Двигатель

Научно-технический журнал

№ 2 (80 + 243) 2012

Родословная у вертолёта длиннее, чем у других летательных аппаратов стр. 16

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"
Губертов 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
Кухаренок 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 "Двигатели"©
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.

№ 2 (80) март - апрель 2012

СОДЕРЖАНИЕ

2. НИИД - научно-исследовательский институт технологии и организации производства двигателей
В.А. Гейкин, В.И. Дзюба

5. Новая серия VFX 5 для высокопроизводительной обработки титановых сплавов

6. Фоторепортаж с Салона "Двигатели-2012"

8. Силовые установки для скоростных вертолетов
Ф.Ш. Гельмедов, Ю.В. Фокин, И.В. Осипов, Л.В. Андрианова

12. Электрический вертолёт
О.С. Гуревич, А.И. Гулиенко, В.С. Захарченко, И.К. Коваленко, Л.Г. Близнюков, О.Д. Селиванов

16. История создания и производства отечественных вертолётных ГТД
Ю.И. Добряков, Д.А. Боев

20. Методология допуска авиационных масел к применению на авиатехнике в России и за рубежом
Л.С. Яновский, В.М. Ежов, А.А. Молоканов

23. Фрезерование титановых сплавов

24. Фрезы СКИФ-М для авиационного двигателестроения

25. Книга В.М. Воробьева

26. Российское дизелестроение для стратегических отраслей в 2010 - 2011 годах
В.А. Рыжов

30. Турбулентность. Возникновение неустойчивости в ЖРД
Ю.М. Кочетков

32. Впервые в мире на НПО "Сатурн" выполнен томографический контроль ГТД в сборе

34. Проблематичное начало и драматический конец разработки ракеты-носителя Н1
В.Ф. Рахманин

42. Перспективы ториевого цикла
А.И. Касьян, Р.Я. Хамидуллин

46. Паровозы Коломенского завода
В.В. Боченков, Е.В. Бычкова, О.Б. Галацкий, И.Л. Индра

52. Самый... самый... самый...
А. Идин

56. Очевидное, невероятное
С.В. Шитарёв

60. 100 лет со дня гибели "Титаника"
А.В. Барановский

62. Видеоколористическое наблюдение: общее и частное
Е.В. Невмержицкая

63. Социальная реклама в новом информационном пространстве
А.Т. Землянская

65. К вопросу о прогнозировании локализации зон экологических аномалий на антропогенных и природных ландшафтах
Р.Я. Хамидуллин, И.В. Никитин, А.А. Москаленко

66. Особенности и противоречия развития трудовых ресурсов в Китае
Ч. Яньхун

68. Методы и алгоритмы принятия решений в процессах инвестирования в безопасность деятельности химически опасных объектов
А.А. Емельянов, Р.Я. Хамидуллин, Г.Б. Гулиян

НИИД
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ДВИГАТЕЛЕЙ

Валерий Александрович Гейкин,
директор филиала "НИИД" ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют", д.т.н., профессор
Владимир Ильич Дзюба,
генеральный директор ЗАО "МСЗ-Салют",
начальник отдела экспериментального станкостроения "НИИД"

8 июня 2012 г. исполняется 30 лет со дня основания "Научно-исследовательского института технологии и организации производства двигателей" (НИИД)

Основными видами деятельности института являются:

- технологическое и организационное обеспечение создания и производства перспективных авиационных газотурбинных двигателей, агрегатов и специальной техники;
- осуществление поисковых и прикладных исследований в области технологии двигателе - и агрегатостроения;
- создание технических регламентов, современных методов и средств обеспечения качества продукции, сертификации технологии и производства газотурбинных двигателей;
- разработка научно обоснованных прогнозов развития авиационного двигателе- и агрегатостроения;

Обработка моноколеса

- разработка и производство прогрессивного оборудования, в том числе высокоточного металлообрабатывающего оборудования с ЧПУ.

Наиболее важными задачами являются:

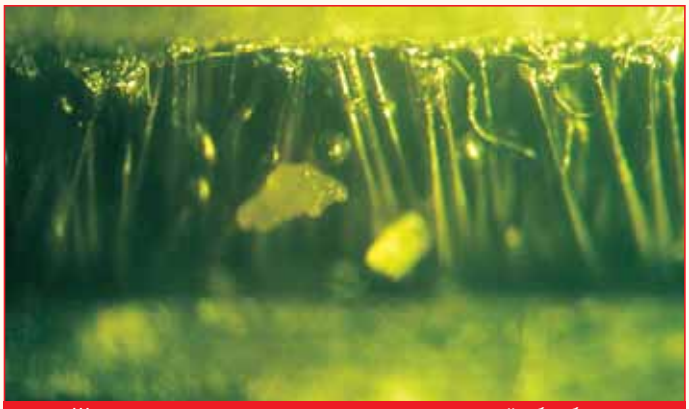
- исследование и разработка новых высокопроизводительных технологических процессов механической, электроэрозионной, электрохимической, электронно-лучевой и лазерной обработки, а также упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием;
- разработка оборудования и средств неразрушающего и геометрического контроля, определение остаточных напряжений поверхностного слоя деталей, обеспечивающих повышение их ресурса;
- исследование, разработка и внедрение технологических процессов и оборудования для пайки и сварки (электродуговая, электронно-лучевая, лазерная, сварка трением), нанесения защитных покрытий, порошковой металлургии и композиционных материалов;
- внедрение новых технологических процессов и оборудования в серийное производство новых двигателей и агрегатов с учетом оценки их технологичности и ремонтопригодности;
- исследование, разработка и внедрение технологии и оборудования для ремонта деталей и узлов ГТД, создание автоматизированных и механизированных средств сборки, испытаний и функционального контроля двигателей и агрегатов.

НИИД осуществляет технологическое обеспечение создания и изготовления двигателей для гражданской и военной авиационной техники, в том числе двойного назначения. Институт сотрудничает с отечественными промышленными предприятиями и исследовательскими организациями на договорной основе, выполняет заказы на разработку новых технологических процессов, оборудования и приборов.

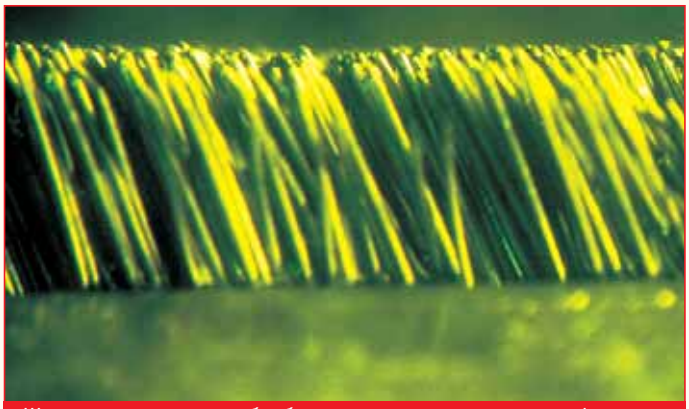
Специалистами института выполнено более 3100 научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок.

На разработанные институтом новые методы обработки, технологические процессы, оборудование, приборы, инструмент получено свыше 100 патентов и около 2000 авторских свидетельств. Внедрено и используется в различных отраслях промышленности свыше 700 научно-технических разработок института.

За участие в авиакосмических салонах, международных выставках институт неоднократно награждался медалями, дипломами, свидетельствами и почетными грамотами.



Щеточное уплотнение после электроэрозионной обработки



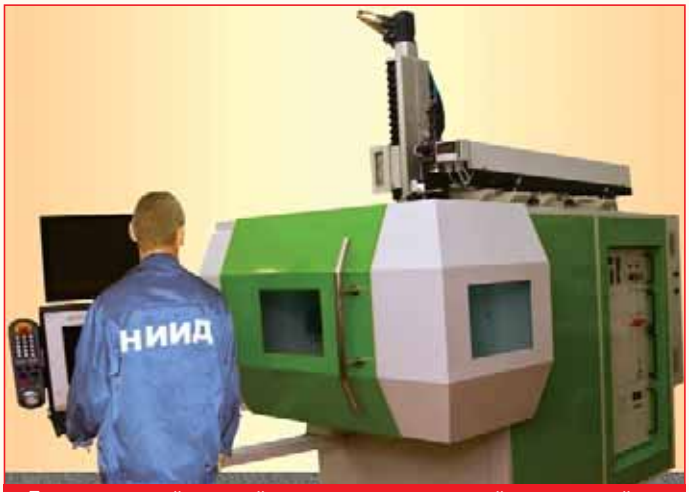
Щеточное уплотнение, обработанное электроалмазным шлифованием

Институт имеет сертификат Российской Федерации "Лидер российской экономики".

Одним из основных принципов института является максимально бережное отношение к квалифицированным научным кадрам. Каждый высококвалифицированный специалист для нас, в первую очередь, - это носитель уникальных знаний, приобретаемых в результате многолетнего интеллектуального труда. Эти знания необходимы для решения важнейших и ответственных задач, а также для подготовки квалифицированной смены научных кадров.

За последние пять лет лабораториями института:

- проведен комплекс исследовательских работ по разработке и внедрению технологических процессов и оборудования для электронно-лучевой сварки роторов барабанного типа осевых компрессоров ГТД, а также моноколеса компрессора КВД и КНД из титанового сплава, получившего развитие при разработке новых конструкций моноколес перспективных изделий;
- разработан высокоэффективный процесс восстановления методом электронно-лучевой наплавки гребешков лабиринтных уплотнений роторов компрессора ГТД без разборки ротора;
- для трубчатых топливомасляных теплообменников разработан технологический процесс электронно-лучевой пайки сот;
- разработаны конструкции деталей и узлов с применением перспективных уплотнений щеточных, пальчиковых, лепестковых и гибридных модификаций для газотурбинных двигателей широкого спектра применения;
- разработаны и внедрены в производство инновационные технологии и оборудование для изготовления перспективных видов уплотнений, в т.ч. оборудование для тороидальной намотки проволоки, электрохимического шлифования гибких элементов пальчикового уплотнения, специализированная электронно-лучевая сварочная установка для промышленного производства щеточных уплотнений;
- разработаны технологии и оборудование восстановления и ремонта методом ЭЛС различных деталей двигателя, в т.ч. компрессорных лопаток и моноколес ГТД;
- разработан технологический процесс изготовления облегченной лопатки для газотурбинных двигателей с применением электронно-лучевой сварки;
- с целью повышения качества соединений, ремонта узлов ГТД и увеличения ресурса изделий разработаны прогрессивные технологические процессы сварки в среде защитных газов и пайки;
- разработаны технология и оборудование электроэрозионно-химической прошивки охлаждающих отверстий в рабочих лопатках первой ступени турбины ГТД;
- разработаны технология и оборудование электроэрозионно-химического формообразования фасонных охлаждающих отверстий в рабочих лопатках первой ступени турбины ГТД;
- разработаны технология и оборудование электроалмазного шлифования маложестких элементов газотурбинного двигателя;
- разработаны инновационные лазерные технологии и оборудование для обработки деталей перспективных газотурбинных двигателей;
- создан сертифицированный комплекс для определения остаточных напряжений "МерКулОН - Тензор-3";
- разработаны технологии высокочастотной импульсной закалки деталей, позволяющие повысить сопротивление кручению, изгибу, разрыву, износу, высокоимпульсному удару;
- разработаны ремонтная технология лопаток моноколес КНД с применением сварочного процесса, термообработки и финишного поверхностного упрочнения стальными шариками в ультразвуковом поле, а так же технология упрочнения лопаток компрессора ГТД, в том числе в составе моноколес;
- ведутся исследовательские работы по перспективным упрочняющим технологиям - упрочнение кромок лопаток компрессора методом обкатывания шариком с регулируемым давлением шарика на упрочняемую поверхность;
- упрочнение поверхности радиуса кромок лопаток компрессора ГТД методом ультразвуковой виброковки;



Пятикоординатный лазерный комплекс с интегрированной видеосистемой для обработки объёмных деталей по 3-D моделям

Автоматизированный стенд для испытаний режущего инструмента

• упрочнение поверхности деталей ГТД лазерным ударом;

• упрочнение поверхностного слоя металлов воздействием сильноточных импульсных электронных пучков;

• разработана и внедрена технологическая система финишного зубошлифования конических зубчатых колёс с круговой формой зубьев.

В последнее время активно развивается взаимодействие "НИИД" с ЗАО "МСЗ-Салют", основным направлением деятельности которого является выпуск высокоточных шлифовальных станков, а также освоение новых перспективных станков, ориентируясь на потребность авиационной промышленности.

Установка ЭЛУ-27

В частности, в 2012 г. будут выпущены 5-координатные обрабатывающие центры для фрезерования лопаток турбин модели МШ600. Станок оснащается измерительным устройством для контроля размеров обработанной лопатки. В дальнейшем планируется развитие этого направления в части увеличения размеров обрабатываемых лопаток, а также создание на этой базе станков для их шлифования.

По государственной программе изготавливается гамма высокоточных резьбошлифовальных станков с длиной шлифуемых валов 710, 1000, 1400 и 2000 мм. Станки оснащаются измерительным устройством для контроля профиля и шага резьбы. На базе этих станков будут также выпускаться зубошлифовальные и зубофрезерные станки. Все создаваемые станки представляют практический интерес для обработки валов турбин ГТД.

Совместно с "НИИД" разрабатываются и производятся высокоточные металлообрабатывающие станки с ЧПУ.

Спроектирован и испытывается опытный образец станка модели 5843ЕФ4, оснащенного системой ЧПУ. Станок имеет семь осей управления, работает профильным кругом и производит измерение шага, профиля и направления зуба непосредственно на станке.

Кроме того, выпускаются станки мод. 5М841, мод. 5843, мод. МШ441 для шлифования различных типоразмеров зубчатых колес диаметром до 1250 мм.

Производятся:

• профилешлифовальные станки для шлифования шлицевых валов, профиля протяжек, имеющих прямой, радиусный или эвольвентный профиль, валов-шестерен;

• круглошлифовальные и кругло-торцешлифовальные полуавтоматы с ЧПУ;

• внутришлифовальные и торцевнутришлифовальные станки с ЧПУ для одновременного шлифования отверстия и торца детали;

• полуавтоматы с ЧПУ: рейкошлифовальный (мод. МШ428) и зубошлифовальный для обработки прямозубых цилиндрических колес, работающий профильным кругом (мод. 5А868);

• зубошлифовальный четырехосевой станок с ЧПУ для шлифования зубчатых колес с внутреннем зубом (станок - модель 5А868Д - оснащен датчиком для измерения точности зубчатого колеса, точность шлифования: по шагу - 1-3 квалитет ДИН, по направлению - 2-3 квалитет ДИН, по профилю 4-5 квалитет ДИН.

Спроектирован и готовится к производству принципиально новый зубошлифовальный станок модели МШ395, работающий червячным и профильным кругом. Шестикоординатная система ЧПУ станка позволяет полностью автоматизировать его настройку и управление процессом шлифования. По своим техническим характеристикам станок МШ395 при шлифовании червячным абразивным кругом является аналогом станков RZ300E и RZ301C фирмы Рейсхауэр. Однако на станке МШ395 в отличие от зарубежных станков может выполняться как чистовое, так и черновое однопрофильное шлифование, что существенно расширяет технологические возможности станка. Кроме того, станок обеспечивает шлифование зубчатых колес профильным кругом во всем диапазоне диаметров и модулей.

В инструментальных станках с ЧПУ для шлифования эвольвентного профиля долбяков, шеверов и эталонных зубчатых колес (модели МШ350, МШ500, МШ504 и их модификации) реализована электронная, управляемая от ЧПУ кинематическая связь, которая позволяет без специальной оснастки, делительных дисков и эвольвентных кулаков шлифовать любые долбяки и шеверы. Станки обрабатывают зубчатые колеса с точностью модели МШ395, работающей червячным и профильным кругами. Они оснащены измерительным щупом, что позволяет автоматически распределять припуск и измерять точностные параметры шлифованного зубчатого колеса.

В ближайшей перспективе потребности заводов Российской Федерации могут удовлетворяться поставкой вышеперечисленных станков, а также станков для глубинного шлифования замков и пера лопаток.

Зубошлифовальный станок с ЧПУ модели МШ397

Высокочастотная импульсная карбонизация вала

PRESS RELEASE

MITSUBISHI
MITSUBISHI MATERIALS

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 корпусы 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 стремиться 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 ожидании по эталону скорости в 400 см3/мин.

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

A subsidiary of
MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION ООО „ММС Хардметал ООО" , 107023 , г. Москва,
ул. Большая Семёновская, д.11 стр.5 ТЕЛ./ФАКС.: +7-495-725-58-85 E-mail : info@mmc-carbide.ru

ФОТОРЕПОРТАЖ С САЛОНА "ДВИГАТЕЛИ-2012"

УДК 621.452.322.037-226.2:669.295:534.83

СИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ СКОРОСТНЫХ ВЕРТОЛЁТОВ

ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова:
Фагим Шайхович Гельмедов, начальник отдела, д.т.н,
Юрий Вячеславович Фокин, начальник отдела
Иван Витальевич Осипов, начальник сектора
Лариса Валентиновна Андрианова, инженер I категории

Проведен краткий обзор известных схем двигательных систем, предназначенных для использования в силовых установках скоростных вертолётов и расчетная оценка ожидаемых параметров разрабатываемой специалистами интегральной силовой установки; показано, что путем регулирования вентилятора поворотом лопаток ВНА, могут быть обеспечены требуемые его параметры на основных эксплуатационных режимах вертолёта.

A brief review of the known schemes of engine systems designed for use in powerplants of high speed helicopters is presented. The expected parameters of an integral powerplant being developed by specialists are estimated. It Is shown that the required fan parameters can be provided at main helicopter operating conditions by regulating guide vanes angles.

Ключевые слова: скоростной вертолёт, винтокрыл, интегральная силовая установка, вентилятор, расход воздуха, степень повышения давления, коэффициент полезного действия.

Keywords: speed helicopter, rotorcraft, integral powerplant, fan, air flow, pressure ratio, efficiency.

Среди концептуальных задач вертолётостроения наиболее важной является увеличение скорости горизонтального полёта.

Вертолёт с несущим винтом является эффективным летательным аппаратом в режимах висения, вертикального взлёта и посадки, авторотации. Однако несущий винт (НВ), как движитель имеет ограничения по режимам горизонтального полёта, причем его эффективность снижается по мере увеличения скорости полёта вертолёта.

Технологический предел достижения скорости определяется разницей в скоростях движения наступающей и отступающей лопастей несущего винта относительно воздуха. Скорость движения вертолёта прибавляется к скорости наступающих лопастей и вычитается из скорости отступающих. Если угол атаки лопастей на наступающей и отступающей сторонах ротора будет оставаться неизменным, подъемная сила на наступающей стороне будет значительно больше, чем на отступающей, и вертолёт перевернется. Автомат перекоса вертолёта традиционной схемы устроен так, чтобы компенсировать эту разницу, циклически уменьшая угол атаки лопастей на наступающей стороне и увеличивая на отступающей. Это значит, что ***винт ни при каких обстоятельствах не может реализовать весь потенциал подъёмной силы***. Снижение подъёмной силы происходит также при переходе к горизонтальному полёту вертолёта. Чтобы набрать горизонтальную скорость, приходится увеличивать угол атаки лопастей в задней части ротора и уменьшать в передней. Оптимального угла атаки всех лопастей, равно как и максимально возможной подъёмной силы винта, не получится.

В вертолётах соосной и многовинтовой схем для винтов используется такой же автомат перекоса, как в одновальных машинах. Роторы, вращающиеся в противоположные стороны, компенсируют потерю подъёмной силы на отступающих лопастях без помощи автомата перекоса, поэтому такая схема превосходит традиционную по энерговооружённости. Но необходимость создавать горизонтальную тягу с помощью несущих винтов по-прежнему заставляет идти на энергетический компромисс.

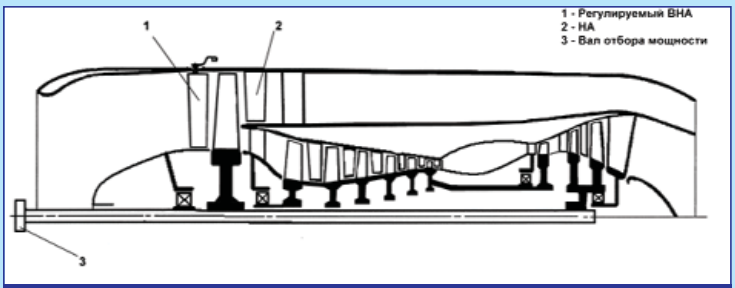


Рис. 1. Схема двигателя ИСУ на базе газогенератора отечественного ТРДД тягой до 2500 кгс

Имеется еще один фактор, определяющий границы скорости вертолёта. При увеличении скорости полёта, окружные скорости законцовок лопастей на наступающих лопастях несущего винта вертолёта приближаются к скорости звука и после его достижения на них возникают косые скачки уплотнения. Как следствие, сопротивление вращению резко возрастает, появляются срывные вихри, вызывающие сильные вибрации лопастей, которые могут привести к разрушению винта. При увеличении жёсткости лопастей в плоскости тяги и введении стреловидных законцовок возможно вывести лопасть из зоны срыва на скоростях полёта вертолёта до 450 км/ч. Но для увеличения скорости полёта вертолёта традиционной схемы (450 км/ч и более) необходимы дополнительные средства создания полётной тяги.

Первые сообщения о разработке таких средств появились в середине прошлого века (в 50-е - 60-е годы). По принципиальным особенностям они могут быть разделены на три группы.

Первая группа, получившая обозначение "винтокрылы", включает в себя вертолёты традиционной схемы, оснащённые вспомогательными реактивными двигателями или винтами, создающими дополнительную полётную тягу.

Отличительной особенностью второй группы скоростных вертолётов является наличие в схеме их силовой установки специальной пропульсивной системы (П.С.). В качестве последней используются реактивные сопла с регулируемой площадью проходного сечения, устанавливаемые на выходе из турбовального ГТД (ТВ ГТД). Таким образом, в данном случае двигательная система вертолёта представляет собой комбинированную силовую установку (СУ с П.С.).

Третий тип двигательных систем скоростных вертолётов представляет собой интегральную СУ (ИСУ). Суть ее эксплуатационных особенностей состоит в том, что двигатель работает как ТВГТД с передачей мощности на несущий винт, а также и как ТРДД, создающий горизонтальную тягу. В зависимости от режима

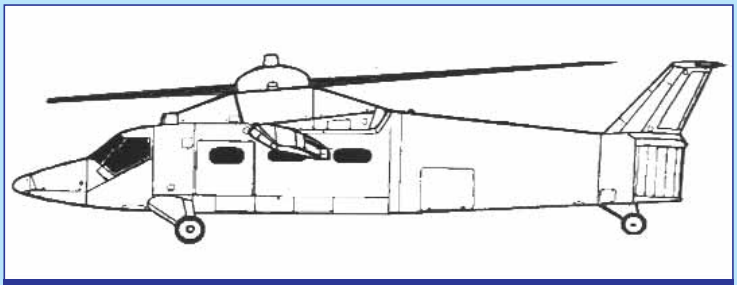


Рис. 2. Компоновка скоростного вертолета с ИСУ

полёта, происходит перераспределение мощности двигателя с несущего винта на вентилятор. Требуемое перераспределение достигается согласованным изменением углов установки лопаток ВНА вентилятора и лопастей несущего винта.

Краткий перечень упомянутых видов двигательных установок, реализованных в качестве опытных образцов, представлен в следующей таблице.

Опытные образцы двигательных установок скоростных вертолётов [1] [6]

№	Обозначение двигательной установки	Фирма-разработчик	Год создания	Страна
1.	*Винтокрылы*			
1.1.	Fairey Rotodyne	Fairey	1957	Англия
1.2.	Ка-22	"Камов"	1960	СССР
1.3.	XH-59A	Sikorsky	1972	США
2.	*Комбинированные С.У. с П.С.*			
2.1.	X-49A Speed Hawk	Piasecki Aircraft	Серед. 1990х	США
2.2.	Ка-92	"Камов"	2007	РФ
2.3.	Ми-XI	КБ им. Миля	2007	РФ
3.	*Интегральные С.У.*			
3.1.	X-WING	GE	1980-е	США

Во ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова" совместно со специалистами ФГУП "ЦАГИ им. профессора Н.Е. Жуковского", было проведено предварительное исследование по использованию ИСУ для скоростного вертолёта.

Компоновочная схема двигателя такой ИСУ показана на рисунке 1. Двигатель в ИСУ работает как ТВГТД с передачей мощности на несущий винт и как ТРДД, обеспечивая горизонтальную тягу. В зависимости от режима полета вертолёта происходит перераспределение мощности двигателя с несущего винта на вентилятор.

Рассмотрен вариант двигателя ИСУ на базе газогенератора небольшого ТРДД тягой до 2500 кгс.

Предполагается, что выхлопные газы от двигателя выводятся в тракт струйной системы, заканчивающейся соплом с регулируемыми створками (рис. 2). Регулируемые створки необходимы для компенсации крутящего момента от несущего винта.

В качестве примера использования интегральной силовой установки на скоростном вертолете (СВ) рассмотрен вариант вертолёта со скоростным шарнирным несущим винтом, крылом и однодвигательной силовой установкой на базе газогенератора ТРДД тягой до 2500 кгс:

- Расчетная полётная масса СВ 10 т
- Диаметр несущего винт $D_{нв}$ 17,4 м
- Количество лопастей 6
- Окружная скорость ω*R концов лопастей 190 м/с

Аэродинамическая компоновка лопастей НВ принята соответствующей крупномасштабной модели скоростного НВ ЦАГИ, испытанного в аэродинамической трубе АДТ-104 до скоростей V = 450 км/ч.

В качестве дополнительной несущей системы, разгружающей НВ на больших скоростях полёта, используется крыло с механизированной задней кромкой (предполагается использование элеронов) со следующими основными параметрами:

- Площадь крыла 10 м^2
- Удлинение крыла 5,0

Потери на обдувку корпуса СВ (с учетом крыла) приняты равными 5 % тяги НВ.

Согласно результатам расчетов статический потолок СВ (висение в условиях МСА вне влияния экрана) составляет приблизительно $H_{ст}$ = 2,0...2,5 км.

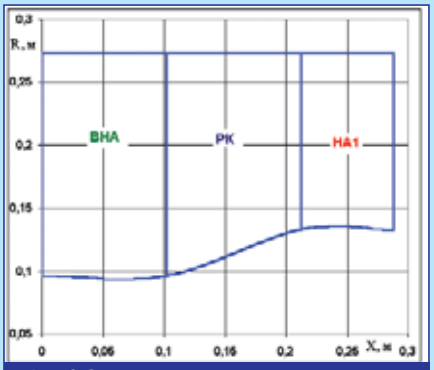


Рис. 3. Схема проточной части регулируемого вентилятора ИСУ

Для СВ достижим уровень максимальной продолжительной скорости VKP_2 = 390 км/ч на высотах до H = 3 км. Значения максимальной скорости V_{max} = 420...425 км/ч достижимы на высотах H = 0...2,5 км.

В диапазоне скоростей 325...400 км/ч на оптимальных высотах H = 3...4 км минимальные расходы топлива составляют 2,0...2,25 кг/км.

На крейсерских скоростях $V_{кр}$ = 360...390 км/ч и принятом запасе топлива достижима дальность порядка 900...1000 км с платной нагрузкой 1500 кг.

В настоящих проработках использовался готовый базовый газогенератор, в связи с чем критическим узлом рассматриваемой ИСУ является регулируемый вентилятор.

По результатам параметрических исследований ИСУ на различных режимах работы были определены потребные параметры такого вентилятора.

