № 4, 2011 г.

ИНФОРМАЦИЯ

Оборонное научное агентство DARPA решило ускорить разработку гиперзвуковых летательных аппаратов в ходе программы ИН, которая призвана решить технические проблемы гиперзвукового полета. Пентагон твердо придерживается позиции: гиперзвуковые технологии способны обеспечить военное доминирование и необходимы для решения будущих национальных задач в сфере безопасности.

Первые полномасштабные испытания нового гиперзвукового самолета под названием X-plane (НХ) состоятся уже в 2016 г. Он будет запускаться ракетой-носителем и после выполнения задания опускаться на землю с помощью парашюта, что снизит технологические риски разработки и позво-

лит увеличить интенсивность тестирования перспективных гиперзвуковых систем оружия.

Американские военные рассчитывают, что гиперзвуковой полет на высоте 76 км и скорости 20 М позволит доставить полезную нагрузку в течение одного часа в любую точку планеты. При этом не придется использовать неядерные баллистические ракеты, пуск которых может спровоцировать ответный ядерный удар. Да и против гиперзвуковых средств нападения и разведки пока ещё нет надёжных систем ПВО.

В рамках программы ИН будут выполнены масштабные исследования гиперзвуковых технологий по пяти основным направлениям: системы теплозащиты; аэроди-

намика, наведение, навигация и управление, оборудование и двигатели.

На скорости 20 М самолет НХ нагреется до температуры более 2000 °С - это больше, чем в доменной печи, где плавят сталь. До сих пор проблемы с нагревом и последующим разрушением обшивки являются основной причиной неудачных испытаний гиперзвуковой ракеты Х-51 и гиперзвукового бомбардировщика НТВ-2.

Если программа ИН будет реализована, то американские военные получат оружие глобального удара с дальностью стрельбы свыше 37 тыс. км. Это позволит США со своей территории наносить удары по объектам в любой точке планеты.

ПРОБЛЕМАТИЧНОЕ НАЧАЛО И ДРАМАТИЧЕСКИЙ КОНЕЦ РАЗРАБОТКИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ Н1

Вячеслав Фёдорович Рахманин,

главный специалист ОАО "НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко"

(Продолжение. Начало в № 6 - 2011, 1-3 - 2012)

К разработке проектной документации двигателей для первой, второй и третьей ступеней ракеты Н1 в ОКБ Кузнецова приступили в октябре 1960 г., сразу же после получения из ОКБ-1 технического задания на выпуск эскизного проекта. Наше дальнейшее изложение разработки двигателей для Н1 ограничивается только двигателем первой ступени, т.к. история создания ракеты Н1 завершилась на этапе лётных испытаний этой ступени, до работы в составе ракеты двигателей остальных ступеней дело так и не дошло.

Выполнение эскизного проекта двигателей для РН Н1 в ОКБ Кузнецова началась не на пустом месте, имелся конструкторский задел и опыт работ по созданию двигателя 8Д517 (один из 4-х двигательных блоков тягой 35 тс двигателя НК-9 (8Д717), разрабатываемого с 1959 г для боевой ракеты Р-9А. В процессе этого первого для себя опыта разработки ракетных двигателей конструкторы из ОКБ Кузнецова посетили в середине 1959 г. ОКБ-456. Это было их первое знакомство с "живым" ЖРД. В.Н. Орлов, заместитель главного конструктора в ОКБ Кузнецова, в уже упомянутой книге так вспоминает об этом посещении: "Главный конструктор ЖРД В.П. Глушко на базе своего опыта по созданию ЖРД согласился провести у себя в ОКБ техучёбу со специалистами ОКБ Кузнецова, которые работали у них в ОКБ в течение двух недель и знакомились с опытом доводки двигателя.

Перед приездом наших сотрудников Глушко собрал у себя начальников отделов и бригад и сказал: "Рассказывайте им всё, они ещё не скоро поймут, что такое ЖРД. Чтобы создать работоспособный коллектив, Кузнецову понадобится 6 - 7 лет, а может быть, и больше. Конкурентами они нам никогда не станут. Мы за этот период далеко уйдём вперёд". Но Николай Дмитриевич сумел так увлечь коллектив, создал такую обстановку вокруг ЖРД, что через 3 - 4 года обошёл их по всем статьям".

(По поводу содержания приведённой цитаты сделаю две ремарки.

Первая. Указание Глушко в канун приезда конструкторов из ОКБ Кузнецова автор книги Орлов, естественно, не мог слышать. Об этом, видимо, ему рассказали работники ОКБ Глушко. Ныне здравствующие ветераны НПО Энергомаш, не претендуя на точное воспроизведение слов Глушко, подтверждают смысловое содержание первой части его указания.

Вторая. В чём же коллектив ОКБ Кузнецова через 3 - 4 года "обошёл по всем статьям" ОКБ Глушко? Ни один из ЖРД, разрабатываемых в ОКБ Кузнецова, до сих пор, а прошло уже более 50 лет, так и не был в эксплуатации в составе ракет. А отклонённый в эскизном проекте ОКБ-1 двигатель 11Д43 на топливе АТ+НДМГ в составе ракеты УР-500 (РН "Протон") 16 июля 1965 г. начал свою продолжающуюся до наших дней лётную эксплуатацию. Может быть автор имел ввиду, что его ОКБ "обошло" ОКБ Глушко в участии в проекте Н1? Так это, как показали дальнейшие события, стало "пирровой победой").

Во время "техучёбы" будущие конструкторы ЖРД оставили двойное впечатление. Они довольно хорошо разбирались в конструк-

ции и работе турбины и насосов, топливные клапаны называли на авиационный манер кранами, не проявляя большого интереса к их устройству, а вот камера и газогенератор для них были книгой за семью печатями. С какой-то внутренней опаской они воспринимали давление 60 атм в камере ЖРД ракеты Р-7, а ведь им предстояло разрабатывать камеру с давлением газов 100 атм. Конструкторы нашего ОКБ, имеющие опыт создания двигателей для Р-7 и Р-12, удивлялись наивности задаваемых технических вопросов будущими разработчиками этих агрегатов как по конструкции и технологии изготовления, так и, особенно, по организации смесеобразования, горения и охлаждения. Но отвечали им честно, без ухмылок и подначек и только в своём кругу позволяли шутки по отношению к профессиональной неподготовленности гостей. После знакомства с конструкцией по чертежам и по общему виду находящихся в сборочном цехе двигателей для ракеты Р-7 и Р-9А, гости сделали в спецблоках зарисовки отдельных конструкторских узлов камеры, газогенератора, ТНА, некоторых клапанов.

Изучение особенностей конструкции ЖРД в ОКБ Глушко и собственный опыт создания газотурбинных двигателей позволили начинающим в области ЖРД конструкторам создать в стиле авиационных традиций лёгкую, изящную конструкцию макета двигателя 8Д517. Далее воспользуемся текстом из книги В.Н. Орлова: "В конце 1959 г. макет этого двигателя, отправленный в ОКБ Королёва, привёл в восторг его специалистов. В доводке двигателя 8Д517 встретились определённые трудности, связанные с появлением высокочастотных пульсаций детонационного типа в камере сгорания. [...] ОКБ Кузнецова совместно с институтами НИИТП и ЦИАМ предстояло изучить и понять протекающие в камере сгорания процессы и разработать мероприятия по подавлению высокочастотных пульсаций. [...] Большую помощь в решении этой проблемы оказали заместитель начальника ЦИАМ В.Р. Левин и научный сотрудник ЦИАМ доктор технических наук В.Е. Дорошенко. [...] Работа по двигателям 8Д517 была приостановлена в конце 1963 г."

Так что выполнение эскизного проекта проводилось одновременно с разработкой двигателя для ракеты Р-9А. В состав эскизного проекта вошли принципиальная схема однокамерного кислородно-керосинового двигателя НК-15 (11Д51) тягой 150 тс с давлением в камере сгорания 150 атм, работающего по замкнутой схеме, его внешний облик, эскизные проработки конструкции основных агрегатов, а также расчёты: термодинамический, газодинамический, прочностной, увязка потребной мощности насосов и располагаемой мощности турбины и др. Всё это было обобщено и направлено в ОКБ-1 для включения в эскизный проект ракеты Н1 в качестве его составной части.

Разработка рабочего комплекта конструкторской документации двигателя НК-15 началась по техническому заданию, выданному ОКБ-1 после выхода правительственного Постановления от 24.09.62 г., открывшего "зелёный свет" работам по ракете Н1 и определившего ОКБ Кузнецова разработчиком двигателей первых трёх ступеней. Чертежи двигателя оперативно передавались на за-

вод-изготовитель и в 1963 г. был изготовлен полноразмерный макет двигателя НК-15.

Правительственное Постановление от 3 августа 1964 г. об использовании ракеты Н1 в рамках отечественной Лунной программы по мысли руководителей предприятий, участвующих в этой программе, должно было способствовать интенсификации работ. Исходя из этих соображений, Кузнецов решил проинформировать ведущих работников ОКБ-276 о принятых решениях. По воспоминаниям В. Панкратова (газета "Воздушный транспорт", № 14, 1991 г.) это происходило так: *"Наш Генеральный конструктор Н.Д. Кузнецов, вернувшись на днях из Москвы, окрылённый ценными руководящими указаниями, собрал партхозактив, вынул из нагрудного кармана сложенный вчетверо листок и выдал на полном серьёзе в притихший актовый зал: "Будем, товарищи, не просто работать, а ударно работать. Наша лунная программа "наверху" провозглашена "национальной задачей номер один!". Лица многих присутствующих по гамме чувств ничем в этот момент не отличались от физиономий граждан эпохи недоразвитого капитализма из заключительной сцены "Ревизора"...".* Работники ОКБ на себе уже ощутили все трудности разработки двигателей НК-9 и НК-15, а повышение значимости создания двигателей для Лунной программы автоматически приводило к росту ответственности за успешное её выполнение.

В процессе создания ЖРД, особенно в начальный период отечественного двигателестроения (начало 60-х годов XX века я отношу



НК-15 (11Д51)

к этому периоду), наиболее трудоёмкой и длительной являлась стендовая отработка (доводка) первоначально спроектированной конструкции. На этом этапе разработки по результатам автономных прочностных, гидравлических и огневых испытаний в конструкцию практически всех агрегатов двигателя вносятся изменения. Для внесения эффективных изменений требуется опыт разработчика агрегата, интуиция конструктора, основанная на личном опыте доводки. А у конструкторов ОКБ Кузнецова это было наиболее слабым местом в процессе создания ЖРД. И хотя в моём понимании профессиональный опыт при создании новой техники очень редко даёт положительный ответ на вопрос: "Как сделать хорошо?", он часто подсказывает, как не нужно делать (помните, у А.С. Пушкина? "И опыт, сын ошибок трудных..."). Но в то время имелись другие обстоятельства, способные в какой-то мере компенсировать отсутствие потребного опыта. При социалистической системе любое промышленное предприятие являлось ячейкой соответствующего министерства, которое тоже несло ответственность за производственную деятельность входящих в него предприятий. Так что ОКБ Кузнецова не могло остаться без необходимой ему научно-технической помощи. В составе Министерства авиационной промышленности (МАП), куда входило ОКБ Кузнецова, имелся Центральный институт авиационного моторостроения (ЦИАМ), которому и было поручено вести научно-техническое сопровождение работ по созданию ЖРД для ракеты Н1. В юбилейной книге ЦИАМ приводятся фамилии 23-х ведущих работников института, принимавших активное участие в оказании помощи ОКБ Кузнецова. Из указанных в книге работников ЦИАМ приведу фамилии наиболее известных в среде разработчиков ракетных двигателей: В.Р. Левин, В.В. Дорошенко, И.А. Биргер, А.С. Рудаков, В.А. Шерстянников, В.А. Эпштейн. Под руководством специалистов ЦИАМ был организован плановый поиск работоспособной конструкции, но множество исследуемых вариантов указывало на недостаточное понимание разработчиками внутривдвигательных процессов.

Поскольку создание ракеты Н1 было делом общегосударственным, в разработке двигателей в ОКБ Кузнецова принимали участие многие ведущие специалисты отечественного двигателестроения. Помогали "всем миром", как в старину на покосе или уборке урожая. Среди предприятий, участвующих в оказании технической помощи, следует кроме уже упомянутого ЦИАМ, указать НИИТП, НИИ-88, ОКБ Люлька, ОКБ-1 (работники двигательного отделения И.И. Райков, П.А. Ершов, В.Г. Хаспеков, Б.А. Соколов) и ряд других предприятий. Не осталось в стороне и ОКБ Глушко.

В 1966 г. в ОКБ Кузнецова несколько месяцев работала группа специалистов в области газогенерации: от ЦИАМ - В.А. Шерстянников, от НИИТП - Н.В. Шутов, а также специалисты из КБ Люлька и КБ Глушко. По указанию МОМ и.о. главного конструктора В.П. Радовский (Глушко в это время был в отпуске) направил в ОКБ Кузнецова ведущего специалиста по газогенераторам к.т.н. А.П. Аджяна. Возвратившись из отпуска, Глушко узнал об этой командировке и распорядился вызвать Аджяна в Химки. Подробно расспросив его о состоянии дел с разработкой двигателя и об его участии в работе группы специалистов, Глушко отправил Аджяна в ОКБ Кузнецова с пожеланием не проявлять большой активности, а вскоре окончательно отозвал его из Куйбышева. Для выполнения указания МОМ для работы в составе группы специалистов был направлен инженер из Приволжского филиала ОКБ Глушко. Замена, конечно же, была неравноценной, но указание министерства формально было выполнено. Думается, сделанной заменой Глушко хотел показать, что его ОКБ участия в создании двигателя для ракеты Н1 не принимает.

Однако командировкой Аджяна не ограничилось оказание хотя и кратковременной, но всё-таки помощи работникам ОКБ Кузнецова. В ту пору среди работников ракетной отрасли ходило придуманное остроумными выражением "причинить помощь". По своему опыту хочу заверить читателей, что работники смежных предприятий



В.П. Радовский

оказывали друг другу помощь искренне и общались между собой доброжелательно, на уровне конструкторов или испытателей не чувствовали друг в друге конкурентов. А шуточные и остроумные выражения только способствовали продуктивному общению профессионалов из разных предприятий.

Летом 1966 г. рабочие контакты между работниками ОКБ Кузнецова и ОКБ Глушко продолжались. По указанию МОМ в ОКБ Глушко прибыла группа конструкторов ОКБ Кузнецова в составе специалистов по камерам, газогенераторам и доводке ЖРД. Расскажу о личном опыте общения с одним из прибывших конструкторов. В то время я работал в отделе камер и газогенераторов начальником группы конструкторов, занимающихся разработкой восстановительного газогенератора для двигателя 8Д420, работающего по схеме "газ-газ". Накануне прибытия гостей начальник нашего отдела А.Д. Вебер собрал коллектив конструкторов, сообщил о предстоящем визите и информировал об указании Глушко ничего от гостей не скрывать, отвечать на все их вопросы, а в случае затруднения с ответом - обращаться к начальнику отдела.

Запомнились мои контакты с прибывшим начальником бригады по разработке газогенераторов А.Е. Астаповым. И хотя он больше общался с другой группой наших конструкторов, разрабатывающих окислительный газогенератор, т.к. двигатели НК-15 работали с дожиганием окислительного газа, у гостя нашлись вопросы и ко мне. Астапов был человеком солидного возраста (по крайней мере мне, в ту пору 30-летнему, так казалось) и, по его словам, имел большой стаж работы конструктором. Но это не мешало ему дотошно спрашивать об особенностях конструирования и стендовой отработки газогенератора. Часто по задаваемым вопросам можно сделать вывод о компетентности собеседника. Наши конструкторы, общавшиеся с приезжавшими работниками ОКБ Кузнецова в 1959 г., отмечали, что те больше спрашивали "как?", а нынешние, в основном, спрашивали "почему так?". По характеру задаваемых вопросов чувствовалось отсутствие у гостей собственного опыта в обеспечении требуемых технических характеристик и анализе результатов испытаний. Но, как известно, опыт - дело наживное, требуется только время, а его у конструкторов ОКБ Кузнецова практически уже не было, т.к. установленный в правительственном Постановлении срок начала лётных испытаний РН Н1 был на исходе. Но срок исполнения в Постановлениях - категория волевая, как назначали, так и переносили, чаще всего по действительно объективным причинам, т.к. первый срок назначался из соображений, с одной стороны, не "отпугнуть" руководство от предлагаемого проекта, а, с другой стороны, мобилизовать участников работы на ударный труд.

В процессе нашего общения Астапов, бегло ознакомившись с конструкцией газогенератора, сосредоточил своё внимание на вопросах организации смесеобразования, устойчивого горения, создания равномерного поля температур на выходе из газогенератора. Ответы на все эти вопросы лежат в области использования опыта разработки газогенераторов, который Астапов только начинал приобретать. И не только он. Знакомясь с результатами испытаний газогенератора двигателя 11Д43, он обратил внимание на осциллографическую запись давления газов в газогенераторе, которая имела некоторую "лохматость" - датчик давления фиксировал, как говорят акустики, "белый шум". Узнав, что по нашим оценкам такая запись характеризует устойчивое горение в газогенераторе, он попросил разрешения взять с собой фрагмент этой осциллограммы: "Покажу нашему генералу, а то он требует, чтобы записи были как от рейсфедера по линейке".

Так шаг за шагом конструкторы ОКБ Кузнецова постигали новое для них дело, не забывая и свой богатый опыт создания авиационных газотурбинных двигателей. В конструкции двигателя НК-15 был применён ряд оригинальных, не применяемых ранее в ЖРД конструкторских решений, но это вовсе не значило, что они были неудачны. Любая конструкция ЖРД проверяется стендовыми испытаниями, неудачная отбрасывается, а перспективная доводится до соответствия требованиям технического задания.

В ноябре 1963 г. начались стендовые доводочные испытания двигателей НК-15. Несмотря на советы и рекомендации многочис-

ленных помощников (а может быть как раз из-за них?), при доводке двигателя НК-15 проявился весь штатный "джентльменский набор" дефектов, присущих исходной конструкции разрабатываемого ЖРД: "пролизы" и сквозные прогары внутренней стенки камеры сгорания, недобор удельного импульса тяги, неустойчивое горение в камере и газогенераторе (вопреки оптимистическому прогнозу Королёва об устойчивом горении в камерах двигателей замкнутой схемы), разрушение лопаток турбины, горение и разрушение ТНА в связи с возникновением непредвиденного трения между вращающимися и неподвижными частями в насосе окислителя из-за неверно назначенных зазоров или попадания твёрдых посторонних частиц и т.д. По всем выявленным дефектам конструкции принимались меры, вносились изменения, шла обычная доводка конструкции. За отработкой двигателей для РН Н1 внимательно следили все отечественные главные конструкторы ЖРД. Об отрицательном отношении Глушко уже упоминалось, приведём оценку Исаева (по воспоминаниям Чертока): "А вот с Н1 вы, по-моему, крепко влипли. Я не хочу быть пророком. Уверен, что двигателя у Кузнецова скоро не будет... Отработать надёжность для такой ракеты - да ещё когда вы поставили только на первую ступень 30 "бутылок" по 150 тонн! Мне Вася Мишин и Миша Мельников расписывали эти двигатели как своё личное достижение. Якобы это они убедили Кузнецова выбрать такие параметры... В 1968 году надёжных двигателей у вас не будет".

Назначенное в Постановлении время начала лётных испытаний требовало ускорения работ и в сентябре 1967 г. было принято решение окончить доводку двигателя. К этому времени было проведено в общей сложности более 400 испытаний с набором суммарного времени почти 40 тыс. секунд. Из этого числа кондиционными было признано около 200 испытаний, результаты которых соответствовали заданным в ТЗ ОКБ-1 параметрам и характеристикам. Завершающим этапом отработки двигателя НК-15 стало проведение в октябре-декабре 1967 г. межведомственных испытаний (МВИ), которые подвели итог наземной отработки двигателя. В результате был получен двигатель со следующими основными характеристиками: тяга - 154 тс (земная) и 157,4 тс (пустотная), давление в камере - 148,3 атм, удельный импульс - 297 с и 331 с.