В качестве его прототипа была использована экспериментальная широкохордная малошумная вентиляторная ступень С-178-1, разработанная и испытанная в ЦИАМ.

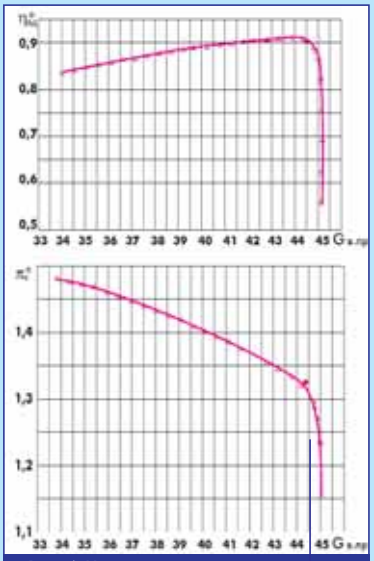


Рис. 4. Характеристика вентилятора на режиме H = 2 км, $V_п$ = 390 км/ч.
● - данные по ТЗ

На основе одномерного математического моделирования был разработан аэродинамический проект вентилятора, в котором было предусмотрено обеспечение параметров, соответствующих условиям полёта со скоростью V = 390 км/ч на высоте H = 2 км.

Результаты проектировочного расчета были использованы в качестве исходных данных для расчета характеристик вентилятора, соответствующих заданным условиям эксплуатации. В основу расчета характеристик вентилятора была положена его 1D-математическая модель.

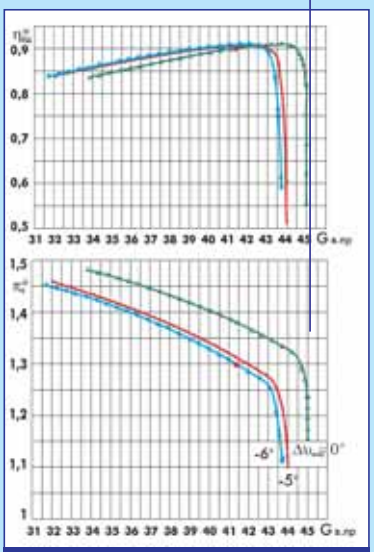


Рис. 5. Характеристика вентилятора на режиме H = 2 км, $V_п$ = 360 км/ч.
● - данные по ТЗ

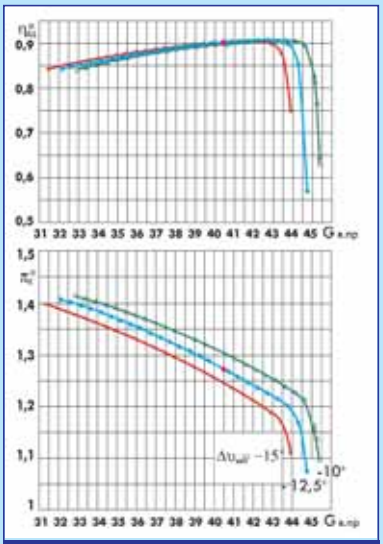


Рис. 6. Характеристика вентилятора на взлетном режиме H = 0, M = 0.
● - данные по ТЗ

На рисунке 4 изображена характеристика, соответствующая условиям полёта вертолета со скоростью V = 390 км/ч (крейсерский режим). Видно, что расчетные характеристики находятся в хорошем соответствии с заданными параметрами вентилятора (данные по ТЗ отмечены красным кружочком). При этом можно видеть, что запасы газодинамической устойчивости характеризуются большими величинами (ΔK_y = 45 %), достаточными для надежной эксплуатации.

Для реализации параметров на других основных режимах работы силовой установки, оказалось необходимым предусмотреть использование управляемой механизации вентилятора (ВНА с поворотными лопатками). В частности, для обеспечения параметров, требуемых в условиях H = 2 км, M = 0,3007 (V = 360 км/ч), угол установки лопаток ВНА должен быть уменьшен на $\Delta\upsilon_{ВНА}$ = 6 (рис. 5), а применительно к взлётным условиям они должны быть прикрыты на угол $\Delta\upsilon_{ВНА}$ = 12,5 (рис. 6).

В ходе работы была проведена расчетная оценка возможности использования данного вентилятора для обеспечения режимов полёта вертолёта на более высоких скоростях. В результате расчётов было установлено, что параметры, заявленные для обеспечения максимального режима при скорости полёта V = 424,08 км/ч, могут быть реализованы если лопатки ВНА будут раскрыты на угол $\Delta\upsilon_{ВНА}$ = +9,5 ($n_{впр}$ = 101,08 %).

Проведенные расчётные исследования подтвердили достижимость рассматриваемых параметров комбинированной СУ для перспективного скоростного вертолёта.

Ключевой проблемой при создании КСУ рассматриваемого типа является проектирование и экспериментальная отработка высокоэффективного регулируемого вентилятора.

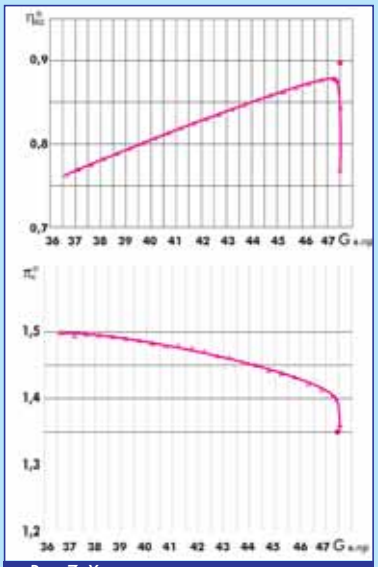


Рис. 7. Характеристика вентилятора на режиме H = 2 км, $V_п$ = 424,08 км/ч.
● - данные по ТЗ

Литература

1. "Aircrafts of the World". "Энциклопедия самолетов мира/Иностранная энциклопедия для широкого круга читателей. - М.: ООО "И.М.П.", 2007.

2. Вертолёты. Справочник. Helicopter Guide. - М.: Информационное агентство АРМС-ТАСС, 2011г. - 360 с.

3. "Вертолётный мир России". - Казань, Издательство "Вертолёт", 2009. - 180с.

4. Вертолётные газотурбинные двигатели. / В.А. Григорьев, В.А. Зрелов, Ю.М.Игнаткин и др.; под общ. ред. В.А. Григорьева и Б.А. Пономарева. - М.: Машиностроение, 2007. - 491с.

5. "Исследование характеристик комбинированной силовой установки (КСУ) с использованием пропульсивной системы для скоростного вертолёта". - То ЦИАМ №006-3812, 2002г.

6. Модифицированный ТРДД GE TF 34 для винтокрылого аппарата. // СИ ЦИАМ. № 23, 1983г. с.3-5

Связь с автором: mileshin@ciam.ru

ИНФОРМАЦИЯ

С момента своего первого боевого вылета K-MAX уже успешно выполнил более 240 полётов и перевез более 340 т груза. Беспилотный вертолет работает, что называется, "на износ" и в среднем вылетает на задания по шесть раз в сутки, причем в основном в ночное время, когда даже опытные пилоты не рискуют соваться в горы.

Впервые K-MAX вылетел на задание из лагеря Двайер (Афганистан) и перенес в лагерь Пэйн в провинции Гильменд около 1,6 т снаряжения. С тех пор беспилотник продолжает регулярные поставки снаряжения, освободив от этой опасной работы пилотируемые вертолеты.

Командование американских войск внимательно следит за опытом использования беспилотного транспортного вертолета. В июле 2011 г. компания Lockheed получила $47 млн на разработку автономных беспилотных авиационных транспортных систем. В будущем транспортные БПЛА должны взять на себя основную тяжесть снабжения войск на передовой, что резко повысит боеспособность армии и сэкономит ценные людские ресурсы. На разработку и испытания автоматических транспортных систем отводится 7-10 лет, но, как показывает опыт K-MAX, некоторые технологии доступны уже сегодня.

Предполагается, что будущая беспилотная транспортная система будет работать при минимальном участии операторов. Ею будет оснащена каждая бригада и, в случае необходимости, более мелкие подразделения. В последнем случае это позволит им действовать в отрыве от основных сил и получать бесперебойное снабжение на передовой. В отличие от пилотируемых, беспилотные машины могут без риска для людей прорываться сквозь зенитный огонь противника, летать в сложных метеоусловиях и выполнять десятки полетов в сутки.

ОАО «Управляющая компания
«Объединенная двигателестроительная корпорация»
Россия, 121357, г. Москва, ул. Верейская, д. 29, стр. 141
Тел./факс: (495) 232-91-63
www.uk-odk.ru

ОДК

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ВЕРТОЛЁТ

ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова:
Оскар Соломонович Гуревич, зам. ген. директора, нач. отделения, д.т.н.
Анатолий Иванович Гулиенко, нач. сектора, к.т.н.
Виктор Савельевич Захарченко, ведущий научный сотрудник, к.т.н.
Игорь Константинович Коваленко, нач. сектора
Леонид Георгиевич Близнюков, нач. отдела, к.т.н.
Олег Дмитриевич Селиванов, ведущий научный сотрудник, к.т.н.

В качестве одного из наиболее перспективных направлений в развитии авиационной техники в настоящее время разработчиками рассматривается электрификация летательных аппаратов различных типов и назначения: самолётов (от магистральных до малоразмерных беспилотных) и вертолётов (от тяжелых до малоразмерных пилотируемых и беспилотных). Применение электрической энергии преследует ряд целей, связанных с улучшением технических показателей эффективности летательного аппарата, повышением их экологичности, снижением эксплуатационных расходов.

Построение "электрического" летательного аппарата требует комплексного пересмотра принципов построения множества устройств и систем самолёта:

- Системы электроснабжения самолета (по мощности, электрическим параметрам (напряжение, ток), источникам и способам преобразования электроэнергии и др.).
- Системы кондиционирования, противообледенительной системы.
- Системы управления полётом (по приводам регулирующих органов, управления шасси, насосов гидросистемы и др.).
- Силовой установки (по способам создания тяги, системам управления, смазки и др.).

Технологическое обеспечение этих работ связано с созданием обладающих малой удельной массой регулируемых электрических приводов и генераторов, источников электрической энергии (аккумуляторов, топливных элементов с системами подготовки/хранения топлива для них), преобразователей электрической энергии, построенных с использованием высокотемпературной силовой электронной элементной базы (рабочая температура > 150 °С) и ряда других.

Особое место в решении проблемы создания "электрических" летательных аппаратов занимает силовая установка. Применение электрических технологий может привести в перспективе к изменению принципов ее построения и создания тяги. В этой области сегодня изучаются и прорабатываются различные варианты построения силовой установки:

1. "Электрический" ГТД, в котором нет отбора воздуха на самолетные нужды, применяется магнитный подвес роторов, в качестве исполнительных органов во всех системах используются регулируемые по частоте вращения электрические приводы. На роторе двигателя устанавливаются встроенные в его конструкцию электрический стартер-генератор и дополнительный генератор. В этом случае отпадает необходимость в применении коробки приводов агрегатов. ВСУ становится "электрической": она используется только для выработки электрической энергии.

2. Газотурбинный или поршневой двигатель не создает тяги и используется только для выработки электрической энергии, которая применяется для питания электрических приводов вентиляторов или винтов для создания тяги.

3. Силовая установка вообще не содержит двигателя, работающего на топливе. В качестве источника электроэнергии используются аккумуляторы и (или) топливные элементы, а для создания тяги - электрический привод вентиляторов (винтов).

4. Силовая установка выполняется гибридной, где тепловые двигатели (ГТД, поршневой) работают совместно с электроприводными устройствами создания тяги.

Возможны и другие решения, применение которых определяется технологическими возможностями промышленности.

Первое из рассмотренных направлений в настоящее время наиболее обеспечено технологически и может быть реализовано в ближайшие годы. Это подтверждают работы, развернутые фирмами Safran, Rolls-Royce, PW, GE и др.

Комплекс работ в этом направлении выполнен в ЦИАМе, где совместно с ОАО "Электропривод", ОАО "ОМКБ", ОАО "Якорь" разработаны демонстрационные электроприводные системы автоматического управления и смазки ГТД, стартер-генератор, создан двигательный стенд для демонстрации электрических технологий.

Обобщённая схема силовой установки вертолёта с турбовальным ГТД

Схема силовой установки вертолёта с полностью электрической СУ

Среди работ по "электрическим" летательным аппаратам одной из актуальных задач является оценка возможности применения электрического привода для винтов вертолёта. Использование регулируемого по частоте вращения электрического привода в силовой установке вертолета позволит получить ряд преимуществ по сравнению с существующими силовыми установками:

- Повысить качество траекторного управления и улучшить маневренность вертолёта вследствие возможности раздельного управления частотой вращения несущего и рулевого винтов.
- Повысить надежность и увеличить ресурс силовой установки в связи с исключением ряда сложных механических устройств (редуктор, трансмиссия и др.).
- Улучшить эксплуатационную технологичность (снизить эксплуатационные расходы).
- Улучшить экологические характеристики (снизить выбросы, шум).
- Снизить заметность (для военного применения).

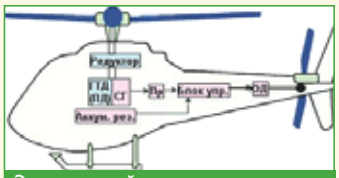
Реализация этих преимуществ зависит от технологических возможностей создания источников электропитания с необходимыми характеристиками, электрических приводов, устройств управления ими.

К настоящему времени известно немного работ по вертолётам с электрической силовой установкой, несмотря на большой интерес, проявляемый в мире к этой проблеме. Имеется информация о разработке такого вертолёта фирмой Sikorsky на базе вертолёта S-300C. Эта работа относится к категории демонстратора технологий. На базовом вертолёте S-300C установлен поршневой двигатель мощностью 190 л.с.

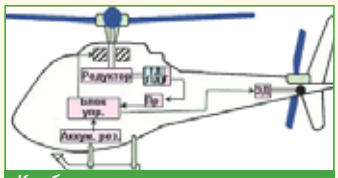
На вертолёте-демонстраторе "Firefly" этот двигатель заменен электрическим двигателем той же мощности с максимальной частотой вращения 3200 об/мин. Электрический двигатель с постоянными магнитами имеет воздушное охлаждение. Источником энергии является пакет литиево-ионных аккумуляторных батарей на 135 А·ч напряжением 360 В немецкого разработчика GAIA, который состоит из 300 ячеек с плотностью энергии 0,13 кВт/кг. Масса демонстратора сопоставима с массой вертолета S-300C (около 1000 кг). Однако ожидаемое время полё-

Схема силовой установки вертолёта S-300

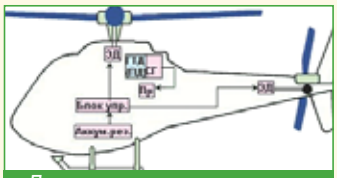
Схема силовой установки вертолёта-демонстратора Fierfly



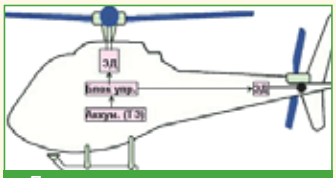
Электрический привод рулевого винта (генер. ист. с ГТД или ПД)



Комбинированная силовая установка (генер. ист. с ГТД или ПД)



Полностью электрическая силовая установка с генерат. источн. питания



Полностью электрическая силовая установка с аккумулятором или ТЭ

та составляет порядка 15 минут (для вертолета S-300C - 3,7 ч).

Ниже приведены результаты анализа практических возможностей применения электрических технологий в силовой установке вертолёта и перспектив в этой области для "электрической" и частично "электрифицированной" силовой установки применительно к вертолётам нескольких классов, для которых это представляется возможным: сверхлегкого (взлетная масса $G_{взл}$ до1500 кг), легкого ($G_{взл}$ до 6000 кг) и среднего ($G_{взл}$ до 25 000 кг). На данном этапе работы в качестве критерия выбран один из определяющих показателей - масса силовой установки. Дана оценка достижимой минимальной массы, определены требования к удельной массе электрических устройств, при которой создание подобной силовой установки становится реальным.

Рассмотрены следующие варианты построения электрической силовой установки:

- с электроприводом только рулевого винта,
- комбинированной схемы,
- электрической СУ (ЭСУ) с генераторным источником питания,
- полностью электрической СУ с аккумуляторами в качестве источника питания,
- полностью электрической СУ с топливными элементами в качестве источника питания.

Критерием для оценки возможности электрификации является масса вертолёта, при которой могут быть выполнены заданные тактико-технические требования (ТТТ) к нему.

Анализ показывает, что масса узлов и компонентов, которые могут быть заменены электрическими устройствами (двигатель, ВСУ, трансмиссия, системы двигательной установки, топливная система и др.), составляет 27...40 % от взлетной массы вертолета рассматриваемых классов.

При оценке достижимой взлетной массы вертолётов с СУ разного типа использовалась специальная математическая модель формирования технического облика вертолёта.

Исходными данными для этой модели являются:

1. Весовая категория и назначение вертолёта.

Выбранные весовые категории - сверхлегкий, легкий и средний вертолёты. Принято, что все три вертолёта предназначены для выполнения пассажирско-транспортных задач.

2. Основные тактико-технические требования к вертолётам (статический потолок, динамический потолок, максимальная скорость полета, дальность полета, состав экипажа, масса целевой нагрузки и оборудования).

3. Тип и характеристики двигателей (мощность, удельная масса и удельный расход топлива на максимальном режиме).

Удельные весовые характеристики электрических устройств, предназначенных для использования в электрифицированных силовых установках, показаны на рисунке внизу страницы. Современные технологии позволяют обеспечить следующие величины удельной массы электрических устройств:

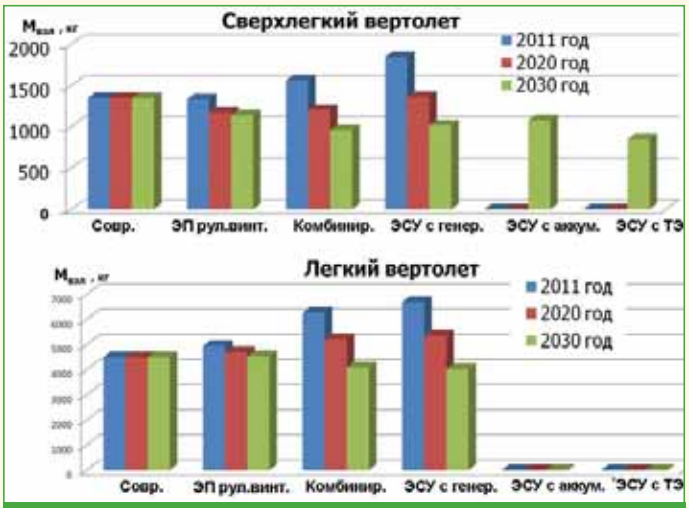
- Электропривод (электродвигатель с блоком управления):
  - 0,5...1,0 кг/кВт (при мощности 25...50 кВт),
  - 0,47...0,6 кг/кВт (при мощности 100...150 кВт),
  - 0,35...0,4 кг/кВт (при мощности 200...250 кВт),
  - 0,32 кг/кВт (при мощности более 300 кВт).
- Электрогенератор:
  - 0,45 кг/кВт (поршневой двигатель: сверхлёгкий вертолёт Ми-34, двигатель М-14),
  - 0,23 кг/кВт (ГТД, средний вертолёт),
  - 0,17 кг/кВт (ГТД, лёгкий вертолёт).
- Преобразователи постоянного тока - 0,3 кг/кВт.
- Аккумуляторы - 9 кг/(кВт·ч).
- Топливные элементы с вспомогательным оборудованием - 4,75 кг/кВт.

Систематизация данных НИАИ "Источник", НИЦ "Курчатовский институт", ОАО "Якорь", ОАО "Электропривод", зарубежных источников показывает, что к 2020 г. совершенствование технологий может позволить уменьшить удельную массу электроприводов, генераторов и преобразователей примерно в два раза, аккумуляторов в 3...5 раз, топливных элементов в 3 раза. Применение для охлаждения криогенных технологий, ожидаемое к 2030 г., позволит снизить удельную массу электроприводов, генераторов и преобразователей в три раза по сравнению с современным уровнем. К 2030 г. можно ожидать снижения удельной массы аккумуляторов - в 9 раз, топливных элементов - в 7 раз. Использование эффекта сверхпроводимости (возможное, предположительно, не ранее 2050 г.) позволит на порядок снизить удельную массу электроприводов, генераторов и преобразователей.

Сравнение взлетной массы вертолётов с различными типами СУ позволяют сделать рисунки ниже. Во всех рассмотренных вариантах электрификации СУ сверхлёгкого, легкого и среднего вертолётов при современном технологическом уровне электрических устройств взлетная масса вертолётов увеличивается в соответствии с данными приведённой таблицы. Здесь ЭД - электродвигатель.

Тип устройства	Удельная масса, кг/кВт			
	2011 г. Современные технологии	2020 г. Эволюция технологий	2030 г. Охлаждение	2050 г. Сверх-проводимость
Электроприводы 20 ... 50 кВт >300 кВт	0.5 ... 1.0 0.32	0.2	0.1 ... 0.15	0.04
Генераторы 100 ... 150 кВт n < 10 000об/мин	0.45	0.25...0.3	0.1	0.03
Преобразователи	0.3	0,15	0.1	0.03
Аккумуляторы	9.0	2.2	1.0 ... 1.3	
Топливные элементы	4.75	1.6	0.7	

Необходимо для реализации "полностью электрической СУ"



Сравнение взлётной массы вертолётов с различными типами СУ по годам проектирования

Варианты СУ	Сверхлегкий вертолет (1350 кг) МИ-2, МИ-32, МИ-34, R-44	Легкий вертолет (4500 кг) АНСАТ, МИ-54, AS 315B	Средний вертолет (11200 кг) МИ-9, МИ-171, МИ-38
Электропривод рулевого винта	– 1 %	+ 10 %	+ 4 %
Гибридная схема: несущий винт – ГТД (ПД)+ЭД рулевой – ЭД	+ 16 %	+ 39 %	+ 42 %
«Электричвская» СУ с электрогенератором	+ 37 %	+ 49 %	+ 55 %
Питание ЭД от аккумуляторов	Вариант СУ невыполним		
Питание ЭД от топливных элементов	Вариант СУ невыполним		
Масса силовой установки – 30 ... 40 % от массы вертолета			

Сравнение взлётной массы вертолётов с различными типами СУ

Исключением является применение схемы с электроприводом только рулевого винта для сверхлёгкого вертолёта, где масса практически не изменяется. Так как в этом случае могут быть реализованы отмеченные выше преимущества электрификации, целесообразно уже в настоящее время рассмотреть возможности применения такой силовой установки.

При полной электрификации СУ даже сверхлёгкого вертолёта с использованием в качестве источника энергии аккумуляторов или топливных элементов с удельной массой периода до 2020 г. при заданных ТТТ вертолёт существовать не может, а с удельными характеристиками периода 2030 года его масса уменьшится примерно на 20...40 % по сравнению с традиционной схемой и он может быть построен.

Выводы:

1. При современных технологиях и условии выполнения ТТТ к вертолёту построение полностью электрической силовой установки (без газотурбинного или поршневого двигателя) нереально вследствие неприемлемого увеличения её массы.

Возможность создания такого вертолёта появится при достижении удельной массой электрических компонентов следующих величин:

- электроприводы 0,1 кг/кВт,
- генераторы 0,08 кг/кВт,
- преобразователи 0,1 кг/кВт,
- аккумуляторы - 1 кг/(кВт·ч),
- топливные элементы - 0,7 кг/кВт.

Такие показатели в перспективе могут быть достигнуты при применении технологий, основанных на высокотемпературной сверхпроводимости и криогенной технике для охлаждения, а также в результате развития технологий, обеспечивающих создание электрохимических генераторов энергии (топливных элементов и аккумуляторов) с указанными параметрами.

2. В период 2015...2020 гг. практически могут быть реализованы:

• Сверхлегкий (взлетная масса до 1500 кг), легкий (до 6000 кг) и средний (до 25 000 кг) вертолёты, в которых используются:
- силовая установка с ГТД или поршневым двигателем,
- электропривод только рулевого винта,
- генераторный источник питания (основной),
- аккумулятор в качестве аварийного источника питания (для посадки при отказах).

• Сверхлегкий вертолёт с комбинированной СУ, в которой используются:
- совместный привод несущего винта от ГТД (или поршневого двигателя) и электродвигателя,
- электропривод рулевого винта,
- генераторный источник питания (основной),
- аккумулятор в качестве аварийного источника питания (для посадки при отказах).

2-й МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ • INTERNATIONAL FORUM

ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

ENGINEERING TECHNOLOGIES 2012

«Мы убеждены, России необходимо сильное, конкурентоспособное машиностроение»

Владимир Владимирович Путин

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА

Пленарное заседание:
«Высокие технологии – определяющее условие устойчивого развития передового машиностроения национальных экономик».
Тематические мероприятия:
- Изменение внешних факторов (ВТО, Таможенный союз).
- Повышение эффективности (инновации, техническое и технологическое перевооружение).
- Рынки сбыта (госзакупки, экспорт, аутсорсинг).
- Инфраструктура (кадры, энергоресурсы, экология).
- Развитие свободных экономических зон.
- Взаимодействие между Вооруженными Силами, ОПК и обществом.

ВЫСТАВОЧНАЯ ПРОГРАММА

- Международная выставка «Машпромэкспо».
- Международная выставка вооружений и военной техники «Оборонэкспо».

ДЕМОНСТРАЦИОННАЯ ПРОГРАММА

Представление продукции предприятий машиностроительной отрасли, специальные показы вооружений и военной техники двойного и специального назначения.

27 ИЮНЯ–1 ИЮЛЯ 2012 г
МОСКВА • ЖУКОВСКИЙ
АЭРОДРОМ РАМЕНСКОЕ
ТВК «РОССИЯ»

www.forumtvm.ru

Организаторы Форума

МИНПРОМТОРГ РОССИИ

ФСВТС России

Ростехнологии

Генеральный устроитель: ОАО «ТВК «Россия»

«РОССИЯ»

Генеральный партнер: Союз машиностроителей России

СОЮЗ МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ РОССИИ

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ВЕРТОЛЁТНЫХ ГТД

ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова

Юрий Иванович Добряков, к.т.н.
Дмитрий Александрович Боев

История вертолёта древнее, чем у других летательных аппаратов. Психологически "ввинчивание в воздух" представлялось более естественным, чем полёт на неподвижном крыле. Почти таким же реальным, как машущий полёт. И винтолётов разного типа напроектировали за историю человечества не меньше, чем махолётов. Но "летящим на винте" повезло больше, чем махолётам: они в конце концов реально полетели.

Известно, что винтокрылые машины конструировал ещё Леонардо да Винчи. Действующую модель вертолёта собственного производства "Аэродромическую машину" демонстрировал академикам М.В. Ломоносов. Вертолёт с двигателем различного типа, служащий летательным аппаратом, в начале прошлого века конструировали многие конструкторы - Сикорский, Гризодубов, Латам, Фоккер и многие другие. Типов винтокрылых машин наработалось за это время превеликое множество, но в основном это получались "машины для поднимания вертикально вверх". 18 мая 1911 года Б.Н. Юрьев опубликовал "схему одновинтового вертолёта с рулевым винтом и автоматом перекоса лопастей". А в1922 году профессор Георгий Ботезат, эмигрировавший после революции из России в США, построил по заказу армии США первый устойчиво управляемый вертолёт, который смог подняться в воздух с грузом на высоту 5 м и находиться в полёте несколько минут. Началось массовое конструирование, а затем (с середины века) и производство вертолёта, как рабочей машины.

Первоначальное название машины "геликоптер" было заимствовано из французского языка (фр. helicoptere) уже в конце XIX века. Во французском языке, в свою очередь, слово создано из корней греческого языка (др.-греч. ελιξ, родительный падеж ελικοσ "спираль, винт" и πτερον "крыло"). Общество, самым активным деятелем которого был поэт и художник Велемир Хлебников, ставившее целью изыскание русских аналогов свалившихся на нас в начале XX века в массе технических терминов, ранее неизвестных в языке (результатом его работы был "самолёт" взамен "аэроплана" или, скажем, "водитель" взамен "шофера"), много работало над переименованием винтокрылой машины. Однако предложенные "винтокрыл" или "свинтопруль" как-то не прижились. Считается, что авторство слова "вертолёт" (от "вертится" и "летает") принадлежит Н.И. Камову. Самым ранним документом, в котором употребляется "вертолёт", является Протокол заседания Технической комиссии Центрального Совета ОСОАВИАХИМ под председательством Б.Н. Юрьева датированный 8 февраля 1929 г. Заседание Комиссии было посвящено рассмотрению проекта автожира КАСКР-1 инженеров Н.И. Камова и Н.К. Скржинского. Новое слово прижилось, как синоним слова "геликоптер", а "автожир" остался в русском языке в своём первоначальном значении. Интересно, что в русском языке название "вертолёт" вернулось уже в послевоенные времена, пройдя через именование американской фирмы "Vertol", (где, кстати, рассматривалось как аббревиатура типа данной техники: "VERtical Take-Off and Landing aircraft" - "воздушное судно вертикального взлёта и посадки"; впрочем, учитывая русские корни всех американских вертолётных фирм и их знакомство с работами Камова, вопрос стоит оставить открытым). В 1959 году советская делегация, в состав которой входил и разработчик первых советских серийных вертолётов М.Л. Миль, приобрела в США образцы американских вертолётов Sikorsky S-58 и Vertol V-44. Примерно с этого времени слово "вертолёт" в русском языке окончательно вытеснило термин "геликоптер" для обозначения этих аппаратов.

В СССР, в 1926 году в РСФСР в ЦАГИ была сформирована "геликоптерная группа", которую возглавил А.М. Черёмухин. Результатом работы этой группы стал первый управляемый вертолёт ЦАГИ-1ЭА, совершивший свой первый полёт в сентябре 1930 года. Силовая установка ЦАГИ-1ЭА включала два РПД М-2 по 120 л.с. каждый. Взлётная масса - 1145 кг. Полёт прошёл на высоте 10...12 м над землей. Для первых лётных испытаний было предложено прикрепить вертолёт троссом к старту, чтобы не дать машине взлететь на высоту более нескольких метров и исключить опасность крушения в случае падения его с высоты.

Первый серийный советский вертолёт - Ми-1 разработан в ОКБ под руководством М.Л. Миля. В 1948 году лётчик-испытатель М.К. Байкалов совершил на Ми-1 первый полёт с поступательной скоростью. В 1950 году были завершены государственные испытания, вертолёт пошёл в серийное производство.

С 1952 года Ми-1 начал выпускаться на Казанском вертолётном заводе, что положило начало крупносерийному производству вертолётов в нашей стране. В мае 1954 года вертолёт был введён в эксплуатацию в Гражданской авиации. 8 января 1956 года Ми-1 совершил свой первый полёт в Антарктиде.

В СССР производство вертолетов доходило до более чем 900 вертолетов в год

В середине прошлого века в СССР в эксплуатации находилось два типа однодвигательных вертолетов Ми-1 и Ми-4. В их силовых установках использовались поршневые двигатели - соответственно АИ-263 (мощность 580 л.с.) и АШ-82В (мощность 1700 л.с.).

Всего было выпущено 2880 вертолетов типа Ми-1 и 3307 вертолетов типа Ми-4.

Однако успешный опыт использования США вертолетов с ГТД во время войны в Корее и начавшееся применение ГТД на вертолетах Франции и Англии свидетельствовали о перспективности этого типа двигателей по крайней мере при потребных мощностях порядка 500 л.с. и выше. В основном это вытекало из за существенных преимуществ по массово-габаритным показателям.

Таблица 1. Конструктор, основные данные и параметры цикла

Марка двигателя	Главный (генеральный) конструктор	Мощн. взлетная (л.с.)	Удельн. расход топлива (кг/л.с.ч.)	Мощн. чрезвычайная (л.с.)	$T_г^*$,K расчётная	$\pi_к^*$ степень повышения давления компрессора расчетная
Д-25В	Соловьев П.А.	5500	0,287	5500	1160	5,6
ГТД-3М	Глушенков В.А.	1000	0,300	1000	1140	6,5
ГТД-350	Изотов С.П.	400	0,365	400	1200	6,0
ТВ2-117А	Изотов С.П.	1500	0,275	1700	1125	6,6
ТВ3-117	Изотов С.П.	2200	0,230	2400	1265	9,6
Д-136	Муравченко Ф.М.	10000	0,198	11400	1478	18,3
ТВ-О-100	Пащенко В.С.	730	0,260	730	1300	9,2
РД-600В	Новиков А.С.	1300	0.215	1550	1500	14,4
ВК-800В	Саркисов А.А.	800	0,238	1000	1300	8,0
ТВ7-117В	Саркисов А.А.	2800	0,200	3750	1525	16,0
ВК-2500	Саркисов А.А.	2400	0,210	2700	1295	10,0

Ведущие разработчики отечественных вертолетов М.Л. Миль и Н.И. Камов представили руководству СССР обоснование необходимости разработки в стране специализированных вертолетных ГТД. Они обратились также в Министерство авиационной промышленности с просьбой о создании в рамках ЦИАМ специализированного подразделения для научного сопровождения этих разработок.

В таблицах 1, 2 и 3 в хронологическом порядке (по году начала разработки проекта) представлены основные сведения о всех разработанных и разрабатываемых в стране (включая СССР) вертолётных ГТД. В таблице 1 в графе "Главный (генеральный) конструктор" представлен руководитель, при котором был начат проект данного двигателя [1 - 5, 7].

Как видно из таблицы 1, в течение 1957 - 1959 гг. у разных разработчиках было начато проектирование 4 вертолётных ГТД на мощность 400, 1000, 1500 и 5500 л.с. Причем первые три двигателя были оригинальными разработками (ГТД-3М, ГТД-350 и ТВ2-117), а двигатель Д-25В создавался на базе самолётного ТРДД (Д-20П).

Двигатель Д-25В был создан в течение 2 лет и уже в 1959 г. было начато его серийное производство. Двигатель ГТД-350 разрабатывался в течение 4 лет, ТВ2-117 - 5 лет, а ГТД-3М - 6 лет. В 1964 - 1965 гг.началось их серийное производство.

Таким образом, в течение относительно короткого времени (4-8 лет) вертолётными ГТД были оснащены вновь создаваемые двухдвигательные (для надежности) вертолёты: легкий Ми-2, корабельный (противолодочный) Ка-25, средний Ми-8 и тяжёлый Ми-6.

В таблицах 1 и 2 представлены основные данные, основные параметры рабочего процесса и конструктивные особенности этих двигателей. На период создания по этим показателям отечественные двигатели находились на уровне аналогичных вертолетных ГТД США, Франции и Англии.

В период создания первых отечественных вертолётных ГТД в ЦИАМ велись работы по поиску и анализу возможных перспективных вертолётных силовых установок (газореактивный привод несущего винта, привод несущего винта от низкооборотной силовой турбины, привод путем размещения ТРД на концах лопастей несущего винта). Была обоснована целесообразность применения для привода несущего винта отдельной силовой турбины, механически не связанной с газогенератором. Разрабатывались программы регулирования, методики снятия высотно-климатических и пусковых характеристик вертолётных ГТД в термобарокамере, определялись с объемами и методиками работ при доводке и при проведении Государственных стендовых испытаний [6].

В середине 60-х годов прошлого века на Заводе им. М.Л. Миля началось проектирование транспортно-боевого вертолёта Ми-24, отвечающего современным западным аналогам. Для него был необходим двигатель мощностью 2200 л.с. при существенно лучших данных по удельным расходам топлива, удельной массе и меньшим габаритным размерам, чем ближайший отечественный аналог ТВ2-117.

Разработка такого двигателя была поручена ЛНПО им. Климова. В его разработке активно участвовали отраслевые институты ЦИАМ, ВИАМ, НИИД. На ранних стадиях разработки был привлечен и серийный Запорожский моторный завод.

Для обеспечения выставленных требований впервые в отечественной практике пришлось отработать новые конструкторско-технологические процессы: холодное вальцевание рабочих лопаток компрессора, протяжка направляющих лопаток компрессора, бандажирование рабочих лопаток турбины, электронно-лучевая сварка корпусов двигателя. В ходе аэродинамической доводки были обеспечены очень высокие значения к.п.д. компрессора и турбин, а также большие запасы газодинамической устойчивости [5].

Общая стендовая наработка опытных двигателей при доводке составила 15 855 часов, а доводка в ходе летных испытаний - 2755 часов [5]. Общее время разработки и доводки составило 7 лет. В 1972 г. началось его серийное производство, которое продолжается до настоящего времени. Этот двигатель затем стал использоваться и на других средних вертолётах (Ми-17, Ми-28, Ка-32, Ка-52 и др.).

Следует заметить, что тактико-техническое задание не было выполнено в полной мере. В частности, по ТТЗ удельная масса должна бала составлять 0,1 кг/л.с. (табл. 2).

В 1999 - 2001гг. была разработана модификация этого двигателя - ВК-2500 (табл. 1, 2 и 3). Повышение мощности было достигнуто путем увеличения температуры газа на 30К и повышения точности

Таблица 2. Конструкция вертолетных ГТД

Марка двигателя	Компрессор	Камера сгорания	Турбина компрессора	Силовая турбина	Удельная масса (кг/л.с.)	Суммарное количество лопаточных ступеней	Модульность конструкции
Д-25В	9 осев. ступеней	Трубч.-кольц.	1 осевая	2 осевых	0,218	12	нет
ГТД-3М	7 осев.+1 центроб.	Прямот.- кольц.	1 осевая	2 осевых	0,240	11	нет
ГТД-350	7 осев.+1 центроб.	Инд. труб. вын.	1 осевая	2 осевых	0,34	11	нет
ТВ2-117А	10 осевых ступеней	Прямот.- кольц.	2 осевых	2 осевых	0,22	14	нет
ТВ3-117	12 осевых ступеней	Прямот.- кольц.	2 осевых	2 осевых	0,133	16	нет
Д-136	Двухвал.: 6+7осевых	Прямот.- кольц.	1+1 осев.	2 осевых	0,108	17	есть
ТВ-О-100	2 осев.+1 центроб.	Против.- кольц.	1 осевая	1 осевая	0,22	5	есть
РД-600В	3 осев.+1 центроб.	Против.- кольц.	2 осевых	2 осевых	0,17	8	есть
ВК-800В	1 центробежная	Против.- кольц.	1 осевая	1 осевая	0,175	3	есть
ТВ7-117В	5 осев.+1 центроб.	Против.- кольц.	2 осевых	2 осевых	0,132	10	есть
ВК-2500	12 осев. ступеней	Прямот.- кольц.	2 осевых	2 осевых	0,125	16	нет

регулирования (ограничения) температуры газа и частоты вращения ротора турбокомпрессора. Увеличение температуры достигнуто путем замены ряда материалов турбины на современные, более жаропрочные. Повышение точности регулирования было обеспечено переходом на электронную систему автоматического регулирования БАРК-78 разработки ленинградцев. При этом конструкция собственно двигателя осталась неизменной.

Последней успешной разработкой в СССР (России) был самый мощный в мире вертолётный двигатель Д-136 (табл. 1, 2 и 3). Этот двигатель был создан на базе самолётного ТРДД Д-36 (разработчик запорожского ОКБ "Прогресс". Он устанавливается на вертолёте Ми-26. Работы по Д-136 начались в 1972 г., а его серийное производство в 1982 году.

Разработка вертолетного ГТД (или модификации , требующей существенных финансовых затрат) проводилась в СССР только по специальному решению руководства страны.

После завершения Государственных стендовых испытаний отечественные вертолётные ГТД (документация) передавались для серийного производства на предприятие-изготовителя с невысоким начальным гарантийным ресурсом (порядка 300 часов). Надежность первых серийных двигателей также была невысокой. Доводка двигателей по ресурсу и надежности проводилась в процессе их серийного производства при тесном взаимодействии разработчика, изготовителя и эксплуатирующих организаций под надзором заказчика.

Была создана государственная система фиксации любого значимого дефекта двигателя в эксплуатации, выявления характера дефекта (конструктивный, производственный или эксплуатационный), разработки мероприятий по его устранению и их выполнению. Естественно, все связанные с этими процессами затраты несло государство. Эта система обеспечивала повышение в течение 10-20 лет гарантийного межремонтного ресурса до1500...2000 часов (при 2-3 капитальных ремонтах) при достаточно высокой надежности.

В 1982 г. в ОМКБ (Омск) началось проектирование вертолетного ГТД мощностью 730 л.с. - ТВ-О-100 (табл. 1, 2.и 3). Двигатель предназначался для вертолета Ка-126, производство которого планировалось организовать в Румынии (согласно планам Совета Экономической Взаимопомощи). Конструктивная схема, основные заявленные данные и параметры рабочего процесса ТВ-О-100 соответствовали мировым аналогам. Было изготовлено несколько опытных двигателей ТВ-О-100. Однако заявленные данные по удельному расходу топлива, массе и начальному ресурсу не были достигнуты. В 1990 г. доводка двигателя была прекращена. Причиной было как прекращение финансирования, так и потеря перспектив производства вертолета Ка-126 в Румынии.

В 1988 г. в РКБМ было начато проектирование вертолётного ГТД - РД-600В мощностью 1300 л.с. (табл. 1, 2 и 3). Двигатель предназначался для военного вертолёта Ка-60 и гражданского Ка-62. Конструктивная схема, основные заявленные данные и параметры рабочего процесса также соответствовали мировым аналогам. В ходе 20-летней доводки заявленные данные не были достигнуты. В 2010 году доводка была прекращена и достигнута договоренность с фирмой "Турбомека" (Франция) о применении на вертолёте Ка-62 двигателя Ardiden 3G.

В начале 90-х годов прошлого века на заводе им. Климова были начаты работы по вертолётному ГТД - ВК-800 - мощностью 800 л.с. По заявленным данным и конструктивной схеме этот двигатель соответствует современным серийным зарубежным аналогам. (табл.1, 2 и 3). Предполагалось его применение на вертолётах "Ансат", Ми-34, Ми-54, Ка-226. В настоящее время ОАО "Климов" располагает двумя или тремя подобными двигателями. Об успехах доводки и степени приближения опытных двигателей к заявленным данным сообщений нет. На упомянутых вертолётах уже применяются зарубежные двигатели (PW-207K, Arrius 2G).

В тот же период на ОАО "Климов" параллельно велись работы по созданию на базе самолетного ТВД ТВ7-117С вертолётного ГТД ТВ7-117В. Этот двигатель изначально предназначался для вертолёта Ми-38. Работы по нему начались ещё в 1988 г., но недостаточно финансировались, велись с перерывами, носили в основном расчетно-конструкторский характер. На настоящее время построены 3 или 4 такие двигателя. По заявленным данным (удельная масса, удельный расход топлива) ТВ7-117В несколько уступает зарубежным аналогам (СТ7-8 фирмы Дженерал Электрик, RTM322-8 объединения европейских фирм). Можно ожидать, что при наличии финансирования предстоит период длительной доводки этого двигателя с высокой степенью риска в обеспечении заявленных данных.

Проведенное рассмотрение показало, что попытки создать в России современные вертолётные ГТД в последние 30 лет терпят неудачу. Обращаясь к успешному опыту зарубежных фирм ("Дженерал Электрик" в США, "Пратт-Уиттни" в Канаде, "Турбомека" во Франции) в сопоставлении его с отечественным, можно выделить следующие отличия от отечественной практики:

- разработка и серийное производство двигателя сосредоточено в одной фирме;

- создание научного задела, совершенствование технологии изготовления и отработка новых конструкторских решений, модифицирование и разработка двигателей нового поколения ведутся неп-

Таблица 3. Хроника разработки вертолетных ГТД

Марка двигателя	Разработчик	Начало разработки (год)	Завершение или прекращение разработки (год)	Сертификация или Госуд. стенд. испытания (год)	Изготовитель	Начало изготовления (год)	Прекращ. изготовления (год)	Всего изготовлено
Д-25В	ОАО "Авиадвигатель"	1956	1958	1958	ОАО "ПМЗ" г. Пермь	1959	1981	4522
ГТД-3М	ОАО "ОМКБ" г. Омск	1957	1963	1963	ОАО "ОМЗ" г. Омск	1964	1985	1000
ГТД-350	ОАО "Климов" г. С.-Пб	1959	1963	1963	WSK PZL Польша	1964	1996	11000
ТВ2-117А	ОАО "Климов" г. С.-Пб	1959	1963	1964	ОАО "ПМЗ" г. Пермь	1965	1997	23000
ТВ3-117	ОАО "Климов" г. С.-Пб	1965	1971	1972	ОАО "МОТОР СИЧ"	1972	продолжается	25000
Д-136	ПП "Ивченко-Прогресс"	1972	1981	1982	ОАО "МОТОР СИЧ"	1982	продолжается	945
ТВ-О-100	ОАО "ОМКБ" г. Омск	1982	1987 (прекращ.)	——	-	---------	----------	-------
РД-600В	ОАО "Сатурн" г. Рыбинск	1989	2010 (прекращ.)	——	-	----------	----------	-------
ВК-800В	ОАО "Климов" г. С.-Пб	1992	продолжается	——	-	----------	----------	--------
ТВ7-117В	ОАО "Климов" г. С- Пб	1990	продолжается	——	-	----------	----------	--------
ВК-2500	ОАО "Климов" г. С- Пб	1999	2001	2001	ОАО "МОТОР СИЧ"	2001	продолжается	?

рерывно в течении уже 60 лет;

-новый двигатель проектируется тогда, когда установлена значительная потребность в нем на рынке, есть высокая вероятность его создания в короткие сроки с заявленными данными и с начальным ресурсом порядка 3000 часов/циклов.

И последнее:

Сейчас в мире эксплуатируется около 8500 вертолетов разных типов производства СССР/Российской федерации.

Литература.

1. Двигатели 2006. Краткий справочник по отечественным авиационным двигателям. Журнал "Взлёт", №4, 2006 г.
2. В.А. Зрелов. Отечественные газотурбинные двигатели. Москва, Машиностроение, 2005 г.
3. В. Скибин, Б. Пономарев. Отечественные вертолётные двигатели: состояние и перспективы. Журнал "Двигатель" №1 2000г.
4. П. Изотов, Д. Изотов. Самый массовый вертолётный двигатель. Журнал "Взлёт", №1,2000 г.
5. П. Изотов, Д. Изотов. Семейство ТВ3-117. Журнал "Взлёт", №№2 и 3, 2000 г.
6. М.М. Масленников, Ю.Г. Бехли, Ю.И. Шальман. Газотурбинные двигатели для вертолётов. Москва, Машиностроение, 1969
7. Л.П. Берне, Д.А. Боев, Н.С. Ганшин. Отечественные авиационные двигатели - XX век. Москва, АвикоПресс, 2003 г.

ИНФОРМАЦИЯ

Беспилотный летательный аппарат ScanEagle компании Insitu выполнил первый двухчасовой полет на водородном топливе. Использование водорода должно существенно увеличить продолжительность полета БПЛА и снизить стоимость его эксплуатации.

До этого беспилотник ScanEagle уже показал, на что он способен. При массе всего 20 кг (из которых 7 кг приходится на топливо) он способен продержаться в воздухе 24 часа. Его скорость при этом составляет 90 км/ч. ScanEagle может пролететь расстояние более 2000 км. Предшественник ScanEagle - БПЛА Seascan в 1998 г. совершил трансатлантический перелет и потратил на это лишь 5,6 л бензина.

Взлетает ScanEagle с помощью пневматической катапульты, а приземляется благодаря уникальной системе SkyHook, на лету захватывая трос, свисающий с мачты высотой около 30 м. Это позволяет применять БПЛА с борта практически любого корабля. Также, ScanEagle оснащен самым компактным в мире радаром бокового обзора с синтезированной апертурой NanoSAR массой менее 1 кг.

ScanEagle состоит на вооружении американской, австралийской и британской армии и используется в основном с борта военных кораблей или передовых оперативных баз. В марте 2012 г. контракт на закупку такого беспилотника подписали Нидерланды.

Оснащение ScanEagle водородным топливным элементом должно еще больше увеличить продолжительность полета БПЛА. Топливный элемент выдает мощность

1500 Вт, что немного больше, чем у штатного бензинового двигателя ScanEagle. Беспилотник имеет модульную конструкцию, позволяющую быстро менять резервуар с водородным топливом.

ИНФОРМАЦИЯ

Начальник разведки ВВС США генерал-лейтенант Ларри Джеймс положительно оценивая американский опыт последних 10 лет в деле завоевания превосходства в воздухе считает, что в будущем даже БПЛА вроде MQ-1 Predators и MQ-9 Reapers не смогут безнаказанно кружить над чужой территорией.

Из существующих пилотируемых самолетов 5-го поколения только F-22 и F-35 способны вести разведку, наблюдение и рекогносцировку в сложных условиях высокотехнологичной войны. Ларри Джеймс подчеркивает, что оба самолета пятого поколения уже имеют множество систем, которые обеспечивают эффективность наблюдения и разведки не хуже, чем у специализированных разведывательных самолетов.

Однако, Научно-консультативный совет ВВС США и Командование ВВС США в настоящее время работают над новой тактикой и технологиями использования F-22 Raptor и F-35 Lightning II в качестве разведывательной платформы. Эта работа будет завершена к лету 2012 г. Скорее всего, F-22 и F-35 будут интегрированы в современную архитектуру военной разведки США, включая соединение с распределенными сетями передачи данных.

А самым приоритетным направлением остается разработка малозаметных БПЛА (в том числе и одноразовых нано-БПЛА), действующих в единой сети и беспрепятственно пролетающих над зенитными ракетными комплексами. Таким образом истребители пятого поколения расширят свои возможности и увеличат боевую эффективность.

УДК 661.892.097.3 (083)

МЕТОДОЛОГИЯ ДОПУСКА АВИАЦИОННЫХ МАСЕЛ К ПРИМЕНЕНИЮ НА АВИАТЕХНИКЕ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова:
Леонид Самойлович Яновский, начальник отдела, д.т.н.
Василий Михайлович Ежов
Александр Александрович Молоканов

Рассмотрена отечественная методология допуска (система, комплекс методов и нормативы) авиационных масел к применению на авиатехнике. Определены достоинства и недостатки существующих методов, а также комплекса методов по допуску авиамасел к применению. Проведено сравнение отечественной и зарубежной методологии допуска. С целью унификации отечественной Системы допуска авиационных масел к применению на авиатехнике, выдвинуты предложения по её модернизации.

It Is considered domestic permit using methodology (the system, complex of the methods and standards) aircraft oils to aerotechnics. Certain value and defect existing methods, as well as complex of the methods on tolerance aviation oils to using. The Organized comparison domestic and foreign methodology of the tolerance. For the reason unifications of the domestic System of the tolerance aircraft масел to using on aerotechnics, have moved a suggestion on her(its) modernizations.

Ключевые слова: *масла для авиационых ГТД, допуск масел к применению, методология допуска.*
Keywords: *butters for aviations GTE, tolerance oils to using, methodology of the tolerance.*

Как известно [1], масла для авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) предназначены для обеспечения надежного смазывания всех узлов и агрегатов двигателя с минимальным износом в пределах рабочих температур (от -50 до 200 °С). Масла должны обладать хорошими вязкостно-температурными свойствами, низкой температурой застывания, высокой термической и термоокислительной стабильностью, высокими теплоемкостью, температурой вспышки и самовоспламенения, минимальной испаряемостью и вспениваемостью, а также быть инертными к конструкционным материалам. Основной ассортимент производимых в России смазочных масел для авиационных ГТД, представленный марками ИПМ-10, ВНИИНП-50-1-4у, ВНИИНП-50-1-4ф, Б-3В, ЛЗ-240, вполне достаточен для удовлетворения потребностей современных отечественных ГТД в авиационных маслах, но не обеспечивает потребности перспективных ГТД V-VI поколений. Зарубежный ассортимент авиационных масел для ГТД представлен крупными транснациональными компаниями (Shell Aviation, Exxon Mobil, Nyco, BP и др.), конкурирующими на рынке авиационных масел и обеспечивает потребности как современной, так и перспективной авиатехники.

До недавнего времени в нашей стране для допуска к применению на авиатехнике новых и модернизированных масел действовала четырехэтапная система государственных приёмочных испытаний [2]. Новый образец опытно-промышленной партии масла подвергался лабораторно-стендовым, стендовым, контрольно-лётным и эксплуатационным испытаниям. Квалификационные (лабораторно-стендовые) испытания проводились в объёме Комплекса методов квалификационной оценки (КМКО) [3], который формировался Межведомственной комиссией (МВК). Согласно требованиям КМКО, помимо термоокислительной стабильности по ГОСТ 23797, фракционного состава по ГОСТ 8674, трибологических, пенообразующих свойств масел, также оценивались защитные свойства в камере Г-4, работоспособность на редукторной установке Ш-3, склонность к образованию высокотемпературных отложений на приборе "наклонная плита", коррозионная агрессивность масел по методу ВИАМ (100-часовая методика), стабильность вязкости на диспергаторе УЗДН, содержание присадок с помощью тонкослойной хромотографии, прогнозирование сроков хранения масел и др. Это позволяло осуществлять всестороннее исследование эксплуатационных свойств авиамасел перед допуском их к испытаниям на натурных изделиях, а также к лётным испытаниям. В настоящее время в связи с прекращением работы МВК указанный порядок допуска новых и модернизированных масел к применению на авиатехнике утратил свою силу [4].

НИИСУ совместно с ЦИАМ разработали новую систему по допуску авиационных ГСМ к применению на авиатехнике, а также предложили новый перечень методов испытаний, потребных для допуска к применению авиационных масел, что и является предметом настоящей статьи.

Главной задачей, стоящей перед разработчиками отечественной методологии допуска (система, комплекс методов и нормативы) авиационных масел, так же как и перед разработчиками зарубежных спецификаций, является обеспечение авиации конкурентоспособными смазочными материалами стабильного качества и, как следствие, увеличение безопасности полетов.

В силу технических или экономических причин производитель может изменять рецептуру масла (или производителя какого-либо компонента). Например, в России существуют четыре предприятия, производящие масло Б-3В для авиационных ГТД и редукторов вертолётов по разным рецептурам (отвечающее ТУ 38.101295-85). Такая ситуация сложилась из-за несовершенства существующей нормативной документации по допуску авиационных масел к применению на изделиях авиатехники, а также из-за неустановленных авторских прав на масло. Ни в одной стране мира, где действует в полной мере закон о защите авторских прав, невозможно безлицензионное производство авиационного смазочного масла под одной маркой различными независимыми предприятиями. Производство масла одной марки двумя и более заводами возможно только при осуществлении жёсткого контроля качества и досконального соблюдения технологии производства под контролем правообладателя. В результате ряда инцидентов, случившихся во время эксплуатации силовых установок вертолётов, принято решение о недопустимости смешения масел Б-3В различных производителей.

В настоящее время российские масла и методы их испытаний для допуска к применению на авиатехнике заметно отличаются от западных. В связи с предстоящим вступлением России во Всемирную торговую организацию встал вопрос об унификации и оптимизации требований к качеству товарных авиационных масел, а также о методах оценки их качества.