Программа стендовых испытаний двигателя НК-15 практически не отличалась от аналогичных программ других двигательных ОКБ. Однако имелись существенные отличия в методике приёмо-сдаточного контроля двигателей для товарных поставок. В ОКБ Кузнецова



Испытание двигателей в ОКБ Кузнецова

использовалась партионная сдача двигателей: оценка работоспособности и качества подготовленной к сдаче в товар партии двигателей из 6 экземпляров проводилась путём огневых контрольно-выборочных испытаний (КВИ) двух любых двигателей и при положительных результатах остальные 4 двигателя поставлялись для установки в ступень ракеты. Таким образом, собранный в цехе товарный двигатель свою работоспособность мог продемонстрировать только в составе ракеты при её пуске, т.е. НК-15 по мысли его разработчиков являлся двигателем одноразового использования. Как будто какое-то наваждение охватило разработчиков ракеты Н1. Головное ОКБ-1 отказалось от стендового огневого испытания первой ступени. Хотя я считаю это решение ошибкой, но для этого всё-таки были свои причины - такой стенд строить было долго и дорого. Но что мешало вести сдачу двигателей после проведения огневого контрольно-технологического испытания (КТИ) каждого двигателя и одного партионного КВИ продолжительностью в 1,5...1,8 ресурса, как это делалось в других двигательных ОКБ? Не так уж это дорого и долго в масштабе времени разработки и изготовления двигателя. Забыли, видимо, поговорку: "Скупой платит дважды". Я не могу отнести этот просчёт только на неопытность Н.Д. Кузнецова, методика приёмодаточного контроля была утверждена главными конструкторами ОКБ-276 Н.Д. Кузнецовым и ОКБ-1 В.П. Мишиным и согласована с контролирующим разработку и производство двигателей представительством Министерства обороны. Причастны к этому, видимо, и специалисты из ЦИАМ, осуществлявшие техническое сопровождение создания двигателей. Воистину, у семи нянек дитя без глаза. Так что винить только ОКБ Кузнецова в этой ошибке нельзя, хотя за работоспособность и надёжность двигателя в первую очередь всё-таки отвечают его разработчик и изготовитель. И не важно, что в те годы отсутствовала нормативная база: стандарты, методики и другие нормативно-технические документы, содержащие требования к разработке и поставке ЖРД, имелся же отраслевой опыт поставки двигателей после проведения КТИ в ОКБ Глушко, Исаева, Косберга и, наконец, должен же быть здравый смысл. Поставить на ступень 30 непроверенных огнём двигателей - и надеяться на успех?

Есть ещё один момент в деятельности Королёва и Кузнецова, оказавший знаковое влияние на судьбу ракеты Н1, который я не могу оставить без упоминания. В ноябре 1964 г. ОКБ Королёва направило на согласование в ОКБ Кузнецова дополнение к техническому заданию с указанием уровня надёжности единичного двигателя 0,99. Однако это требование двигателями не было принято, о чём они и сообщили в ОКБ-1 в середине декабря того же года. Так числовое значение надёжности в техническое задание не вошло, остался только коэффициент охвата аварийных ситуаций для системы КОРД - 0,8. Поэтому при определении пригодности двигателей к началу лётных испытаний руководствовались не достигнутой надёжностью, а статистикой успешных стендовых испытаний, коковых набралось около 200. Проведённая позднее в НИИТП оценка надёжности единичного двигателя НК-15 к началу лётных испытаний составила 0,91, а коэффициент охвата аварийных ситуаций - около 0,5.

Странности методики приёмодаточного контроля и пренебрежение к требованиям обеспечения надёжности двигателя вскоре проявятся и больно ударят по проекту Н1, но пока на основании положительного заключения межведомственной комиссии по проведению завершающих огневых испытаний двигателя НК-15 завод-изготовитель двигателей начал их товарное изготовление и поставку для сборки ракет Н1.

Практически весь 1968 г. велись интенсивные работы по изготовлению первых экземпляров РН Н1 и лунного комплекса ЛЗ. За это время промышленность изготовила две технологические ракеты Н1 № 1Л и № 2Л для проведения статических испытаний и работ по примерке на стартовом сооружении, а также для обучения и тренировки персонала, обслуживающего стартовую позицию. В середине года начались работы по подготовке к пуску первого лётного комплекса Н1-ЛЗ № 3Л. Этот комплекс состоял из штатного варианта ракеты Н1, а вместо лунного экспедиционного комплекса ЛЗ был установлен его натурный макет, оснащённый фотоаппаратурой. В программу первого полёта Н1-ЛЗ входил облёт Луны, прове-

дение фотографирования её поверхности, в том числе и обратной, невидимой с Земли, стороны и доставка фотоматериалов на Землю.

В конце ноября 1968 г. было проведено заседание "Госкомиссии по подготовке и проведению лётных испытаний комплекса Н1-ЛЗ". Об этом заседании Н.П. Каманин сделал запись в своём дневнике: *"22 ноября. Вчера состоялось заседание Госкомиссии под председательством С.А. Афанасьева. Присутствовали Крылов, Тюлин, Керимов, Казаков, Литвинов, Карась, Рязанский, Черток и многие другие. С докладами выступили Дорофеев, Черток, Кузнецов Н.Д., Кириллов, Охупкин и др.*

В предыдущих решениях Госкомиссии, принимавшихся в последние два года, называлось много сроков готовности ракеты Н1 и корабля ЛЗ, но все они, включая последний срок - 25 ноября 1968 года, - были сорваны. В результате вчерашнего трёхчасового слушания и обсуждения докладов удалось установить, что первый пуск ракеты возможен не раньше конца января 1969 года. Но и этот срок у многих вызывает большие сомнения. Ещё хуже обстоят дела с кораблём ЛЗ. Ракета Н1 прошла большой цикл испытаний (наземных) и готовится к первому испытательному пуску, а испытания корабля ЛЗ даже не начинались, и когда он будет готов, никому не известно. Группа космонавтов в количестве 20 человек для подготовки к экспедиции на Луну создана, но программа подготовки до сих пор не утверждена министром Афанасьевым из-за неясности с программой полёта и оборудованием лунного корабля".

С приближением срока первого пуска РН Н1 выявлялось всё больше и больше нерешённых вопросов, о которых раньше либо не задумывались, либо отодвигали "на потом". И пока инженеры, рабочие и испытатели устраняли выявленные технические замечания, "космические генералы" тоже не сидели сложа руки.

Где-то в середине 60-х годов в ракетной технике появился новый термин - "надёжность". Ранее под понятием надёжности понималось работоспособность ракеты в целом и комплектующих её систем. Работоспособность отработывалась и проверялась в процессе стендовых и лётных испытаний путём набора статистики аварий и отказов с последующим устранением выявленных конструкторских и технологических недоработок, а также производственных дефектов. В общем, то же самое, что делается и сейчас при определении надёжности. Разница в том, что надёжность, как вероятностная безотказной работы, получила численное выражение, определяемое с помощью математического аппарата теории вероятности. Новое требование обеспечения заданной надёжности стало одной из основных характеристик для ракетной техники.

В процессе подготовки первого лётного испытания РН Н1-ЛЗ возникла необходимость определения надёжности, достигнутой при наземной отработке систем только РН Н1, т.к. вместо штатного лунного комплекса ЛЗ на ракете Н1 № 3Л был установлен его габаритно-массовый макет, оснащённый фотоаппаратурой.

Определение численного значения надёжности трёх ступеней РН Н1 было поручено ЦНИИМаш и в преддверии проведения пуска ракеты на совещании главных конструкторов основных ракетных систем о рассчитанной в институте надёжности доложил Мозжорин. Не имея в то время научно-обоснованной методики определения надёжности для многодвигательных систем типа РН Н1, специалисты института провели анализ статистики результатов лётных испытаний всех предыдущих ракет, как космических, так и боевых. С учётом оптимистического (лояльного) подхода (т.е. при условии отсутствия конструкторско-технологических недоработок и грубых производственных дефектов при разработке и изготовлении 3-х ракетных ступеней и расположенных на них 42-х двигателей) математическое ожидание выполнения РН Н1 целевой задачи при первом пуске не превышало 67 % при доверительной вероятности 0,9.

Озвучивание полученной величины надёжности, а вернее ненадёжности, повергло главных конструкторов в состояние растерянности. Однако на сделанное Мозжориным сообщение нужно было реагировать. Первым пришёл в себя Н.А. Пилюгин. Он заявил, что в настоящее время, исходя из сложившегося положения дел, нельзя заранее планировать себе аварию. С названной величиной надёжности принимать положительное решение о пуске ракетного комп-

лекса нельзя. Однако в применённой расчётной методике вызывает сомнение правомерность использования статистики лётных испытаний предыдущих ракет для определения надёжности нового космического комплекса. По сложившейся практике проведения лётных испытаний расчётное значение величины надёжности в настоящее время следует исключить. Как и ранее, при принятии решения о пуске следует исходить из абсолютной надёжности каждой системы, что и должны гарантировать главные конструкторы в своих заключениях о готовности ракеты к пуску. Естественно, все, без обсуждения, согласились с таким выходом из казалося бы тупикового положения.

Разумеется, все главные конструкторы понимали, что вот так просто нельзя отбросить опыт предыдущих лётных испытаний, при которых выявлялись недоработки в созданных ими системах, работоспособность которых они всегда гарантировали в своих предстартовых заключениях. Они понимали, что подсчитанная величина надёжности 67 % получена по объективной статистике. Но, как всегда на Руси, каждый надеялся, что его-то система отработает без замечаний, а неудачник пусть потом сам отвечает за результаты своей работы.

Ещё более пессимистично в канун первого пуска Н1-Л3 было настроение у одного из руководителей Лунной программы. 27 января 1969 г. председатель "Госкомиссии по подготовке и лётным испытаниям комплекса Н1-Л3" Афанасьев провёл совещание комиссии усечённого состава, в котором приняли участие Келдыш, Сербин, Тюлин, Мишин и несколько главных конструкторов ракетных систем. По воспоминаниям Чертока, на этом совещании Келдыш неожиданно для всех озвучил то, что все давно понимали, но не решались сказать в официальной обстановке. "Состояние работ по Н1-Л3 таково, что срок высадки космонавтов на Луну нам надо перенести на 1972 г. и принять решение по этому поводу в ближайшее время. Келдыша перебил Сербин: "А кто вам дал право отменять сроки, утверждённые ЦК?" На этот вопрос ответил Тюлин: "Программу Н1-Л3 мы обречены продолжать, но это работа не обеспечит нам приоритета, мы это понимаем". После обмена этими репликами Келдыш продолжил: "Американцев в посадке на Луну нам не обогнать. А тогда зачем все эти усилия в гонке? Нужно иметь цель. Меня беспокоит, что у нас нет такой ясной цели. Сегодня есть две задачи: высадка на Луну и полёт к Марсу. Кроме этих двух задач ради науки и приоритета никто ничего не называет. Что дальше? Нельзя делать такую сложную машину, как Н1, ради самой машины и потом подыскивать для неё цель. Лучше переориентироваться на Марс и выиграть эту космическую задачу. С научной точки зрения Марс важнее Луны". В этом выступлении Келдыш фактически подвёл итоги сделанному и предложил новую программу дальнейшего освоения космоса. По сути, это был аналог подхода президента США Д.Кеннеди: не догонять ушедшего вперёд конкурента, а опередить его в достижении следующей цели. Только вот готова ли была советская экономика и промышленность для такой программы? В заявлении Келдыша о целесообразности переориентирования на марсианскую программу сквозит всё тот же легковесный подход, с которым после пусков первых спутников и полёта Гагарина взялись за Лунную программу, не представляя всей грандиозности предстоящих работ. Но не будем углубляться в этот вопрос, тем более, что никаких последствий это выступление Келдыша в тот момент не имело. Да и как можно было переходить к решению другой, ещё более грандиозной космической задачи, не сделав ни одного лётного пуска по предыдущей программе?

Выступавшие после Келдыша главные конструкторы подтвердили готовность ракетных систем и ракеты в целом к лётному испытанию и Афанасьев принял решение провести 9 января 1969 г. заседание Госкомиссии по пуску комплекса Н1-Л3 № 3Л.

О том, как происходило это заседание, изложено в дневниковой записи Н.П. Каманина: "9 января (1969 г.). На 12-й площадке под председательством министра Афанасьева заседала Госкомиссия по Н1. В заседании участвовали многие главные конструкторы и большая группа военных во главе с маршалом Крыловым.[...] С докладами выступили Дорощев, академик Иосифьян, Черток, Кузнецов Н.Д., Мозжорин, Рязанский, Пилюгин и др. Основное содержа-

ние докладов: ракета Н1 прошла все комплексные испытания, было много существенных недостатков и замечаний, но все они устранены; оставшиеся мелкие неполадки по ракете и наземному оборудованию будут устранены до начала заправки головного блока 13 января; ракету можно заправлять и готовить к первому пуску 18 февраля 1969 года. Казалось, всё пройдёт гладко, но взял слово генерал Курушин и заявил: "Ракета и наземное оборудование имеют ещё много недостатков. Как начальник полигона и член Государственной комиссии я возражаю против пуска неподготовленной ракеты". Это заявление Курушина произвело эффект разорвавшейся бомбы - заседание пришлось прервать. В перерыве на маршала Крылова, а также на генералов Курушина и Караса был оказан сильнейший нажим со стороны Афанасьева, Мишина, представителя ЦК Строганова и других членов Госкомиссии. Все они дружно навалились на маршала Крылова - он не выдержал такого мощного натиска и дал согласие на пуск Н1 в феврале при условии, что все отмеченные недостатки будут своевременно устранены. Все присутствующие восприняли это решение маршала как крупное поражение военных и как большую победу промышленности".

Следующее заседание Госкомиссии по Н1 решили провести 11 января. И опять воспользуемся дневниковой записью: "В 10.00 состоялось заседание Госкомиссии по Н1-Л3. Приняли окончательное решение о первом пуске 18 февраля 1969 года. С 13 февраля начнутся необратимые операции по подготовке пуска. Утверждён график готовности четырёх ракет к пускам в этом году: на первый полёт назначена ракета № 3; последующие ракеты (№ 4, № 5 и № 6) будут готовы к пускам в апреле, июне и ноябре соответственно. Трудности выполнения такого графика очень большие ..., но всё же можно надеяться, что пуски ракет Н1 № 3, № 4 и № 5 состоятся в этом году. А вот со строительством корабля Л3 дело обстоит очень плохо, и нет почти никаких надежд на то, что он поднимется в космос до окончания 1969 г."

Первый пуск Н1-Л3 № 3Л состоялся 21 февраля 1969 г. и имел аварийный исход. Начало было положено ложным отключением системой КОРД (контроль работы двигателей) одного из двигателей НК-15 сразу же после запуска, ещё до отрыва ракеты от стартового стола. Автоматически, согласно логике работы системы КОРД, прошла команда на отключение диаметрально расположенного двигателя. По идеологии обеспечения надёжности ракеты это было штатным случаем, запас тяговооружённости позволял ракете продолжить полёт, но в процессе работы газогенератора одного из двигателей возникли высокочастотные колебания давления, от возникших повышенных виброперегрузок сломался штуцер замера давления газа за турбиной, а через примерно 20 секунд лопнула трубка на замере давления горючего перед форсунками газогенератора. Смесь высокотемпературного окислительного газа и керосина вызвала в двигательном отсеке пожар, пламя пережгло изоляцию кабелей системы управления, в результате чего система КОРД на 69 секунде выключила все двигатели первой ступени. Горящая ракета упала в 50 км от старта.

Разумеется, была организована аварийная комиссия под председательством Мишина. Вину за аварию "повесили" на двигателистов (а на кого же ещё, если "во время полёта работают только двигатели, всё остальное - для них только нагрузка" - шутка двигателистов), указав на недостаточную отработку конструкции двигателя на виброустойчивость. В качестве рекомендаций для предотвращения подобной ситуации приняли решение ликвидировать "малонадёжный" замер давления газа после турбины и ввести фреоновую систему пожаротушения. С целью введения этих мероприятий ракету № 4Л, имеющую конструкцию, аналогичную ракете № 3Л, отправили на доработку, а находящуюся в процессе сборки ракету № 5Л изготовили с учётом рекомендаций аварийной комиссии.

Пуск ракеты, завершившийся её преждевременным падением, нельзя считать успешным. Но в то же время нельзя не отметить в качестве положительного фактора, что при первом пуске двигатели первой ступени, не проходившие предварительного (технологического) огневого испытания ни в "одиночку", ни в составе ступени, отработали почти 70 с. Система КОРД, хотя и сработала от ложного

сигнала, штатно отключила диаметрально расположенный двигатель. Возникший в двигательном отсеке пожар стал следствием разрушения штуцера и трубки диаметром 4 мм замеров давления окислительного газа и керосина из-за повышенных вибраций конструкции двигателя. Такие разрушения были признаны малозначимыми, основным фактором аварии определили пожар, возникший из-за в какой-то мере случайного сочетания разрушений по обеим линиям компонентов топлива. Это и послужило основанием для решения аварийной комиссии принять следующие меры для устранения подобной аварии: снять замер по линии окислительного газа и отключить в системе КОРД канал контроля пульсаций давления в газогенераторе, а для минимизации последствий пожара при подобных разрушениях усилить теплозащиту кабелей в хвостовом отсеке и ввести систему пожаротушения. Что же касается повышения виброустойчивости агрегатов двигателя, не говоря уж о повышении устойчивости горения в газогенераторе, то это длительный процесс и останавливать лётные испытания из-за мелких разрушений посчитали не целесообразным. Нужно было спешно набирать статистику работоспособности ракетных систем в натуральных условиях полёта. Иными словами "учить ракету летать". Да и американцы своими работами по "Сатурну-5" заставляли спешить. Ракету № 5Л с учётом доработки по рекомендациям аварийной комиссии продолжали готовить к пуску.

Однако не все в среде ракетостроителей были настроены столь оптимистично. Аварийный результат долгожданного первого пуска "лунной" ракеты получил громкий резонанс. Главные конструкторы двигательных и ракетных ОКБ, не участвующих работах по ракете Н1, и ведущие учёные отраслевых НИИ восприняли аварию как результат неправильной методологии наземной отработки двигателей. При втором (двигательном) Главке МОМ функционировал объединённый Совет Главных конструкторов. На совещании этого СГК 18.03.69 г. была обсуждена методология наземной отработки ЖРД для космических ракет-носителей (РН) и приняты решения и рекомендации. Приведём некоторые из них, имеющие прямое отношение к отработке двигателя для Н1:

"1. Определяющим показателем ЖРД для РН космических объектов считать безотказность (надёжность) работы.

Для обеспечения этого требования:

- двигатели должны отработываться на ресурс, значительно (в 10...20 раз) превышающий полётное время работы ЖРД;
- каждый экземпляр двигателя должен позволять проводить неоднократные огневые испытания до его использования по назначению - на стенде завода, на стенде в составе ступени РН, на стартовой позиции в составе РН (для ЖРД первой ступени);
- конструкция двигателя должна обеспечивать проведение указанного цикла испытаний без его переборок.

2. С целью обеспечения высоких показателей надёжности двигателей для космических РН рекомендовать:

- умеренные значения давления в камере и удельного импульса тяги;
- схему с дожиганием окислительного генераторного газа, простейшие схемные решения;
- освоенные в отечественной практике топлива;
- проведение в отдельных случаях огневых испытаний "до отказа" для выявления слабых мест".

Правильная программа для получения надёжных ЖРД, но... "хороша ложка к обеду". А эта программа отработки ЖРД опоздала по крайней мере на 5 - 6 лет. Но "лучше поздно, чем никогда". И хотя реализация изложенных в п.1 требований при разработке двигателей существенно увеличивает продолжительность и стоимость работ, нужно признать, что такая методология при создании мощных и сверхмощных космических ракет типа Н1 будет окупаться надёжной работой двигателей в лётной эксплуатации.

В практической деятельности принятые СГК решения были восприняты как рекомендации по обеспечению надёжности двигателей, разрабатываемых для будущих космических ракет. Лётные же испытания ракеты Н1 шли своим чередом.

30.05.1969 г. состоялась заседание "Госкомиссии по подготов-

ке и проведению лётных испытаний комплекса Н1-Л3" под председательством С.А. Афанасьева. По результатам доклада Мишина и основываясь на положительных заключениях всех главных конструкторов и военных представительств о готовности разработанных ими ракетных систем к лётному испытанию комплекса Н1-Л3 № 5Л, Госкомиссия приняла решение о проведении следующего испытания в начале июля 1969 г.

А вот мнение "независимого эксперта" Н.П. Каманина (запись от 18 июня 1969 г.: "Мишин считает, что до конца 1970 года мы сумеем высадить людей на Луне. Убедён, что этот прогноз Мишина не оправдывается. Афанасьев и Мишин пытаются модернизировать ракету Н1, но на это потребуется 3-4 года, а она давно уже морально устарела. На 3 июля намечен второй пуск ракеты Н1. Будет большим чудом, если она полетит, но даже это "чудо" не прикроет существенно наше большое отставание от США".

Пуск космического комплекса Н1-Л3 № 5Л состоялся 3 июля 1969 г. и завершился грандиозной аварией. На запуске взорвался один из двигателей НК-15 и повредил соседние двигатели. Система КОРД исправно отключила 4 повреждённых двигателя, но это не помешало возникновению в хвостовом отсеке пожару и последующему разрушению силовых цепей электропитания. На 10-й секунде подъёма ракеты система КОРД выключила все продолжавшие ещё работать двигатели, и горящая ракета с высоты примерно 100 м плашмя рухнула на стартовый стол. Взрыв находящегося в баках топлива был эквивалентен взрыву примерно 500 тонн тротила. В результате была уничтожена стартовая позиция и разрушены все близ расположенные наземные сооружения, взрывная волна выбила стекла даже на "двойке", в 6 км от старта. Возникший пожар уничтожил оборудование на шести подземных этажах стартовой позиции. Обломки носителя и стартовых сооружений разбросало в радиусе около 1 км.