В советское время действовал принцип унификации марок авиационных масел путём сокращения ассортимента. Это было необходимо для упрощения обеспечения вооруженных сил маслами в условиях военных действий. Так, например, унифицированное масло Б-3В разработано для применения как в ГТД, так и в редукторах вертолётов. По современным представлениям, для наилучшей работы агрегатов целесообразно использовать разные масла для ГТД и для редукторов вертолетов. В редукторах вертолетов из-за больших нагрузок важным требованием к маслу

считается повышенная несущая способность, и, следовательно, для таких масел характерна большая вязкость. Для ГТД характерна высокая рабочая температура, и более значимой оказывается термоокислительная стабильность: например, для ГТД широко применяют термостабильные масла с вязкостью ~ 3...5 мм^2/с, а для редукторов веротолетов ~ 7,5 мм^2/с при 100 °С.

Отечественные методы оценки физико-химических свойств (плотность, вязкость, температуры вспышки и застывания, кислотное число и др.), как правило, совпадают с зарубежными и представляют аутентичный перевод международных стандартов ISO, а последние, в свою очередь, практически идентичны международным стандартам ASTM. Так, методы определения температур текучести и застывания по ГОСТ 20287 представляют собой аутентичный перевод ISO 3016, в аппаратурном и процедурном планах эти методы идентичны, в свою очередь, ISO 3016 практически идентичен ASTM 97. Вместе с тем, в отечественной методологии оценки авиационных масел не применяют, например, метод по определению стабильности вязкости при низкой температуре, которая определяется по ASTM D 2532. Необходимость применения данного метода вызвана тем, у некоторых авиационных масел после выдержки при отрицательной температуре меняется вязкость, что может негативно сказаться на эксплуатации агрегатов самолетов.

В настоящее время за рубежом трибологические показатели авиационных смазочных масел, в отличие от России, определяют на шестеренчатых стендах. Методы оценки трибологических показателей по западным спецификациям также отличаются от отечественных методов. В западных спецификациях определяют несущую способность (load-carrying capacity) на шестеренчатом стенде Райдера по FED-STD-6508 (табл. 1). Согласно данному методу, несущая способность характеризует способность смазывающего масла предотвращать износ под нагрузкой, ее определяют по отношению нагрузок, приложенных к испытуемому и эталонному маслам, при которых при ступенчатом увеличении нагрузки в зацеплении достигается износ 22,5 % средней поверхности зубьев шестерни. В России эти методы оценки авиационных смазочных масел не получили применения. Следует отметить, что определение относительной несущей способности является важным показателем смазывающих свойств масел.

Таблица 1

Метод	Объем образца, мл	Скорость масла, мл/мин	Температура окисления, °С	Время испытания, ч	Скорость шестерен, об/мин
FED-STD-791D-3410	7570	600	149 177 204	100	10 000
FTMS 6508 - стенд Райдера	2000	270	73.9	До определения нагрузки, при которой стирается 22,5 % зубьев	10 000
Стенд Ш-3	9000	2000 - 2200	85 200 225	50	10 000

В отечественной практике несущую способность авиационных масел определяют на лабораторной установке ЧШМ по ГОСТ 9490: она характеризуется показателем критической нагрузки Рк. Стендовые же методы максимально приближены к реальным условиям эксплуатации смазочных масел, и поэтому метод определения смазывающей способности на ЧШМ (ASTM D2596) был исключен из западных спецификаций. Судить о том, каким методом правильнее определять трибологические показатели смазочных масел без проведения исследований в этой области, однозначно нельзя. С одной стороны, метод ЧШМ прост в аппаратурном исполнении, обладает хорошей воспроизводимостью и сходимостью, с другой стороны, упрощен, а те показатели масла, которые им определяются, не отражают реальные смазывающие свойства масел в условиях работы ГТД. На ЧШМ в узле трения воспроизводятся условия чистого скольжения при точечном контакте, которые не встречаются в практике работы узлов трения различных механизмов. Вследствие этого результаты, полученные на ЧШМ, недостаточно коррелируют с результатами работы масел в натурных условиях (степень корреляции 0,30...037) [5, 6].

Кроме ЧШМ, смазывающие свойства авиационных масел в России оценивают на единственном в стране шестеренчатом стенде Ш-3 [6, 7]. Данный метод предназначен для квалификационной оценки качества масел для авиационных ГТД и редукторов вертолетов, он дает сравнительную оценку качества масел по износу, заеданию и усталостному выкашиванию рабочих поверхностей зубьев шестерни. Метод может использоваться как для проведения испытаний, так и для исследовательских работ, он основан на сравнительной оценке термоокислительной стабильности и смазывающих свойств испытуемых масел с эталонным маслом в системе зубчатой передачи на стенде Ш-3 (с учетом износа, заедания и выкрашивания рабочих поверхностей зубьев шестерён).

В российской методологии для оценки склонности к образованию высокотемпературных отложений (ВТО) используют установки ВЦМ, УКМ-1 и "Наклонная плита". Однако, как установлено авторами, корреляция этих методов весьма слабая (рис. 1). Это означает, что масло, которое обладает низкими показателями на ВЦМ, может иметь высокие показатели на "Наклонной плите" или УКМ. Безусловно, эти методы полезны для исследования свойств масел, однако необходимость наличия их в комплексе методов для допуска авиационных масел к применению на авиатехнике не однозначна. Данные методы в зарубежных лабораторно-стендовых испытаниях не применяются, однако там имеются методы по оценке схожих показателей. Так, например, в западные спецификации включены методы по оценке ВТО на подшипниковом стенде по FED-STD-791-3410 (табл. 1). Согласно последнему методу, после 100-часового испытания на одном из режимов выполняют бальную оценку образовавшихся на подшипнике отложений, а также учитывают вес фильтрованного осадка, изменение вязкости и кислотного числа масла после испытания. По данному методу оценивают нагар и осадок, образующийся в масле, в условиях, приближенных к условиям эксплуатации ГТД. В спецификацию MIL-PRF-7808 включен метод FED-STD-791-5003 по оценке склонности масел к образованию ВТО, схожий с отечественным методом определения стойкости масла к воздействию кислорода воздуха при высоких температурах на моделирующей установке УКМ-1М.

Еще одним отличием зарубежной методологии является наличие атомно-эмиссионных методов по определению металлов в масле (Ag, Al, Cr, Cu, Fe, Mg, Si, Sn, Ti, Pb, Mo, Zn). Это нужно для того, чтобы осуществлять контроль качества масла. В российской практике металлы в составе авиамасел не нормируются, однако для мониторинга состава предусмотрен метод по определению содержания присадок с помощью тонкослойной хроматографии.

В западные спецификации не включены специальные испытания по оценке коррозионной агрессивности масел (за исключением MIL-PRF-7808, где нормируют коррозию свинцовой, бронзовой и серебряной пластинок). Считается достаточным оценивать коррозионную агрессивность по изменению веса металлических пластинок при определении термоокислительной стабильности (FTMS 5308, ASTM D4636), по термической деструкции и коррозионной стойкости при высокой температуре (FTMS 3411), а также проводить испытания на натурном двигателе.

Таким образом, номенклатура методов оценки основных эксплуатационных свойств авиационных масел в отечественной методологии допуска к применению на авиатехнике и в перечнях зарубежных спецификаций значительно отличается. Последнее заключается в разных методических подходах, условиях проведения испытаний и в приборном оснащении.

Становится очевидна необходимость совершенствования

как отечественной методологии, так и модернизации отечественных методов, которые в течение ряда лет не имели развития. Очевидно, что для разработки оптимальной системы допуска необходимо проводить НИР по определению наиболее эффективных, показательных методов для оценки эксплуатационных свойств авиационных смазочных масел. На рис. 2 приведена предлагаемая авторами схема модернизации комплекса отечественных методов испытаний авиационных масел.

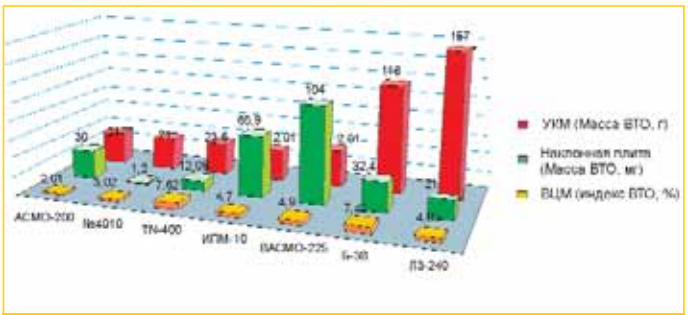


Рис. 1. Сопоставление методов по оценке склонности масел к образованию ВТО

При оценке физико-химических свойств в отечественной методологии не нормируется теплоемкость авиационных масел, которая оказывает непосредственное влияние на теплонапряженность узлов ГТД. Для оценки эксплуатационных свойств в условиях трения качения предлагается ввести новый стендовый метод "прецизионная машина трения", который позволит осуществлять оценку смазывающих, термоокислительных свойств авиационных масел, а также оценивать их склонность к нагарообразованию, коррозионную агрессивность и совместимость с конструкционными материалами в условиях, близких к реальным. Также предлагается ввести более глубокое и точное нормирование состава масел (определение воды по Фишеру, определение содержание металлов спектральным методом, определение содержания одноосновных кислот), что позволит осуществлять мониторинг качества современных товарных авиационных масел на высоком уровне. В целом в новой методологии допуска делается акцент на использование стендовых методов, которые позволят наиболее точно оценить качество масла в условиях максимально приближенных к реальным. Следует отметить, что в комплекс зарубежных методов для допуска авиационных масел к применению на авиатехнике дополнительно включены испытания на малоразмерном типовом турбовальном ГТД. Эти испытания, безусловно, более трудоемкие и дорогостоящие, чем испытания на других стендах, однако их практическая ценность заключается в том, что осуществляется комплексная оценка качества масла. Испытания масел на типовом турбовальном двигателе обезопасили бы разработчиков авиационных смазочных масел от возможных рисков при стендовых испытаниях на представительных ГТД, учитывая их высокую стоимость (к примеру, ориентировочная цена двигателя IV поколения типа АЛ-31 Ф составляет порядка 100 млн руб.) Все это позволит обеспечить разработку конкурентоспособных отечественных масел нового поколения, которые будут удовлетворять более жестким как отечественным, так и международным требованиям, и способствовать допуску к эксплуатации более качественных масел и повышению безопасности работы агрегатов самолетов.

В настоящий момент изучается возможность и оценивается необходимость введения отечественных спецификаций по аналогии с западными странами, в которых бы четко регламентировались современные требования к различным типам авиационных масел (для ГТД, для редукторов вертолетов, для поршневых двигателей и др.), что, в свою очередь, упрощало бы систему допуска к применению. Такую систему целесообразно создавать под эгидой отечественных производителей авиационной техники (НП "Союз Авиапроизводителей", Ассоциация "Союз авиационного двигателестроения"), поскольку именно они являются ключевым звеном в процессе допуска авиационных масел к применению.

Литература

1. Киришев Е.Л., Попов В.Г., Яновский Л.С. Влияние качества горюче-смазочных материалов на работоспособность авиационных газотурбинных двигателей. - М.: Издательско-типографический центр МАТИ, 2008. - 102 с.

2. Яновский Л.С, Галимов Ф.М., Аляева В.А. Отечественные и зарубежные горючесмазочные материалы. - Казань: Изд. Казанск. ун-та, 2004. - 92 с.

3. Гришин Н.Н., Гутенев Б.С, Лашхи В.Л. и др. Порядок допуска к производству и применению в РФ топлив, масел, смазок и специальных жидкостей - М.: 25 ГОСНИИ МО РФ, 1999. - 80 с.

4. Гришин Н.Н., Ечин А.И. О межведомственной комиссии (1968-2008)// Научно-технический журнал "Мир нефтепродуктов. Вестник Нефтяных Компаний" - 2008. -№8.-С. 30-33.

5. Хьюз Д.Р. Четырехшариковая машина фирмы Шелл для испытания противозадирных свойств смазок, методы ее применения и точность определения противозадирных свойств смазок. // В сб.: Международная конференция по смазке и износу машин. - М.: Машгиз, 1962

6. Яновский Л.С, Скибин Н.Ф., Харин А.А. и др. Горюче-смазочные материалы для авиационных двигателей - Казань: Изд. Казанск. ун-та, 2002. - 400с.

7. Яновский Л.С, Дубовкин Н.Ф., Галимов Ф.М. и др. Инженерные основы авиационной химмотологии. - Казань: Изд. Казанск. ун-та, 2005. - 714 с.

Связь с автором: ezhov@ciam.ru

ИНФОРМАЦИЯ

Армия США испытывает в Афганистане гибридные электрогенераторы, которые могут решить основные проблемы энергоснабжения войск на передовых базах.

Изобретателем нового генератора стал бывший морпех, выпускник Кембриджа Даг Мурхед. Он собрал новейшие разработки специалистов Массачусетского технологического института и Гарварда, чтобы создать гибридный генератор.

Устройство сочетает солнечные панели, дизель-генератор и литий-ионный аккумулятор.

В Ираке, Афганистане и других местах дизель-генераторы работают круглосуточно, поскольку войскам электроэнергия необходима непрерывно. Это крайне неэффективно, так как потребление энергии в разное время суток отличается в разы, и большую часть времени дизель-генераторы жгут топливо впустую. Гибридный генератор оснащен 40 кВт·ч литий-ионной батареей и включается лишь иногда - чтобы ее подзарядить или в час пика потребления. Таким образом, новый генератор работает с максимальной производительностью лишь 4-5 часов в сутки, а в остальное время потребитель пользуется энергией аккумулятора. Также есть возможность подключения 10-кВт солнечной панели.

Корпус морской пехоты США уже испытал новый 18-кВт гибридный генератор в пустыне Мохаве, что позволило сократить потребление топлива на 93 %. В настоящее время несколько генераторов проходят испытания в Афганистане. Купить новинку готовится тактическое подразделение Сил специальных операций США SEAL. Если испытания пройдут хорошо, американские военные, возможно, закупят тысячи гибридных генераторов.

По расчетам экономия топлива позволит окупить новый генератор всего за 5 месяцев. При этом стоит новый генератор всего на $20 тыс. дороже обычного дизельного - $100 тыс. Кроме того, экономия топлива позволит снизить потребность в горючем. Сегодня литр топлива для американских войск в Афганистане стоит около $10 - в 10 раз дороже, чем на заправке в США.

ФРЕЗЕРОВАНИЕ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Две серии корпусных фрез :

VFX5 Ø40 ~ Ø80 с мелким и крупным шагом

VFX6 Ø63 ~ Ø100 длинный и короткий тип режущей кромки

Твердый сплав с покрытием MP9030

Превосходное сочетание твердого сплава и покрытия обладает превосходным сопротивлением к излому и высокой износостойкостью для высокопроизводительного и надежного фрезерования титановых сплавов.

СЕРИЯ VFX5

Фрезы меньших диаметров со сменными форсунками для подачи СОЖ.
Новые пластины XNMU16 с угловыми радиусами от 0.8 мм до 5.0 мм.
Специальная геометрия режущей кромки для высококачественной обработки с низким сопротивлением резанию.
Сменные форсунки различных диаметров для эффективной подачи СОЖ.
Непревзойденная скорость удаления материала. Доступны диаметры фрез от Ø40 мм до Ø80 мм.

A subsidiary of
MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION
ООО „ММС Хардметал ООО“,
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

ФРЕЗЫ СКИФ-М
ДЛЯ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

Обеспечение высоких скоростей и больших высот полёта, а также непрерывное повышение грузоподъёмности самолётов требует создания авиационных двигателей, развивающих большую тягу с наименьшим расходом топлива, малой удельной массой и большим ресурсом работы. Для этого приходится повышать температуру газа перед турбиной. В качестве основных материалов камер сгорания и корпусов современных авиационных реактивных двигателей находят применение жаропрочные сплавы на никелевой основе, отличающиеся весьма низкой обрабатываемостью резанием. Одними из наиболее труднообрабатываемых жаропрочных сплавов на никелевой основе являются сплавы ЭП914, ЭИ698, Inconel 718.

Высокое упрочнение материала в процессе обработки резанием, малая теплопроводность, способность сохранять высокую прочность и твердость при повышенных температурах и большая истирающая способность характерны для всех жаропрочных сплавов.

В настоящее время существует много способов оптимизации обработки резанием жаропрочных сплавов. Самыми эффективными из них являются способы, направленные на увеличение стойкости применяемых режущих инструментов. Прежде всего, это правильный выбор режущего материала и геометрии режущей части, применение специальных износостойких покрытий.

Рис. 1. Твердосплавные пластины "СКИФ-М" для жаропрочных сплавов

На основе экспериментальных исследований в области обработки жаропрочных материалов на предприятии СКИФ-М в Белгороде создана конструкция фрез, использующая сменные твердосплавные пластины (рис. 1) со специальной геометрией режущей части, обеспечивающей уменьшение пластической деформации срезаемого слоя и повышение виброустойчивости процесса резания. Для фрезерования жаропрочных сплавов в лаборатории плазмы предприятия СКИФ-М с участием ученых Белгородского госуниверситета было создано новое сверхтвердое наноструктурное покрытие режущих пластин твердостью 100 GPa. Высокая теплопроводность и низкий коэффициент трения нового покрытия совместно с его экстремально высокой твердостью обеспечивают оптимальное сочетание свойств, позволивших значительно повысить стойкость режущего инструмента при фрезеровании сплавов на никелевой основе. Твердый сплав с новым высокоэффективным покрытием для жаропрочных сплавов получил название HCS30A.

При фрезеровании камер сгорания и корпусов современных авиационных реактивных двигателей наибольшую эффективность показывают концевые фрезы диаметром от 16 до 40 мм и торцовые фрезы диаметром от 32 до 63 мм, оснащаемые режущими пластинами ADKT10T3 из твердого сплава HCS30A с износостойким покрытием, созданным специально для фрезерования сплавов с низкой теплопроводностью.

Примером успешной разработки новых фрез СКИФ-М является концевая фреза MT190-032W32R06AD10-L120-IK-T (рис. 2) с пластинами ADKT10T325ER-T из новой марки твердого сплава с наноструктурным покрытием HCS30A, нашедшая применение при обработке корпуса авиационного двигателя из жаропрочного сплава Inconel 718 у одного из изготовителей деталей авиационных турбореактивных двигателей в Германии. При скорости резания 30 м/мин. и подаче 75 мм/мин. в сравнении с применяемой ранее монолитной фрезой увеличена производительность обработки в 4 раза. При этом стойкость составила 40 мин.

Новые фрезы СКИФ-М для обработки жаропрочных сплавов внесены в технологию серийного производства деталей авиационных двигателей одного из производителей в Западной Европе.

Рис. 2. Фреза "СКИФ-М" специального исполнения для обработки корпуса авиационного реактивного двигателя из жаропрочного сплава Inconel 718

"СКИФ-М" ООО
308017 г. Белгород,
ул. Волчанская, 159.
Тел.: 4722/213285.
Факс: 4722/270315.
E-Mail: skif-m@mail.ru
www.skif-m.org

В апреле 2012 г. вышла из печати подготовленное нашей редакцией учебное пособие "Основы теории и реализация технологических решений процессов выдавливания металлов в многоканальных штампах". Автор Владимир Михайлович Воробьев, генеральный директор Московского научно-технического центра "АВЕРТ", преподаватель в Станкине и МАТИ, действительный член международной академии реальной экономики (МАРЕ).

Книга является учебным пособием по курсу "Машины и технология точной объемной штамповки" и предназначена для студентов, аспирантов и преподавателей, специализирующихся в области технологии обработки металлов давлением. Автор стремился изложить основные понятия и углубить представления об основных элементах формоизменения металла в многоканальных штампах, раскрыть сущность отдельных процессов, происходящих при деформировании с высокими скоростями. Проанализированы многочисленные возможности совершенствования производства рабочих колес лопаточных машин, по схеме "диск вместе с лопатками" (blisk) и "кольцо вместе с лопатками" (bling), с готовыми после штамповки функциональными поверхностями и заданными свойствами по направлениям действия максимальных нагрузок.

Особое внимание уделено вопросам постановки и методам решения задач точной штамповки в многоканальном (разборном и неразборном) штамповом инструменте, расширяющим знание о механике процессов формоизменения.

В книге значительное место занимает характеристика течения металла в каналах штампа сложного аэродинамического профиля, силовым условиям в каналах многоканальных штампов.

Систематизирован обширный материал о теоретических "решетках" многоканальных штампов.

Разработана классификация цельноштампованных колес, в основу которой вошло положение о преимущественном течении металла в каналах, что стало основанием выбора схемы штампа и условий при его эксплуатации.

Обобщен материал о закономерностях макротечения металла при объемной штамповке в многоканальных матрицах. При написании пособия поставлена цель расширить знания в области точной штамповки в многоканальных штампах, устранить недостаток сведений о таких процессах в кузнечно-прессовом производстве, дать учебный материал, технологические рекомендации по построению процессов точной объемной штамповки, на основе научного анализа поведения металлов и сплавов при формоизменении.

Представлен материал по конструированию многоканальных штампов, методики определения силовых факторов, действующих в каналах разборных штампов.

В пособии использована современная научно-техническая литература в области теории, расчетов и проектирования процессов формоизменения в многоканальном штамповом инструменте, оптимизации изготовления цельноштампованных рабочих колес лопаточных машин, с повышенными эксплуатационными характеристиками.

По вопросам приобретения данного учебного пособия можно обращаться в редакцию журнала "Двигатель" и МНТЦ "АВЕРТ" (7-495) 609-2924.

XI МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2012
МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ
20-23 НОЯБРЯ

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
Ⓜ "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

РОССИЙСКОЕ ДИЗЕЛЕСТРОЕНИЕ ДЛЯ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ОТРАСЛЕЙ В 2010 - 2011 ГОДАХ

Валерий Александрович Рыжов,
главный конструктор по машиностроению ОАО "Коломенский завод",
заслуженный конструктор Российской Федерации, лауреат премии Правительства РФ

Настоящий материал отражает только состояние в области среднеоборотных двигателей мощностью 1000...7350 кВт (1360...10000 л.с.), поскольку именно этот класс дизелей востребован в стратегических отраслях промышленности России, таких как железнодорожный транспорт, Военно-морской флот и атомная энергетика. В частности для железнодорожного транспорта необходимы двигатели 1000...4450 кВт (1360...6000 л.с.) для военно-морского флота 2000...7350 кВт (2720...10000 л.с.) и для атомной энергетики 3100...6300 кВт (4216...8568 л.с.).

Если за критерий оценки технического уровня принять осредненные показатели среднеоборотных дизельных двигателей наиболее известных западных фирм таких как MAN, MTU, Deutz, Wärtsilä, MAK (Европа), GE, E.M.D., Caterpillar (США), то среди отечественных производителей наиболее высокий технический уровень, безусловно, имеют дизели Д49 ОАО "Коломенский завод", имеющего в своем активе несколько выигранных тендеров с участием фирм GE, MAK, Caterpillar и осуществлявшего в разные годы поставку своих дизелей в 38 стран мира. Все дизельные подводные лодки СССР и России, включая НЕАПЛ четвертого поколения "Санкт-Петербург" оснащены двигателями ОАО "Коломенский завод". Следует отметить, что в мире только пять фирм способных создавать двигатели для подводных лодок: MTU (Германия); Pielstik (Франция), Grandi Motori (Италия), GE (США) и ОАО "Коломенский завод" (единственный в России).

Кроме того, дизели ОАО "Коломенский завод" установлены на ряде современных кораблей ВМФ, на всех новых магистральных грузовых и пассажирских локомотивах, а также на атомной станции "Бушер" в Иране.

Состояние ОАО "Коломенский завод" (ОАО "КЗ") на 100 % отображает состояние отечественного дизелестроения в области среднеоборотных двигателей, поэтому далее анализ проведен на примерах этого завода, входящего ныне в состав ЗАО "Трансмашхолдинга" ("ТМХ").

Технический уровень дизелей ОАО "Коломенский завод"

Завод выпускает два типоразмерных ряда дизелей: ЧН26/26 (тип Д49) и ЧН30/38 (тип Д42). Первые широко применяются для локомотивов, электростанций (в том числе и для АЭС), кораблей и подводных лодок ВМФ, а вторые предназначены только для ВМФ (главным образом для НЕАПЛ, поставляемых на экспорт в составе НЕАПЛ 636 проекта).

В дизелях ОАО "КЗ" использованы современные конструкторские решения. Материалы, виды термических, термохимических, механических обработок, специальных покрытий, методы контроля деталей и выходных параметров двигателей соответствуют международному уровню.

По таким критериям, как удельный эффективный расход топлива (190...205 г/кВт·ч), удельный расход масла на угар (0,35...0,9 г/кВт·ч); ресурс до капитального ремонта (2 млн 400 тыс. км пробега локомотива, либо 40 000...120 000 ч в зависимости от назначения и уровня форсировки); удельной массе (4,5...5,5 кг/кВт); экологическим показателям и др. двигатели ОАО "КЗ" не уступают западным конкурентам.

Однако по параметрам потока отказов (количество отказов на единицу суммарного ресурса), а также по количеству неисправностей за тот же период двигатели уступают западным конкурентам. В частности осредненный показатель по основному парку локомотивных дизелей составляет 4 - 6 отказов на 1 млн км пробега локомотива, а по опытным моделям до 20.

Высокий уровень конструкции объясняется её постоянным совершенствованием, путем реализации мероприятий, полученных в ходе НИОКР.

Относительно низкий показатель параметра потока отказов объясняется состоянием станочного парка, износ которого на 2011 г. достиг 75 %, устаревшими технологиями изготовления, дефицитом квалифицированной рабочей силы.

С 1990 г. по 2011 г. численность работающих на заводе сокращена с почти 21 000 до 6700 человек. Количество конструкторов в области дизелестроения на заводе за тот же период сокращено в три раза и на конец 2011 г. составило 200 человек, включая экспериментальную и вспомогательную службы. На первый взгляд, это коллектив не малый, однако из них разработчиками являются только 126 человек, причем этим специалистам приходится заниматься разработками и для ВМФ, и для малой энергетики, и АЭС, и для локомотивов, одновременно выполняя НИОКР, плановые и срочные заказы. Следует так же отметить, что этим же составом ведутся разработки не только компоновок установок, но и всех базовых узлов дизеля, таких как турбокомпрессоры, топливная аппаратура, системные узлы, цилиндро-поршневая группа, остов двигателя, устройства автоматики, цифровые автоматизированные системы измерения, весь комплекс аэродинамических, гидродинамических, термодинамических и прочностных расчетов одновременно с техническим сопровождением серийной продукции, что радикально отличается от организации проектирования в западных фирмах. Там базовые КБ дизелестроительных фирм, как правило, занимаются только компоновками, разработкой концепции двигателя и силовой части. Остальные комплектующие, такие как турбокомпрессоры, топливная аппаратура, системы управления и измерения, поршневые кольца, поршни, втулки цилиндров, муфты, антивибраторы и т.д. разрабатывают КБ других специализированных фирм. Вследствие этого общее количество конструкторов и исследователей, участвующих в создании дизелей на западных фирмах существенно превосходит количество конструкторов, занятых в КБ нашего завода. В этом плане самым показательным является пример фирмы Bosch.

При общем количестве сотрудников 56 000 человек 12 500 заняты в НИОКР и разработках, т.е. соотношение общего количества к количеству разработчиков 4,48. Этот же показатель у нашего завода равен 33,5. Таким образом, относительное количество разработчиков на нашем заводе в семь раз меньше. Эта тенденция характерна для всего машиностроения в целом.

Изношенность оборудования и отсталость в области технологий объясняется тем, что на модернизацию оборудования средств выделяется очень мало. Фактическое состояние за последние четыре года приведены в табл. 1.

Затраты на НИОКР за последние шесть лет постоянно снижались (табл. 2).