Впечатления очевидца этого пуска, служащего на полигоне подполковника С. Комаровского, опубликованы в газете "Воздушный транспорт" № 14 за 1993 г. "Сегодня я видел своими глазами, без преувеличения, конец света. Причём не во сне, а вблизи и наяву. Это воплотилось во взрыве практически на стартовом столе, на высоте 100 метров от его поверхности, второго экземпляра Н1. Система КОРД на этот раз многократно перевыполнила задание и одним махом отключила все движки первой ступени. Старт полностью разрушен... Работы военным строителям хватит минимум на год. Полагаю, что сегодня оптимистов среди создателей нового носителя поубавится, а ряды его "доброжелателей" многократно умножатся. Что поделаешь - так бывает всегда, особенно в нашей технике...".

Мне представляется небезинтересным разговор В.Н. Челомея со своим сотрудником после получения сообщения о результатах второго пуска Н1. Разговор опубликован в той же газете "Воздушный транспорт": "Вчера на Байконуре гробанулось второе изделие Мишина. Печально знаменитая Н1. Теперь начнётся самое интересное. Как только в центральном аппарате учуют, что дивиденды от Н1 сменяются головными болями, аппарат от Мишина начнёт шараться, как от прокажённого. Ну а затем сработает, причём абсолютно безотказно, самый древний закон живой природы: раненого волка стая зарызёт... В этом можно мне поверить, я повадки аппарата знаю не по наслышке. Испытал его воспитательные "художества" на своей шкуре...".

Второй подряд аварийный пуск с катастрофическими на этот раз последствиями для стартовой позиции наглядно показал, к чему приводит сокращение полноты и объёма стендовой отработки ракетной техники и игнорирование имеющейся в отрасли приёмо-сдаточной методики, предусматривающей проведение огневых контрольно-технологических испытаний (КТИ) двигателей перед их установкой в ступень ракеты. Так вся космическая отрасль расплачивалась авариями за отказ Королёва строить стенд для огневых испытаний первой ступени РН Н1. Через много лет в своих воспоминаниях Черток признает: "Мы все, кроме покойного Воскресенского, покорно согласились с ним. При Королёве бунтарю Воскресенскому сочувствовали, но в открытую никто не решался к нему присоединиться".

Вторую аварию во время работы первой ступени уже не представлялось возможным объяснить "случайным" совпадением одновременного разрушения элементов замера давления в одном из 28 работающих двигателей, как это произошло при пуске ракеты Н1 № 3Л. Было организовано несколько аварийных комиссий, в том числе по ракете (председатель комиссии В.П. Мишин) и по двигателям (председатель комиссии Н.Д. Кузнецов).

При выяснении причин взрыва двигателя на выходе на номинальный режим, практически в начале его работы, обратили внимание на восприимчивость кислородного насоса к попаданию в него посторонних твёрдых (металлических) частиц с последующим возгоранием металла конструкции насоса от трения в кислородной среде. В таких случаях при проведении стендовых огневых испытаний возгорание приводило к взрывному разрушению насоса. Вот и в случае с аварией ракеты Н1 № 5Л первопричину аварии - взрыв насоса окислителя - никто не оспаривал. А вот в причине возгорания и последующего взрыва насоса мнения разошлись. Двигателисты твёрдо стояли на своей гипотезе - попадание постороннего предмета в насос. В качестве такого предмета они называли стальную диафрагму датчика пульсаций давления, которая попала в зазор между вращающейся крыльчаткой и корпусом насоса и выделившееся тепло от трения привело к возгоранию металла в среде кислорода. И никаких других версий они не воспринимали, хотя отрыв диафрагмы датчика на выходе двигателя на режим труднообъясним. В то же время разрушение кислородного насоса от попадания в него стальной диафрагмы датчика давления, которая имеет размеры не более 5 мм в диаметре и толщину в десятые доли мм - если это действительно было причиной аварии - стало расплатой за применение кислорода в ракете Н1. У азотно-кислотных двигателей подобных возгораний насосов не бывает даже при попадании в магистрали двигателя инородных предметов существенно больших размеров.

Были и другие версии возгорания насоса: трение между деталями насоса возникло из-за осевого перемещения вала ТНА вследствие возникновения нерасчётной осевой силы. Но о такой причине взрыва насоса вслух и особенно официально боялись говорить, т.к. в этом случае нужно было признать недостаточную отработанность двигателя и прекратить лётные испытания ракеты Н1 до устранения конструкторского недостатка двигателя НК-15. Естественно, что Кузнецов при молчаливой поддержке Мишина, а также военные представители, контролировавшие стендовую отработку двигателя и подписавшие заключение о пригодности двигателя для проведения лётных испытаний ракеты, "на смерть" стояли на версии "постороннего предмета". Легковесность этой версии смущала Устинова, внимательно следившего за проведением работ по лунной программе, и он решил в личной беседе узнать мнение Глушко, который сказал, что не верит в нечистую силу, бросающую в насосы ЖРД посторонние предметы. Сомнения в правильности определения причины аварии высказывали и некоторые члены "Госкомиссии по подготовке и проведению лётных испытаний комплекса Н1-Л3" под председательством С.А. Афанасьева, которая контролировала работу аварийных комиссий. В частности Келдыш, по воспоминаниям Чертока, высказывал сомнения, что "исследования причин этой аварии были проведены достаточно объективно. Нужно дополнительно рассмотреть их. Если мы не добьёмся уверенности в работе двигателей, их надо менять".

Требования объективного выявления причин аварии и принятия последующих мер нашли отражение в протоколе заседания Госкомиссии от 30.07.69 г.

Приведём некоторые пункты из этого протокола.

"п. 1. Доклад председателя аварийной комиссии по двигателям т. Н.Д. Кузнецова, как не вносящий однозначности в установление фактической причины аварии изделия Н1-Л3 № 5Л, отклонить.

п. 3. Для определения однозначной причины аварии изд. Н1-Л3 № 5Л считать целесообразным дальнейшее расследование причин аварии поручить аварийной комиссией (председатель В.П. Мишин), объединив её с аварийной комиссией по двигателям.

Вести в состав аварийной комиссии т. Пилюгина Н.А. и т. Рязанского М.С.

Аварийной комиссии принять меры к установлению однозначной причины аварии изделия № 5Л до 10.08.69 года.

п. 18. Считать необходимым проведение разработки двигателей с тягой до 600 т на кислороде-керосине в КБ ЭМ (Гл. конструктор Глушко В.П.) для ракеты - носителя Н1 и её модификации в качестве дублирующего варианта.

ЦКБЭМ (т. Мишину) провести в 3-х месячный срок проработку РН Н1 и её модификаций с двигателем тягой 600 т на топливе кислород-керосин и выдать КБ ЭМ техническое задание на эти двигатели.

п. 19. ЦКБЭМ и КБЭМ проработать вопрос о целесообразности использования двигателей типа 11Д43 (тягой 150 т) или его модификации на кислородно-керосиновом топливе для РН Н1".

Для реализации рекомендаций, изложенных в пп. 18 и 19 протокола Госкомиссии, требовалось достаточно продолжительное время, поэтому вернёмся к ним позднее. А сейчас рассмотрим выводы и предложения аварийной комиссии. Причину взрыва насоса от трения в среде кислорода признали установленной. В качестве мер по устранению подобных аварий комиссией было предложено провести доработку насосов окислителя с целью уменьшения осевой силы и увеличения зазоров, установить фильтры на магистралях подвода компонентов топлива к двигателю, проложить кабели системы управления в более безопасном месте, перед запуском заполнять хвостовой отсек газообразным азотом, ввести систему фреоновой пожаротушения, а также задержку включения КОРД до 50 с полёта (это потребовал В.П. Бармин, чтобы предотвратить падение последующих ракет на стартовый стол). Об установке фильтров некоторые исследователи истории создания ракеты Н1 указывают, что устанавливать их планировалось с ракеты № 8Л. (На стендах аварии из-за попадания в двигатель мусора, а 5 лётных ракет изготавливаются без фильтров? Если это так, то - без комментариев).

Вторая подряд авария ракеты Н1 не прошла мимо внимания командования Ракетных войск. Хотя Министерство обороны занимало нейтральную позицию к перспективам использования ракеты Н1 в интересах вооружённых сил, командование Ракетных войск проявило обеспокоенность по поводу методики разработки и обеспечения надёжности отечественной ракетной техники.

С таких позиций в декабре 1969 г. к министру МОМ С.А. Афанасьеву обратился с письмом Главком Ракетных войск маршал Н.И. Крылов. В письме, в частности, он отметил: "Результаты анализа двух аварийных пусков комплекса Н1-Л3, а также статистика пусков других сложных ракетно-космических комплексов показывают, что существующая методика отработки ракетно-космических комплексов не обеспечивает высокого уровня их надёжности при выходе на ЛИ. Существующая методика наземной отработки РКК, в основном, аналогична методике отработки боевых ракет, которые, как правило, значительно проще РКК типа Н1-Л3. В то же время в процессе ЛИ боевых ракет расходуется несколько десятков изделий (от 20 до 60) для их отработки до требуемого уровня надёжности. При проведении ЛКИ тяжёлых РКК отсутствует возможность длительной лётной отработки с большим расходом ракет-носителей. Ввиду этого представляется целесообразным изменить принятый объём и характер наземной отработки этих комплексов к моменту выхода на ЛИ. По нашему мнению, новые методы наземной отработки тяжёлых РКК должны строиться на основе многократности действия и большого запаса по ресурсу комплектующих систем и агрегатов, проведения предполётных огневых испытаний двигателей и ракетных блоков без последующей переборки с целью выявления производственных дефектов и прохождения периода приработки".

Предложения военных в своей основе практически повторяли рекомендации Совета главных конструкторов при Втором Главке МОМ от 18.09.69 г., но "нет пророка в своём отечестве". Те же предложения, но со стороны военных приобрели дополнительный вес и послужили основанием для разработки ОКБ-1 в середине 1970 г. нового ТЗ на двигатели многократного использования с проведением огневого испытания каждого двигателя перед установкой его в ракету. По предварительным оценкам такие двигатели можно было бы получить в 1972 - 1973 гг. ■

(Продолжение следует.)

75 ЛЕТ НАЗАД АМЕРИКА РУКОПЛЕСКАЛА СТРАНЕ СОВЕТОВ

О людях причастных



Михаил Иванович Власов (в центре) с дочерью и своим учеником и преемником Анатолием Барышниковым

Валерий Игнатьевич Гуров, начальник сектора ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова, д.т.н.

К концу 20-х годов XX века стала окончательно понятна особая роль авиации в жизни современного государства. Укрепилось понимание того, что

успехи авиации являются ярким и внушительным показателем уровня военно-промышленного развития страны. Развитие авиационной промышленности придаёт мощный импульс к развитию и во всех остальных отраслях. Оформилось убеждение, что лишь опора на отечественную технику позволит занять лидирующие позиции среди авиационных держав. Наконец, без владения авиацией невозможно поддержание и укрепление центральной власти в столь просторной стране, как СССР.

С ноября до конца 1929 года в Кремле прошла череда обстоятельных бесед и совещаний с начальником РВС РККА П.И. Барановым, специалистами ЦАГИ, руководством Наркомтяжпрома и ВВС. Результатом явились формирование проблемы по достижению рекордов дальности (РД), определение центральных фигур по созданию самолета (А.Н. Туполев) и двигателя (А.А. Микулин), выявление костяка суперпилотов-испытателей, поручения по разработке проектов образования головных НИИ по типу ЦАГИ для решения проблем авиационных двигателей, новых материалов, новых топлив и т.д.

Итог грандиозной работы над секретной темой "РД" выразила газета "Нью-Йорк Таймс" от 15 июля 1937 года следующим образом: *"Второй раз в течение последних нескольких недель [речь идёт о беспосадочных перелетах через Северный полюс из Москвы в США экипажей В.А. Чкалова и М.М. Громова на одномоторных самолетах АНТ-25 - прим. авт.] мы облетаем головы перед русской авиацией. Следуя по пути, проложенному через полюс своими соотечественниками, Громов, Юмашев и Данилин установили новую веху, по которой теперь приходится равняться всему миру. Расстояние, покрытое ими в беспосадочном полете из Москвы, закончившемся вчера в Сан-Джасинто, подлежит еще точному определению: рекорд должен быть подтвержден. Однако не может быть никаких сомнений в том, что они значительно превзошли предыдущий рекорд в 5657 миль Кодоса и России во время их перелета из Нью-Йорка в Сирию..."*

Официальный международный рекорд дальности, утвержденный Международной авиационной Федерацией, составил 10148 км и превысил прежний рекорд на 1000 км. За выдающееся мировое достижение все члены экипажа М. Громова удостоены высшей награды ФАИ - медали Анри де Лаво. Рекорд, установленный экипажем М. Громова, продержится 9 лет. Но тогда, после Великой Войны - это будут уже самолёты другого поколения...

Можно назвать настоящим чудом то, что в конце июля этого, 2012 г. мы встретились с живым свидетелем и непосредственным участником тех давних событий - Михаилом Ивановичем Власовым, работником ЦИАМ с 1935 года.

В свои 96 лет (он 1915 года рождения) он обладает феноменальной памятью, пронзительным открытым взглядом, рассудительным мышлением и легким чувством юмора. Миша начал работать с 14 лет, пройдя основательную школу в промартеле, где за 2 года готовили учеников для работы в своем заведении. Готовили всесторонне, лучше, чем в ПТУ: на звание механиков, имеющих навыки очень многих работ: от электрических до слесарных, с обязательным выполнением контрольных заданий. После учебы парнишка проработал 3 года в артели и старший брат Василий (впоследствии в Киеве директор завода им. Артема, Герой социалистического труда) привел его в отдел ка-

дров Центрального института авиационного моторостроения (ныне ГНЦ РФ ЦИАМ им. П.И. Баранова).

После длительной проверки 4 января 1935 года вновь принятый был зачислен в лабораторию специальных приборов под руководством Николая Михайловича Михайлова. Наставником Миши назначили Яна Гансовича, от которого юный работник многому научился и, прежде всего, немецкой аккуратности и ответственности. Все испытательные экзаменовки Миша выполнил на отлично и ему поручили самую ответственную операцию: сборки и испытания магнето для дальних авиационных двигателей. В 1937 году именно он собрал три магнето для двигателей М-34, предназначенных для легендарных самолетов АНТ-25. Спустя 40 лет (уже будучи на пенсии) Михаил Иванович случайно встретил своего первого начальника, который коротко и внятно охарактеризовал своего подчиненного - "особый малый".

С повышением мастерства под влиянием умудренных наставников формировался и характер человека - справедливый, взыскательный, прямой на высказывания своих суждений и вместе с тем внимательный к людям. В 1943 году был назначен начальником мастерской, в которой начинал свою профессиональную деятельность. Ее численность достигала 80-ти человек. С 1963 года Михаил Иванович - руководитель всего приборного цеха. Цех поистине стал кузницей кадров для опытного производства ЦИАМ. Из него вышли: будущий начальник производства Александр Толченков, нынешний преемник Власова - Анатолий Барышников и многочисленные мастера. Для Михаила Ивановича не было мелочей: он знал, какие порою проблемы могут вырастать из, казалось бы, самой малости.

Вместе с тем в 1977 году Михаил Иванович ко всеобщему удивлению уходит на пенсию. Сам *"fine mechanic"* объясняет свое решение ухудшением здоровья, а на самом деле, пожалуй, верная версия Анатолия Барышникова о том, что его повседневное радование за своих работников в части улучшения их условий работы и быта, вставало, порою, косяком в горло у начальства. К этому можно добавить неприятие Михаилом Ивановичем всякой несправедливости в любой форме ее проявления. Он мог прямо высказать свое мнение на самом высоком уровне.

На мой вопрос о причине долголетия мой собеседник расцветает широкой улыбкой и с юмором отвечает, что, мол, он унаследовал жизненную стойкость по материнской линии: бабушка умерла в 113 лет, а мать, родившая 11 детей, - в 93 года. И погасив улыбку, говорит о необходимости отыскания в пенсионной жизни источников радости. Они это сделали вместе с супругой Валентиной Михайловной, в один день уйдя на заслуженный отдых и открыв для себя русскую и зарубежную классическую литературу. Чтение хороших книг - возможность прожития множества жизней. Этим заполнена одна половина года, вторая занята окультуриванием дачного участка. И плюс к тому Михаил Иванович почти 20 лет в общественной работе в должности председателя совета ветеранов микрорайона жилых домов, заселенных сотрудниками ЦИАМ, за что отмечен в книге Почета управы района "Лефортово". Очень важным фактором долголетия легендарного ветерана ЦИАМ являлась семейная гармония. Чета Власовых жила душа в душу (о чем свидетельствуют соседи по дому и даче) 66 лет - до 2006 года.

Михаил Иванович внимательно следит и интересно комментирует процессы, происходящие в стране. Говорит, что раньше, при Сталине, жить было тяжело, но перспективно: верили, что дальше будет лучше. И было так. А сейчас - и тяжело, и бесперспективно.

Дай Бог нам, дорогой Михаил Иванович, встречаться и почаще, и подольше. Пусть 75-летней давности мировой успех наших соотечественников станет для нас великим примером реализации великих проектов.



Василий (впоследствии в Киеве директор завода им. Артема, Герой социалистического труда) привел его в отдел ка-

ПАРОВОЗЫ КОЛОМЕНСКОГО ЗАВОДА

Владимир Викторович Боченков, Екатерина Владимировна Бычкова, Олег Борисович Галацкий, Иржи Ладиславович Индра

(Продолжение. Начало в № 6 - 2011, 1-3 - 2012.)

Трудными были первые послереволюционные годы. Страна переживала хозяйственную разруху, голод, острый недостаток металла, топлива, не хватало рабочих, так как многие из них воевали на фронтах гражданской войны. В этих условиях заводчане организовали ремонт старых паровозов и вагонов, а затем приступили к выпуску новой продукции.

В этот период на заводе велась разработка более мощных товарных паровозов типа 1-4-0 и 1-5-0, которые остались лишь на уровне проектов. Это паровозы заводских типов 151, 161 и 150.

Первым большим успехом коломенских локомотивостроителей была постройка в 1925 году пассажирского паровоза 1-3-1 серии С^У (усиленный). Под руководством П.И. Тахтаулова и К.Н. Сушкина конструкторы создали этот паровоз на базе серийных машин С и С^В, но внесли настолько существенные усовершенствования, что он по всем параметрам превосходил своих предшественников.



Пассажирский паровоз (1-3-1, тип 152)

Пассажирский паровоз 1-3-1, тип 152, серии С^У, был спроектирован Коломенским заводом в 1924 г. для работы на низкосортном топливе. Усиление паровоза серии С^У по сравнению с паровозом серии С заключалось в увеличении площади колосниковой решетки почти на 1 м², увеличении поверхности пароперегревателя на 15,5 м² и диаметра цилиндров с 550 до 575 мм. Сцепная масса паровоза увеличилась с 47,2 до 54,9 т, поэтому было принято специальное разрешение НКПС допустить нагрузку на ось 18 тс. Была улучшена конструкция экипажной части путем применения передней тележки конструкции Коломенского завода вместо тележки Цара и задней тележки Бисселя вместо жестко установленной задней поддерживающей оси. Паровоз серии С^У оказался в эксплуатации очень мощным, экономичным и несложным в ремонте. Также в 1927 г. велась проработка проекта пассажирского танк-паровоза 2-3-2, тип 156, для линий пригородного сообщения.

После постройки первых 110 паровозов серии С^У в 1925 г. выяснилось, что при оборудовании их для нефтяного отопления происходила перегрузка задней поддерживающей оси до недопустимой величины в 21 т. Для уменьшения нагрузки на ось паровоз серии С^У был модернизирован, в результате чего был выпущен вариант паровоза серии, тип 153, серии С^У образца 1926 г. У этого варианта ось котла была поднята на 100 мм выше, чем у паровозов первой серии, котел продвинут вперед на 175 мм, изменена конфигурация паровозной рамы, рессорное подвешивание второй и третьей сцепных осей переделано с верхнего на нижнее. По этому варианту паровозы серии С^У строились до 1930 г., а затем в 1931 г. были применены очередные конструктивные изменения. Диаметр цилиндрической части котла был незначительно увеличен для того, чтобы верхняя образующая была на одной прямой с кожухом топки. Это дало возможность не делать перегиба в верхней части листа, где часто образовывались трещины. Кроме того, фигурная дымовая труба была заменена на обычную коническую, установлены передняя стенка дымовой коробки с дверцей новой конструкции, а так же внесен ряд других конструктивных изменений. В результате чего был получен тип 162.

В дальнейшем конструкторы завода продолжали совершенствовать этот паровоз, и он строился вплоть до Великой Отечественной войны в Коломне, тип 163 и П19 (С^{УМ}).

В 1925 году нашей страной был достигнут довоенный уровень промышленного производства, а затем началось осуществление программы социалистической индустриализации. Коломенский завод, как и другие, получил от государства крупные финансовые средства. Причем, капитальные вло-



Паровоз (1-3-1, тип 153)



Пассажирский паровоз (1-3-1, тип 162)



Паровоз (1-3-1, тип 163)



Паровоз (1-3-1, тип П19)



жения в годы первой и второй пятилеток все увеличивались. Это позволило колхозникам к концу второй пятилетки, уже в 1938 г., закончить коренную реконструкцию предприятия, увеличить его производственные мощности более чем в 2,5 раза, а выпуск продукции, по сравнению с 1913 г. - в 9,5 раз.

Быстрое развитие промышленности остро поставило вопрос о реконструкции железнодорожного транспорта. Уже в начале первой пятилетки (1928-1932) в стране разворачивается строительство Турксиба и других новых железных дорог, а также укладка вторых железнодорожных путей. Важнейшей стала задача обеспечения отрасли локомотивами.

В 1931 г. на Коломенском заводе организуется Центральное локомотивопроектное бюро (ЦЛПБ) Наркомата тяжелой промышленности. До коренной реконструкции пути и оборудования подвижного состава автосцепкой были приняты тип товарного паровоза с осевой формулой 1-5-1 и пассажирского - 1-4-2 с давлением ведущих осей на рельсы 20 тс. В короткий срок специалисты разрабатывают проект грузового паровоза 1-5-1 серии ФД

(Феликс Дзержинский) мощностью 3000 л.с. Первый образец этого паровоза был построен в октябре 1931 г. Луганским заводом по чертежам и при активном участии коломенцев. Таких мощных паровозов в то время Европа не знала.

С начала работы ЦЛПБ новым типам паровозов присваивалось иное обозначение.

Последним проектом завода с цифровым обозначением стал тип 163 (серия СУ, второго выпуска). Таким образом, условное обозначение проектов - "тип", относится к паровозам тип 1 - тип 163.

Новое обозначение проектов началось с серии ПП - паровозов ФД, а закончилось на проекте паровоза 9П. Далее все проекты именовались от П10 (паровоз высокого давления В5-01) до проекта П38.

Отдельно хочется отметить, что уже с конца XIX века на заводе существовала широкая унификация, как по деталям, так и по отдельным узлам (цилиндры, колесные пары, арматура котла и т.д.). На заводе все чертежи были разделены на группы. Каждая группа чертежей, таких, как котел, паровая машина, ходовые части, обшивка, будка, тендер и т.д., имели свою нумерацию.

Так, например, детали котла были от номера 0 до номера 99, с номера 100 шли детали пародвигателя, топки. С номера 200 арматура котла и так до 900-х номеров, куда входили детали тормозной системы, инструмент, фонари и прочее. В спецификации на выпуск паровоза было так, что первым в номере чертежа шел номер типа, потом, собственно номер чертежа. Например: 63-0, это был чертеж котла в сборе. Если использовались детали от другого типа паровоза, то в спецификации писали, 60-25 (паровой кран). Поэтому не происходило путаницы при составлении спецификации и легко было в производстве

работать по единой системе нумерации чертежей. Чертеж общего вида номера не имел. Причем эта система сохранилась вплоть до последнего проекта паровоза, и перешла затем в документацию на выпуск электровозов и тепловозов.

В 1932 г. на базе локомотива ФД заводом был спроектирован и построен пассажирский паровоз 1-4-2 серии ИС (Иосиф Сталин), тип 2П, развивавший скорость более 100 км/ч. Тогда построили шесть паровозов ИС с четырехосными тендерами. Крупной серией паровозы ФД и ИС строились на Луганском паровозостроительном заводе. Они сыграли важную роль в обновлении локомотивного парка страны.



Паровоз (1-4-2, тип 2П)

Особенностью паровозов серий ФД и ИС являлось новое конструктивное исполнение отдельных частей и деталей. Как при проектировании и подготовке материалов, так и при постройке этих паровозов конструкторам, металлургам и технологам пришлось преодолеть целый ряд трудностей, чтобы создать совершенные паровозы. Отдельные крупные детали этих паровозов и целый ряд более мелких узлов впервые были применены в практике советского паровозостроения.

Котел паровозов, совершенно одинакового типа и размеров для обеих серий паровозов, был построен с полуконическим задним барабаном цилиндрической части и радиальным кожухом топки. Топка имела радиальный потолок, камеру догорания и кипятильно-циркуляционные трубы, которые в то же время поддерживали свод в топке. Сухопарный колпак на котле был цельноштампованным. Вместо спускных пробковых кранов котла были установлены продувальные клапаны для возможности продувки котла на ходу паровоза. Впервые был применен мелкотрубный пароперегреватель типа Элеско в жаровых трубах небольшого диаметра, 89 мм вместо обычных 133 мм.

На паровозах серий ФД и ИС впервые был применен пятиклапанный регулятор за перегревателем. Конус, гарнитура так же, как и большая часть арматуры котла были применены новых образцов. Паровой цилиндр представлял собой стальную отливку, в которой заодно были отлиты цилиндр, золотниковая камера с передними фланцевыми выходами мятого пара, проход для пара в конус и полуопора под дымовую коробку котла. Паровозные рамы были изготовлены брускового типа из листов стали специального проката. Оси, колеса, буксы и их детали, тележечные рамы и рессорное подвешивание создавались на основе американской техники. Надрессорное строение паровоза опиралось на ходовую часть в трех точках.

Для уменьшения удельного давления трущихся поверхностей, крейцкопфы параллели на этих паровозах были выполнены многоплоскостными. Дышла и спарники имели плавающие втулки для твер-

дой смазки вместо цилиндрических втулок или клиньевых подшипников, предназначенных для жидкой смазки. Поршень был выполнен без переднего штока, стальной литой, в ручьи которого были вставлены секционные кольца.

Впервые на паровозах был применен стокер, т.е. механическое устройство для подачи угля в топку и рассеивавший его паровым дутьем по колосниковой решетке. Впервые был применен шеститонный тендер с большим запасом воды и топлива.

Товарный паровоз серии ФД и пассажирский серии ИС имели совершенно одинаковые взаимомоменяемые котлы, цилиндры, буксы, рессоры, гарнитуру и арматуру котла. Это облегчало изготовление частей, ремонт паровозов, как в депо, так и на заводах.

Товарный паровоз серии ФД был вдвое мощнее модернизированного и наиболее совершенного товарного паровоза серии ЭМ, Пассажирский паровоз серии ИС развивал мощность до 3130 л.с. - он был в два раза мощнее самого распространенного тогда пассажирского паровоза серии СУ.

Повышение скоростей движения пассажирских поездов остро поставило вопрос об уменьшении сопротивления воздуха движению поездов, возрастающего прямо пропорционально кубу скорости. Во время специальных аэродинамических испытаний было установлено, что на преодоление одного только аэродинамического сопротивления движению паровоза при скорости 140 км/ч затрачивалась мощность от 500 до 600 л.с.

Поэтому курьерские локомотивы того времени, предназначенные для тяги скоростных поездов, оснащались специальными капотами обтекаемой формы с минимумом выступающих частей.

К XX годовщине Октября Коломенский завод построил пассажирский паровоз 2-3-2К, тип П12, который являлся первым специальным паровозом этого типа. Проект паровоза был разработан под руководством Л.С. Лебедецкого и М.Н. Щукина. Машины этого типа развивали скорость до 170 км/ч и водили экспрессы "Красная стрела", преодолевая путь от Москвы до Ленинграда за 8 часов. В отличие от паровоза типа 2-3-2В Ворошиловградского завода, который был создан на базе паровоза серии ИС, паровозы 2-3-2К Коломенского завода, были созданы по совершенно новому проекту, и на этапе его создания прорабатывались также варианты паровоза с осевыми формулами 1-3-2 и 2-3-1.

В предвоенный период здесь были разработаны и строились серийно паровозы для промышленных предприятий, в основном, металлургических, торфоразработок, угольных шахт и рудников. Обновленная и бурно развивающаяся в годы первых пятилеток промышленность потребовала развернуть крупносерийную постройку узкоколейных паровозов для своих нужд. Стандартизация узкоколейных паровозов.



Пассажирский паровоз (2-3-2К, тип П12)



Тендерный паровоз (0-4-0, тип 157)

Тендерный паровоз типа 157 с четырьмя спаренными осями был предназначен для путей промышленных предприятий, угольных шахт и рудников с шириной колеи 750 мм и являлся самым тяжелым паровозом из всех русских паровозов, построенных для этой ширины колеи. Давление от оси на рельсы у него достигало 6,5 тс, а масса его в рабочем состоянии составляла 26 т. Этот паровоз был построен в 1928 г. Коломенским заводом в двух вариантах. Главные размеры паровоза во всех вариантах одни и те же, но детали котла имели различные размеры топки, труб и котла, в результате чего величина поверхности нагрева и площадь решетки топки были различны. Этот узкоколейный паровоз был впервые построен с прямоугольным кожухом топки по системе Бельпера, снабжен перегревателем Шмидта и был рассчитан для отопления нефтью, углем и торфом. Рама у паровоза была наружной с насаженными на продолжении осей кривошипами, причем кривошип ведущей оси составлял одно целое с противовесом. Паровоз был снабжен паровым и ручным тормозами.

В 1933 г. Всесоюзным научно-исследовательским институтом промышленного транспорта на узкоколейных путях Чернораменского торфотреста в Горьковской области были произведены тщательные испытания этого локомотива. Они показали, что при средних скоростях, близких к рабочим, этот 26-тонный паровоз расходовал 9 кг пара в час на одну касательную лошадиную силу. У других узкоколейных паровозов расход пара был не меньше 12 кг/ч. Коэффициент полезного действия котла этого паровоза достигал 70 %, а интенсивность парообразования доходила до 42 кг/м² в час. При этом перегрев пара достигал температуры 325 °С. Такие результаты испытаний паровоза, тип 157, позволили признать его по соотношению размеров, конструктивному исполнению, теплотехническим и экономическим показателям самым лучшим из узкоколейных паровозов того времени, построенных на советских паровозостроительных заводах.

В 1930 г. велась разработка очень мощного узкоколейного паровоза типа 1-5-0 (заводской тип 160), для колеи 1000 мм. А также прорабатывались проекты узкоколейных электровозов и мотовозов для колеи 1000 и 750 мм.

Паровоз, тип 159, был предназначен для путей промышленных



Паровоз (0-4-0, тип 159)

предприятий с шириной колеи 750 мм и максимальным допустимым давлением от оси на рельсы 4 тс. Он имел возможность работать самостоятельно несколько часов как танк-паровоз, имея запас воды и топлива на самом паровозе, и мог сцепляться с тендером для продолжительной работы. Паровоз снабжался перегревателем пара с умеренным перегревом, пресс-масленкой для золотников и цилиндров, паровым и ручным тормозом, действовавшим на три оси. Он был построен Коломенским заводом в 1930 г., и продолжал строиться Новочеркасским (1936-1938) и Подольским (1933-1941) заводами. Особым устройством на паровозе являлся, так называемый "водогон", размещенный на площадке с правой стороны паровоза. Этот прибор служил для набора воды из водоемов, расположенных в плоскости путей и вблизи от них. Прибор представлял собой инжектор, который питался паром из особого паропровода от парового колпака. Заборная труба к водогону находилась спереди паровоза. Постройка этого паровоза была продолжена на Сормовском заводе.

Танк-паровоз 0-3-0, тип 9П, построенный Коломенским заводом в 1935 г., первоначально имел нагрузку от оси 18 тс, а у танк-паровоза улучшенной конструкции постройки 1939 г. нагрузка от оси на рельсы достигала 24,5 тс в рабочем состоянии. Эти паровозы выпускались Коломенским заводом до 1941 г., на Новочеркасском локомотивостроительном заводе в 1937-1938 гг., а после войны их массовая постройка продолжалась на Муромском паровозостроительном заводе. На базе ходовой части этого паровоза специалистами Коломенского завода был разработан бестопочный паровоз типа БП-1 для взрывоопасных производств, который также выпускался на Муромском заводе.



Танк-паровоз (0-3-0, тип 9П)

В 1937 г. был реализован проект экспериментального паровоза высокого давления В5-01 (В5, т.к. на заводе это был пятый (реализованный в итоге) проект паровоза подобного типа), тип П10, в котором давление пара в котле достигало 80 кг/см².



Паровоз (0-2-2, тип П10)



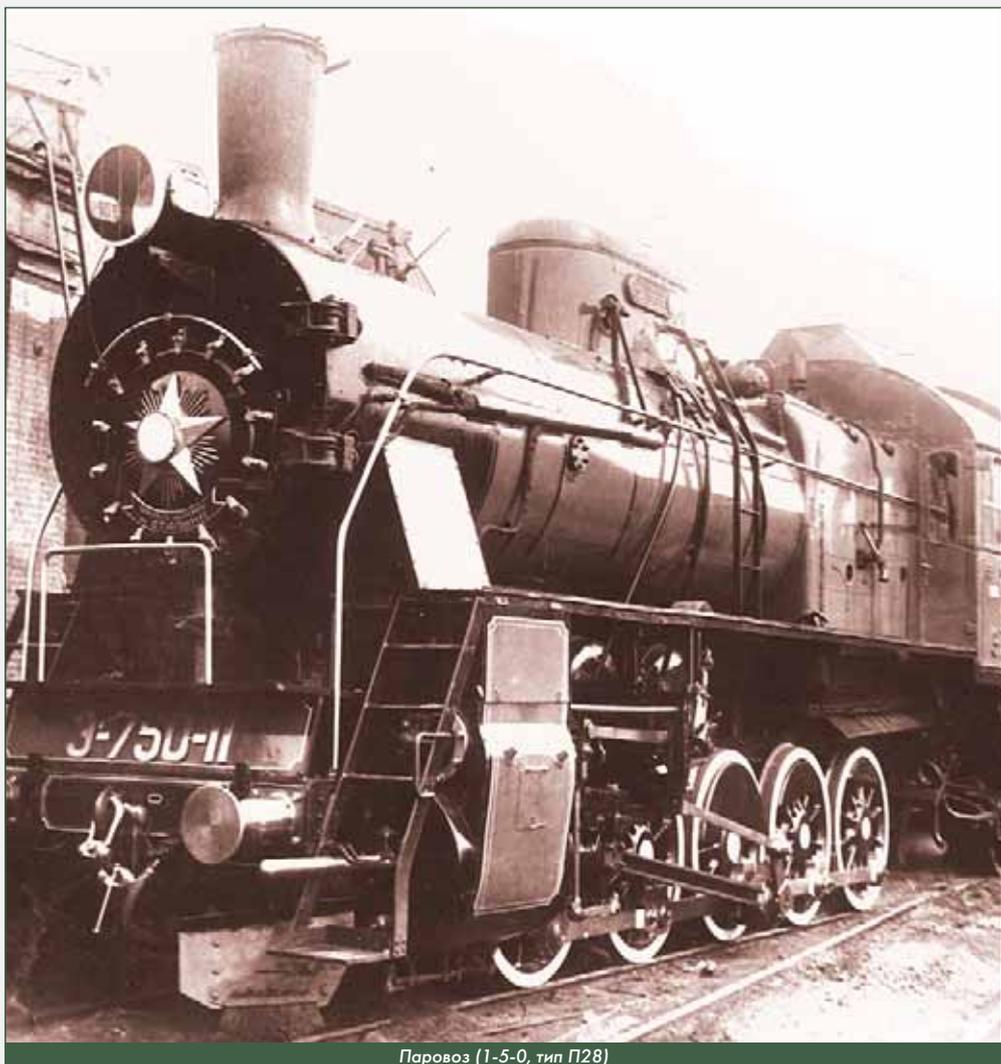
Паровоз (0-4-0, тип П24)

Надо заметить, что не всем идеям и разработкам суждено было воплотиться в типовой проект, многие идеи так остались лишь в названиях техпроект: В4, М1...

Последним предвоенным проектом завода (1941), стал узкоколейный паровоз 0-4-0, тип П24, который стал одним из самых массовых узкоколейных паровозов, построенных когда-либо в мире. До начала мировой войны завод успел построить всего 9 паровозов. После войны по этому проекту паровозы строились в Финляндии - серия ПТ-4, Венгрии - серия К^В, Чехословакии - серия К^С, Польше - серия К^П, а также Воткинским заводом - серии ВП1, ВП2 и ВП4, вплоть до 1960 г. для узкоколейных дорог СССР. Всего их было выпущено более 4000 единиц только для СССР. Документация для производства этого паровоза была передана в Китай, где их было построено также несколько тысяч.

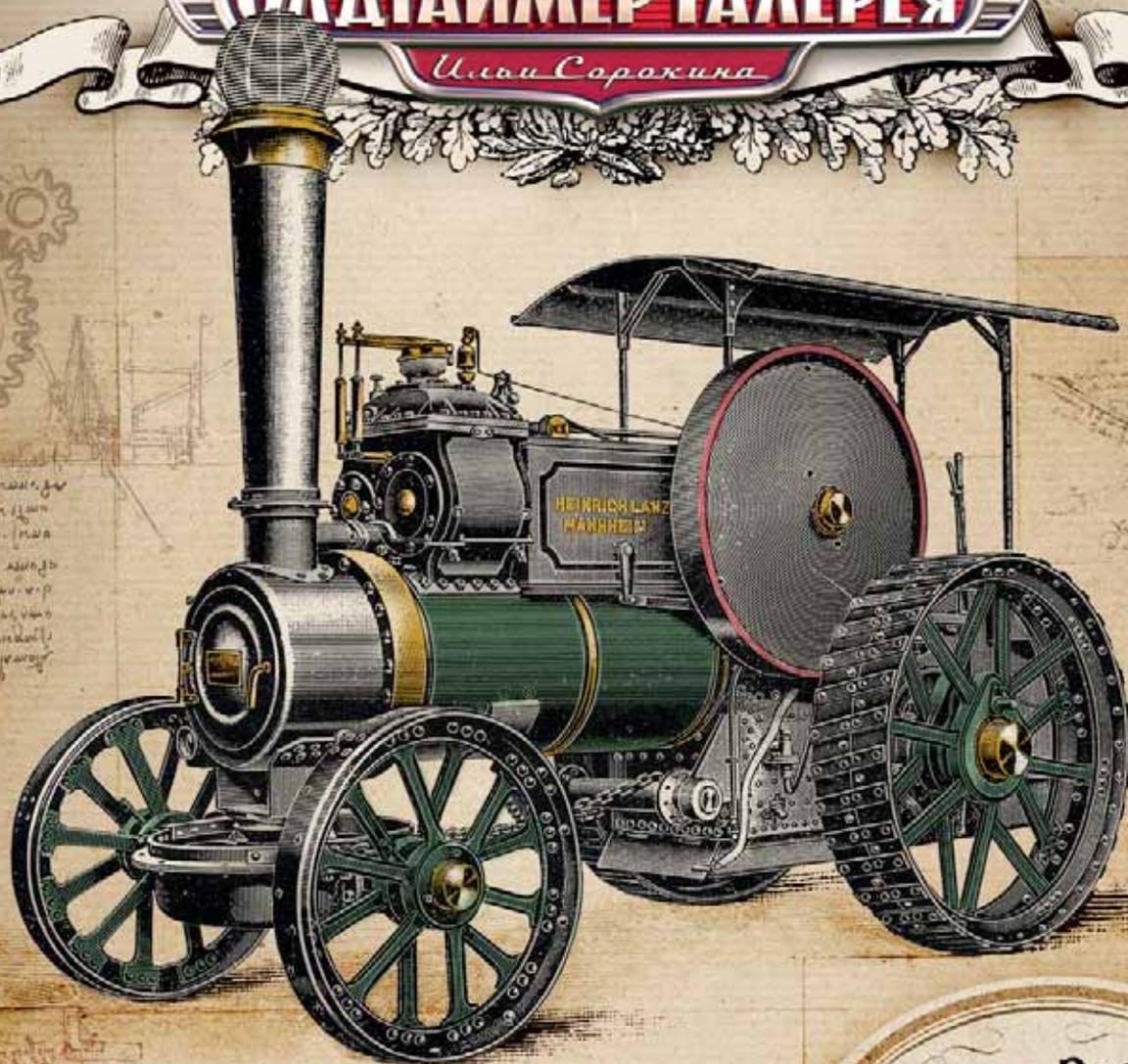
В 1943-1944 гг. был возобновлен выпуск паровозов. Строились товарные паровозы увеличенной мощности 0-5-0 серии Э^Р (р - реконструированный), тип П28. Позднее изготовление этих паровозов было организовано в странах Восточной Европы, откуда они поставлялись в Советский Союз. В 1945 г. самоотверженный труд коллектива Коломенского завода был отмечен орденом Трудового Красного Знамени. **Д**

(Окончание следует.)



Паровоз (1-5-0, тип П28)

XX
ОЛДТАЙМЕР-ГАЛЕРЕЯ
Улицы Сорокина



Крокус Экспо
27-30 Сентября
www.oldtimer.ru

**ФЕСТИВАЛЬ
ТЕХНИЧЕСКИХ МУЗЕЕВ**

**ВЫСТАВКА
СТАРИННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ
И АНТИКВАРИАТА**



Генеральный спонсор
BOSCH
Разработано для жизни

МОНИТОРИНГ ТРЕБОВАНИЙ РАБОТОДАТЕЛЕЙ В АСПЕКТЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЙ ЦЕЛЕВОЙ ПРОГРАММЫ

Сергей Владимирович Корсаков,

директор ГБОУ СПО, Колледж архитектуры и строительства № 7 г. Москвы, к.пед.н.