Таблица 1

Приобретение оборудования, тыс. руб.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
По плановой замене	17 012,42	113 998,5	2921	13 517
По техническому перевооружению	2114,5	27 192	-	13 815
По модернизации оборудования	19 634	-	-	-
По реконструкции объектов	32 743,1	24 391,7	-	-

Таблица 2

Год	План, тыс. руб.	Факт, тыс. руб.
2005	86 500	59 600
2006	70 000	58 354
2007	77 999	48 459
2008	60 000	49 069,5
2009	14 511	9407,8
2010	11 705	11 550
2011	27 055	25 025

О ничтожности выделения средств на обновление станочного парка говорят, например, такие факты: стоимость обрабатывающего центра для производства корпусов привода распределительного вала (модель HEC1250 Atletic - Германия) 112 млн руб. Наше оборудование, на котором сейчас делают эти детали, изношено на 100 % и не обеспечивает технологической точности. Стоимость обрабатывающего центра Waldrich Ziegen для обработки блоков цилиндров составляет 260 млн руб. Наше оборудование изношено на 75 %.

Состояние и технический уровень конструкторского бюро по дизелестроению

Средний возраст конструкторов 48 лет, что для профессионального КБ, работающего в области создания сложной наукоемкой продукции (именно к такой продукции относится современный комбинированный поршневой дизель) является нормальным.

Уровень квалификации по оценке всемирно известной инжиниринговой фирмы AVL (Австрия) и ряда специализированных западных фирм высокий.

За ряд известных в мире дизелестроения конструкторских разработок ОАО "Коломенский завод" по заявке конструкторского бюро принят в члены президиума всемирного конгресса двигателестроителей CIMAC (единственный в России член CIMAC).

Аппаратное и программное обеспечение КБ находится на современном уровне. Создана и работает САПР трех уровней: легкий на базе программного комплекса "Компас - 6", средний на базе Solid Edge и тяжелый на базе UNIGRAPHICS NX. Все программные комплексы лицензионные. САПР реализована на базе корпоративной вычислительной сети насчитывающей около 150 компьютеров включая два сервера. В работе используется 138 вычислительных программ, включая такие расчетные комплексы как NASTRAN, PATRAN, ADAMS и др., которые с успехом используются за рубежом.

Проект дизеля нового поколения Д500 (ЧН26,5/31) получил высокую оценку президента всемирного конгресса CIMAC профессора Karla M. Wojika (бывший главный конструктор фирмы MAN). В некоторых теоретических областях есть отставание от западных специализированных КБ. В частности, наш уровень в области расчетных оптимизаций турбокомпрессоров ниже. В области моделирования рабочих процессов и прочности КБ ОАО "КЗ" находится на современном международном уровне.

Экспериментальная база КБ содержит все необходимые приборы, оснащена современными цифровыми системами измерений, однако в ряде направлений нуждается в обновлении. В частности, необходима телеметрическая аппаратура для исследований частотных спектров колебаний, моментов и деформаций подвижных элементов.

Связь КБ с учеными высшей школы

За годы перестройки и непрерывных реформ высшая школа чрезвычайно ослаблена. Научная школа вузов постоянно теряет наиболее квалифицированных ученых из-за естественного старения. Смены поколений нет, из-за чего теряется преемственность.

Главная причина чрезвычайно низкая зарплата профессорско-преподавательского состава. Оклады доцента и профессора соответственно 9000 и 12 000 рублей даже с учетом доплат 3500 и 7000 рублей за кандидатскую и докторскую степени - это черта бедности. Отсюда нежелание молодежи идти в науку.

Вторая причина - это практически полное отсутствие возможностей ВУЗов в обновлении экспериментальной базы. Лаборатории устарели, финансирование их не позволяет обеспечить необходимый научный уровень. Отсюда совершенно понятна тенденция смещения всей науки кафедр в область компьютерного моделирования, да и то с ограничением из-за отсутствия современных программных комплексов.

Исключения составляют буквально несколько кафедр, например, кафедра Э2 в МГТУ им. Н.Э. Баумана. На периферии кафедральная наука влачит нищенское существование, её задача только выжить.

Технические и научные решения, предлагаемые кафедральной наукой очень далеки от практической целесообразности. Как правило, они носят чисто декларативный экзотический характер и отличаются бессистемностью. Предложения недостаточно проработаны, субъективны, основаны, по большей части, на собственной интуиции и не связаны с теми задачами, которые нужны КБ завода. Следует отметить, что большинство кафедр не интересуются направлением работ КБ и плохо ориентированы в масштабах мирового дизелестроения. Все это является следствием недостаточного финансирования. Многие ВУЗы не в состоянии оплатить публикации в таких журналах как Diesel&Gas TURBINE, Motor Technische Zeitschrit; не в состоянии посещать симпозиумы, выставки, салоны за границей. Данное заключение сделано на основе личных контактов с заведующими кафедр ряда известных вузов Санкт-Петербурга и Москвы, а также анализа публикаций в технических журналах России, таких как "Двигателестроение", "Тяжелое машиностроение", вестники вузов, сборники докладов научных конференций.

Публикации зарубежных ученых в сборниках докладов CIMAC и указанных самых известных технических журналах Diesel&Gas TURBINE, Motor Technische Zeitschrit радикально отличаются от публикаций в российских журналах, в первую очередь, четкой направленностью на реализацию первоочередных инженерных задач в главных направлениях развития дизелестроения, таких как турбокомпрессоры, топливная аппаратура, рабочие процессы, конструкции, новые разработки, этапы создания готового продукта, новые технологии.

Таким образом, связь КБ с кафедральной наукой слаба и мало эффективна из-за слабости последней.

Связь КБ с научно-исследовательскими институтами и академиями

Отраслевой институт ЦНИДИ (Центральный научно-исследовательский институт) фактически уничтожен. В советское время он был научным центром в области дизелей отрасли транспортного машиностроения.

Отраслевой институт ЦНИТА (Центральный научно-исследовательский институт топливной аппаратуры) фактически уничтожен. В советское время он был центром в области топливной аппаратуры практически всех классов дизелей.

Сохранен НИИД (Научно-исследовательский институт двигателей), однако он специализирован в области двигателей для бронетанковой техники.

Сохранен ВИАМ (Всероссийский институт авиационных материалов).

Сохранен ЦИАМ (Центральный институт авиационных моторов). Однако эти НИИ транспортными дизелями не занимаются.

В действующих ныне ВНИИЖТ (Всероссийский институт железнодорожной техники) и ВНИКТИ (Всероссийский научно-исследовательский конструкторско-технологический институт) заниматься решением научных задач в области транспортных ди-

зелей невозможно из-за отсутствия базы и специалистов высокого уровня.

1-й ЦНИИ министерства обороны существует, однако проблемными задачами по созданию перспективных дизелей для ВМФ практически не занимается.

В настоящем обзоре нет сведений о НИИ автотранспортной промышленности, поскольку к среднеоборотным двигателям они не имеют отношения из-за существенного отличия в направлениях, методах и конструкции автомобильных двигателей и предъявляемых к ним требований.

Создавшееся положение радикально отличается от положения в западной промышленности. Только в Европе успешно работают три мощнейших научно-технических центра: FEW Motorentechnik (Германия); AVL (Австрия) и Ricardo (Англия) специализирующихся на проектировании, расчетных и экспериментальных исследованиях двигателей любых размерностей и назначений. Причем AVL, имея мощную производственную базу, производит цифровые автоматизированные системы измерений, включая датчики и нагружающие устройства.

Кроме того, мощные научные центры существуют при всех специализированных фирмах, производящих первоклассные базовые компоненты двигателей. Это, например, фирмы: Glico и Zollern BHW (Германия), производящие коренные и шатунные подшипники; Mahle, Kolbenschmidt (Германия), производящие поршни, цилиндровые втулки и др.; Federal-Mogul (США), Goetze, Miba (Германия), Prima (Польша), производящие поршневые кольца; ABB (Швейцария), KBB (Германия), производящие турбокомпрессоры; Bosch, L'Orange, Woodward (Германия), производящие топливную аппаратуру; Heinzmann (Германия), производящая системы управления и т.д. Есть научные центры и при дизелестроительных фирмах MAN, MTU (Германия), Wärtsilä (Финляндия) и т.д.

В России фирм такого уровня нет, поэтому КБ ОАО "КЗ" для достижения заданных параметров вынуждено обращаться к западным фирмам, которые в ряде случаев не охотно идут на сотрудничество, а в ряде случаев срывают выполнение поставок (например, фирма Glico сорвала поставки биметаллической ленты для производства подшипников скольжения коленчатого вала в начале 2011 г., остановив производство дизелей на нашем заводе).

Подготовка кадров

Как было отмечено выше, за последние годы КБ сокращено в три раза.

Главная причина - постоянное сокращение штатов. Топ-менеджеры управляющей компании ЗАО "ТМХ" считают НИОКР и новые разработки не нужным, а численность инженеров завышенной. Все чаще обсуждаются вопросы закупки дизелей за рубежом. Уже закуплен головной образец L20 мощностью 800 кВт финской фирмы Wärtsilä для маневрового локомотива. Ведутся переговоры с немецкой фирмой MTU о постройке завода для отверточной сборки дизелей марки 20V1163 (судовой, предполагается его адаптация к локомотиву). Не прекращались переговоры с GE о закупке их дизелей GEVO (ЧН25/32).

Фирма Alstom, являющаяся акционером ЗАО "ТМХ", открыто лоббирует продвижение на наш рынок дизелей Caterpillar.

Вторая причина - катастрофическое падение престижа инженерной профессии в машиностроении из-за низких зарплат, постоянных сокращений и откровенного пренебрежения этой профессией правительством России.

Например, указом президента от 07 сентября 2010 г. № 1099 (О мерах по совершенствованию гос. наградной системы) орденом "За заслуги перед Отечеством" народные артисты могут быть награждены минуя все предыдущие награждения, а то же для заслуженных конструкторов и заслуженных деятелей науки и техники (как было ранее) отменено, что повергло в шок всю научную общественность. Таким образом, артист нашим президентом поставлен значительно выше ученого и инженера, что является позорным нонсенсом.

Готовящаяся и частично проводимая реформа высшей школы преступна - это мнение подавляющего числа ученых и главных конструкторов страны, однако их никто не слушает с тупым упорством, продвигая западные идеи. Высшая школа России, сложившаяся еще до революции 1917 г., а затем развитая в советские годы была очень высокого уровня. Об этом свидетельствует стремительный научно-технический прогресс, позволивший в кратчайшие сроки создать образцы вооружений мирового уровня. За годы с 1991 по 2011 высшую школу только разрушали.

Еще более дикими являются готовящиеся реформы средней школы. Додуматься до того, чтобы родной русский язык, математика и физика стали факультативными, может только преступник, сознательно ставящий целью разрушение образования в стране. А ведь именно математика и физика являются базой для будущего инженера.

Отмена курса обучения на получение диплома инженера по специальности ДВС на 100 % лишает промышленность специалистов, ибо вводимый уровень "бакалавр" не может обеспечить работы по созданию двигателя, а выпускать магистров могут лишь единицы вузов. Такая постановка подготовки кадров преступна.

Государственная политика в области машиностроения

Её попросту либо нет, либо она негативна и ошибочна. Приведенные выше примеры об образовании и престиже инженера убедительно это доказывают.

Мы (деньги, главным образом, государственные, а, значит, народные) непонятно зачем строим Сколково, олимпийский центр в Сочи (с нуля), переименовываем милицию в полицию, планируем одарить магнитными карточками все население, задумали создать мировой экономический центр в Москве и, наконец, додумались переодеть армию в форму, придуманную Юдашкиным. У нас что, денег некуда девать, как в Саудовской Аравии? И это при нищей Армии, нищих врачах, учителях, инженерах и ученых вузов!

ОАО "РЖД" будучи в основном государственной компанией и являясь акционером ЗАО "ТМХ" (а, значит, и нашего завода) никаких инвестиций в переоборудование завода не вкладывает! Покупка скоростных поездов "Сапсан" и создание инфраструктуры по их обеспечению обошлось в 41 млрд руб. Разве это было необходимо при 75 % износе заводского оборудования и грузового подвижного состава?

Федеральная целевая программа (ФЦП) по развитию дизелестроения, которая начала работать с ноября 2011 г., к большому сожалению, охватывает далеко не все аспекты развития, что делает её недостаточно эффективной.

Совсем иначе построено отношение государства и промышленности в западных странах. Достаточно трех примеров.

1. Проект "Геркулес" ("НИОКР по созданию судовых двигателей с высоким КПД и крайне низким уровнем эмиссий") - широкомасштабный проект с финансовой поддержкой Еврокомиссией и Федеральным правительством Швейцарии и участием 43 партнеров из 10 европейских стран (Швейцария и девять стран Евросоюза: Австрия, Чехия, Дания, Финляндия, Германия, Греция, Италия, Швеция, Великобритания). 60 % участники проекта - промышленники, 19 % - университеты, 12 % - научно-исследовательские организации и 9 % - судоходные компании. Бюджет проекта 33,3 млн евро, финансирование 15 млн евро по 6-й рамочной программе FP6 Еврокомиссией, 38 млн евро Швецией и остальное другими участниками. (Источник: доклад № 31 Конгресса CIMAC, Вена, 2007 г.).

2. Компанией Kompressorenbau Bannewitz (KBB, Германия) создана серия турбокомпрессоров нового поколения для среднеоборотных дизелей. Эта серия включает четыре типа турбокомпрессоров HPR 3000, HPR 4000, HPR 6000.

Проект финансирован Европейским сообществом обеспечения качества и управления инновациями по поручению немецкого федерального министерства экономики и технологии (программа INNOWATT, проект № IWO 70176, источник - доклад № 102 конгресса CIMAC, Вена, 2007 г.).

3. Программа ARES (Advansed Reciprocatug Engine Systems), 2001 г. США.

Участники: Caterpillar, Waukesha, Cummins.

Поддержка: ряд университетов и государственных научно-исследовательских лабораторий.

Финансирована министерством энергетики.

Мощностной ряд двигателей 500...6500 кВт.

Цель: Вывод на рынок газопоршневых двигателей с КПД 50 % в простом цикле и 90 % в когенерационном при условии стоимости двигателя не более 450 $/кВт выработанной энергии.

Ничего похожего в России нет. Наши настойчивые обращения в ОАО "РЖД", ВМФ, концерн РОСАТОМ с предложением о долевом участии в финансировании проекта нового среднеоборотного многоцелевого дизеля Д500 (ЧН26,5/31) для локомотивов, кораблей ВМФ и АЭС никакого отзыва не получили. Таким образом, инвестиций в новый проект до начала действия ФЦП не было, работали над проектом с небольшой поддержкой "Трансмашхолдинга".

Специфика выполнения государственных оборонных заказов

Главной особенностью выполнения ГОЗ является система финансирования, при которой выполнить необходимый заказ в срок практически невозможно. Система взаимодействия МО и исполнителей построена таким образом, что реальное финансирование заказа начинается только к середине года, а уже к 15 ноября исполнители должны отчитываться перед генеральным заказчиком.

Авансирование производится в сумме 40 % стоимости заказа (только в исключительных случаях 80 %). Оплата выполненных работ ведется по фактическим затратам (они не должны превышать лимитные), которые должны быть подтверждены и защищены перед представительством заказчика. При этом оставшуюся часть работ за пределами стоимости аванса завод должен выполнять на свои средства, которых, как правило, нет. Банковский кредит не учитывает, что средства идут на ГОЗ, проценты надо выплачивать. Инфляция фактически превышает нормативную, оплачиваемую государством.

Например, за 2010-2011 гг. коэффициент дефлятор по ГОЗ установлен только 5 %, а фактическая инфляция составила 12...15 %.

Допускаемый уровень рентабельности по ГОЗ не выше 20 %, фактически представительство заказчика режет ее до 15 %.

Если учесть ставку рефинансирования и инфляцию, то ГОЗ становится не выгодным с финансовой точки зрения. Сохраняется только престижность его выполнения и повышается имидж предприятия.

Правительство справедливо говорит о постоянном повышении стоимости ГОЗ, однако ничего не предпринимает, чтобы устранить финансовую несуразицу. Сравнивать стоимость ГОЗ, выполняемого в России, со стоимостью предлагаемой западной техники некорректно и неправильно, поскольку около 42 % стоимости ГОЗ возвращается государству в виде налогов. К тому же с 2011 г. на 12 % увеличен налог на фонд заработной платы независимо от заказов.

Второй особенностью ГОЗ является то, что по дизелестроению не оплачиваются научно-исследовательские работы. Оплачиваются только ОКР, т.е. предприятие, выполняя ГОЗ, не развивается.

Строительство испытательных стендов не оплачивается или оплачивается только частично, поскольку государство не хочет увеличивать капитализацию частного предприятия. Но стенды для ГОЗ не используются для гражданской продукции. Предприятию это невыгодно. В таком же состоянии находятся наши соисполнители. Отсюда рост цен и срыв сроков исполнения.

Командировочные расходы по ГОЗ оплачиваются только в размере 150 руб. в сутки (оплата жилья не в счет). Если их сделать больше, то все, что выше 150 руб. предприятие должно платить из прибыли. Квалифицированные специалисты в командировках должны влачить нищенское существование.

Выводы

1. Уровень конструирования намного превышает возможности производства из-за отсталости производственной базы (станки, инструмент, измерительная техника, литейные технологии).

2. Относительно высокий уровень отказов и замечаний в эксплуатации связан с низким качеством изготовления, которое, в свою очередь, обусловлено отсталостью производственной базы заводов.

3. Отсталость производственной базы является следствием крайне низких, а иногда и вообще отсутствующих инвестиций на протяжении многих лет.

4. В России нет научно-технических центров, занимающихся решением проблемных задач и разработкой высоких технологий, обеспечивающих применительно к основным направлениям развития дизельных двигателей для стратегических отраслей.

Нет специализированных производств высокого уровня.

5. В связи с тем, что современный комбинированный среднеоборотный дизельный двигатель относится к наукоемкой продукции, его высокий технический уровень может быть обеспечен только при условии хорошо развитых таких отраслей промышленности, как литейное производство, станкостроение, инструментальное производство, производство измерительной техники, автоматики, исполнительных устройств автоматики, электроники, электротехники. Эти отрасли России сегодня очень сильно отстали по отношению к западным.

6. В России многие годы не было государственной поддержки дизелестроения в отличие от западных стран, где она существует в виде государственных и межгосударственных программ с долевым финансированием перспективных проектов.

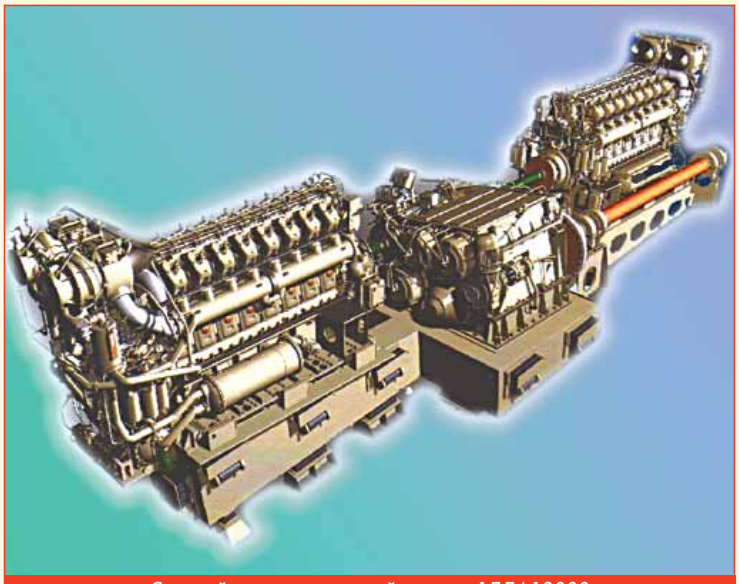
7. За последние годы уровень научного сопровождения дизелестроения со стороны Высшей школы значительно снижен из-за катастрофически бедственного положения кафедральной науки.

8. Действия крупного бизнеса направлены, главным образом, на извлечение быстрой прибыли через оборот капиталов, что в машиностроении невозможно из-за длинноциклового затратного производства. Отсюда ничтожные инвестиционные затраты. Идет активная эксплуатация старого оборудования без обновления станочного парка и технологий.

9. Отсутствует государственная политика в части подъема престижа профессии инженера.

10. Реформы Высшей школы не продуманы и приводят к разрушению системы подготовки инженерных кадров.

11. Неконтролируемый рост цен на материалы и энергоносители приводит к серьезному снижению рентабельности наукоемкой продукции, что делает машиностроение не привлекательным для большого бизнеса и инвестиций на фоне полного безразличия государства к стратегическим отраслям, что привело страну к стабильному сползанию из круга индустриальных стран в область стран - сырьевых придатков США, Великобритании, Германии и т.д.



Судовой дизель-дизельный агрегат 1ДДА12000

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ. ВОЗНИКНОВЕНИЕ НЕУСТОЙЧИВОСТИ В ЖРД

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

Причины, которые приводят к неустойчивой работе ЖРД, до сих пор обсуждаются. Существует порядка двадцати критериев перехода двигателя в область неустойчивой работы. Наиболее популярным и долговечным остается критерий Релея, который был получен на основании анализа фундаментальных экспериментов Рийке и Босша-Рисса на сквозной вертикально установленной трубе, внутри которой была нагретая до красна частая металлическая сетка. Интерпретация данных опытов различными авторами сводится к умозрительному заключению об определяющем влиянии скорости подводимого тепла посредством горячей сетки к столбу колеблющегося газа. Строгого теоретического объяснения этого факта нет. На базе торсионно-волновой парадигмы турбулентности возможно установить причины возникновения акустических колебаний, обозначить области устойчивости данного процесса и разработать теорию нелинейной неустойчивости ЖРД.

Несмотря на то, что явление неустойчивости ЖРД известно давно и ему посвящено большое количество работ, далеко не все вопросы теории этого явления разработаны. Общепринятым на сегодняшний день является факт существования неустойчивости при условии возникновения автоколебательного процесса по аналогии с процессами, происходящими в электрофизике в электронных лампах. Считается, что возникновение автоколебаний возможно при наличии трех элементов в замкнутой цепи. Это - колебательное звено (столб продуктов сгорания), источник энергии (зона горения), необходимый для подпитки колебаний и некий аппарат, дозирующий подвод энергии в систему и регулирующий ее поступление в необходимом количестве (нелинейность системы).

В книге Б.В. Раушенбаха [1] говорится, что основные теоретические выводы по теории неустойчивого горения сводятся к утверждению о том, что: 1 - частоты колебаний определяются акустическими свойствами системы; 2 - условия возбуждения сводятся к экспериментальному критерию Релея, 3 - из большого количества возможных механизмов обратной связи до сих пор достаточно подробно рассмотрен лишь, так называемый, механизм Крокко. Пессимистическая нота данной работы заставляет задуматься о завершенности исследований по данной проблеме. Причем один из разделов этой проблемы - причина возникновения неустойчивости, до сих пор является дискуссионным. А в фундаментальном издании [2] под редакцией Д.Т. Харрье и Р.Г. Рирдона, где авторами являются девяносто известных специалистов, констатируется, что "никогда не удастся разработать окончательную теорию неустойчивого горения в ЖРД". Такой научный истеблишмент не оставляет ничего другого как вновь обратиться к истокам данной проблемы.

Опыты Рийке и Босша-Рисса

Многие теоретические основы проблемы неустойчивости базируются на двух фундаментальных опытах: Рийке, со звучащей трубой при нагреве нижней зоны и Босша-Рисса - при охлаждении верхней зоны.

Первый опыт, поставленный Рийке [3], явился примером образования звука в результате нагревания. Он демонстрировал поразительное явление - звучание вертикально установленной трубы после подведения к ней тепловой энергии. Энергия поступала от нагретой до красна металлической плоской сетки с частой мелкой ячейкой в область с сечением, расположенным на расстоянии четверти длины трубы со стороны нижней части. Труба была расположена вертикально с целью организации конвективных потоков внутри нее. Сквозная тяга, возникающая в трубе, приводила к возникновению звука значительной силы. Рийке установил, что расположение нагретой сетки в любом другом месте, в нижнем или верхнем сечении не приводило к звучанию.

Явление, открытое Рийке, вдохновило многих ученых на исследования данного процесса. Через некоторое время естествоиспытателями Босша и Риссом было открыто еще одно явление, схожее по своей значимости с явлением Рийке. Они поставили аналогичный эксперимент на трубе, но сетку разместили на трех четвертях высоты трубы. При этом сетка не нагревалась, а наоборот охлаждалась. Потоки теплого воздуха поступали снизу от трубы и пересекали охлажденную сетку. Труба также звучала. Следует отметить, что в обоих опытах тепло либо подводилось к сетке, либо отводилось от нее. После опытов стало очевидно, что тепло является основным источником энергии, питающим колебательную систему.

Анализируя опыты Рийке и Босша-Рисса, Релей [4] впервые высказал предположение о возможности возбуждения акустических колебаний за счет энергии теплоподвода. Заранее предполагая периодичность поступления (отвода) тепла колеблющейся массе воздуха в трубе, Релей обращает внимание на фазу колебаний, при которой оно происходит. Так если теплота сообщается воздуху в момент наибольшего сжатия или отнимается от него в момент наибольшего разрежения, то колебания усиливаются. Напротив, если теплота подается в момент наибольшего разрежения воздуха, то колебания ослабляются. Результаты анализа экспериментов, проделанного Релеем, позволили ему сформулировать критерий возникновения колебаний: если между колебательной составляющей теплоподвода и колебательной составляющей давления фазовый сдвиг по абсолютному значению составляет величину менее чем $\pi/2$, в системе возбуждаются акустические колебания.

Филин Николай Александрович и Зенин Евгений Сергеевич - специалисты по проблемам акустики ЖРД - воспроизводят опыт Рийке

Условия возникновения периодических колебаний

Установление условий возникновения периодических колебаний в ЖРД является основным положением в теории нелинейной неустойчивости.

Границу перехода к состоянию колебательного движения установим математически, привлекая преобразованное уравнение Навье-Стокса и имеющее вид, представленный в работе [5]:

$$\frac{d^2\tilde{p}}{d\tau^2} + 4\frac{\nu}{R^2}\frac{d\tilde{p}}{d\tau} + 4\frac{\nu}{R^2}\cdot \kappa M^2 \frac{d\ln\frac{R}{\omega}}{d\tau}\tilde{p} = 4\mu\omega^2\frac{d\ln\frac{\omega}{R}}{d\tau}.$$

Уравнение записано относительно колебательной составляющей давления $\tilde{p}$, представляющей в данном случае лишь аддитивную часть от статического давления. Другая часть этого давления для случая ЖРД предполагается величиной постоянной и входит в неявном виде в правую часть данного уравнения.

Если наперед предположить, что данное уравнение будет иметь среди прочих, в том числе и колебательные решения, то целесообразно обезразмерить время, деля реальное время на период собственных колебаний системы ω_0: $\bar{\tau} = \tau/T = \tau\,\omega_0/2\pi$.

Тогда уравнение примет следующий вид:

$$\frac{d^2\tilde{p}}{d\tau^2} + 8\frac{\pi\nu}{\omega_0 R^2}\frac{d\tilde{p}}{d\tau} + 8\frac{\pi\nu}{\omega_0 R^2}\cdot \kappa M^2 \frac{d\ln\frac{R}{\omega}}{d\tau}\tilde{p} = 8\pi\frac{\mu\omega^2}{\omega_0}\frac{d\ln\frac{\omega}{R}}{d\tau}.$$

По аналогии с [5] введем критерии Ю.Л. Беренса и О.М. Меньшиковой, тогда:

$$\frac{d^2\tilde{p}}{d\tau^2} + 8\pi Be\frac{d\tilde{p}}{d\tau} + 8\pi Be\cdot Me^2\cdot\tilde{p} = 8\pi R\mu\frac{\omega}{\omega_0}\frac{d\frac{\omega}{R}}{d\bar{\tau}}.$$

В этом уравнении полезно обратить внимание на отношение угловой скорости газового потока ω и угловой частоты собственных колебаний ω_0. Это отношение ω/ω_0 характеризует периодичность двух процессов: газодинамического (турбулентного) и колебательного (волнового). Очевидно, это не случайно, поскольку причиной возникновения колебаний является турбулентный процесс.

Теперь перейдем к анализу данного уравнения. Его решение определяется характеристическим уравнением, записанным для дифференциального уравнения второго порядка без правой части и может быть представлено в виде:

$x^2 + 8\pi Bex + 8\pi Be\cdot Me = 0.$

Решением уравнения является выражение

$$x_{1,2} = \frac{-8\pi Be \pm \sqrt{64\pi^2 Be^2 - 32\pi Be\cdot Me}}{2}.$$

В зависимости от знака дискриминанта дифференциальное уравнение может иметь решение либо апериодического типа, либо колебательного. В частности, если корни характеристического уравнения комплексные, то решение дифференциального уравнения без правой части имеет колебательный вид.

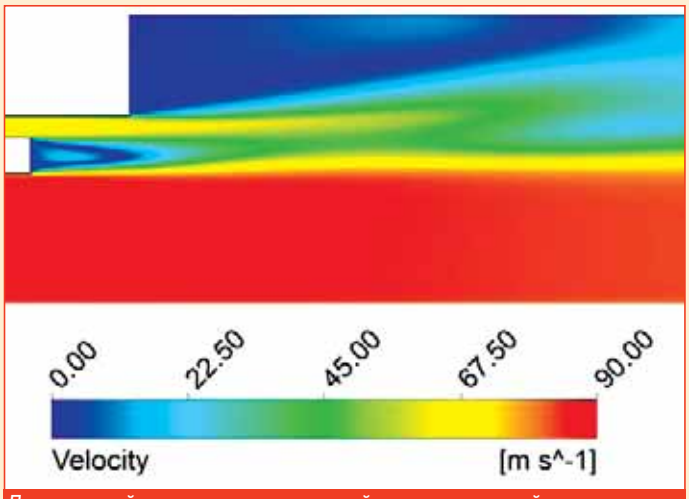
Далее определим границу, после которой возникают колебательные движения. Находим область комплексных значений по дискриминанту $64\pi^2 Be^2 - 32\pi Be\cdot Me < 0$, что соответствует $Me/Be > 2\pi$.

Это неравенство является критерием возникновения неустойчивости в любой системе, в том числе и в ЖРД.

В отличие от экспериментального критерия Релея, сформированного на базе опытов Рийке и Босша-Рисса, полученное ограничение является теоретическим и имеет достаточно ясный физический смысл, заключающийся в том, что развитие колебаний в процессе работы двигателя может начаться при определенных газодинамических условиях, выражающихся через параметры турбулентности. Возникающие в процессе работы ЖРД турбулентные течения вдоль канала камеры порождают при определенных соотношениях элементарных движений периодический процесс, который переходит в колебательный.

Метод прогноза неустойчивости ЖРД

Полученное неравенство, характеризующее начало колебательного движения может служить основой при разработке метода расчета неустойчивых режимов ЖРД. Воспользуемся им и получим зависимости, которые возможно рассчитать, имея газодинамические параметры. Для этого неравенство преобразуем с учетом следующих операций.



Поле скоростей газового потока в модельной кислород-метановой камере с коаксиальной двухкомпонентой струйно-струйной форсункой (расчет Д.М. Позвонкова)

1. Раскроем критерии и логарифмическую производную в них.
2. Воспользуемся теоремой о соотношении элементарных движений и запишем обратную величину кручения через скорость и угловую скорость

$1/\Omega = R/\omega = V/\omega^2.$

3. Вернемся к реальному времени

$\bar{\tau} = \tau\cdot\omega_0/2\pi.$

После преобразований получим:

$$\frac{\kappa M^2\cdot V}{\nu}\cdot\frac{d\frac{V}{\omega^2}}{d\tau} > 1.$$

Теперь, если выразить угловую скорость при помощи векторной операции ротор через скорость газового потока, то для определения комплекса в левой части становится достаточным знание только величины именно этой скорости, то есть скорости газовой среды в каждой точке рассматриваемой области:

$$\frac{\kappa\cdot V^3}{\nu a^2}\cdot\frac{d\frac{V}{\mathrm{rot}^2 V}}{d\tau} > \frac{1}{4}.$$

Другими словами, если при помощи одной из известных программ по расчету газодинамических характеристик определить поле скоростей в любой точке камеры сгорания и со значениями этого поля рассчитать поле безразмерного параметра, расположенного в левой части последнего неравенства, то в соответствии с приведенным соотношением будет получена область неустойчивой работы ЖРД. Известно, что существует большое число лицензионных зарубежных и отечественных продуктов, которые можно использовать для расчета газовой динамики для самых различных конфигураций камер сгорания ЖРД и условий их работы.

На базе одного из методов в настоящее время разрабатывается специальная программа для расчета параметров, прогнозируемых неустойчивую работу камер ЖРД. Причем исходные данные, имеющиеся в электронном виде можно принимать в виде специального независимого файла. Расчеты по такой программе выявят зоны в ЖРД, по которым возможно будет судить о возникновении неустойчивости при работе реальных конструкций.

Следует отметить, что выбор граничных и начальных условий работы ЖРД является прерогативой программы-донора, поставляющей поле скоростей для последующих расчетов полей критериев неустойчивости.

Интерпретацию опытов Рийке и Босша-Рисса завершим, вновь перейдя к безразмерному времени и длине волны:

$$\frac{\kappa\cdot V^3}{\nu a}\cdot\frac{d\frac{V}{\mathrm{rot}^2 V}}{d\bar{\tau}} > \frac{\lambda}{4}.$$

После чего, переписывая формулу через собственную частоту, получим:

$$\frac{\kappa \cdot V^3 \omega_0}{\nu a^2} \cdot \frac{d\frac{V}{\mathrm{rot}^2 V}}{d\bar{\tau}} > \frac{\pi}{2}.$$

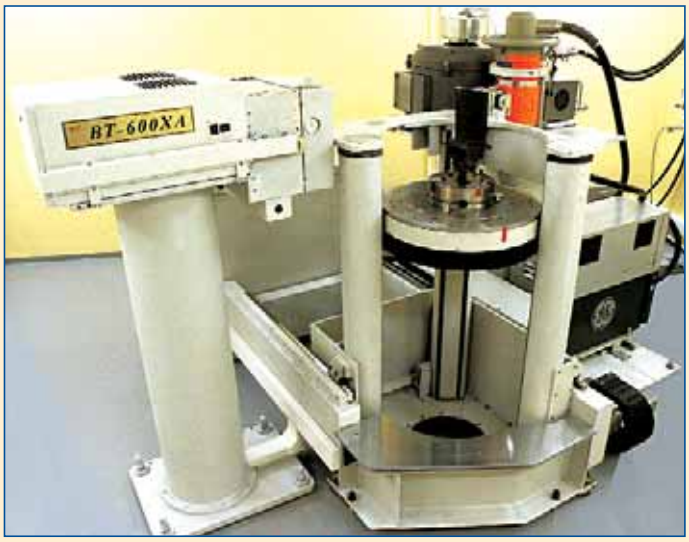
То есть получено неравенство, удовлетворяющее условиям опыта Рийке. Если при сквозном обтекании воздухом внутренней части трубы Рийке возникает звук, то условие нагрева стенки в нем соответствует одной четверти периода, то есть той пресловутой цифре, которая определяет критерий Релея. Далее, если учесть, что в опыте Рийке длина трубы соответствует длине волны, то мы опять получим магическое совпадение чисел ($\lambda/4$ - четверть трубы). Совпадение результатов опыта Рийке с теоретическими выкладками подтверждает правильность полученного критерия и целесообразность разработки программы.

Литература

1. Раушенбах Б.В. Вибрационное горение. М. Государственное издательство физико-математической литературы, 1961.
2. Д.Т. Харрье, Ф.Г. Ридон и др. Неустойчивость горения в ЖРД. М. Мир, 1975.
3. Rijke, Bosscha, Riess, Pogg. Ann., vol. CVII, 1859.
4. Релей. Теория звука, том 2, М. Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955.
5. Кочетков Ю.М. Турбулентность и АФЧХ//Двигатель №1, 2012.

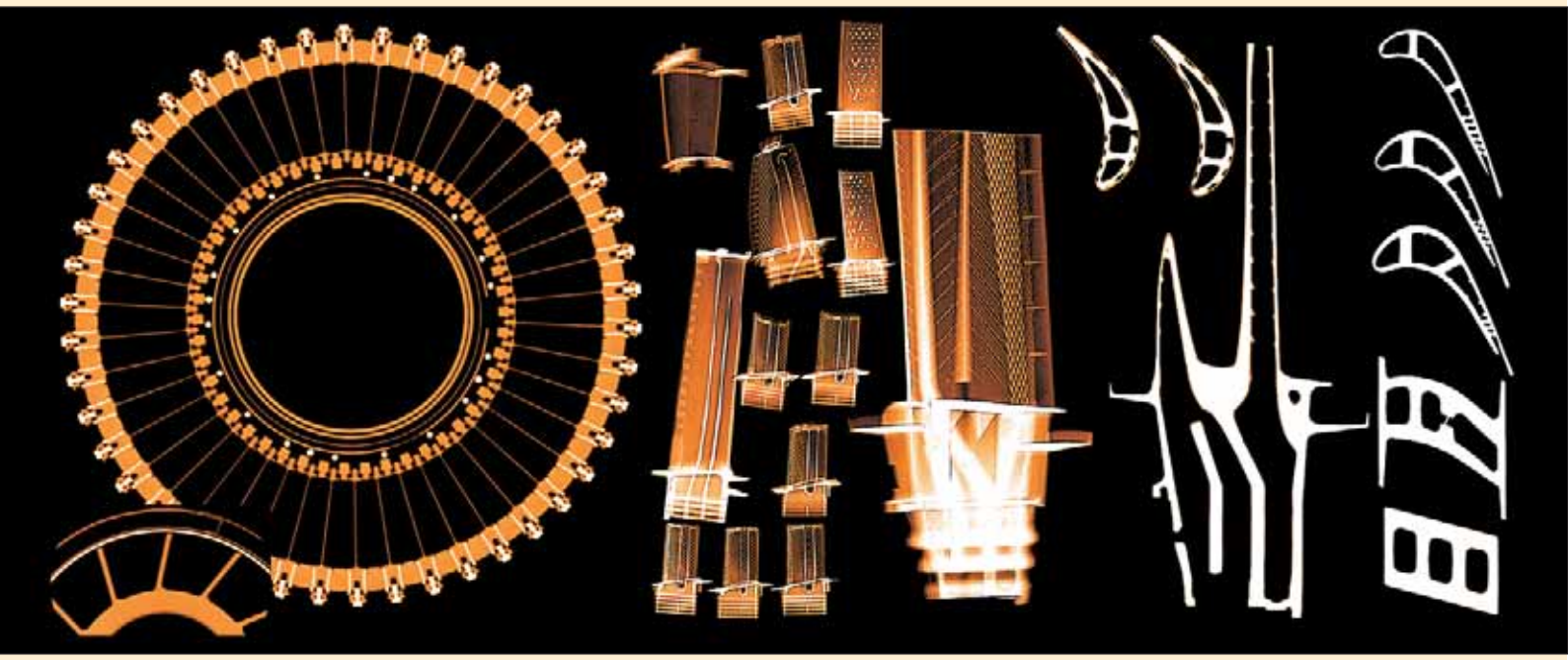
ВПЕРВЫЕ В МИРЕ

НА НПО "САТУРН" ВЫПОЛНЕН ТОМОГРАФИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ГТД В СБОРЕ



В Рыбинске в НПО "САТУРН" открыт центр высокоэнергетической компьютерной томографии, оснащенный уникальным томографом BT-600XA производства российской компанией ООО "Промышленная интроскопия" с проникающей способностью более 150 мм стали и возможностью детального исследования внутренней структуры ответственных крупногабаритных деталей, сборок и даже производимых на НПО "САТУРН" ГТД целиком.

Уникальная информативность введенного в эксплуатацию томографического оборудования в руках высококвалифицированных специалистов НПО "САТУРН" - важный фактор повышения конкурентоспособности технологии и конструкторских разработок предприятия, а также гарантия высокого качества и надежности выпускаемых изделий.



6-я международная специализированная выставка

АКТО

Авиа
Космические
Технологии, современные материалы и оборудование

АКТО

Казань

14-17 августа, 2012

ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР ISO 9001-2000
КАЗАНСКАЯ ЯРМАРКА

Выставочный центр "Казанская ярмарка",
Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8
Тел./факс: (843) 570-51-16, 570-51-11, 570-51-23
E-mail: pdv@expokazan.ru, www.aktokazan.ru

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 - 2012)

На защите эскизного проекта по РН Н1 от ОКБ-456 присутствовал только В.П. Глушко. Он до защиты проекта знал выводы по выбору топлива и, соответственно, разработчика двигателей, а вот решение экспертной комиссии М.В. Келдыша, судя по последующему поведению Глушко, стало для него неожиданным. Он до конца надеялся, что проведенное им лоббирование его предложения среди членов экспертной комиссии принесёт свои плоды. Однако этого не произошло. Логику поведения членов экспертной комиссии мы уже рассмотрели в предыдущей части статьи. Выслушав вердикт экспертной комиссии, Глушко возвратился в ОКБ и собрал у себя в кабинете ведущих работников КБ и завода. Совещание было представительным, присутствовало более 20 человек.

Вопреки сложившейся традиции проведения совещаний, когда Глушко обозначает обсуждаемый вопрос и все желающие высказываются, а в заключение он анализирует высказанные предложения и формулирует принимаемое решение, на этот раз совещание проходило по другому сценарию. По воспоминаниям ветерана НПО Энергомаш д.ф-м.н. Л.Е. Стернина, участника этого совещания, Глушко был явно расстроен. Говорил тихо, между фразами были длинные перерывы. С огорчением проинформировал собравшихся о решении экспертной комиссии принять предложение Королёва использовать в качестве топлива для Н1 кислород с керосином и о своём вынужденном отказе участвовать в разработке двигателей в качестве резервного варианта. В заключение своего вступительного слова он так охарактеризовал принятое решение: *"Это очень плохо для обоих ОКБ - и нашего, и "королёвского", а главное - для всей нашей космонавтики"*. Далее он изложил своё видение долгосрочной перспективы использования научно-технического потенциала ОКБ-456: в первую очередь - доработка в части введения качания отвергнутого ОКБ-1 двигателя 11Д43 на АТ+НДМГ для его использования на первой ступени, разрабатываемой в ОКБ Челомея ракеты УР-500, а также разработка на этом же топливе двигателей для первой и второй ступеней ракеты Р-36 ОКБ Янгеля. Что касается кислородных двигателей, то предлагалось ограничиться завершением работ по двигателю ракеты Р-9А и дальнейшим совершенствованием двигателей для ракет на базе Р-7. Таким образом, в новых разработках ОКБ-456 специализировалось на применении высококипящего топлива. (Забегая несколько вперёд следует заметить, что предложенная Глушко программа работ получила поддержку в Министерстве обороны. В заключении Ракетных войск по перспективному планированию работ в ОКБ-456, утверждённом в июне 1963 г. Главкомом РВ маршалом Н.И. Крыловым, отмечено: *"свёртывание в ОКБ-456 разработок ракетных кислородных двигателей является обоснованным, т.к разработка кислородных ЖРД в ОКБ-456 привела бы к неоправданному дублированию работ, выполняемых по такому же типу двигателей в ОКБ-276 и ОКБ-1. Также правильным является прекращение работ по азотнокислотным ЖРД в связи с меньшими энергетическими характеристиками этих двигателей по сравнению с двигателями на топливе АТ+НДМГ"*).

Вернёмся, однако, к совещанию в кабинете Глушко. В обсуждении изложенной программы принял участие каждый из присутствующих. Большинство выступавших поддержали своего главного конструктора. Но были высказаны и другие мнения. Так, главный инженер завода А.А. Куинджи, проработавший много лет в сфере производства авиационных моторов, высказал сомнение в целесообразности участия двигателистов в выборе концепции ракетного комплекса, считая достаточным согласование ТЗ на разработку двигателя. Ведущий конструктор по разработке кислородных двигателей для ракет Р-7 и Р-9А А.Д. Дарон высказал сожаление по поводу отказа разрабатывать кислородные двигатели для Н1. Он предположил, что переход к созданию ЖРД увеличенной мощности по схеме с дожиганием генераторного газа приведёт к новому качеству протекания процессов в камере сгорания в отличие от имеющегося опыта работы двигателей по "старой" схеме. При этом он исходил из того, что новые условия горения топлива могут облегчить, но не исключал и того, что могут и усложнить отработку двигателей независимо от используемого окислителя. Имеющиеся результаты работы камер с дожиганием при низких давлениях и небольших тягах нельзя однозначно распространять на работу камер на любых режимах. Это объективно новая техническая проблема, которую придётся решать при переходе на замкнутую схему независимо от вида окислителя. Районный инженер военного представительства при ОКБ-456 Б.Я. Копылов также высказал сомнение в правильности того, что накопленный химкинским ОКБ солидный опыт создания кислородных ЖРД не будет использован не только при разработке Н1, но и для других возможных в перспективе кислородных ракет.

Подводя итоги совещания, Глушко высказал благодарность своим ближайшим сотрудникам за поддержку предлагаемого им направления работ, положительно отнёсся к выступлениям Дарона и Копылова, отметив их принципиальность в желании использовать накопленный опыт работы с кислородом, и ещё раз подчеркнул, что в ближайшее десятилетие кислород в качестве окислителя в новых разработках ОКБ-456 использоваться не будет.

Несмотря на принятие столь категоричного решения, Глушко нельзя считать противником использования жидкого кислорода в ракетной технике. В период с конца 40-х до начала 60-х годов под его руководством были разработаны двигатели для кислородно-спиртовых ракет Р-1, Р-2 и Р-5, а также кислородно-керосиновых ракет Р-7 и Р-9А, в те же годы по его инициативе был разработан двигатель 8Д710, работающий на топливе O_2+НДМГ. Кроме находящихся в эксплуатации кислородных двигателей, Глушко в 1960 г. предлагал Королёву, а затем Янгелю разработать мощные ракеты Р-10 на кислородно-керосиновом топливе и Р-20 на топливе кислород и НДМГ. Это же топливо в качестве одного из вариантов предлагалось и для Н1. В ноябре 1961 г., в период пика споров о выборе топлива для Н1, Глушко в уже упомянутом письме к И.Д. Сербину писал: *"Исключение разработок кислородных двигателей из перспективной тематики ОКБ-456 не долж-*

но рассматриваться как недооценка этого окислителя и объясняется тем, что ОКБ-456 не может охватить все направления в дальнейшем развитии ракетных двигателей и вынуждено выбирать из них наиболее оптимальные. Разработка кислородных двигателей также должна поддерживаться, так как такие двигатели представляют интерес для развития ракетной техники".

Позднее, когда Глушко убедился, что замкнутая схема, хотя и не исключает возникновения ВЧ колебаний давления в камерах ЖРД, но упрощает отработку устойчивого горения, включая применение кислородно-керосинового топлива, он вернулся к разработкам кислородных двигателей. А став в 1974 г. Генеральным конструктором НПО "Энергия", он предложил на основе применения блочно-модульных кислородных двигателей конструкторский ряд ракет-носителей, таких как "Зенит", "Энергия", "Вулкан" и др. Но это будет позднее. А в июле 1962 г. прямое участие ОКБ-456 в работах по проекту Н1 завершилось.

Тем временем работы по Н1 продолжались. Положительное заключение экспертной комиссии М.В. Келдыша по защите эскизного проекта ракеты Н1 послужило основанием для выпуска правительственного Постановления от 24.09.1962 г. о проведении дальнейших работ по ракете Н1. В Постановлении были определены разработчики всех ракетных систем и стартовой позиции. Разработка двигателей для первой, второй и третьей ступеней ракеты-носителя Н1 поручалось ОКБ Кузнецова.

Так завершился этап эскизного проектирования ракетного комплекса Н1. Подведём некоторые итоги.

При обсуждении на Совете главных конструкторов технической концепции носителя Н1 большинство выступавших: Глушко, Бармин, Исаев, Гришин. Мрыкин, Пилюгин, Косберг высказались за применение высококипящего топлива, Келдыш и Н.Д. Кузнецов - за дополнительную проработку с учётом экономических и эксплуатационных факторов, работники ОКБ-1 Воскресенский и Райков - за применение топлива O_2+керосин. Королёв свою позицию однозначно не сформулировал, предложив до принятия окончательного решения вести проработки по всем рассматриваемым вариантам.

Работники ОКБ-456 и лично Глушко провели огромный объём работ по обоснованию применения предлагаемого ими высококипящего топлива. Работы велись с участием научно-технических организаций смежных министерств. Эскизный проект двигателей ОКБ-456 получил положительную оценку заказывающего управления министерства обороны. И всё же выбор был сделан вопреки доводам Глушко. Так в чём же дело, почему так произошло?

Предлагается такая трактовка ответа на этот вопрос.

Оба академика конечно же понимали, что двигатели можно создать на любом из предлагаемых топлив. В своём споре они исходили из чисто практических соображений, основанных, что вполне естественно, на собственных взглядах на осуществление проекта Н1.

На выбор топлива Королёвым повлияло два фактора.

Первый, объективный, складывался из следующих положений:

а) К моменту принятия решения ОКБ-1 имело солидный опыт разработки кислородных ракет Р-1, Р-2, Р-5, Р-7, Р-9А и небольшой опыт разработки Р-11 на высококипящем топливе. Отсюда вполне закономерное желание проектантов, конструкторов и испытателей ОКБ-1 продолжить дальнейшие работы на основе сложившегося опыта;

б) масса выводимой полезной нагрузки слабо зависела от типа применяемого топлива;

в) экономические оценки затрат на создание всего комплекса Н1 складывались в пользу применения топлива O_2+керосин;

г) применение токсичных компонентов топлива потенциально создавало повышенную опасность для людей при эксплуатации.

Кроме того, выбор ракетного топлива всегда был прерогативой ракетного КБ. Выбранное топливо наряду с другими характеристиками принималось двигательными КБ при согласовании ТЗ на разработку двигателей. Надо сказать, что Глушко не посягал на право ракетчиков принимать окончательное решение на выбор топлива, в некоторых случаях он аргументировано предлагал свой вариант. Проект Н1 был не единственным случаем рекомендаций Глушко по выбору топлива при разработке новой ракеты. Так, в 1955 г. он предложил Янгелю использовать в ракетах Р-14 и Р-16 новое горючее НДМГ, а в 1960 г. в ракетах Р-26 (не завершённой) и Р-36 - окислитель АТ. В обоих случаях Янгель принял предложение Глушко: новое топливо существенно улучшило энергетические показатели ракет. В дальнейшем топливо АТ+НДМГ получило такое широкое распространение, что ему присвоили неофициальное название "штатное топливо".

Второй, субъективный фактор, состоял в том, что на всём протяжении обсуждений по поиску типа топлива для ракеты Н1 Королёв решал двуединую задачу: в ракете Н1 использовать кислородно-керосиновое топливо и получить в качестве разработчика двигателей для первых трёх ступеней ОКБ Кузнецова. По свидетельству В.Н. Орлова, с 1962 г. по 1996 г. работавшего заместителем главного конструктора в ОКБ Кузнецова, начало было положено предварительной договорённостью с Кузнецовым, что тот возьмётся за разработку двигателей на указанном топливе. Об этом же свидетельствует С.Н. Хрущёв ("Никита Хрущёв: кризисы и ракеты" книга 2), вспоминая, как на Совете обороны в феврале 1962 г. Королёв, докладывая Н.С. Хрущёву о разработке перспективной космической ракеты, *"отметил, что, в отличие от предыдущих разработок, двигатели для Н1 он хочет поручить делать не Глушко, а Кузнецову. Договоренность с ним уже достигнута".* Далее Королёву необходимо было нейтрализовать возможную претензию Глушко на разработку двигателей на этом же топливе. В таком случае вторая часть задачи была бы трудновыполнимой, т.к. все технические аргументы были бы за разработку двигателей в ОКБ Глушко. Но Королёву повезло, т.к. Глушко, как это принято говорить сейчас, "сам подставился", предложив применить высококипящее топливо. И далее, меняя варианты предлагаемого топлива, он не касался кислорода с керосином. Королёв в своих выступлениях на СГК ни разу не возразил Глушко, более того, на каждое из последовательно предлагаемых Глушко топлив Королёв подписывал технические задания, чем всё далее уводил Глушко от возможного неожиданного его разворота к кислородно-керосиновому топливу. И в выступлении на СГК, последнем перед окончанием работ по эскизному проекту на двигатели, Королёв отметил, что ОКБ-1 *"не ориентируется только на кислород и керосин и не боится при необходимости применения НДМГ, мы приняли к разработке АТ+НДМГ (как вариант) и будем следить за работой ОКБ-456 на этом топливе".*

В решение этого СГК вошли неоднозначные, расплывчатые формулировки: *"Одобрить проработку использования варианта двигателей на АТ и НДМГ наряду с другими компонентами топлива"* и *"Провести тщательный технико-экономический анализ вариантов на различных компонентов топлива для двигателей носителя Н1".*

Такое пассивное поощрение предложений, достойное мало к чему обязывающего протокола о намерениях, должно было создавать у Глушко иллюзию убедительности приводимых им технических доказательств в преимуществах предлагаемых им топлив. И как показали последующие события, эта уловка сработала.

Сейчас, анализируя события 50-летней давности, первым появляется чувство удивления - как же это могло произойти, что мудрый и осторожный Глушко попал в расставленный ему технический капкан, который лишил его возможности участвовать в престижнейшем в стране в то время космическом проекте? Ответ рождается из воспоминаний о годах, проведённых под руководство Глушко - это произошло потому, что он считал себя (и по праву!) главным авторитетом в стране в области ракетных топлив и ракетных двигателей и не мог допустить даже мысли, что его могут просто отстранить от участия в проекте Н1.

А ведь всё лежало на поверхности. С чего бы это Королёв вдруг изменил своё отношение к кислородному топливу, с которым он работал с 1946 г.? Под его руководством последовательно были разработаны ракеты Р-1, Р-2 и Р-5, работающие на кислороде с этиловым спиртом, а затем Р-7 и Р-9А на кислородно-керосино-

вом топливе. И все эти годы он резко отрицательно относился к высококипящему азотнокислотному топливу. В конце 40-х - начале 50-х годов, используя своё монопольное положение в ракетостроении, Королёв игнорировал требования военных перейти на высококипящее топливо для обеспечения высокой боеготовности ракетного вооружения. В те годы он утверждал, ссылаясь на выполненные в ОКБ-1 расчёты, что это топливо не обеспечивает требуемой дальности полёта ракеты. Когда же М.К. Янгель разработкой ракет Р-14 (дальность 4500 км) и Р-16 (дальность 13 000 км) опроверг это утверждение, Королёв не изменил своего отрицательного отношения к этому типу топлива, только теперь в качестве недостатков этих компонентов топлива стал указывать на их токсичность, химическую активность и дороговизну производства. Но Глушко всё это оставил без внимания. Его, видимо, усыпляло монопольное в те годы положение на разработку маршевых ЖРД большой тяги. При обсуждении комплектации ступеней ракеты Н1 двигателями, ни А.М. Исаев, ни С.А. Косберг не претендовали на разработку двигателей первой и второй ступеней, а Н.Д. Кузнецов, по мнению Глушко, ещё ничего не сделал, чтобы его брать в расчёт. Технические аспекты выбора разработчика двигателей Глушко ставил выше всех остальных и... ошибся. Личные симпатии и доброжелательные взаимоотношения взяли верх над технически более опытным, но конфликтным и *"неуместно вмешивающимся в дела, являющиеся прерогативой ракетного КБ"* партнёром.