Светлана Николаевна Авраменко,

начальник службы повышения квалификации Межрегионального ресурсного центра ГБОУ СПО КАС № 7

В статье представлены обобщенные результаты социологического исследования, проведенного автором с целью выявления требований работодателей строительной отрасли к качеству образования выпускников, предоставляемого образовательными учреждениями начального профессионального и среднего профессионального образования.

In the paper are presented the generalized results of the sociological research done by the author in order to reveal the employer's requirements in the constructional industry for the education quality of graduates, given by the establishments of elementary and secondary education.

Ключевые слова: Федеральная целевая программа, мониторинг, работодатели, строительная отрасль, качество образования, рынок труда.

Keywords: Federal objective program, monitoring, employers, constructional industry, quality of education, employment market.

В рамках реализации новой Федеральной целевой программы развития образования на 2011-2015 гг., утвержденной постановлением Правительства РФ в 2011 г., особое внимание уделяется развитию начального и среднего профессионального образования. Следует констатировать, что в настоящее время аутентичными признаками значительной части российских образовательных учреждений НПО и СПО являются устаревшая или слабая материально-техническая база и отсутствие ориентации на нужды работодателей при подготовке специалистов по отраслям. Значительная часть выпускников таких образовательных учреждений не имеет возможности трудоустроиться по полученной профессии/специальности, зачастую из-за недостаточного уровня квалификации для допуска к работам на современном производстве, который явился следствием отсутствия у ряда образовательных учреждений договоренностей с работодателями о подготовке специалистов для работы на их предприятиях. Очевидно, что динамика модернизации производственных технологий в строительной отрасли во многом опережает трансформационные процессы обучения в образовательных учреждениях [1, 3]. Эти факторы за много лет своего существования стали основными в создании проблемы соответствия качества и численности работников современным требованиям производства.

Вопросы соответствия численности и качества работников потребностям производства на протяжении многих лет реформирования отечественной экономики представляют интерес, как для руководителей отдельных предприятий, так и руководителей отдельных секторов экономики и страны в целом. Особенно остро данная проблема ощущается в строительной сфере, как одной из наиболее масштабных в народном хозяйстве по количеству вовлеченных в ее деятельность кадров. Строительная отрасль не стоит на месте, она находится в непрерывном развитии и, соответственно, вопросы образования и квалификации специалистов напрямую связаны с качеством строительства. Современные условия внедрения передовых средств механизации, технологий и материалов обязывают образовательные учреждения учитывать перемены и требования заказчиков в потребности рынка кадров, их профессионализму и универсальности.

Одним из главных направлений в аспекте качества образования должно являться создание условий, обеспечивающих подготовку конкурентоспособных, востребованных специалистов отрасли, готовых к проявлению лидерских качеств и комплексному решению профессиональных задач, продолжению образования через всю свою жизнь. Целью в данном случае является максимально полное удовлетворение потребностям работодателей через достижение качества подготовки специалистов, повышение профессиональной мобильности выпускников на рынке труда, достижение соответствия между образовательными и профессио-

нальными интересами личности, потребностями рынка труда и т.д. Для реализации данной цели недостаточно усилий одних лишь образовательных учреждений, потому в этот процесс вовлечены ведущие работодатели отрасли, например, на базе Межрегионального ресурсного центра ГБОУ СПО КАС №7: МГУП "Мосводоканал", ООО "Домас", ЗАО "Мосфундаментстрой-6", ООО "МФС-ПИК", ЗАО ПСО "Мосзарубежстрой" и др., как заказчики и конечные потребители продукции, выдвигающие требования в виде знаний, умений и навыков к выпускникам образовательных учреждений.

В настоящее время саморегулируемые организации наделены полномочиями по контролю за выдачей свидетельств о допуске к работам, которые влияют на безопасность объектов капитального строительства. Соответственно, требования к качеству строительных работ и профессиональному уровню сотрудников становятся выше. Квалификационный уровень работников в этом случае выступает гарантом качества выполняемых работ. В данном случае образовательный процесс нуждается в системе внешних оценок, как наиболее актуальных для достижения данной цели. По результатам проведенного опроса среди работодателей отрасли было выявлено, что прерогатива отводится таким оценкам, как:

- удовлетворенность работодателей качеством полученного образования выпускниками учреждений НПО и СПО, их квалификацией;
- удовлетворенность уровнем образовательных программ;
- удовлетворенность соотношением по числу выпускников учреждений НПО и СПО требуемым профессиям (специальностям);
- удовлетворенность профессионально-квалификационной подготовкой выпускников профессиональных образовательных учреждений;
- увеличение прибыли и рентабельности предприятий строительной отрасли за счет снижения издержек на переобучение персонала, сокращение доли затрат на внутрифирменную подготовку в структуре себестоимости продукции.

Очевидно, что работодатели, как основные заказчики профессионального образования должны участвовать не только в оценке результатов образовательного процесса и его реализации, но и в постановке целей обучения (как минимум, проводя экспертизу образовательных программ) в процессе образования. Для определения целей обучения образовательному учреждению необходимо максимально полно владеть информацией о требованиях работодателей, которые они предъявляют к качеству обучения и реализуемым программам отраслевой направленности, чему способствует мониторинг данных требований.

Под мониторингом понимают постоянную взаимодельствие с работодателями с целью выявления соответствия их требований

ожидаемому результату. Мониторинг требований работодателей необходим системе профессионального образования в ситуации перехода от стабильного состояния к режиму развития и включает: сбор данных и оценку результатов, действия по принятым оценкам результатов в соответствии со стандартами, валидность критериев. Целью мониторинга является создание оснований для обобщения полученной информации о состоянии сферы образования, соответствия ее требованиям рынка труда отрасли и основных показателях ее функционирования, для осуществления оценок и прогнозирования курса развития, принятия обоснованных решений по достижению качественного образования.

За период реализации задач Федеральной целевой программы развития образования, посвященной модернизации системы начального профессионального и среднего профессионального образования подготовки специалистов строительной отрасли на базе межрегиональных ресурсных центров, специалистами ресурсного центра, созданного на базе Государственного бюджетного образовательного учреждения среднего профессионального образования Колледжа архитектуры и строительства № 7 города Москвы, трижды проводился мониторинг требований работодателей. Осуществляемый мониторинг содержал в себе три этапа, которые реализовывались:

- первый этап - осень-зима 2011 г.;
- второй этап - зима-весна 2012 г.;
- третий этап - лето-осень 2012 г.

Выбор регионов был задан контекстом интенсивно проводящихся исследований по проблемам модернизации системы образования среди социальных партнеров образовательных учреждений - участников сетевого взаимодействия из городов Владимир, Смоленск, Иркутск, Новомосковск, Москва, Брянск, Кострома и др. [2].

Третий этап мониторинга показал заметно наметившуюся динамику роста заинтересованности представителей работодателей в принятии непосредственного участия в опросах в качестве респондентов, а также их вовлеченность в проведение экспертизы новых образовательных (модульных) программ обучения. На рисунках 1, 2 и 3 представлены результаты изменений в отношении работодателей к проводимой программе модернизации системы начального и среднего профессионального образования.

На представленных диаграммах видны изменения уровня квалификации кадров на предприятиях строительной отрасли различных регионов. Особенно заметны эти изменения на третьем этапе проведения мониторинга, когда респонденты, в роли которых выступили работодатели, среди основных причин положительной динамики происходящих изменений назвали:

- повышение уровня квалификации работников предприятий путем освоения ими программ дополнительного профессионального образования (Москва и Московская область, Владимирская, Смоленская, Липецкая и Иркутская области);
- увеличение количества практических занятий на современном производственном оборудовании (ОАО "ГлавВладимирстрой", ООО "СтройСити", ООО "Конкурент", ООО ЧОО "Са-яны", ООО "Домас" - строительные компании городов Владимир, Красноярск, Москва);
- частичная смена кадрового состава предприятия путем пополнения новыми кадрами - выпускниками образовательных учреждений (Тамбовская, Смоленская, Иркутская области и др.).

По итогам ответов в части испытываемого дефицита в квалифицированных кадрах (рис. 4, 5, 6) заметно, что на период лета 2012 г. в строительной отрасли произошли положительные изменения. Однако, при несколько сниженном проценте потребностей, пропорции остались практически такими же, и все так же лидирующая позиция здесь принадлежит дополнительному профессиональному образованию, вероятно, в силу относительной непродолжительности учебного процесса и, как следствие, быстрого результата в получении знаний теми специалистами, которые на данный момент наиболее востребованы предприятием.

Результаты третьего этапа мониторинга показали, что, как зимой и весной 2012 г., так и в настоящее время в регионах наиболее

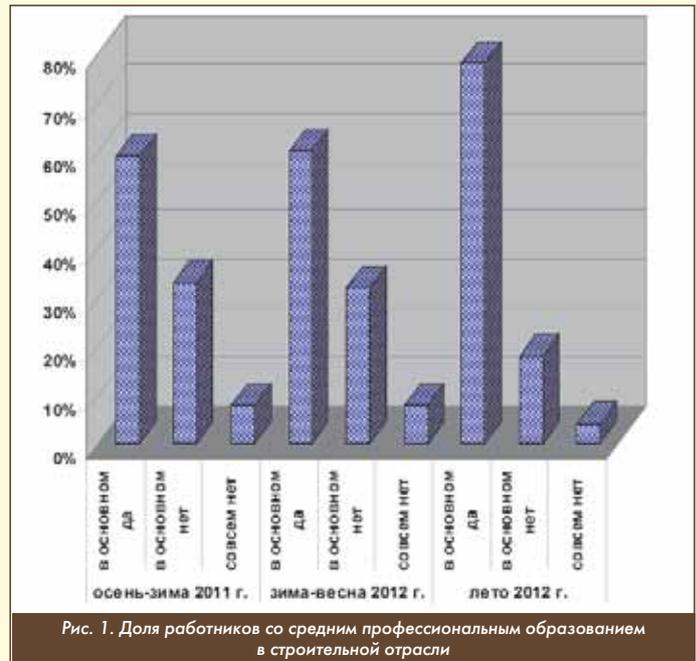


Рис. 1. Доля работников со средним профессиональным образованием в строительной отрасли

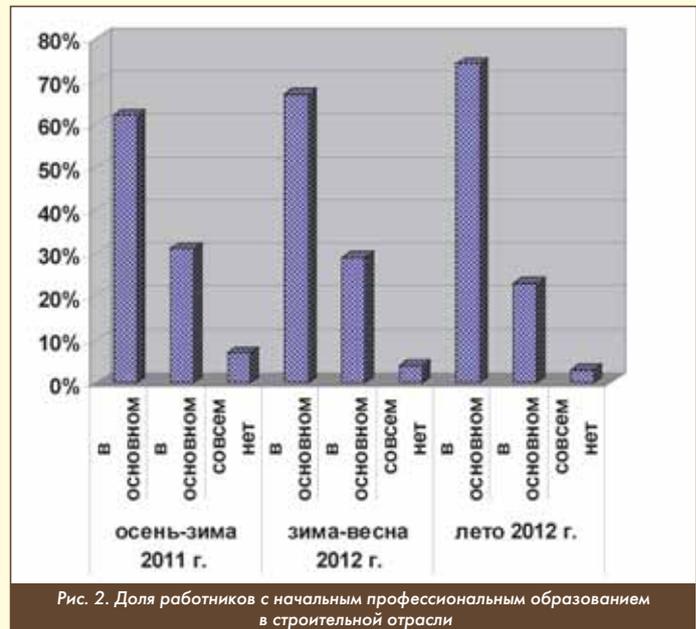


Рис. 2. Доля работников с начальным профессиональным образованием в строительной отрасли

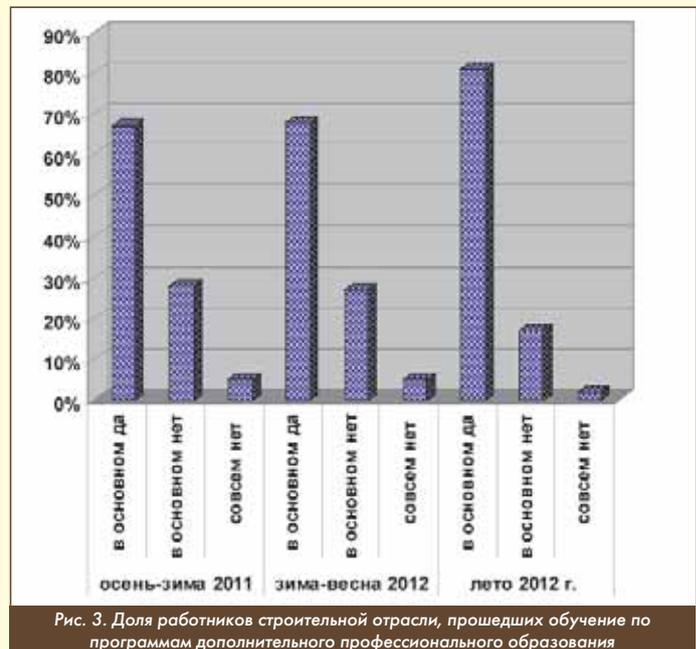


Рис. 3. Доля работников строительной отрасли, прошедших обучение по программам дополнительного профессионального образования



Рис. 4. Востребованность предприятий строительной отрасли в квалифицированных рабочих с НПО

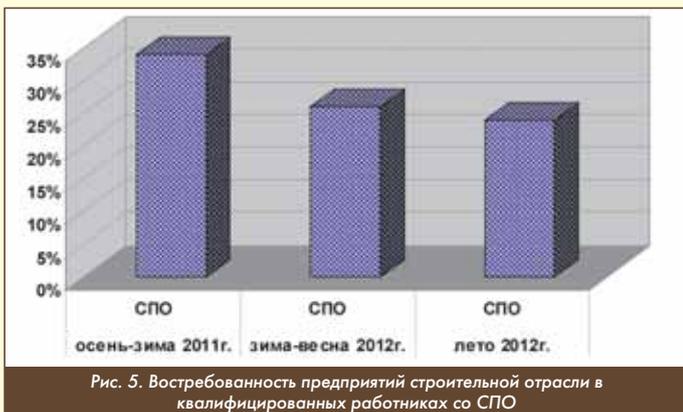


Рис. 5. Востребованность предприятий строительной отрасли в квалифицированных рабочих со СПО

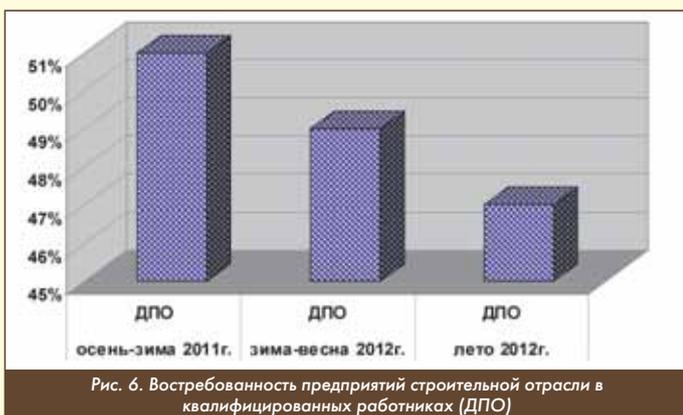


Рис. 6. Востребованность предприятий строительной отрасли в квалифицированных рабочих (ДПО)

востребованными рабочими профессиями являются "Электромонтажник" (Липецк, Московская и Владимирская области), "Монтажник санитарно-технических, вентиляционных систем и оборудования" (Москва и Московская область, Тамбовская область).

На рис. 6 видна тенденция изменения потребности работодателей в кадрах, обученных по программам ДПО, что подтверждает высокую востребованность в краткосрочном обучении работников. Причиной положительной динамики стал возросший процент обучения строительными организациями своих сотрудников по программам ДПО и, как следствие, увеличение доли таких работников в штате предприятий (рис. 3).

Следует отметить, что в процессе работы межрегионального ресурсного центра на базе ГБОУ СПО Колледж архитектуры и строительства № 7 в рамках реализации Федеральной целевой программы развития образования, была отмечена существенная заинтересованность со стороны работодателей в согласовании и экспертизе образовательных программ, что может являться свидетельством осознания ими (в большинстве - представители работодателей из городов Владимир, Смоленск, Иркутск и Тамбов) важности взаимодействия с образовательными учреждениями. Многие из числа региональных работодателей по-другому начинают относиться к кадрам своего предприятия и понимают, что "квалифицированные рабочие должны быть включены в национальную систему профессиональных квалификаций, оценка их профессионального уровня и получение новых квалификаций не должна замыкаться внутри отдельных предприятий, как это фактически сложилось в настоящее время. Это увеличит возможности рабочих на рынке труда, повысит их мобильность и в конечном счете - их зарплаты" [3].

Литература

1. Авраменко С.Н. Востребованность личных качеств у молодого специалиста: результаты анкетирования работодателей строительной отрасли российских регионов // Неформальное образование. - 2012. - № 5. - С. 84, с. 3-6.
2. Авраменко С.Н. Анкетирование как эффективный метод получения данных по использованию модульных программ // Среднее профессиональное образование. - 2012. - № 6. - С. 68, с. 27-29.
3. "Строительство справедливости. Социальная политика для России. Часть 1", В.В. Путин, Комсомольская правда. 13.02.2012 г.

Связь с автором: sv_avr@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ

Многоотраслевая промышленная корпорация Eaton и российский вертолетостроительный холдинг "Вертолеты России" начали совместное производство тефлоновых шлангов по технологии Eaton.

Тефлоновые шланги Eaton выпускаются на территории Национального центра вертолетостроения (НЦВ) в подмосковном Томилино. Установка шлангов на летательные аппараты будет происходить на производственных предприятиях холдинга, которые расположены по всей России, в т.ч. в Ростове-на-Дону, Казани, Улан-Удэ и других городах.

Первая партия выпущенных в России тефлоновых шлангов готова к установке на гражданские вертолеты типа Ми-8/17. Стороны также договорились о совместном расширении линейки выпускаемых шлангов для установки на другие типы российских вертолетов.

Гибкие трубопроводы, или шланги

применяются в многочисленных системах самолетов и вертолетов: гидравлических, топливных, кислородных, системах снабжения масла двигателя и др. Тефлоновые шланги служат на протяжении всего жизненного цикла летательного аппарата, что в среднем составляет 20 лет. Это позволяет значительно экономить на эксплуатационном обслуживании.

По многим технологическим параметрам только шланги Eaton способны пройти ряд испытаний, которые невозможны для оборудования других производителей: например, по спецификации огнестойкости шланги Eaton могут "выстоять" в огне без жидкости внутри в течение 15 минут. Требования долговечности, которые обеспечивает продукция Eaton, также являются выдающимися для данного вида продукции, обеспечивая практически бесконечную эксплуатацию на вертолётё.

Компания Eaton сертифицировала

производство в Подмосковье, кроме того линия по изготовлению шлангов прошла сертификацию на соответствие требованиям международного аэрокосмического стандарта качества AS 9100. Для обеспечения стабильности уровня качества специалистами компании Eaton ежегодно будет осуществляется комплексный аудит на соответствие нормам и стандартам корпорации.

"Соответствующая линейка шлангов для различных типов российских вертолетов может быть создана уже через несколько лет", - отмечает Юрий Лебедев, руководитель проектов Аэрокосмического направления компании Eaton в России.

Начало совместному проекту было положено в 2009 г. на парижском аэрокосмическом салоне Le Bourget, где компании Eaton и "Вертолеты России" объявили сотрудничество, подписав соответствующие документы.



Авиационная
столица России

ОРГАНИЗАТОРЫ:



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



Германия –
страна-партнер
МАТФ-2012

МЕЖДУНАРОДНЫЙ АВИАТРАНСПОРТНЫЙ ФОРУМ МАТФ 2012



Ульяновск, а/п «Восточный»

23-25 августа

*Главное
авиационное
событие года!*

В программе:

- Международная выставка и конгресс
- Всероссийский Форум малой авиации
- Молодежный авиафорум «Я - Авиатор»
- Встречи в формате B2B
- Презентации инвест-проектов и бизнес-кейсов
- Авиашоу с участием пилотажных групп
- Вручение премий и наград в области авиации

Основные разделы выставки:

- Пассажирские и грузовые авиаперевозки
- Авиация общего назначения
- Техобслуживание и ремонт авиационного парка
- Аэропорты
- «Инновации в авиации» – научные исследования и инжиниринг
- Тренажеры и симуляторы и другие.

Основные темы конгресса:

- Авиация России и вызовы глобализации
- Международный опыт кластерной экономики в авиации
- Государственно-частное партнерство как инструмент развития авиации
- Цепочки поставщиков в авиации
- Перспективы развития авиации после вступления в ВТО
- Региональные авиаперевозки и аэропортовая деятельность
- Профессионалы авиации
- Тенденции и вызовы мирового рынка грузовых авиаперевозок и многие другие.

Регистрация участников на сайте
WWW.UL-AVIA.COM

Справки об участии: +7 (8422) 282-267 (многоканальный), contact@ul-avia.com

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР



ОФИЦИАЛЬНАЯ СВЯЗЬ



ПАРТНЕР



ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ТВ-ПАРТНЕР



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР



СТРАТЕГИЧЕСКИЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР



АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОГО РЕСУРСНОГО ЦЕНТРА

Анатолий Васильевич Невмержицкий,

директор по информационным технологиям ООО "ССП",
инженер по качеству Межрегионального ресурсного центра КАС № 7, г. Москва, к.т.н.