О желании Королёва иметь в качестве разработчика двигателей ОКБ Кузнецова свидетельствует ряд фактов. В.Н. Орлов в своей книге "Н.Д. Кузнецов - Человек и Конструктор", вышедшей в ООО "Самара - Авиагаз" в 2011 г. к 100-летию со дня рождения Кузнецова, поведал, что знакомство Королёва с Кузнецовым состоялось в 1958 г., в период поиска Королёвым новых разработчиков ЖРД. Это было время сокращения работ в авиапромышленности и Королёв обратился за советом к А.Н. Туполеву, который дал следующую рекомендацию: *"Есть в Куйбышеве молодой талантливый конструктор Кузнецов, обратись к нему. Он любитель всего нового, да и коллектив у него крепкий, молодой... попробуй с ним поговорить"*. Бывший дипломник Туполева воспользовался советом и не стал откладывать знакомство, тем более он часто бывал в Куйбышеве, в филиале ОКБ-1. Первые же контакты показали психологическую совместимость двух "крутых" характеров. В.Н. Орлов даёт им такую характеристику: *"По всему было видно, что С.П. Королёв и Н.Д. Кузнецов быстро нашли общий язык. Это не удивительно - по складу характера, по образу мышления и действия, по подходу к решению задач, по необыкновенно острому чутью и восприятию нового и прогрессивного, по широте взглядов и способности к глубокому аналитическому охвату проблем они были величайшими талантами, патриотами и единомышленниками"*.

Кроме технического взаимопонимания между Королёвым и Кузнецовым установились дружеские отношения. Об этом свидетельствует В. Полетаева в статье "Великая дружба титанов", опубликованной в журнале "Российский космос" № 6 за 2006 г. к 95-летию со дня рождения Н.Д. Кузнецова. Автор статьи пишет: *"Совместная работа и дружба Сергея Павловича Королёва и Николая Дмитриевича Кузнецова - одна из самых прекрасных, но практически малоизвестных страниц истории отечественной космонавтики. Расцвет этой дружбы приходится на годы создания советской лунной ракеты Н1 - на период, когда деятельность Сергея Павловича, начиная с 1957 года, была неразрывно связана с городом Куйбышевом..."*. О дружеских отношениях в бытовой сфере свидетельствуют воспоминания Т.Н. Елизаровой, дочери Н.Д. Кузнецова, приведенные в этой же статье: *"Отношения у папы с Сергеем Павловичем были, на мой взгляд, очень дружеские. Королёв, когда бывал в Куйбышеве, обычно вечером обязательно приезжал к нам на ужин. Я думаю, не было ни разу, чтобы он был в городе и не заехал к нам. Был он у нас и когда отмечали 50-летие отца. И мы всей семьёй несколько раз ездили в гости домой к Королёву на Останкинскую, когда бывали в Москве. Приезжали обычно в какой-нибудь из выходных дней... Нас с братом обязательно водили в кабинет Сергея Павловича и показывали, как пищит макет первого спутника. Отец и Сергей Павлович говорили обо всём: и о делах, и общие разговоры были - о жизни и всяких мелочах..."*. Есть воспоминания и у Чертока о попытке Королёва адаптировать Кузнецова в среду своих ближайших заместителей. С этой целью Королёв в один из вечеров, когда Кузнецов с супругой гостили у него в Москве, пригласил к себе на ужин Мишина, Бушуева, Охапкина и Чертока. Однако общего разговора не получилось, но знакомство в неформальной обстановке состоялось. Установившиеся дружеские отношения между Королёвым и Кузнецовым вскоре стали проявляться и в производственных делах.

Начало привлечению Кузнецова к работам ОКБ-1 было положено уже упомянутой попыткой Королёва в ноябре 1959 г. передать в ОКБ Кузнецова разработку двигателя первой ступени ракеты Р-9А, в то время как в соответствии с правительственным Постановлением этой работой занималось ОКБ Глушко. Мне можно возразить, что тогда Королёв руководствовался стремлением получить обещанный Кузнецовым двигатель с дожиганием генераторного газа, имеющий более высокий удельный импульс тяги. Но по техническим характеристикам ракеты Р-9А этого не требовалось, а вот сроки создания двигателя по новой для всей ракетной отрасли схеме в авиадвигательном ОКБ, не занимавшимся ранее созданием ЖРД и не имеющем стендовой базы для испытаний агрегатов и двигателя в целом, затянулись бы. Кроме того, это противоречило доводам самого Королёва, который, добиваясь согласия Министерства обороны на разработку новой кислородной боевой ракеты, обещал максимально использовать все хорошо проверенные в ракете Р-7 конструктивные решения, в том числе и по двигателю, что даст возможность создать ракету Р-9А в короткие сроки. Королёв, конечно же, понимал, что его поведение приведёт к конфликту с Глушко, что ни технически, ни юридически у него нет оснований для замены двигателя, которое влечёт за собой и замену его разработчика, но всё-таки решился

А.Н. Туполев и С.П. Королёв

Н.Д. Кузнецов и А.Н. Туполев

на этот шаг. И проиграл, но от желания работать с Кузнецовым не отказался. Следующим предложением Королёва было использование практически этого же двигателя в глобальной ракете ГР-1. Однако и этот вариант оказался "холостым выстрелом". Разработка ракеты ГР-1 была прекращена, в том числе и из-за отсутствия двигателя к требуемому сроку.

Несмотря на эти неудачи, Кузнецов продолжал быть в рядах потенциальных разработчиков ЖРД. Так, в основополагающем Постановлении от 23 июня 1960 г., ОКБ Кузнецова указано среди участников работ по теме Н1, сам Кузнецов участвовал в заседаниях Совета Главных конструкторов по этой теме, начиная с первого заседания в сентябре 1960 г., а 1 октября 1960 г., ОКБ Кузнецова и ОКБ Глушко одновременно получили технические задания на разработку двигателей, каждое на выбранном ими топливе. В намеченный срок ОКБ Кузнецова представило эскизный проект, он в качестве основного варианта вошёл в эскизный проект РН Н1, оставалось только получить положительное решение Государственной экспертной комиссии.

Высказав свою трактовку мотивации выбора топлива для Н1 Королёвым, было бы некорректно не поступить также и в отношении Глушко.

Итак, объективной составляющей позиции Глушко следует считать его аргументы в пользу использования топлива АТ+НДМГ, подробно изложенные в письме от 10 ноября 1961 г. (основные из этих аргументов приведены в предыдущей части этой статьи), подкреплённые опытом отработки двигателей в предшествующие годы: у кислородных двигателей для ракет Р-7 и Р-9А отработка сопровождалась разрушением двигателей из-за ВЧ колебаний давления, и их доводка затягивалась на длительное время, в то время как отработка двигателей на высококипящем топливе для ракет Р-12, Р-14 и Р-16 была успешно завершена в намеченные сроки.

Что касается влияния замкнутой схемы на устойчивость горения в камере, то единственный в те годы опыт отработки в ОКБ-1 двигателя С1-5400 тягой в 7 тс и давлением в камере 55 атм распространять на мощные двигатели тягой в 150 тс и давлением в камере 150 атм не было оснований. Предыдущий опыт создания ЖРД в ОКБ Глушко, да и в ОКБ Исаева показывал, что с увеличением давления в камерах и, особенно, тяги двигателей, сопровождающейся увеличением геометрических размеров камер сгорания, существенно возрастает вероятность появления неустойчивого горения топлива, при этом наибольшая склонность к появлению высокочастотных колебаний давления, разрушающих камеры ЖРД, проявляется у кислородно-керосиновых двигателей.

Таким образом, Глушко, отстаивая вариант использования на Н1 высококипящего топлива, боролся за возможность создания надёжных двигателей в установленные Правительством сроки. Здесь просматривается та же линия поведения, как и в конце 1959 г. - начале 1960 г., когда Глушко для выполнения правительственных сроков создания двигателя для ракеты Р-9А настоял в споре с Королёвым на использовании открытой схемы. В сегодняшнем случае он отчётливо понимал, что время и Правительство поставили перед разработчиками Н1 двуединую задачу - не только разработать новый космический носитель, но и опередить этой разработкой рвущихся к реваншу в космических успехах американцев. И вся его борьба за применение высококипящего топлива исходила из необходимости выполнения этой задачи. Об этом свидетельствует его постоянная озабоченность в письмах к Королёву и в высокие государственные инстанции о сохранении приоритета и престижа СССР в области освоения космоса.

Н.Д. Кузнецов с коллегами в рабочем кабинете

Нельзя исключать и другую, субъективную причину столь настойчивого отстаивания своего варианта топлива. Считая, что в указанные Правительством сроки - начать лётные испытания Н1 в 1965 г. - создать мощные кислородные двигатели по новой схеме не удастся, Глушко не желал рисковать своим авторитетом и браться за провальное, по его мнению, по срокам дело и стать объектом резкой критики, при этом, как уже не раз бывало, одним из главных критиков был бы отвечающий за сроки разработки всего комплекса Королёв. Не только сложность создания кислородно-керосиновых двигателей тревожила Глушко, его не устраивала принятая Королёвым кавалерийская стратегия создания ракеты Н1. Кроме того, Глушко настаивал на реализации своего предложения ещё и потому, что его позицию разделяли многие ведущие специалисты ракетной техники. Думается, что и это обстоятельство во многом повлияло на решение Глушко продолжать настаивать на своем предложении. И он до последнего момента боролся за свой вариант и этим самым за своё участие в разработке Н1, выдвигая всё новые доводы в пользу своего предложения. Невозможно представить, чтобы Глушко при его честолюбии добровольно отказался от участия в престижнейшей космической программе, тем более из корыстного желания "подвести" Королёва. Совсем уж по пословице: "Выколю себе глаз, чтобы у моей тёщи зять был кривой". И вообще, слово "подвёл" в данном случае употреблять неправомерно, поскольку этим словом характеризуется осмысленное деянием, в нынешней трактовке - "подставил". "Подвести" можно в том случае, если человек обещал, допустим, помощь, а потом отказал в ней. А его партнёр рассчитывал, надеялся и, столкнувшись с обманом, потерпел неудачу. Теперь, зная историю выбора разработчика двигателей для ракеты Н1, читатель сам может сделать вывод кто кого "подвёл". По воспоминаниям людей из ближайшего окружения Глушко в ОКБ-456, он очень переживал по поводу принятого Госкомиссией по эскизному проекту Н1 "плохого решения для нашей космонавтики". Высказывая озабоченность о будущем космонавтики, Глушко в душе ещё больше переживал своё исключение из числа участников разработки грандиозной ракеты, что стало моральным ударом по его авторитету двигателиста № 1 в СССР и одного из родоначальников отечественного ракетостроения. Но и в этой ситуации Глушко не раскис, богатый жизненный опыт научил его "держать" удар. Хорошую моральную поддержку в это время ему неожиданно оказал В.Н. Челомей, предложивший использовать двигатель 11Д43 из эскизного проекта для Н1 на топливе АТ+НДМГ с небольшой доработкой для установки на первую ступень разрабатываемой ракеты УР-500 (будущую РН "Протон"). Конечно, Челомей не занимался благотворительной деятельностью, ему нужен был двигатель именно такой размерности. Но уж очень вовремя последовало это предложение... Надо отдать должное и предвидению Глушко, который тоже вовремя (24 ноября 1961 г.) направил письмо Челомею "для сведения" с обоснованием использования двигателя 11Д43 в космической ракете Н1.

Моральный "удар", нанесённый Глушко Королёвым, сказался на их личных отношениях. Разногласия в выборе топлива относятся к профессиональной деятельности и с принятым техническим решением можно соглашаться или опротестовывать его в вышестоящих инстанциях. В нашем случае выбор топлива был одобрен Государственной экспертной комиссией, решение которой "обжалованию не подлежит". Это производственная область, как теперь говорят бизнесмены: "Ничего личного". А вот коварное, с точки зрения Глушко, поведение Королёва во время обсуждения концепции ра-

кеты Н1 и подготовки эскизного проекта вызвало у Глушко личную обиду. Он стал пристально следить за работой ОКБ-1 (и не только по созданию ракеты Н1), критически оценивать результаты и сопровождать их словесными или письменными выпадами в адрес ОКБ и лично Королёва. В качестве примера можно привести дневниковую запись Н.П. Каманина за 25 ноября 1965 г. ("Скрытый космос", книга 2): *"Вчера в беседе со мной Королёв жаловался на Глушко. Со слов Королёва Глушко выступил на заседании ВПК с резкой критикой в адрес ОКБ-1 и Королёва - критика была нетоварищеская, со стремлением загнать в угол. Королёв сказал, что выступление Глушко не понравилось всем присутствующим, а Смирнов даже вынужден был резко оборвать его"*. Вспоминается и данная Глушко в письме в адрес руководителей отрасли ироническая характеристика количеству двигателей на ракете Н1 (42 шт. на трёх ступенях) как "склад двигателей".

Королёв отвечал тем же, по свидетельствам Г. Кисунько ("Секретная зона") и М. Галлая ("С человеком на борту") не скупился на употребление "простонародных" эпитетов в адрес Глушко, а в одном из писем в адрес руководителей отрасли охарактеризовал техническую деятельность Глушко как *"совершенно неправильную, крайне вредную и наносящую ущерб государственным интересам"*.

Вообще, во время работы в области ракетной техники с 1932 г., когда Королёв возглавил ГИРД, производственные конфликты между ним и Глушко возникали довольно часто. Первый конфликт возник после посещения ленинградской ГДЛ в 1932 г. делегацией ГИРД во главе с Королёвым и критической оценки ею работ Глушко по ЖРД в письме к М.Н. Тухачевскому. Причём без видимой причины, если только лишь для повышения значимости ГИРД перед потенциальным заказчиком работ? Критика вызвала ответное письмо в тот же адрес с обвинением в некомпетентности гостей. Доброжелательные отношения между Королёвым и Глушко бывали только в период совпадения их интересов, как в научно-технической, так и личной сфере, в других обстоятельствах проявления дружеских отношений не наблюдалось. Слишком высоки были у каждого из них амбиции и претензии на ведущую роль в отечественном ракетостроении. Однако столь ожесточённого личного неприятия друг друга ранее не отмечалось.

Я провёл, признаюсь, поверхностное исследование взаимоотношений Королёва и Глушко в течение их совместной работы в ракетной технике с 1932 по 1966 года и установил, что конфликтные ситуации между ними происходили чаще по инициативе Королёва. Этим я не хочу повесить на него ярлык скандалиста, у Глушко характер был тоже "не сахар", бывали случаи, когда он первым провоцировал конфликт. Это были живые люди со всеми присущими человеческому характеру слабостями. Из мировой истории известно не мало корифеев науки, искусства, литературы, обладающих малоприемлемыми для общения с окружающими их людьми чертами характера. Королёву, по воспоминаниям Б.Е. Чертока, *"не были чужды такие черты характера, как властолюбие и честолюбие"*, которые чаще всего и являлись источниками возникновения конфликтов.

Ёмкую характеристику Королёву в его общении с ближайшим окружением даёт заслуженный лётчик-испытатель и писатель М.Л. Галлай ("Избранное", том 2, повесть "С человеком на борту"): *"Характерной чертой стиля работы Королёва было великолепное пренебрежение к тому, что именуется установленными пределами прав и обязанностей. Особенно широко он понимал категорию прав, прежде всего своих собственных: без видимых сомнений распоряжался едва ни всеми вокруг. (...) Однако в интересах истины нельзя не добавить, что Королёв обладал умением сам создавать себе недругов и - что бывало ещё досаднее - ссориться с друзьями. Обидно было видеть, как из-за своей вспыльчивости, резкости, властности он иногда создавал конфликты между собой и людьми, бывшими для него, без преувеличения, родными братьями по таланту, по масштабу мышления, по сложности судьбы, наконец, по одному и тому же делу, которому оба преданно служили. Конфликты для обеих сторон тяжёлые, но, тем не менее, затяжные - на многие годы и месяцы"*.

Скандальные отношения двух лидеров отечественного ракетостроения негативно сказывались на развитии ракетной техники. В своём дневнике (запись 25 ноября 1965 г.) Н.П. Каманин отмечает: *"Ссора этих двух талантливых людей неприятна и очень вредит делу. Надо будет попытаться воскресить их старую дружбу"*. Руководители разных рангов пытались их примирить, последнюю из таких попыток предпринял Н.С. Хрущёв. По свидетельству С.Н. Хрущёва ("Кризисы и ракеты", книга 2) разговор происходил "на троих" на правительственной даче. Завершив не приведший к примирению разговор, его участники понуро вышли на веранду и Королёв, обращаясь к Глушко, свистящим шёпотом произнёс: *"Змея ты подколодная..."*. С тем гости и разъехались по домам. Больше никто мирить их не пытался.

А что могло заставить их примириться? Для участия в проекте Н1 для Глушко "поезд уже ушёл", к этому времени уже созревала идея создания в противовес Н1 альтернативной ракеты на высококипящем топливе с участием Глушко. В моём представлении для примирения нужна была объединяющая интересы Глушко и Королёва уникальная работа, которую могли бы выполнить только они совместными усилиями. Но такой работы не было и в ближайшее время не предвиделось. Так и остались они в ссоре до смерти Королёва в январе 1966 г.

Вернёмся, однако, к организации работ по созданию Н1. В уже упомянутом Постановлении от 24.09.1962 г. устанавливались сроки начала лётных испытаний ракеты Н1 в 1965 г. Для чего необходимо было завершить в 1965 г. наземную отработку двигателей, в этом же году должна быть сдана в эксплуатацию и стартовая позиция. От сроков защиты эскизного проекта до начала лётных испытаний менее 3,5 лет! Такие сроки завершения работ у участников разработки вызвали недоумение, а В.П. Бармин напрямую назвал их нереальными. Тем не менее, в декабре 1962 г. ОКБ-1 представило на утверждение в ГКОТ согласованные с главными конструкторами "Исходные данные и основные технические требования на проектирование стартового комплекса для ракеты Н1". 13 ноября 1963 г. Комиссия ВСНХ СССР своим решением утвердила график разработки проектной документации по комплексу сооружений, необходимых для лётной отработки Н1, а 24.12.1963 г. вышло правительственное Постановление, в котором определялись изготовители и поставщики агрегатов и систем стартовой позиции.

В процессе обсуждения номенклатуры строящихся на полигоне сооружений возникли серьёзные разногласия среди технических руководителей ОКБ-1. Заместитель главного конструктора ОКБ-1 по лётным испытаниям ракет Л.А. Воскресенский связывал начало лётных испытаний Н1 с предварительным проведением стендового испытания всей двигательной установки первой ступени, так называемых ОСИ, для чего на полигоне необходимо было соорудить стенд соответствующих размеров. Он говорил: *"Если мы будем игнорировать американский опыт и продолжать строить ракеты в надежде "авось полетит если не с первого, так со второго раза", то нам всем - труба. Если Сергей будет продолжать такую азартную игру, я из неё выхожу"*. Однако Королёв осознанно не включил такие испытания в генеральный график отработки РН, ссылаясь на дороговизну и длительные сроки такого строительства. Действительно, такой стенд мог потребоваться для проведения нескольких огневых испытаний ступени, а затем не был бы востребован. (Это справедливо, если строить отдельный стенд. А вот использовать ракетную стартовую позицию для огневых испытаний первой ступени, как это сделал Глушко для РН "Энергия", построив универсальный комплекс стенд-старт (УКСС), не додумались). Кроме приведенных экономических соображений следует упомянуть и то, что Королёв изначально исповедовал принцип "учить ракеты летать", считая, что более коротким по времени путём является отработка ступеней ракеты при их лётных испытаниях. В этом может быть и есть свой резон при использовании на первой ступени одного двигателя. А вот работоспособность многодвигательной ступени ракеты целесообразно проверять на стенде, как это было сделано для ракеты Р-7. Двигательный пакет проверили на стенде в Загорске, и только убедившись в его работоспособности, начали лётные испытания. Для

ракеты Н1, учитывая проблемы со строительством огромного стенда, Королёв посчитал возможным, основываясь на конструктивном подобии двигателей первой и второй ступеней, распространить результаты испытаний второй ступени на стенде в Загорске на работу первой ступни. Однако Воскресенский сомневался в правомерности такого "зачёта" в связи с отличиями в масштабности сопоставляемых объектов. Он высказывал опасения, что при одновременной работе 24 двигателей первой ступени возможны неожиданные эффекты от совместной их работы, которые могут привести к непредвиденным аварийным ситуациям в процессе полёта ракеты. Комментируя аварийный результат пуска Р-7 21.03.64 г. (это был сотый пуск ракеты), Воскресенский сказал Чертоку: *"Вот это "семёрка", наш самый надёжный носитель, мы на нём людей пускаем, а он такие номера откалывает. А вы с Сергеем и Мишиным на Луну хотите Н1 с людьми пускать без стендовых испытаний"*. Его убеждённость в необходимости проведения стендовых огневых испытаний первой ступени и категорический отказ Королёва от их проведения стали причиной ухода Воскресенского из ОКБ-1.

Последующие события подтвердили правоту Воскресенского, но ни он, ни Королёв об этом уже не узнали...

Военное ведомство, в интересах которого в первую очередь создавалась новая ракета Н1, не проявляло интереса к разработке такого тяжёлого носителя, не вписывающегося в существующую в те годы оборонную концепцию. Такое инертное отношение традиционного заказчика ракетной техники беспокоило Королёва и он напоминал об этом представителям министерства обороны в сентябре 1960 г., на заседании СГК, а затем в письме к главкому РВСН маршалу К.С. Москаленко от 15 января 1961 г. просил ускорить подготовку предложений по использованию Н1 в интересах Министерства обороны. Однако никаких предложений не последовало, военных ракета такой мощности с применением криогенного окислителя не интересовала. В ноябре 1962 г. Главное управление ракетного вооружения представило заключение Ракетных войск, в котором отмечалось: *"Из анализа материалов эскизного проекта видно, что Н1 разрабатывается прежде всего как мощная ракета для изучения космического пространства и вопросы военного использования ракеты проработаны в эскизном проекте не основательно"*. Не было предложений использовать ракету и для решения научных и хозяйственных задач. Не имея конкретных нагрузок, пришлось идеологам разработки Н1 назвать своё детище "универсальным носителем". В таком незавидном положении оказалась ракета, которая по заявлению её главного конструктора на защите эскизного проекта, была способна решать многочисленные военные и научно-хозяйственные задачи, а на самом деле не вписывающаяся ни в одну из конкретных военных и космических программ. Такая грандиозная работа и без цели её использования? Это могло быть только в случае, если цель предназначения тщательно скрывалась. И эту "тайну" нам раскрыл в своей статье "Марсианский проект Королёва" (журнал "Российский космос", № 1, 2, 5, 6) В.Е. Бугров, именующий себя *"ведущим исполнителем работ по проектам экспедиций на Марс и Луну С.П. Королёва"*. Он утверждает, что по замыслу Королёва *"ракета Н1 являлась основой марсианского ракетного комплекса"*. Однако это предназначение ракеты Н1 было настолько засекречено, что *"в своих воспоминаниях Черток не упоминает о работах по марсианскому проекту с использованием ЖРД. Похоже, что Черток, как и Мишин, не был осведомлён о наших* (группы В.Е. Бугрова - В.Р.) *проработках. Он действительно мог не знать. Все работы проводились тогда в обстановке повышенной секретности. Наша работа не афишировалась, не обсуждалась в курилках, а на совещаниях или не упоминалась, или не воспринималась всерьёз людьми, не участвовавшими в ней непосредственно. Однако причина такой закрытости марсианского проекта и того, что в ОКБ-1 мало кто о нём знал, мне кажется, кроется не только в повышенной секретности, но и в том, что Королёв опасался критики своего проекта в высших правительственных кругах со стороны главных своих оппонентов - Глушко, Челомея, Янгеля. Обстановка в тот период наверху была очень сложная. Шла жестокая, спровоцированная Н.С. Хрущёвым война за тяжёлый носитель, а значит, и за лидерство в перспективных космических программах"*.

Всё это выглядит, по крайней мере, странным. По правительственному Постановлению с участием большого количества различных НИИ, КБ, заводов ведётся разработка грандиозного ракетного комплекса, а его основное предназначение скрывается не только от первого заместителя главного конструктора (В.П. Мишина), но и от *"высших правительственных кругов"*. А поскольку Королёв опасался критики, значит у самого веры в правоту своего дела было немного. Да и о каком пилотируемом полёте на Марс можно серьёзно говорить при выведении на околоземную орбиту полезного груза массой в 75 т? Такой груз может быть только фрагментом общего космического комплекса. А далее нужно было бы стыковать эти фрагменты на орбите для сборки Марсианского комплекса массой 450...500 т, доставлять туда многие сотни тонн топлива - задача и в наше время пока ещё не из решаемых, а уж в 60-х годах прошлого века... Мечта энтузиаста, оторвавшегося от технических возможностей своего времени.

Не знаю, как бы выходило руководство ОКБ-1 из той ситуации, в которую само себя погрузило, если бы не "помощь" из-за океана. Успехи американцев в разработке Лунной программы и активная её пропаганда в СМИ США заставили обратить внимание руководства СССР на состояние дел в отечественной космонавтике. Последовало политическое решение: "Луну американцам не отдавать". Однако темпы проведения работ не обеспечивали принятых ранее сроков начала лётных испытаний ракеты Н1 и к середине 1964 г. отставание в выполнении некоторых работ от намеченных сроков составляло 1 - 1,5 года. И как было принято в СССР, в таких случаях устанавливался новый, более дальний срок и составлялся график "нагона". В данном случае поступили также, Постановлением от 19.06.64 г. срок начала ЛИ был перенесён на 1966 г. За этим Постановлением последовал выпуск в июне 1964 г. Постановления об организации "Совета по комплексу Н1 для научно-технического руководства, координации работ КБ и НИИ, оперативного решения принципиальных и технических вопросов и контроля за выполнением основных этапов работ по созданию комплекса Н1". Руководителем Совета назначили председателя ГКОТ С.А. Зверева, его заместителями: М.В. Келдыша (по науке), С.П. Королёва (по технике) и Г.А. Тюлина (по координации).

Появление нового научно-технического органа побудило Глушко вернуться к его изначальному предложению. Исходя из того, что кислородно-керосиновые двигатели НК-15 для первой ступени ракеты Н1 находятся на первичном этапе отработки, а ранее отклонённый в эскизном проекте двигатель 11Д43 успешно проходит испытания и технологическое освоение на серийном заводе, Глушко предложил руководству Совета обсудить замену двигателя НК-15 на 11Д43, заменив, естественно, и состав топлива. Для доклада на Совете Глушко подготовил статистику успешных стендовых испытаний двигателя 11Д43, а также необходимые расчётные материалы и технико-экономическое обоснование своего предложения. Однако члены президиума Совета, сославшись на принятое Экспертным советом в июле 1962 г. решение и ряд последующих правительственных Постановлений, отказали Глушко в обсуждении его предложения на Совете.

Организация Совета явилась первым шагом в активизации работ по Н1. Следующим шагом стал выпуск 3 августа 1964 г. правительственного Постановления "О работах по исследованию Луны и освоению космического пространства", в котором предусматривалась разработка на базе носителя Н1 космического комплекса Н1-Л3 для осуществления пилотируемой экспедиции на Луну с выходом космонавта на поверхность естественного спутника Земли и последующим возвращением на Землю. Из назначенных сроков выполнения этой космической операции следовало, что советский космонавт должен посетить Луну раньше американских астронавтов.