В статье представлен анализ использования информационно-коммуникационных технологий в деятельности межрегионального ресурсного центра, функционирующего на базе государственного образовательного учреждения среднего профессионального образования Колледжа архитектуры и строительства №7 города Москвы.

In the paper is presented the analysis of using informational and communicational technologies in activities of the interregional resource center, which is working on the base of State educational establishment of secondary education of College of architecture and construction №7 in Moscow.

Ключевые слова: информатизация, информационные технологии, инфокоммуникационное обеспечение образовательных организаций, межрегиональный ресурсный центр, развитие единой информационной среды, программно-аппаратные комплексы.

Keywords: informatization, informational technologies, infocommunicational support of educational organizations, interregional resource center, development of unified informational environment, hardware and software suite.

Одним из приоритетных направлений процесса информатизации современного российского общества является информатизация образования [1]. Организация процесса обучения на основе использования возможностей информационных технологий позволяет на более высоком уровне решать задачи обучения, интенсифицировать все уровни учебно-воспитательного процесса, готовить обучающихся к применению современных информационных технологий в их профессиональной деятельности. Одним из ключевых условий качества современного образования можно считать скорость получения и доступность информации, что напрямую связано с наличием эффективной системы инфокоммуникационного обеспечения образовательных организаций, в частности, развертываемых на современном этапе межрегиональных ресурсных центров (МРЦ).

В рамках реализуемой в настоящее время Федеральной целевой программы (государственного проекта) "Модернизация системы начального профессионального и среднего профессионального образования для подготовки специалистов в приоритетных отраслях экономики на базе ресурсных центров" появилась возможность на качественно новом уровне обеспечить систему начального и среднего профессионального образования доступом к современным средствам обучения, концентрируя их в межрегиональных ресурсных центрах, и с использованием новых информационных технологий, интенсифицируя процесс обучения непосредственно в регионах.

Инфокоммуникационные технологии, применяемые в МРЦ строительной отрасли, являются необходимым условием и инструментом решения таких задач ФЦП "Модернизация системы начального профессионального и среднего профессионального образования для подготовки специалистов в области строительства на базе отраслевого межрегионального ресурсного центра", как:

- повышение доступности качественного профессионального образования на условиях открытого доступа путём концентрации в МРЦ высокостоимостных ресурсов для совместного использования учреждениями профессионального образования, входящими в состав Центра;

- повышение профильной специализации квалифицированных рабочих, связанной с освоением современных производственных технологий, соответствующих технологическим и организационно-экономическим условиям передовых предприятий и организаций строительной отрасли;

- удовлетворение потребностей специалистов в получении знаний о новейших достижениях в соответствующих отраслях и передовом опыте;

- проведение экспертизы нового учебного и учебно-производственного оборудования, инновационных технологий, средств и систем [4].

Как указано в "Концепции информатизации образовательного процесса в системе Департамента образования города Москвы" [2], такие задачи могут решаться в рамках создаваемых служб информатизации: "В рамках настоящей концепции реализуется основная роль окружных ресурсных центров: организация служб, необходимых образовательным учреждениям округа в процессе информатизации". Одной из важнейших задач в рамках реализации данной концепции определена задача развития единой информационной среды учреждений начального профессионального и среднего профессионального образования: "Развитие единой информационной среды учреждений среднего профессионального образования предусматривает:

- построение информационной инфраструктуры;
- развитие автоматизированной информационной системы профессионального образования;
- формирование унифицированных требований создания электронных образовательных ресурсов для начального и среднего профессионального образования;
- создание электронных цифровых ресурсов;
- развитие системы дистанционного обучения;
- разработку и реализацию мультимедийных образовательных технологий в профессиональном обучении".

В соответствии с изложенным, ИКТ, применяемые в ресурсном центре, можно разделить на 4 основные группы:

1. *Базовые программно-аппаратные комплексы (ПАК)*, применяемые для автоматизации деятельности МРЦ, как любого современного учреждения. Они обеспечивают функционирование администрации МРЦ и единую среду взаимодействия с подразделениями организации (бухгалтерия, средства контроля и управления учебной деятельностью, административно-хозяйственный блок и т.д.), на базе которого развернут Центр [3].

2. *Общие программно-аппаратные комплексы*, применяемые в образовательном процессе (см. табл.).

3. *Специализированные программно-аппаратные комплексы*, применяемые для отработки профессиональных навыков. Так как МРЦ на базе Колледжа архитектуры и строительства №7 города Москвы создавался для повышения эффективности образования в области строительства, примерами ПАК могут служить:

- Макетная мастерская;
- Лаборатория вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха;

Характеристика программно-аппаратных комплексов		
Наименование	Назначение	Цифровые (программные) инструменты, входящие в комплекс
Комплекс обработки информации, коммуникации, графического ввода, вывода на бумагу	Для педагога: - обработка информации; - коммуникация через локальную сеть и Интернет. Для педагога и учащихся: - оцифровка текстовой и графической информации с бумаги; - источник аудиовидеоинформации при выступлениях	Общепользовательские инструменты: - обработки текстов и графики, диаграмм, презентаций, распознавания текстов и графики, в том числе рукописных; - коммуникации и выхода в Интернет
Комплекс вывода аудио-видеоинформации и интерактивного ввода	Для педагога и учащихся: - вывод аудио-, видеоинформации для аудитории (в презентации и т. д.); - ввод рукописной графической информации, с экрана; - ввод выбора ответа, краткого ответа на вопрос от учащегося	Инструменты, обеспечивающие ввод графической информации, распознавание рукописной информации, обработку и представление результатов опроса
Комплекс ввода, обработки и представления результатов наблюдений и экспериментов	Для педагога и учащихся: - автоматический ввод в компьютер, обработка и представление результатов наблюдений и экспериментов (цифровых измерений и видеозаписей)	Инструменты обработки и визуализации цифровых результатов измерений
Комплекс информационных технологий	Для педагога и учащихся: - освоение и применение ИКТ в различных предметах и сферах деятельности	Общепользовательское программное обеспечение, инструменты ИКТ, используемые в МРЦ при обучении различным предметам/дисциплинам
Комплекс компьютерного дизайна, автоматизированного проектирования и издательской деятельности	Для учащихся, педагогов и администрации: - формирование среды взаимодействия и взаимного информирования и воспитания. Для учащихся: - освоение полупрофессиональных и профессиональных инструментов	Инструменты для издательской деятельности и компьютерного дизайна

- Мастерская (передвижная) санитарно-технических работ;
- Электроизмерительная лаборатория и т.д.

В рамках МРЦ подобных специализированных программно-аппаратных комплексов развернуто более тридцати.

4. Программно-аппаратный комплекс дистанционного образования. В связи с тем, что одной из основных особенностей МРЦ является его территориальная распределённость, задача качественного обучения во всех регионах не может быть решена без применения ПАК видеопортала. В данном контексте *видеопортал* понимается как разновидность портала с ориентацией на представление медиаданных, сервисов для потоковых трансляций и проведения онлайн-мероприятий. Видеопортал должен представлять собой комплексное решение для проведения онлайн-мероприятий с независимой технологической базой и каналами связи, работа над его созданием ведется в рамках дальнейшего совершенствования деятельности межрегионального ресурсного центра.

Развертывание современной инфраструктуры поддержки образовательного процесса на основе межрегиональных ресурсных центров подразумевает [4]:

- а. Создание и отладку механизма мониторинга и внедрения современных образовательных программ и технологий.
- б. Создание и отладку эффективного механизма участия работодателей и общественности в определении содержания под-

готовки кадров для приоритетных отраслей.

с. Совершенствование организационных условий для реализации новых образовательных программ.

Решение данных задач возможно только на основе применения современных ИКТ на всех этапах образовательного процесса. □

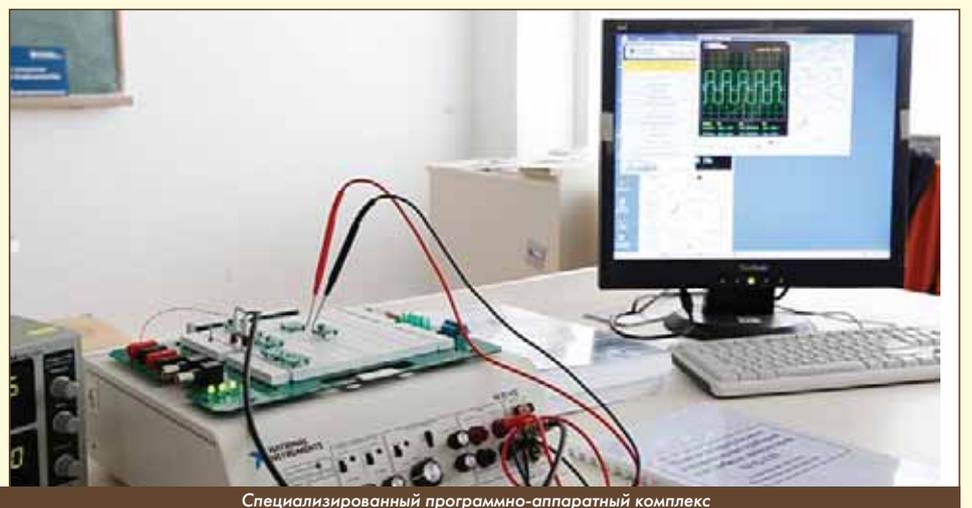
Литература

1. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года", утвержденная Распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р.
2. "Концепция информатизации образовательного процесса в системе Департамента образования города Москвы", утвержденная решением Коллегии Департамента образования города Москвы от 16.10.2008 г. №6/2.
3. Шишов О.В. Современные технологии и технические средства информатизации. - М.: Инфра-М, 2012.
4. "Модернизация системы начального профессионального и среднего профессионального образования для подготовки специалистов в области строительства на базе отраслевого межрегионального ресурсного центра", ГК №12.P20.11.0059 от 31.11.2011 г., <http://zakupki.gov.ru/>.

Связь с автором: av_n@live.ru



Малоамперный дуговой тренажер сварщика



Специализированный программно-аппаратный комплекс

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБЪЕКТИВНОГО РЕЙТИНГОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭНТРОПИИ

Владимир Юрьевич Переверзев,

доцент, заведующий лабораторией ГБНУ НИИРПО, г. Москва, к.пед.н.

В статье описана модель объективного рейтингования образовательных учреждений на основе концепции информационной энтропии.

This article describes a model of the objective rating estimation of educational institutions in the concept of information entropy.

Ключевые слова: *рейтингование образовательных учреждений, информационная энтропия, качество образования.*
Keywords: *rating of educational institutions, information entropy, the quality of education.*

Проблема рейтингования таких комплексных и многогранных социально-экономических объектов как образовательные учреждения (ОУ) достаточно сложна. Основные нарекания заинтересованных в результатах рейтинга лиц (администраторов ОУ, управленцев, преподавателей) состоят в необъективности выставления суммарных показателей - баллов или порядка ранжирования ОУ. Поэтому весьма актуальным становится формирование модели объективного, т.е. независимого от мнения экспертов, оценивания результатов деятельности ОУ.

При анализе деятельности образовательного учреждения необходимо учитывать его специфические свойства. ОУ представляет собой сложную, неоднородную и динамическую систему, и поэтому экономические, социальные, образовательные, организационные и др. показатели результатов его деятельности тесно связаны друг с другом. Более того, учебные заведения профессионального образования, испытывая на себе влияние внешней среды регионального окружения, сами в значительной степени воздействуют на социальные и экономические процессы в регионе.

Отметим, что образовательные факторы, влияющие на качества компонентов системы, являются объектами произвольной (числовой и нечисловой, количественной и качественной) природы.

Применяемые в традиционной системе аттестации деятельности учебных заведений методы оценивания базируются на крайне неопределенных, субъективных представлениях экспертов о смысле и значении различных факторов и показателей. Они не могут претендовать на объективность и точность, и, следовательно, ничего, кроме иллюзии классификации или ранжирования в сфере проверки уровня образовательной деятельности ОУ и оценки качества формирования компетентности студентов принести не могут.

Существует общемировая тенденция смещения области исследований и разработок по аттестации и оценки деятельности образовательных учреждений на интегральные показатели качества, описываемые методами непараметрической статистики. Этот путь, по мнению многих авторов, наиболее емко отражает сущность оценки качества деятельности ОУ, ее ориентацию на объективную и полную оценку результативности функционирования каждого учебного заведения.

В сфере образования мы имеем дело с гибридной системой факторов, под которой понимаются разноименные качественные и количественные показатели произвольной природы. Численные значения этих показателей отражают специфические свойства образовательной системы (оценки студентов, количество компьютеров на одного студента и т.п.) и поэтому относятся к количественным параметрам. С помощью этих факторов можно упорядочить образовательные системы по мере возрастания (убывания)

определенного свойства или совокупности этих свойств. Качественными являются такие факторы, по которым непосредственно невозможно "ранжировать" деятельность учебного заведения в порядке возрастания или убывания определенных свойств. К ним относятся, например, применение современных образовательных технологий, уровень информатизации процесса обучения, организация воспитательной работы и быта студентов и т.п.

Задача рейтингования ставится следующим образом. Пусть имеется m образовательных учреждений, которые характеризуются n общими и одинаковыми для них признаками. Требуется оценить и прорейтинговать исследуемые ОУ в порядке их приоритета. Математическая модель для решения поставленной задачи начинается с формирования исходной информации в виде следующей матрицы:

$$S = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

Здесь m - количество объектов (ОУ);

n - число общих для этих объектов признаков;

x_{ij} - значение j -го признака для i -го объекта.

Предполагается, что все объекты составляют однородную систему, т.е. относятся к кластеру "родственных". Требуется определить рейтинг каждого объекта в общей системе S образовательных организаций в данный момент времени.

При выборе той или иной методики ранжирования таких многомерных объектов как образовательные учреждения необходимо использовать фундаментальные понятия, заимствованные из кибернетики, такие как информация, система, модель. Эти понятия составляют интегральный метод познания, стабилизируют единое представление об изучаемых объектах, как статических, так и динамических. При этом возникает задача не субъективного, а объективного, независимого определения интегрального показателя качества деятельности каждой конкретной образовательной организации, подлежащей ранжированию.

В работе [1] предложена методика ранжирования учебных заведений, в основу которой положено понятие "интегральное качество системы образования", и которая позволяет объективизировать процесс принятия решения при рейтинговании. Для решения задачи ранжирования однородных, взятых из одного кластера, учебных заведений необходимо сформировать совокупность признаков, общих для этих объектов, которая могла бы наиболее объективно характеризовать их деятельность.

В этом методе интегральное качество деятельности учебного заведения на данном этапе его функционирования находится не как простая сумма качеств ее элементов, а ранжируется как ин-

тегральная сумма вида:

$$R_i = \sum_{j=1}^n k_{ij} \cdot H_j,$$

где R_i - интегральное качество (ранг) i -го объекта системы;

k_{ij} - качество i -го объекта по j -му признаку;

H_j - некоторый коэффициент, который зависит от степени влияния каждого образовательного фактора и который является тем самым не субъективным (назначенным экспертом), а объективным, полученным из статистических зависимостей "коэффициентом значимости" каждого признака на данном этапе функционирования системы;

n - количество образовательных показателей.

Для решения поставленной задачи будем использовать то положение, что общим в процессах управления социально-экономическими и образовательными системами является его антиэнтропийный характер. Любая система объектов стабильна только в том случае, когда устойчив каждый элемент (признак) этой системы. Если в системе всех объектов какой-то фактор нестабилен, то эта нестабильность влияет на общее состояние всех объектов в целом.

Для измерения количества информации К. Шеннон [2] предложил использовать формулу информационной энтропии, как меру хаоса и неупорядоченности любой системы. Информационная энтропия - мера неопределённости или непредсказуемости информации, неопределённость появления какого-либо символа.

По К. Шеннону информационная энтропия H для независимых случайных событий x с n возможными состояниями (от 1 до n , где p - функция вероятности) рассчитывается по формуле

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

или, что тождественно

$$H = \sum_{i=1}^n p_i \log_2 (1/p_i).$$

Энтропия является количеством, определённым в контексте вероятностной модели для источника данных. Заметим, что для источника информации, который генерирует данные, состоящие только из одинаковых показателей, энтропия равна нулю

$$-\sum_{i=1}^n \log_2 1 = 0.$$

Смысл и результативность этой формулы не изменится, если заменить логарифм по основанию два натуральным логарифмом, тогда информационная энтропия равна:

$$H = \sum p_i \log_2 (1/p_i) = c \cdot \sum p_i \ln(1/p_i).$$

Необходимо понять сущность энтропии и применять ее как инструмент исследования совокупности однородных объектов. При этом с помощью этой концепции можно увидеть в новом ракурсе и переосмыслить многие явления, происходящие в такой комплексной и разнообразной сфере, как образование.

Рассмотрим математико-статистическую модель рейтингования ОУ.

Успешное функционирование ОУ зависит от многих образовательных, экономических и социальных признаков. С одной стороны, эти факторы в той или иной мере взаимосвязаны между собой, а с другой стороны, следует признать, что не все показатели одинаково значимы по своему влиянию на образовательный процесс. Понятно, что никакими субъективными баллами или весовыми коэффициентами (придуманными экспертами) невозможно оценить значимость каждого признака. Более того, количественные и качественные значения всех факторов, влияющих на образовательный процесс, динамичны, могут менять свое значение от года в год. Поэтому и их значимость также может варьироваться во времени. Признак, который сегодня был малозначим, завтра может стать значимым и наоборот.

Например, сегодня не все ОУ региона в одинаковой степени оснащены компьютерной техникой. Этот фактор на сегодня следует считать значимым. Предположим, что регион и образовательные организации изыскали средства и оснастили ОУ компьютерной техникой в одинаковых пропорциях по количеству студентов. Поставленная задача выполнена. Этот показатель из значимого вчера стал малозначимым сегодня, так как все ОУ имеют одинаковые количественные показатели по этому показателю (количество компьютеров на одного студента) и, следовательно, нулевую энтропию. Этот фактор уже не влияет на качество образования и, следовательно, его можно даже не рассматривать при рейтинговании. Следующими по значимости становятся те признаки, значения которых имеют наибольшую энтропию (наибольший разброс в количественных оценках).

Итак, значимость каждого признака характеризуется величиной его энтропии. Если, например, все ОУ имеют одинаковые качественные оценки по некоторому признаку, то энтропия этого признака равна нулю - признак имеет нулевую значимость. Чем больше разброс в количественных оценках признака, тем больше его энтропия. С увеличением энтропии значимость образовательного показателя возрастает. Объекты (ОУ), которые достигли высоких качественных (или количественных) показателей по признакам с большой энтропией, должны иметь и большой рейтинг.

Образовательная организация как система характеризуется интегративными показателями, не выводимыми непосредственно из качеств, входящих в нее компонентов, и не является механической суммой атрибутов частей, образующих систему.

Оценка качества и ранжирование ОУ должна строиться на основе интегративных показателей, когда относительно самостоятельные компоненты и факторы рассматриваются в их взаимосвязи. Только в этом случае можно установить системные свойства и качественные атрибуты включенных в системный показатель образовательных модулей и существенных признаков, оказывающих влияние на качество педагогического процесса и результат образования.

Модель рейтингования ОУ рассмотрим на следующем примере [1]. Пусть имеется семь образовательных учреждений одного и того же класса. Управляющий орган этих организаций определил восемь признаков, результаты которых влияют на достижение системой объектов намеченной цели (в реальных условиях признаков может быть намного больше). После нормирования значений признаков (т.е. перевод их в шкалу от 0 до 1), получим табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные рейтингования								
ОУ	Показатели							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,5	0,1	0,1	0,2	0,4	0,4	0,5	0,5
2	0,5	0,4	0,2	0,1	0,5	0,3	0,3	0,4
3	0,5	0,4	0,2	0,4	0,1	0,3	0,4	0,4
4	0,5	0,4	0,3	0,5	0,1	0,1	0,3	0,4
5	0,1	0,5	0,3	0,5	0,1	0,5	0,2	0,4
6	0,5	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,2	0,4
7	0,5	0,5	0,3	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1

Строки - это объекты - ОУ ($m = 7$); столбцы - признаки (показатели) и их количественные и качественные оценки ($n = 8$). Заметим, что суммы оценок признаков всех образовательных объектов примерно одинаковы (последний столбец). Требуется найти интегральные качества учебных заведений и проранжировать эти объекты по их значимости в общей системе объектов.

На этом примере убедимся в справедливости утверждения о том, что интегральное качество каждого объекта не есть простая сумма качеств их признаков. Из просмотра табл. 1 кажется, что по сумме качественных оценок первым трем объектам следует присудить первое место, следующим трем - второе и последнему объекту - третье место. Но системное или интегральное качество всегда больше суммы входящего в нее частей, всякое целое обнаруживает некий прирост качеств, т.е. обнаруживает некоторый "интегральный эффект".

Для установления этого прироста по исходным данным таблицы необходимо:

- определить численное значение энтропии каждого показателя;
- найти численное значение системного (интегрального) ранга (качества) каждого объекта (ОУ);
- вычислять рейтинг каждого объекта.

Определим энтропию существенных признаков объектов. Энтропию каждого показателя находим по формуле:

$$H_i = \sum_{j=1}^n p_j \ln(1/p_j).$$

$H_1 = (6/7)\ln(7/6) + (1/7)\ln(7/1) = 0,41$ - энтропия 1-го показателя.

$H_2 = (4/7)\ln(7/4) + (2/7)\ln(7/2) + (1/7)\ln(7/1) = 0,96$ - энтропия 2-го показателя.

$H_3 = (3/7)\ln(7/3) + (2/7)\ln(7/2) + 2(1/7)\ln(7/1) = 1,28$ - энтропия 3-го показателя.

Аналогично рассчитываются остальные значения энтропии. Результаты поместим в табл. 2.

С точки зрения педагогической квалиметрии полученный результат можно интерпретировать следующим образом: чем больше энтропия признака, тем дольше он неупорядочен. Эта неупорядоченность вносит дезорганизацию в деятельность единой системы образовательных учреждений и, тем самым, тормозит достижение системой поставленной цели. Следовательно, чем больше величина энтропии образовательного показателя (фактора), тем труднее он для выполнения, тем больше не его субъективный "вес", а его объективная значимость на данном этапе функционирования системы, тем большее внимания должен уделять ему управляющий орган для уменьшения неупорядоченности. Если энтропия признака мала ($H = 0,41$), то из этого следует, что его значимость в общей совокупности признаков тоже мала.

Таким образом, не субъективно, а объективно все образовательные факторы приобрели свою значимость (ценность) на данном этапе исследования.

Важной особенностью этой методики является и то, что качественные оценки признаков не являются раз и навсегда постоянными. Они динамичны во времени. На следующем этапе функционирования этих же объектов количественные или качественные значения некоторых симптомов изменятся, и может случиться, что значения энтропии признаков изменятся и, следовательно, изменится и их значимость.

Затем определим рейтинг (интегральную сумму) каждого ОУ:

$$R_i = \sum_{j=1}^n k_{ij} \cdot H_j.$$

$R_1 = 0,5 \cdot 0,41 + 0,1 \cdot 0,96 + 0,1 \cdot 1,28 + 0,2 \cdot 1,35 + 0,4 \cdot 1,28 + 0,4 \cdot 1,28 + 0,5 \cdot 1,55 + 0,5 \cdot 0,8 = 2,898$.

Аналогично рассчитываем значения для других объектов и вставляем результаты в таблицу 2.

После вычислений каждый объект (ОУ) получил свой рейтинг и занял свое место по значению интегрального качества. Заметим, что простая сумма оценок объекта (ОУ) № 2 равна 2,7, а объекта № 5 - 2,6. Однако, по интегральному качеству объект № 5 занял первое место, а объект № 2 - четвертое.

Задача рейтингования (ранжирования, сравнения, оценки) социально-экономических или образовательных объектов неразрывно связана с задачей управления этими объектами. Числовые характеристики, которые получаются в ходе применения данной модели, могут нести в себе информацию для принятия управленческих решений.

Таблица 2

Результаты рейтингования												
ОУ	Показатели								Сумма	Интегральное качество	Рейтинг	
	1	2	3	4	5	6	7	8				
1	0,5	0,1	0,1	0,2	0,4	0,4	0,5	0,5	2,7	2,898	II	
2	0,5	0,4	0,2	0,1	0,5	0,3	0,3	0,4	2,7	2,789	IV	
3	0,5	0,4	0,2	0,4	0,1	0,3	0,4	0,4	2,7	2,837	III	
4	0,5	0,4	0,3	0,5	0,1	0,1	0,3	0,4	2,6	2,689	V	
5	0,1	0,5	0,3	0,5	0,1	0,5	0,2	0,4	2,6	2,978	I	
6	0,5	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,2	0,4	2,6	2,634	VI	
7	0,5	0,5	0,3	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1	2,4	2,484	VII	
Энтропия	0,41	0,96	1,28	1,35	1,28	1,28	1,55	0,8				

Неравномерность (неупорядоченность) количественных или качественных оценок по любому признаку (большая информационная энтропия) - это сигнал о том, что необходимо воздействие, и тем более существенное, чем больше эта неравномерность. Управляющий орган системы объектов должен принять надлежащие меры к уменьшению этой энтропии.

С другой стороны, небольшая энтропия некоторого образовательного фактора для систем объектов говорит о его стабильности. Если количественные оценки по этому стабильному признаку высокие, то никакие управленческие воздействия пока не требуются, нужен только контроль за их выполнением.

Литература

1. Васильев В.И. и др. Оценка качества деятельности образовательных учреждений. - М.: Икар, 2005.
2. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. - М.: Инстр. лит., 2002.

Связь с автором: vladizev@yandex.ru

ИНФОРМАЦИЯ

Оригинальная спиральная подводная турбина TideGen будет установлена в проливе Фанди в северо-восточной части залива Мэн, омывающего побережье Канады и США. Этот залив известен своими рекордными приливами, поэтому турбина будет работать на высоких оборотах и подвергаться большим нагрузкам.

TideGen представляет собой трубчатую цилиндрическую конструкцию с завитыми в спираль лезвиями лопастей. Подобная конструкция имеет высокий к.п.д., надежна и устойчива к штормам. Турбина располагается горизонтально у дна. Она проста в установке и не мешает судоходству.

Первая турбина будет генерировать

150 КВт при скорости течения воды 11 км/ч. Позднее планируется установка еще 19 турбин, что доведет мощность подводной электростанции до 3 МВт. Этого достаточно для питания 1200 домов и небольших предприятий в штате Мэн. Данный проект может оказать существенное влияние на приливную энергетику. Если удастся добиться расчетной цены за электроэнергию (21,5 цента за КВт/ч), проект стоимостью \$21 млн будет приносить прибыль и станет хорошим примером для развития данного вида генерирующих мощностей.

Только в США преобразование движения волн и приливов в электрическую энергию может поставлять тысячи тераватт-часов в год, или примерно треть всей электро-

энергии, используемой в настоящее время в США. При этом, по сравнению с солнечными панелями и ветряками, подводные турбины генерируют заданную мощность непрерывно, без больших скачков.



GRIND-X

Okamoto

OKAMOTO PRECISION SYSTEMS

**ПРЕЦИЗИОННЫЕ
ШЛИФОВАЛЬНЫЕ
И ДОВОДОЧНЫЕ
СИСТЕМЫ**

**70 лет
инноваций
и лидерства**



**От высокоточных
инструментальных решений
до нанотехнологий**



+7(495) 787-0970, 786-9841 // факс:787-0971
www.okamoto-euro.ru // sales@okamoto-europe.ru

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОРПОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Галина Михайловна Новикова,
доцент кафедры Информационных технологий
Российского университета Дружбы народов, к.т.н.

В статье дается определение, рассматриваются вопросы создания и уровни зрелости интеллектуальных корпоративных систем управления.

The article gives a definition, the issues of creation and maturity levels of intellectual corporate management systems.

Ключевые слова: корпоративная система управления, интеллектуальные технологии, экспертные системы, поддержка принятия решений.

Keywords: corporate management system, intelligent technologies, expert systems, decision support.

Современный уровень развития информационных, телекоммуникационных, геоинформационных технологий, внедрение технических средств регистрации первичной информации о состоянии объектов управления дает возможность сегодня использовать накопленный арсенал интеллектуальных методов и моделей как реальную базу для повышения эффективности управления предприятием. Внедрение в рамках корпоративной инфокоммуникационной системы таких интеллектуальных инструментов, как экспертные системы, базы знаний, систем поддержки принятия решений, интеллектуальные обучающие системы, системы распознавания и прогнозирования позволяет выйти на новый уровень автоматизации производства и управления и говорить о корпоративных интеллектуальных системах управления (КИСУ).

Однако до настоящего времени отсутствует единый взгляд на терминологию и комплексный подход к проектированию и созданию КИСУ. В ряде работ понятие "интеллектуальное управление" связывают с компонентами корпоративной инфокоммуникационной системы, рассматривают в частности "интеллектуальную систему управленческого учета", "интеллектуальные информационно-справочные системы", "интеллектуальную систему безопасности" и т.д. С другой стороны в области корпоративного менеджмента появился термин "Искусственный Коллективный Интеллект", которому соответствует определенное состояние коллективного мышления работников предприятия [1]. Современное представление об использовании интеллектуальных технологий в корпоративной системе управления часто ограничивается внедрением Business Intelligence systems (BI), которые используются как инструмент получения многомерной отчетности о деятельности предприятия.

В отличие от традиционной корпоративной системы управления в КИСУ одним из субъектов управления становится инфокоммуникационная или техническая система, которой могут делегироваться функции управления, в том числе передаваться такая функция, как определение и реализация управляющего воздействия. Широта применения интеллектуальных технологий, вытесняющих человека из контура управления, зависит от объекта, целей и задач управления. Если на уровне оперативного менеджмента информационно-техническая система может взять на себя ряд задач, требующих принятия решений (управление складом, перераспределение ресурсов и т.д.), то на уровне стратегического менеджмента интеллектуальная система - помощник, советник руководителя [2]. Таким образом, **корпоративная интеллектуальная система управления - это интегрированная человеко-машинная система, использующая интеллектуальные методы, модели и технологии при решении задач и выполнении функций корпоративного менеджмента.** Машинная составляющая включает информационную, телекоммуникационную, геоинформационную, а также технические системы, собирающие и обрабатывающие информацию, а также вырабатывающие и реализующие управляющие воздействия.

Создание КИСУ требует комплексного внедрения интеллектуальных методов и моделей на всех этапах и процессах корпоративного менеджмента. Применение интеллектуальных технологий должно охватывать все:

- контуры управления - стратегический, оперативный, ситуаци-

онный, антикризисный;

- уровни управления - корпорация, дочернее предприятие, структурное подразделение, организационная единица;
- сферы управления - финансы, клиенты, производство, сбыт, закупка;
- объекты управления - системы, ресурсы, процессы, клиенты и т.д.;
- цели управления - оптимизация бизнес-процессов, снижение рисков, совершенствование системы управления и т.д.

В рамках КИСУ должны быть реализованы замкнутые контуры управления, а интеллектуальные технологии должны поддерживать всю цепочку задач, начиная с целеполагания и планирования деятельности корпорации до анализа отклонения плановых и фактических показателей, выявления и идентификации ситуаций, возникающих на объекте управления, выработки управляющих воздействий по устранению отклонений.

Внедрение интеллектуальных технологий в сферу корпоративного менеджмента - процесс итерационный, и можно выделить три уровня зрелости КИСУ (рис. 1).

Первый уровень зрелости определяется передачей инфокоммуникационной системе таких функций управления, как контроль и мониторинг состояния объектов управления, а также распознавание ситуаций и определение класса состояния объекта и среды управления. В этом случае можно говорить, что КИСУ находится на уровне зрелости экспертной системы, которая может диагностировать состояние объекта управления на основе знаний о предметной области.

Второй уровень зрелости соответствует наличию в базе знаний информации не только о классах состояний объекта и среды управления, но и о законах управления, позволяющих принимать решения в соответствии с целями, задачами и состоянием объекта управления. На втором уровне можно говорить, что КИСУ находится на уровне систем поддержки принятия решений. На этом уровне система не только определяет точки возникновения конфликтных ситуаций, требующих принятия решений, но и вырабатывает оптимальное решение.

Третий уровень зрелости связан с постоянным изменением топологии и закономерностей функционирования таких динамичных объектов, как внутренняя и внешняя среда корпорации. Для создания адаптивной системы, которая учитывает изменения закономерностей функционирования объекта и среды управления, а также изменение самих законов управления, необходимы механизмы выявления причинно-следственных связей, обучения и адаптации.

На сегодняшний день существуют инструментальные средства для создания КИСУ. В частности такая система может быть реализована в среде SAP ERP - 2005. Современные BI системы (BI my SAP BS, BI Oracle) включают, помимо средств поддержки хранения данных и получения многомерной отчетности, инструментарий, позволяющий строить деревья решений, моделировать и прогнозировать поведения объекта и среды управления, анализировать последствия принятия управляющих решений. Однако разработка и внедрение КИСУ требует создание интегрированной модели предметной области, описывающей все объекты, ха-

рактические и свойства объектов, топологию и классы состояний, а также закономерности функционирования, законы управления и адаптации. Выявление законов функционирования, управления и адаптации не только производственной, но и социально-экономической системы, разработка модели представления знаний и формализованного языка, обладающего адекватной выразительной мощностью для описания всех объектов управления от ресурсов и клиентов до процессов и систем - задачи, стоящие сегодня перед разработчиками КИСУ. □

Литература

1. <http://www.ami-system.ru/> Искусственный управленческий интеллект.
2. Новикова Г.М. Руководителю нужны интеллектуальные системы // Нефтегазовая вертикаль - 2005. - №3. - С. 64-66.

Связь с автором: Novikova_gm@mail.ru



Рис. 1. Уровни зрелости КИСУ

УДК 624 ББК 38.6

МЕТОДЫ И ПОРЯДОК ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО РАЗРАБОТКЕ КОТЛОВАНОВ И ШАХТ

Алексей Сергеевич Сальников, специалист ФГБОУ ВПО

В статье рассмотрены технические особенности возведения котлованов и шахт при производстве строительных работ в местах расположения действующих подземных коммуникаций, а также технологическая схема строительства шахт. In the paper are considered technical particularities of creating construction pits and mines while doing constructional works in the place of location of functioning underground utility system. As well as technological schema of mines construction
Ключевые слова: котлованы, шахты, подземные коммуникации, шахтные стволы, вертикальные выработки, технологическая схема.

Keywords: construction pits, mines, underground utility systems, mine shafts, technological schema.

В гражданском и промышленном строительстве первым этапом возведения какого-либо объекта являются работы по разработке котлована (шахт), представляющие собой выемку грунта для фундамента (будущих тоннелей), анализ и изучение особенностей грунта, определение его влажности и выявление отводов грунтовых вод. В этих процессах очень важно соблюсти все нормы проекта и технологических требований, так как долговечность возведенного здания будет напрямую зависеть от качества разработки котлована и выполнения других видов земляных работ.

Для монтажа и демонтажа тоннелепроходческого комплекса устраиваются шахты диаметром 7,5 м и максимальной глубиной 9,5 м, а также котлован размерами 8x8 м. Строительство шахт и котлованов необходимо вести в соответствии с ПБ 03-428-02.

Котлованы прямоугольной формы сооружаются с креплением стенок стальными трубами $d = 325 \times 10$ мм, с устройством поясов из двутавров и распорок из стальных труб $d = 325 \times 10$ мм, с деревянной затяжкой толщиной 0,05 м. Шахты крепятся комплектом сегментов из инвентарного профиля, в направлении сверху вниз с подвеской монтируемого пояса на установленный выше, с распорками между поясами и затяжкой выработанного пространства. Длина заходки составляет 1,0 м.

До начала производства работ по разработке котлованов и шахт, в местах расположения действующих подземных коммуникаций, должны быть разработаны и согласованы с организациями, эксплуатирующими эти коммуникации, мероприятия по безопасным условиям труда, а расположение подземных коммуникаций на местности обозначено соответствующими знаками или надписями. Производство земляных работ в зоне действующих подземных коммуникаций следует осуществлять под непосредственным руководством прораба или мастера, а в охранной зоне кабелей, находящихся под напряжением, или действующего газопровода, кроме того, под наблюдением работников электро- или газового хозяйства.

Котлованы, разрабатываемые на улицах, проездах, во дворах населенных пунктов, а также местах, где происходит движе-

ние людей или транспорта, ограждаются защитным ограждением, на котором устанавливаются предупредительные надписи и знаки, а в ночное время - сигнальное освещение.

Грунт, извлеченный из котлована или шахты, следует размещать на расстоянии не менее 0,5 м от бровки выемки. При невозможности применения инвентарных креплений стенок котлованов следует применять крепления, изготовленные по индивидуальным проектам и утвержденные в установленном порядке: верхняя часть креплений их должна выступать над бровкой выемки не менее чем на 0,15 м.

Устанавливать крепления необходимо в направлении сверху вниз по мере разработки выемки на глубину не более 0,5 м, а разборку - в направлении снизу вверх по мере обратной засыпки выемки. При этом перед допуском рабочих в котлованы должна быть проверена устойчивость крепления стен.

При извлечении грунта из выемок с помощью бадей необходимо устраивать защитные навесы - козырьки для укрытия работающих в выемке. Погрузка грунта на автосамосвалы должна производиться со стороны заднего или бокового борта.

Особо следует отметить, что при:

1) проходке устья ствола вокруг него оставляется берма шириной 1,5 м, а обделка ствола должна возвышаться на уровне спланированной поверхности на 0,7 м. Устье ствола перекрывается прочной сплошной конструкцией и оборудовано открывающимися лядами;

2) разработке породы в забое с помощью экскаватора, находящегося на поверхности и оборудованного грейфером, нахождение людей в забое запрещено.

Шахтные стволы оборудуются лестничными отделениями для прохода людей под углом 80°, и учитывают возможность свободного перемещения горноспасательных команд в респираторах со следующими размерами:

- размер проема по нормали к лестнице составляет 1,0 м, ширина 0,6 м;
- расстояние от основания лестницы до крепи или обшивки

лестничного отделения 0,6 м;

- расстояние между лестничными площадками 4 м;
- лестницы через каждые 2 м раскреплены металлическими стяжками и расположены так, чтобы они не находились над проемами в полках.

Ширина лестницы равна 0,4 м, а расстояния между ступенями 0,3 м. Проем над первой лестницей закрывается лядой. Отделения для прохода людей отгораживаются по всей длине от других отделений. Устраивается освещение каждой лестничной площадки.

При проходке вертикальных выработок запрещается:

- одновременно выполнять работы на разных уровнях по высоте при отсутствии предохранительного полка, установленного не выше 2,5 м от рабочего полка;
- складировать породу, оборудование и материалы на перекрытии устья ствола, в пределах огражденной зоны, а также на подвесных полках;
- доставлять на рабочие места инструменты, крепежные детали и т.п. без использования специально предназначенных для этих целей контейнеров;
- разбирать предохранительный полок до окончания расчистки околоствольного двора и проходки горизонтальных выработок на длину до 20 м.

В системе строительства городских коллекторов проходку стволов (колодцев) в неустойчивых обводненных породах до 20...25 м наиболее целесообразно осуществлять с использованием экскаватора Э-353.

Технологическая схема строительства шахт включает в себя производство предварительной разбивки шахты и вынос ее в натуру. Далее производят установку обноски, после которой начинают разработку породы с помощью экскаватора, оборудованного грейфером. По окончании проходки шахты на глубину 1...1,5 м, монтируют основную (нулевую) проходческую раму из двутавровых балок, на нее укладывают первое кольцо крепи.

Стенки ствола шахты по мере углубления забоя крепят временной крепью, которая состоит из металлических колец, подвесок, затяжек и распорных стоек. Кольца изготавливают из стали швеллерного профиля №16-22 и собираются из отдельных сегментов длиной 2,5 м, соединенных между собой накладками и штырями. Наружный диаметр кольца соответствует проектному диаметру ствола в свету.

Первое кольцо временной крепи подвешивается к металлическим анкерам. Последующие кольца подвешиваются одно к другому на расстоянии 1 м, с помощью зетобразных крючьев (подвесок). Крючья изготавливаются из стальных стержней диаметром 20...25 мм. Расстояние между крючьями по окружности 1,2...2,0 м. Для жесткости между кольцами две распорки из труб диаметром 100...120 мм. За кольцами временной крепи по периметру устья устанавливают затяжки из досок шириной 150...200 мм, толщиной 40...50 мм и длиной на 200...250 мм больше расстояния между кольцами. Каждое очередное подвешиваемое кольцо временной крепи после установки центрируют по отвесам и расклинивают.

Таким образом соблюдаются не только правила технологии возведения подземного сооружения, но и нормы охраны труда по строительству шахт и котлованов, что соответствует Правилам безопасности ПБ 03-428-02. □

Литература

1. ПБ 03-428-02 - Правила безопасности при строительстве подземных сооружений. - М.: НТЦ "Промышленная безопасность", №2002.
2. Правила безопасности при строительстве метрополитенов и подземных сооружений (Госгортехнадзор России 24.04.92).
3. Дополнения к Правилам безопасности при строительстве метрополитенов и подземных сооружений (Госгортехнадзор России 05.01.1996).

Связь с автором: AlexSelll@yandex.ru

УДК 004.4 ББК 30ф

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОПУЛЯРНЫХ АУДИО-, ВИДЕОКОДЕКОВ И КОНТЕЙНЕРОВ

Константин Анатольевич Невмержицкий,

аспирант кафедры ИТ факультета физико-математических и естественных наук
Российского университета дружбы народов

В статье представлены результаты сравнительного анализа популярных на современном рынке, аудио-, видеокодексов и контейнеров.

The paper presents the results of a comparative analysis of popular in today's marketplace, audio and video codecs and containers.

Ключевые слова: кодексы, аудио- и видеокодексы, видеофайлы, контейнеры, отличительные особенности, безопасность и защита авторских прав.

Keywords: codecs, audio and video codecs, video, containers, distinctive features, security, copyright protection.

Смысловая нагрузка дефиниции кодек (англ. codec, кодер/декодер) обозначает компьютерную программу или аппаратное средство, предназначенное для преобразования форматов аудио- и видеоданных (в данном контексте используется понятие кодирования, т.е. процесса сжатия (компрессии) аудио или видеoinформации, уменьшения скорости цифрового потока, за счет сокращения статистической и воспринимаемой области цифрового сигнала), в соответствии с файловым (вся информация, хранящаяся на накопителях) или потоковым (непрерывно получаемая пользователем информация, например, при просмотре видео-, телевизионных программ в режиме онлайн) форматом. При этом уменьшение размера занимаемого на накопителе пространства достигается методами кодирования (преобразования) цифровых сигналов таким образом, что остается возможность восстановления исходных данных без искажений, а сам процесс преобразования является оптималь-

ным и быстродействующим (отметим, что этим требованиям отвечает т.н. модифицированное дискретно-косинусное преобразование, которое также используется в технологии нанесения водяных знаков). Благодаря сжатию данных не только уменьшается объем пространства для хранения, но и требования к ширине полосы пропускания для передачи по каналам связи.

Аудиокодексы можно разделить на аппаратные (отдельная микросхема, которая обрабатывает сигнал при помощи аналогово-цифрового и обратного преобразователей; обычно является частью звуковой платы) и программные (в основном - в виде т.н. программных модулей (библиотек), которые взаимодействуют с одним или несколькими устройствами воспроизведения (аудиоплеерами): Windows Media Player, Winamp, MPlayer, QuickTime Player, VLC media player, Flash Player и т.д. - для просмотра и прослушивания информации в режиме онлайн и др.). В таблице представлен

Перечень аудиокодеков и областей их применения	
Название, описание аудиокодека	Область применения
1. MPEG-1/2/2.5 Layer 3 (MP3), третий слой формата кодирования звуковой дорожки MPEG	Один из самых распространенных (и не защищенных) форматов цифровой звуковой информации, используется для передачи в файлообменных сетях, хранения и воспроизведения на устройствах
2. AAC (англ. Advanced Audio Coding, Расширенное кодирование аудио), патентованный формат, использующий принципы сильного уменьшения размера без ощутимой потери качества. Составляет часть международного стандарта MPEG-4	Практически аналогичен формату MP3, однако имеет преимущества в качестве, в настоящее время поддерживается большинством современных устройств воспроизведения.
3. Ogg Vorbis (OGG), свободно распространяемый формат сжатия звуковых данных с потерями (не влияющими на качество)	Формат широко используется в компьютерных играх и файлообменных сетях для передачи музыкальных композиций. Имеет преимущества при применении для сжатия звуковых дорожек фильмов, не изменяя их длину при переменной скорости воспроизведения, что обеспечивает синхронизацию с видеорядом.
4. Кодеки для приложений IP телефонии: G.723.1, G.729	Применяются для цифрового представления речи при реализации услуг Интернет-телефонии
5. Аудиокодеки, использующиеся для кодирования звуковых дорожек (треков) в фильмах: AC3 Filter и др.	AC3 Filter - качественный аудиокодек, имеющий широкие функциональные возможности.

краткий обзор некоторых популярных аудиокодеков, использующихся для различных целей с указанием областей их применения.

К видеокодекам относятся алгоритмы (и их программные реализации) сжатия и восстановления видеоданных. Принципиальное отличие от аудиофайлов состоит в наличии постоянно меняющихся изображений (кадров), которые сопровождаются синхронизированной аудиодорожкой. Кроме этого, видеокодеки дают возможность добавления субтитров, векторных эффектов, анимации и пр. Рассмотрим кодирование кадра (будем считать его статическим изображением, составляющим часть видеопотока): каждый из них состоит из точек - пикселей, образующих матрицу (растр). Кодек может отследить похожие массивы точек с одинаковыми атрибутами и, вместо запоминания информации о каждой точке (ее яркости и цвете) по отдельности для каждого следующего кадра, записать лишь первую (ключевую) точку и счетчик с количеством повторений этой точки до момента изменения цвета данной точки (это самый простой из методов сжатия). По способу обработки видеокодеки можно разделить на две группы:

Первая, для которых каждый кадр (изображение) обрабатывается отдельно (англ. *intra-frame compression*): применяется в случае дальнейшего редактирования видеоряда и основана на отбрасывании информации о цветовых оттенках, что не влияет на качество восприятия, например, кодеки DV, MPEG-2 (IMX), Avid DNxHD.

Вторая, где используется технология сравнения кадров между собой и хранения информации об изменении между ними (англ. *inter-frame compression*). При этом целиком достаточно хранить лишь отдельные кадры (i-фреймы), а для остальных достаточно описания изменений, по сравнению с i-фреймами (от англ. *frame - кадр*), например, видеокодеки H.264, VP6, Google VP8, WMV.

Однако современные видеофайлы содержат не только набор кадров и аудиодорожки, но и субтитры, текстовые комментарии, анимации и иные дополнительные сведения. Для хранения служебной информации используются контейнеры, главная задача которых - синхронизировать все данные, сопровождающие видеофайл, например, AVI, MPEG (MPEG-2 TS и MPEG-2 PS), VOB, Flv, MKV, WMV. Контейнеры могут быть также разделены на **файловые** (все дополнительные сведения сосредоточены в одном месте) и **поточные** (описательная информация постоянно присутствует в потоке данных с определенной периодичностью). Поточные контейнеры эффективны с точки зрения безопасности, поскольку при передаче на компьютер пользователя сохраняется не полный файл, а лишь его часть, равная емкости буфера для равномерного проигрывания, а на сервере, ведущего вещание, нет файла с полной версией видео.

С точки зрения безопасности и защиты авторских прав контейнеры предоставляют эффективное средство контроля и ограничения прав пользования. Так, формат MP3 является незащищенным, поэтому доступен для копирования и воспроизведения практически на любом устройстве, однако, если правообладателю необходимо ограничить прослушивание или просмотр файла

несколькими днями, потребуется "вложить" mp3-запись в некоторый контейнер, например, WMA (Windows Media Video/Audio) вместе с файлами DRM, содержащими информацию о правилах и ограничениях доступа.

Определять наиболее популярные кодеки и контейнеры можно не только с помощью анализа решений, которые используются и поддерживаются правообладателями, производителями устройств и программного обеспечения, вендорами и т.д., но и на основании данных специализированных порталов, предоставляющих возможность кодирования любой информации в режиме онлайн. В качестве примера рассмотрим данные компании "Encoding.com", имеющую более 2000 клиентов во всем мире и 10 млн обращений за период существования ресурса. Результаты представлены на рис. в виде графика, отражающего процент использования определенного кодека (выборка состоит из четырех наиболее распространенных - Flv, Flash VP6, H.264 и Ogg Theora).

На рис. представлены фактические данные наибольшей частотности использования видеокодека H.264 (около 70% пользователей), в то время как остальные менее популярны. С другой стороны, можно заметить тенденцию популяризации новых, альтернативных форматов (например, Ogg Theora, Google VP8, WebM), однако процент их использования остается небольшим. Аналогичный анализ, проведенный для аудиокодеков, показывает, что наравне с форматом MP3 популярностью пользуется формат AAC, который по некоторым показателям превосходит его. По отношению к контейнерам также целесообразно использование H.264, т.к. он внедрен во Flash-плагины FLV/F4V браузеров Интернет и присутствует также в базовом контейнере MP4 и M4V (продукт корпорации "Apple").

Традиционным форматом контейнера является AVI (англ. *Audio Video Interleave*), имеющий некоторые ограничения (например, размер кодируемого файла не может превышать 2 Гбайта, отсутствие поддержки многих аудиопотоков, невозможность ис-

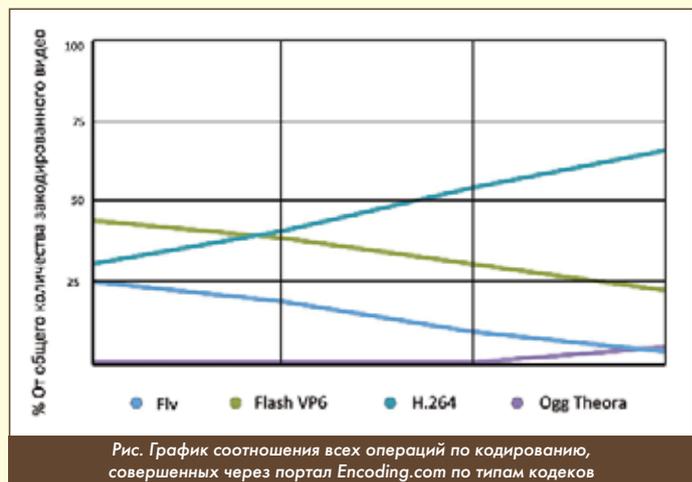


Рис. График соотношения всех операций по кодированию, совершенных через портал Encoding.com по типам кодеков

пользования звуковой дорожки в формате Ogg Vorbis). С другой стороны, этот контейнер поддерживают все программы Windows, которые работают с видео. Другим предложением от корпорации "Microsoft" является контейнер для видеозаписей собственной разработки - Windows Media, в котором могут использоваться только форматы сжатия Windows Media разных версий: WMA (Audio), WMV и MS MPEG-4 (Video). Формат контейнера, разработанный группой MPEG, MP4, предусматривает не только хранение аудио и видео, но и анимированного/интерактивного содержимого. В общей сложности стандарт MPEG-4 определяет широкий ряд мощных инструментов, которые делают возможными использование различных видов анимации или интерактивность

(например, DVD меню и интерактивные потоковые меню), как в 2D, так и в 3D. В настоящее время также является распространенным контейнером, поддерживающим такие форматы аудиофайлов, как MP3, Ogg Vorbis, WMA, AAC, VQF, AC3 и др. Контейнер Flv (англ. Flash Video) используется для передачи видеоданных посредством сети Интернет, в том числе такими площадками, как YouTube, Google Video, RuTube и многими другими. □

Литература

1. Невмержицкий К.А. Технические методы защиты авторских прав в сети Интернет: монография - М.: Граница, 2011. - 255 с.

Связь с автором: timnal@mail.ru

ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА МИХАЙЛОВИЧА ВОРОБЬЕВА

Ушёл из жизни Владимир Михайлович Воробьёв, доктор технических наук, профессор, специалист по технологическим процессам изготовления моноколёс лопаточных машин, давний автор и друг нашего журнала.

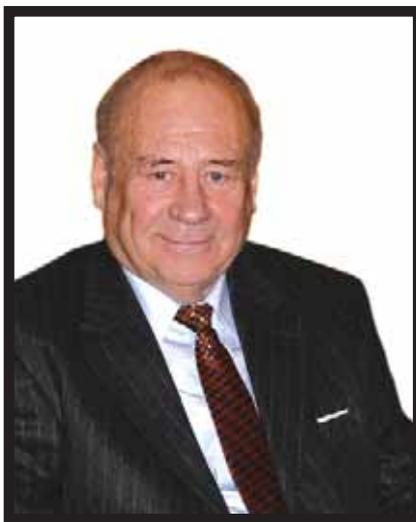
В.М. Воробьёв родился в 1938 г. в семье кадровых военных - летчика Михаила Андреевича и военного фельдшера Анны Тимофеевны. В мае 1954 г. пошёл работать на завод 8 ГУ МАП. Сначала - прессовщиком 3 разряда, затем токарем 3 р., слесарем 4 р. Затем работал помощником машиниста паровоза 5 р., машинистом 6 р. Одновременно закончил среднюю школу рабочей молодежи и авиационно-металлургический техникум по специальности "Обработка металлов давлением". С 1960 г. он мастер штамповочного цеха.

В 1963 г., после трехлетней службы в Советской армии, продолжил трудовую деятельность в должности начальника смены на п/я 76.

С 1963г. студент Куйбышевского авиационного института, а с 1965 г. - Московского Станкина, который закончил в 1968 г. по специальности "Машины и технологии обработки металлов давлением".

С 1968 по 1992 г. работал на НПО "Наука" на различных должностях: от старшего инженера, начальника участка, начальника НИС-19 и начальника НИО-19, до главного штамповщика 7 ГУ МАП.

В 1992 г. создал Московский научно-технический центр



"АБЕРТ", генеральным директором которого он был. Здесь Владимир Михайлович основные усилия направил на отработку технологий изготовления моноштампованных рабочих колёс газовых и гидравлических лопаточных машин типа "blisk" с высокими технологическими и эксплуатационными характеристиками. Значительная часть инновационных технологических процессов, разработанные в НТЦ, внедрена в серийное производство. В последнее время В.М. Воробьёв работал над решением проблем по штамповке рабочих колёс из титановых сплавов, что позволило бы значительно ускорить процесс изготовления таких колёс и многократно снизить потери дорогостоящего металла.

В 1976 г. защитил диссертацию кандидата технических наук, а в 2011 г. - доктора технических наук. Автор более 60 трудов, опубликованных в научно-технических изданиях, в том числе двух монографий. Обладатель четырёх патентов РФ. Награжден золотой, серебряной и пятью бронзовыми медалями ВДНХ. Действительный член международной академии реальной экономики (МАРЭ).

Параллельно с производственной деятельностью занимался преподавательской деятельностью в РГТУ, Станкине и МАТИ: был руководителем и научным консультантом по подготовке научных кадров.

Редакция журнала "Двигатель" глубоко скорбит по В.М. Воробьёву и искренне соболезнует его родным, друзьям и близким. □



ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФОРКАМЕРНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ "ШАРОВАЯ МОЛНИЯ"



Николай Михайлович Котов,
руководитель Центра "ШАРОВАЯ МОЛНИЯ", к.х.н.
Адольф Петрович Болдин,
профессор кафедры "Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис" МАДИ, д.т.н.
Пётр Васильевич Аксёнов,
главный инженер ГУП Автокомбинат "Мосавтосантранс"
Максим Викторович Рыжов,
инженер-диагност дилерского центра Volsvagen ООО "Авто АЛЕА"

Впервые благодаря использованию форкамерного устройства нового типа без применения каталитического нейтрализатора отработавших газов количество вредных выбросов на 8-клапанном инжекторном двигателе с пробегом 90000 км без лямбда-зонда и каталитического нейтрализатора отработавших газов достигнуто уровень Евро-3 по выбросам отработавших газов для Европейского городского ездового цикла.

For the first time using a new type of prechamber ignition on the injection engine without catalytic converter and without lambda probe with mileage 90,000 km reached the emission standard Euro-3.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, свечи зажигания, форкамерное зажигание, экология, нормы Евро.
Keywords: internal combustion engine, spark plugs, prechamber ignition, ecology, emission standard Euro.

Ранее в нашей работе [1] было показано, что только модернизацией системы зажигания (установкой многоискрового генератора, тунинговых индуктивно-ёмкостных высоковольтных проводов с малым сопротивлением и использованием различных типов свечей зажигания вплоть до "экзотических") не удаётся снизить уровень вредных выбросов до норм Евро-3 без применения каталитического нейтрализатора отработанных газов.

В этом году нам удалось найти простое техническое решение по изготовлению запатентованного нами ранее форкамерного устройства "ШАРОВАЯ МОЛНИЯ" для двигателя внутреннего сгорания (патент РФ на полезную модель № 98481), первый вариант которого - Ф-1 - был изготовлен и испытан в июле 2012 г. Эти испытания показали значительное снижение выбросов СО и СН на низких (850 об/мин) и высоких (3500 об/мин) оборотах двигателя. Замеры проводились по ГОСТ Р52033-2003. Замеры массовой доли выбросов CO_m и CH_m проводили по методике, описанной в [1 и 2] - результаты представлены в таблице.

Таблица

Результаты измерения выбросов двигателя						
Тип свечи	Параметр					
	CO_{H^*} %	CH_{H^*} %	CO_{B^*} %	CH_{B^*} %	CO_m г/км	CH_m г/км
NGK, BP6E	0,39	194	0,11	54	0,80	0,49
Ф-1	0,12	26	0,04	0	0,55	0,22
Bosh, WR7DP	0,20	124	0,10	44	0,63	0,45
Нормы Евро-3	-*	-*	-*	-*	2,30	0,20

* - не нормируются.

Таким образом, очевидно, что уже первый вариант форкамерного устройства "ШАРОВАЯ МОЛНИЯ" Ф-1 снизил массовую долю вредных выбросов до уровня, предъявляемого к автомобилям класса Евро-3 без применения дорогих и ненадёжных каталитических нейтрализаторов выхлопных газов. Техническое решение, предложенное в патенте № 98481, допускает дальнейшее совершенствование устройства.



Препарированное форкамерное устройство Ф-1 отдельно от свечи зажигания



Внешний вид Ф-1 после длительной работы в двигателе

Для автомобилей с нейтрализатором применение форкамерного устройства обеспечит увеличение их долговечности, срока их службы и повысит эффективность очистки выхлопных газов. Есть теоретические предпосылки, что использование данного типа форкамерных устройств позволит увеличить мощность двигателя внутреннего сгорания и снизить расход топлива.

Потенциальные потребители: весь автопром и владельцы личных автомобилей.

Задачи на данном этапе: дальнейшие испытания, совершенствование, организация производства, сертификация и маркетинг.

Устройство будет представлено на XVI Международной специализированно выставке автокомпонентов и оборудования для технического обслуживания автомобилей 27-30 августа 2012 г., Москва, ЦВК "Экспоцентр".

Литература

1. Болдин А.П., Аксёнов П.В., Котов Н.М. Эксплуатационные возможности повышении эффективности работы бензиновых двигателей автомобилей экологического класса Евро-3. - Журнал "Автотранспортное предприятие". - 2012, №4. - С. 53-56.

2. Аксёнов П.В., Болдин А.П. Использование упрощённой методики испытаний по европейскому городскому ездовому циклу для диагностирования автомобилей скорой медицинской помощи моделей "ГАЗ", соответствующих стандартам Евро-2,-3. - Журнал "Автотранспортное предприятие". - 2010, №7. - С. 52-53.

Связь с авторами:

Моб. тел.: 8-916-535-3857 E-mail: NMKotov@mail.ru



ДЕВЯТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
И НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ГИДРОАВИАЦИИ

Гидроавиасалон

2012



авиасалон

6-9 сентября 2012 г.

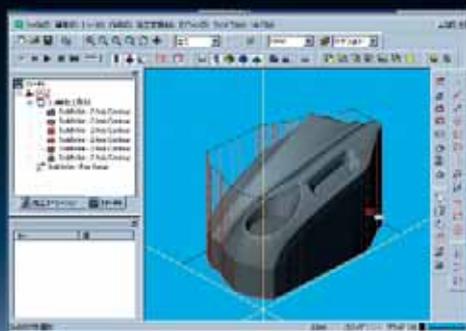
ГЕЛЕНДЖИК, РОССИЯ

Испытательно-экспериментальная база ТАНТК им. Г.М. Бериева
Аэропорт ГЕЛЕНДЖИК

ООО "Гидроавиасалон", Площадь Авиаторов, 1, г. Таганрог, 347923, Россия
тел./факс: +7 (8634) 315415, 318144 email: gas@beriev.com www.gidroaviasalon.com



Nano&Solution



**5-е поколение
ЭИ станков
с линейными
сервоприводами**

AQ400L

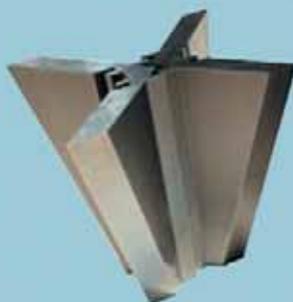
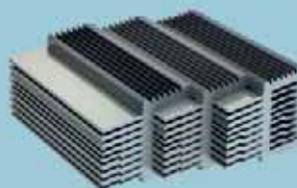
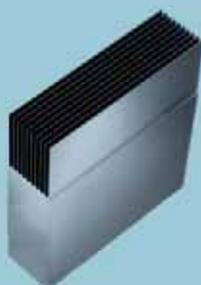


**Пионер и лидер
нанотехнологий
в металлообработке**

AQ600L

Sodick

**Компактные электроискровые
проволочно-вырезные станки**



Точность позиционирования:
гарантия 10 лет
Впервые в отрасли!

127083, Москва, Мишина, 56-2; метро "Динамо"; тел.: +7 495 787-0970; факс: 787-0971; www.sodick.ru // "Содиком" - Днепро (Украина) // kviv@sodick.ru

**30 лет мирового лидерства,
10 лет на российском рынке**



**Партнер
ГСС и Alenia
в проекте
Суперджет 100**

УСЛУГИ, ПО, ОБУЧЕНИЕ

➤ НАДЕЖНОСТЬ

➤ ОТКАЗОБЕЗОПАСНОСТЬ

➤ АНАЛИЗ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ

ОТ РАЗРАБОТКИ ДО ЭКСПЛУАТАЦИИ ВАШЕГО ИЗДЕЛИЯ



ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ALD

RAM Commander

Оптимальный инструментарий: надежность и отказобезопасность

FavoWeb

Мировой стандарт мониторинга отказов в эксплуатации

D-LCC

Контроль стоимости жизненного цикла

**Звоните нам сейчас Тел: +74991570880
www.aldservice.com**