Участники разработки комплекса Н1 приняли выход Постановления с воодушевлением. Уже через 10 дней, 13 августа 1964 г., Королёв собрал широкое совещание участников разра-

ботки комплекса Н1, на котором во вступительном слове с удовлетворением отметил, что в вышедшем 3 августа Постановлении впервые перед разработчиками Н1 поставлена важнейшая задача - не только обеспечить посещение Луны советским человеком, но и опередить в этом американцев.

Мне представляется интересным ознакомить читателя с комментариями В.Е. Бугрова по поводу выпуска Постановления от 3 августа 1964 г: *"Кто и как спровоцировал это бездарное решение Н.С. Хрущёва, ставшее одной из главных причин, помешавших осуществлению марсианского проекта, - отдельный вопрос..."*.

После выхода Постановления от 3 августа начались работы по созданию Лунного экспедиционного комплекса. Наконец-то появилось конкретная задача для использования ракеты Н1. Однако первые же оценки заложенной в эскизном проекте мощности ракеты показали, что в исходном варианте ракета не способна обеспечить выполнение поставленной задачи - выводимой на околоземную орбиту массы в 75 т явно не хватало. Минимально необходимая нагрузка составляла около 95 т. Для обеспечения вывода такой нагрузки был разработан ряд мероприятий, среди них снижение опорной орбиты с 300 до 200 км, установка дополнительно к 24 двигателям первой ступени ещё 6 шт., форсирование по тяге всех двигателей на 2 %, увеличение объёма топливных баков путём врезки цилиндрической обечайки в центральную часть сферических баков, снижение температуры заправляемого топлива, ограничение количества членов экипажа до 2-х космонавтов, причём на поверхность Луны спускался только один, второй космонавт ожидал его в возвращающемся аппарате на окололунной орбите. Работы велись ударными темпами и 25 декабря 1964 г. Королёв подписал эскизный проект Лунного комплекса Н1-Л3, а в начале 1965 г. экспертная комиссия под председательством президента АН СССР М.В. Келдыша его одобрила. Вскоре был утверждён и план-график работ по созданию комплекса Н1-Л3.

Программа лунной экспедиции предусматривала вывод ракетой Н1 на околоземную орбиту лунного ракетного комплекса, который в течение 3,5 суток совершает полёт до Луны, где лунный орбитальный корабль переходит на окололунную орбиту. Один из космонавтов через открытое космическое пространство переходит в лунную посадочную кабину и садится на поверхность Луны. На Луне космонавт находится в течение 4-х часов - время лимитировалось автономной системой жизнеобеспечения скафандра "Кречет". За это время он должен установить государственный флаг СССР и научные приборы, собрать образцы лунного грунта, провести телерепортаж, кино и фотосъёмку окрестностей прилунения. После выполнения программы космонавт в лунной кабине стартует с Луны, стыкуется с находящимся на орбите лунным кораблём. Затем повторный переход в открытом космосе в лунный корабль, где его ожидает второй космонавт. Отстыковав лунную кабину, оба космонавта направляются к Земле и в спускаемом аппарате приземляются. Время обратного пути - те же 3,5 суток. По расчётам вся экспедиция займёт 11-12 суток.

После выхода в августе 1964 г. правительственного Постановления работы по теме "Н1" интенсифицировались по всем направлениям. На полигоне Байконур началось строительство специального стартового комплекса. Вместо обещанных Королёвым при защите эскизного проекта "минимальных доработок существующего старта", по документации ОКБ Бармина на "площадке 110" были воздвигнуты две стартовые позиции с пусковыми установками, состоящими из 145-метровых башен обслуживания, через которые должна была выполняться заправка баков ракеты, её термостатирование, электропитание, посадка экипажа. Рядом с каждой пусковой установкой размещалось по четыре дивертора (молниеотвода) высотой 180м. Всего на "площадке 110" было построено более 90 сооружений, а также огромный монтажно-испытательный корпус (МИК) для сборки в горизонтальном положении ракеты-носителя из пребывающих по железной дороге отдельных частей.

Теперь уже Правительство СССР внимательно следило за темпами работ по Лунным программам в СССР и США и реагировало на имеющееся отставание в СССР.

В октябре 1966 г. Устинов провёл в НИИ-88 большое совещание с участием руководства МОМ. Всех главных конструкторов ракетно-космической отрасли, представителей ВПК, АН СССР и Минобороны для обсуждения разработанного проекта очередного пятилетнего плана создания космических систем и объектов оборонного, научного и народохозяйственного назначения. С докладом выступил директор института Ю.А. Мазжорин. Из всего доклада (цитируется по книге Мозжорина) выделим фрагмент, касающийся разработки Н1-Л3: *"Хотя в проекте плана указаны заданные правительством сроки выполнения лунной программы, ответственно докладываю, что исходя из объёма производства и затрат, оставшихся на эти два года, программа Н1-Л3 не может быть реализована. В подтверждение был представлен график прошедших затрат и финансирования, необходимого для завершения работ в функции времени"*. Из графика следовало, что потребные мощности для окончания работ по Н1-Л3 к заданному сроку превышают производственные мощности МОМ в 2...3 раза. При сохранении текущего темпа работ начало лётных испытаний "уходило" на конец 1969 - начало 1970 г. Доклад вызвал бурю возмущений. Впервые официально было заявлено о нереальности планов, утверждённых правительственными Постановлениями. Докладчик вслух обнародовал известную всем "хитрость", применяемую при подготовке проектов Постановлений - занижать потребную трудоёмкость и финансирование работ, а также сроки их выполнения. Негодовал Устинов, возмущались Келдыш и Сербин. Устинов потребовал объяснения от головного разработчика комплекса - ЦКБЭМ. Его представитель, зам. Главного конструктора С.О. Охапкин (Мишин был в отпуске) успокоил Устинова и всех участников совещания эффектной фразой: *"Дмитрий Фёдорович, мы хотим выполнить эту большую и важную работу в заданный срок. Мы можем выполнить её. И мы выполним её, если Вы, Дмитрий Фёдорович, поможете нам немного"*.

Такое, по сути демагогическое заявление, не должно бы удовлетворить Устинова. Но он как-то сразу успокоился, по крайней мере, внешне. Это даёт основание предполагать, что Устинов прекрасно знал о фактическом состоянии дел с разработкой Н1, но не хотел, чтобы это получило преждевременную огласку. Мозжорин же в своём докладе вышел за рамки дозволенного, что и заставило Устинова проявить соответствующее занимаемой им должности возмущение по поводу услышанного.

Это совещание оказало существенное влияние на проведение работ по Н1-Л3.

4 февраля 1967 г. вышло правительственное Постановление о форсировании всех работ, а также были установлены новые сроки начала проведения лётных испытаний - третий квартал 1967 г. и высадки на Луну - третий квартал 1968 г. Этот срок по прогнозам ещё обеспечивал приоритет советской космонавтики в "завоевании" Луны. Это был последний срок, дальнейшее движение "в право" означало потерю приоритета в высадке на Луну. Исходя из этого Устинов в апреле 1968 г. решил проконтролировать выполнение февральского Постановления и собрал в здании ЦК КПСС совещание, в котором приняли участие руководители министерства, главные конструкторы и директоры основных заводов, участвующих в работах по Н1. В ходе доклада Мишина выяснилось, что по ряду работ имеется отставание до полугода. Возмущённый Устинов перебил докладчика: "Как же Вы, товарищ Мишин, умудрились за два месяца после выхода Постановления отстать на полгода? Вы что, обманывали ЦК партии?" Мишин пытался объяснить, что уже создан график "нагона", что конечные сроки остаются, но Устинов не стал дальше слушать и, поручив министру разобраться в ситуации, закрыл совещание. Однако ситуация была такова, что никакими графиками "нагона" ликвидировать отставание было невозможно. И тогда, руководствуясь восточной мудростью: "Если гора не идёт к Магомету...", в ноябре 1967 г. срок начала лётных испытаний Н1-Л3 очередным Постановлением перенесли на третий квартал 1968 г.

(Продолжение следует.)

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

HERMLE
Фрезеровать лучше

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ТОРИЕВОГО ЦИКЛА

МФПУ "Синергия":
Андрей Иванович Касьян, доцент, к.т.н.
Равгат Явдатович Хамидуллин, доцент, к.т.н.

(Окончание. Начало в № 1 - 2012)

Проследим, что же происходит в активной зоне при цепной реакции? Мы можем считать, что сначала нейтроны поглощаются ядрами и после этого на смену одного поколения нейтронов приходит другое. Соотношение количеств нейтронов последующего и предыдущего поколений позволяет охарактеризовать текущее состояние реактора с помощью эффективного коэффициента размножения нейтронов $k_э$ или реактивности $\rho = (k_э - 1)/k_э$. Если количество нейтронов от поколения к поколению увеличивается, то $k_э > 1$, цепная реакция нарастает, реактор находится в надкритическом состоянии, его реактивность положительна. Обычный реактор, если не учитывать поглотители, регулирующие устройства и т.д., всегда имеет избыточную реактивность. Со временем топливо выгорает, но с помощью специальных устройств реактивность поддерживается в нужных пределах. Реакции управляемы. Если же эти устройства отказали, каким-то образом оставили урановый реактор один на один с его содержимым, то начнется разгон. Среднее время, характеризующее динамику, определяется продолжительностью жизни одного поколения нейтронов в активной зоне и зависит, конечно, от свойств среды, от типа реактора, лежит в интервале от 10^{-4} до 10^{-8} с. Сразу заметим, что на ториевом реакторе такой разгон трудно получить, т.к. ядра делящегося урана-233 не загружаются заранее с избытком, а образуются по мере протекания процесса.

На практике в активную зону тем или иным способом вводят замедлитель, что повышает к.п.д. реакции деления. Роль замедлителя определяется его названием - нейтроны, сталкиваясь с ядрами, постепенно теряют свою скорость - замедляются. При эффективном замедлителе основная масса нейтронов успевает замедлиться до тепловых энергий, т.е. вступает в тепловое равновесие с окружающей средой (средняя энергия - 0,025 эВ). Такие реакторы называются "на тепловых нейтронах". В качестве замедлителя используются в основном тяжелая вода (D_2O), что и дает название реакторам на тяжелой воде, графит, бериллий, окись бериллия, а также обычная вода, которая замедляет нейтроны не хуже тяжелой воды, но, к сожалению, поглощает их в гораздо большем количестве. На обычной воде (конечно, не из-под крана) работают реакторы ВВЭР. Итак, процессы в медленных реакторах приводят к тому, что некоторые нейтроны не только теряют скорость, но и могут поглощаться замедлителем. Тогда из одной тонны загруженного в реактор природного (необогащенного) урана полезно используется только семьсот граммов урана-235 и один кг (доли процента) урана-238. Не будем останавливаться на деталях (важных) о преобладании тех или иных реакций. У читателя, естественно, может возникнуть вопрос о целесообразности самого процесса замедления нейтронов.

Если мы исключим специальный замедлитель, хотя мы не можем исключить охладитель (теплоноситель), то нейтроны в активной зоне на протяжении своей жизни успевают снизить энергию до значений порядка 0,1 МэВ (это очень высокая скорость). Соответствующие цепные реакции называются быстрыми (а реакторы - "на быстрых нейтронах"). Цепные реакции, в которых нейтроны замедляются до энергий от десятков до одного кэВ, называются промежуточными. Мы получили классификацию типа реактора по спектру нейтронов. Описание дано в самых общих чертах, не рассматриваются детали спектра, многочисленные проблемы, например, связанные с "проскакиванием" нейтронов через резонансную область и т.д.

Сделаем несколько замечаний относительно быстрых реакторов (БР). Мы не можем обойти их молчанием, т.к. с ними связаны упомянутые надежды на замыкание топливного цикла. Для тепловых нейтронов, которые двигаются с незначительной скоростью, "сечения" захвата велики (т.е. вероятность захвата ядрами велика), но сильно меняются (скачут) при переходе от одного типа ядра к другому. Поэтому к активной зоне нужно предъявить требования высокой химической чистоты. Это недостаток. Для быстрых нейтронов все сечения захвата тяжелых ядер достаточно малы и не так уж сильно отличаются друг от друга и проблемы высокой чистоты материалов не так актуальны. Кроме того, на каждый захват нейтрона в активной зоне такого реактора испускается в 1,5 раза больше нейтронов деления, чем в активной зоне реактора на тепловых нейтронах. Это преимущество. Указанное свойство создает предпосылки для сжигания в быстрых реакторах всевозможных ядер. Кроме того в этих реакторах топливо сжигается на порядок эффективнее - до 12 %. Это определяется и конструкцией и свойством топлива. "Скажи мне, какое у тебя топливо, и я скажу - какой реактор".

Еще одно преимущество заключается в том, что в реакторе на быстрых нейтронах, охлаждаемом жидкометаллическим теплоносителем, отсутствует большое избыточное давление. Небольшие по величине и отрицательные мощностной, температурный и околонулевой пустотный эффекты реактивности в целом исключают разгон реактора БН на мгновенных нейтронах при ошибочном извлечении из активной зоны органов регулирования и несрабатывании аварийной защиты. Таким образом существует возможность сконструировать обратные связи и характеристики первого контура так, чтобы исключить внутренние причины тяжелых аварий, даже без срабатывания аварийной защиты. Выбор мощности модульного БР может быть осуществлен из условия отвода остаточного энерговыделения воздухом от корпуса реактора без разгерметизации оболочек ТВЭЛов и выбросов активности. Трехконтурная схема теплоотвода в быстром реакторе позволяет защитить первый контур реактора от попадания в него воды или пара, если используется паровая турбина. Таким образом, быстрый реактор можно сделать самозащищенным и саморегулируемым.

Основным преимуществом быстрых реакций является более высокий коэффициент воспроизводства (КВ). Если, например, КВ = 1, то реактор не требует дополнительной загрузки топлива. Дело в том, что из ядер урана-238 образуются ядра плутония-239. Коэффициент КВ может быть и больше единицы, тогда режим работы называется расширенным воспроизводством делящегося материала. Именно быстрые реакторы, в принципе, позволят решить проблему самообеспечения топливом.

Время жизни одного поколения нейтронов для быстрой реакции, как мы видели, на несколько порядков меньше, чем для тепловой (из-за высокой скорости нейтронов). Поэтому динамика происходящего процесса может практически мгновенно отреагировать после изменения условий в активной зоне. Это, естественно, осложняет работу систем управления быстрого реактора. Для хорошо спроектированного реактора этот эффект сглаживается, поскольку динамика управления определяется временами жизни запаздывающих, а не мгновенных нейтронов. Запаздывающие нейтроны появляются спустя несколько секунд. Скоростью ядерной реакции механически управляют регулирующие стержни из вещества, поглощающего нейтроны (например, бор или кадмий), а также добавки (борной кислоты) в теплоноситель. Чем глубже, например, опускают стержни в активную зону, тем больше они поглощают нейтронов и изымают их из процесса. Все эти тонкости начинают особенно сказываться, если реактор представляет собой некое уникальное устройство, требующее особого подхода, настройки. (Например, из 105 энергетических реакторов в США нет даже двух похожих, что послужило причиной для возникновения ряда проблем). Что же касается быстрых реакторов, то в решении этой проблемы не все так просто. При создании реакторов на быстрых нейтронах ученым пришлось столкнуться с серьезными трудностями. Это и особые требования к конструкционным материалам и использование особого теплоносителя (например, жидкий натрий). Жидкий натрий агрессивно реагирует с водой. Правда, в России имеется направление, связанное с научно-обоснованными теплоносителями из свинца и эвтектического сплава свинца с висмутом. Для реактора на быстрых нейтронах требуется компоненты энергоблока изготавливать из коррозионно-стойких спецматериалов, что достаточно дорого.

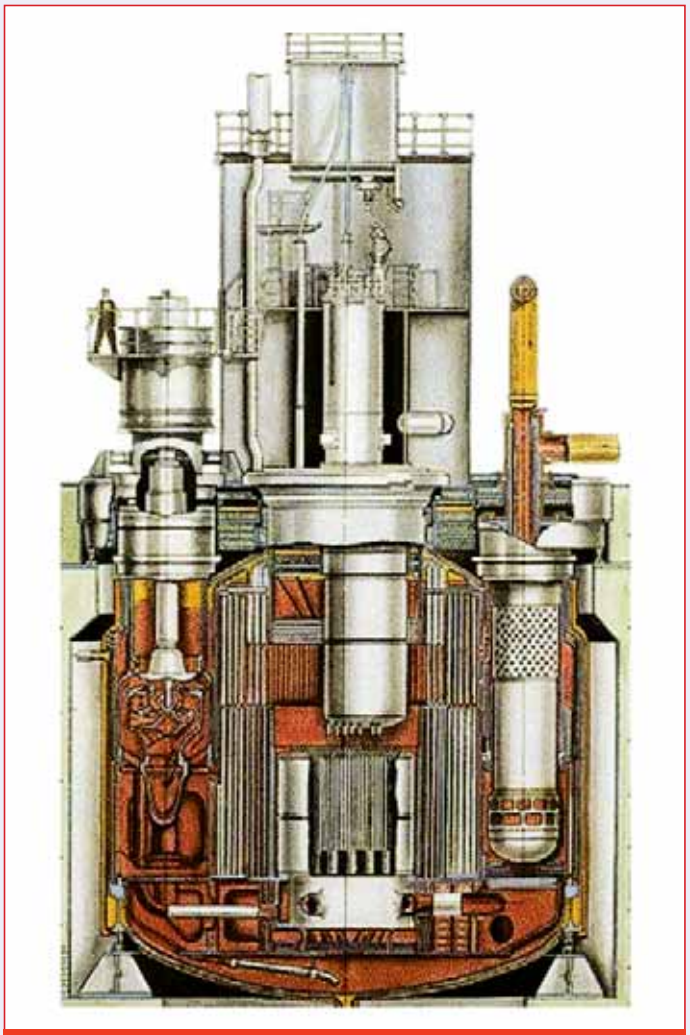
Возвращаясь к общему вопросу безопасности, рассмотрим его с нескольких сторон. При глобальном подходе решение в этом направлении должно как минимум улучшать какие-либо из существующих сейчас различных групп показателей и требований, не сводимых к единому параметру, в первую очередь связанными с проблемами возникновения аварий, нераспространения, обращения с отходами, экологией, устойчивости развития и т.д., не ухудшая всех остальных. Начнем по порядку.

Противники ядерной энергетики выдвигают два основных тезиса: первый - проблемы в обращении с радиоактивными отходами, второй - высокая цена аварии. Что касается цены аварий, то хорошим ответом может служить статья [1]. Выдвигаются также опасения относительно незаконного распространения стратегических материалов, исчерпания запасов урана и др.

Проблемы с отходами можно решить разными способами. Основной - это так называемый замкнутый ядерный топливный цикл, который позволяет не только навсегда избавиться от ядерных отходов, в том числе и производимых обычными АЭС, но и решить проблему ядерного топлива, заменяя дефицитный уран-235 на уран-238 и другие изотопы, что хватит, как минимум, на несколько столетий. Важное значение здесь будет иметь и высокая безопасность нового поколения реакторов и переход к новому уровню решения проблемы нераспространения делящихся материалов и ядерного оружия и т.д. Получается, что ядерная энергетика с замкнутым уран-плутониевом (в будущем и ториевом) циклом перспективна для России и она может стать мировым лидером в этой области. Технология использования реакторов на быстрых нейтронах, как считает генеральный директор госкорпорации "Росатом" Сергей Кириенко, начнется у нас до 2020 года. *"Что можно говорить точно - реакторы на быстрых нейтронах как промышленная технология будут освоены к 2020 году"*, - сказал Кириенко на Гайдаровском форуме. Он сообщил, что одним из важных преимуществ реакторов на быстрых нейтронах является их *"естественная безопасность"*. На сегодняшний день быстрых реакторов в мире почти не осталось, только у нас. Эксплуатация быстрых реакторов встретилась с большими трудностями. У нас на Белоярской АЭС почти 30 лет в опытно-промышленной эксплуатации работает реактор БН-600, который по ряду параметров (КИУМ, КПД) признан одним из лучших в мире. Энергетический пуск реактора на быстрых нейтронах БН-800, который строят на этой АЭС, планируется на сентябрь 2014 года. Этот реактор рассчитан на смешанное оксидное уран-плутониевое топливо, однако не исключается использование более плотного мононитридного топлива, на котором коэффициент КВ активной зоны БН-800 достигает единицы даже без зон воспроизводства. Заметим, что реакторы с тяжёлыми жидкометаллическими теплоносителями также могут сыграть важную роль в ядерных технологиях XXI века. К сожалению, рассмотрение проблемы реакторов на быстрых нейтронах выходит за рамки статьи.

Отдельного разговора заслуживает также открытый ядерный цикл, основанный на тории, поскольку в России (и во всем мире) тория больше, чем урана. Индия уже выбрала торий как основу своей будущей энергетики. Многие люди у нас считают, что ториевый цикл - наиболее экономичный и безопасный метод производства энергии практически в неограниченном количестве. Рассмотрим этот тезис.

Итак, существует мнение, что по ряду параметров ториевый (уран-ториевый) топливный цикл, в отличие от существующего уран-плутониевого, в принципе может удовлетворить потребности человечества в "чистой" энергии на продолжительном отрезке времени. Относительно свойств безопасности ториевого реактора говорилось выше. Задача практического воплощения ториевого цикла в



Реактор на быстрых нейтронах БН-600

жизнь достойна стать научной и инженерной целью отрасли.

Обратимся еще раз к вопросу о запасах, и заметим, что торий не валяется под ногами, точнее он "валяется" или разбросан по слишком большой площади и не имеет месторождений. Урана на Земле немало, но тория в несколько раз больше. В то же время, у него отсутствуют "месторождения" как таковые, хотя монацитовые пески с содержанием тория до 10 %, образуют достаточно большие залежи (россыпи), но чаще всего торий рассеян по месторождениям других минералов. Добытчики редких земель не хотят иметь с ним дело. Торий - радиоактивный материал (как и уран), к тому же эманирующий. Работать с ним опасно, а изолировать в отвалах дорого. Можно упомянуть добычу тория в 1950-1964 гг. в Читинской области. На некоторых оставшихся участках разработки уровень радиации сейчас достигает 700 мкР/ч, а в "хвостохранилище" наблюдаются очаги с уровнем 1500 мкР/ч (в Москве уровень не более 20 мкР/ч). Если мы упомянули радиоактивное заражение земли, то в России общая суммарная площадь зараженных участков составляет порядка 600 км^2, а суммарная активность РАО около 250 тыс. Ки. Заметим, что затраты на очистку 1 тыс. м^2 площади могут составлять 2000 дол и более.

Стабильного рынка тория в настоящее время фактически не существует. Добывается он в незначительных количествах. Действительно, в России есть месторождения монацита, но разрабатываются только те из них, в которых нет тория. Итак, в настоящее время в России серьёзной добычи тория не ведётся, и возможно, в ближайшие годы, пока не отработают технологии, вестись не будет. Становится ясно, что основным препятствием для ториевого цикла является отсутствие широкой сырьевой базы.

Вернемся к проблеме захоронения. В ториевом цикле за время эксплуатации уран-ториевого реактора будет наработано меньше радионуклидов, чем в аналогичном по мощности уран-плутониевом реакторе (основная проблема будет связана с радиологическим воздействием Pa-231). Это обстоятельство переводит проблему обращения с радиоактивными отходами уже в практическую плоскость, поскольку для малых количеств трансурановых элементов их можно переработать. Но здесь присутствует один маленький нюанс: технология переработки отработанного топлива уран-плутониевого цикла имеется, а для уран-ториевого цикла еще не разработана.

Кратко коснемся рассмотрения основных типов ториевых реакторов. Практически все реакторы в то или иное время изучались с точки зрения применения ториевого топлива. Это касается в первую очередь реакторов на тепловых нейтронах: высокотемпературного (HTR), на тяжелой воде (PHWR) и обычной легкой воде.

По-видимому, первые испытания ториевого топливного цикла, были проведены в Окриджской Национальной Лаборатории в шестидесятых годах прошлого века. В реакторе использовался высокотемпературный солевой расплав тетрафторида тория. Финансирование прекращено в 1976 г.

В период с 1967 по 1988 годы в Германии 750 недель эксплуатировался экспериментальный реактор AVR с насыпным бланкетом, мощностью 15 МВт. Большую часть всего периода работы реактора составляла работа на ториевом топливе. Топливо представляло собой 100 000 топливных элементов в виде шариков. Торий использовался в смеси с высокообогащенным ураном.

Реактор Dragon мощностью 20 МВт с 1964 по 1973 г. работал в английском городе Уинфит и использовал ториевые ТВЭЛы. Он эксплуатировался в рамках совместного проекта, в котором, наряду с Великобританией, участвовали Австрия, Дания, Швеция, Норвегия и Швейцария. Ториево-урановое топливо могло работать в реакторе в течение шести лет.

В 1967-1974 годах в США работал высокотемпературный реактор Peach Bottom на уран-ториевом топливе мощностью 110 МВт производства компании General Atomic. В Нидерландах в течение трех лет эксплуатировался гомогенный ториевый реактор с водяной смесью мощностью 1 МВт.

Проводились и эксперименты на быстрых нейтронах. Так, например, в Германии был разработан реактор THTR мощностью 300 МВт, проработавший с 1983 по 1989 г.

Единственным коммерческим реактором в США был Fort St Vrain, работавший на ториевом топливе (1976 - 1989 гг.). Это был высокотемпературный реактор (1300 °C) с графитовым замедлителем и гелиевым охлаждением с проектной мощностью 842 МВт (330 МВт электрических). Топливные элементы были изготовлены из карбида тория и карбида уран-ториевого сплава в виде микросфер. В реакторе использовалось почти 25 тонн тория. Исследования ториевого топлива для реакторов типа PWR проводились на другом американском реакторе Shippingport; в качестве исходного делящегося материала топлива использовались U-235 и плутоний. Был сделан вывод, что торий не оказывает сильного влияния на режимы работы и сроки эксплуатации активной зоны.

Практический интерес к применению тория в реакторах типа CANDU был обусловлен, в первую очередь, теоретическим обоснованием возможности достигнуть в тяжеловодных реакторах на тепловых нейтронах около бридерных режимов (вплоть до циклов с самообеспечением топливом). В этом направлении был проведен большой цикл исследований в Канаде. В настоящее время подобная работа ведется в Индии.

Для использования в CANDU были изучены два топливных цикла, предполагавших переработку выгоревшего топлива: топливный цикл с самообеспечением топливом и цикл с высоким выгоранием топлива. В итоге отметим, что в стандартной конструкции CANDU режима самообеспечения достигнуть невозможно из-за большого паразитного поглощения нейтронов в нетопливных материалах. Для улучшения баланса нейтронов необходимо: уменьшить энергонапряженность топлива, повысить степень очистки тяжелой воды, удалить из активной зоны стержни, предназначенные для компенсации отравления Xe, заменить циркониевые сплавы (устранение изотопа Zr-91 с высоким сечением поглощения нейтронов).

Стратегия циклов с высоким выгоранием топлива в принципе схожа с использованием U-Pu топливного цикла в LWR.

Применительно к использованию в CANDU также исследовался открытый топливный ториевый цикл. В этом цикле слабообогащенное урановое топливо и торий размещаются раздельно в различные каналы, чтобы можно было обеспечить различную энергонапряженность топлив. Урановое топливо в этом цикле выгорает и перегружается быстрее. Расчеты показывают, что потери в выгорании уранового топлива успешно компенсируются большим выгоранием ториевого топлива. Экономические показатели этого цикла схожи и могут даже превосходить аналогичные показатели для чистого уранового топливного цикла. Этот цикл после детальной проработки может быть рассмотрен для использования в тяжеловодных реакторах на ближайшую перспективу.

HTR - единственный реактор, изначально спроектированный под торий. Уран-233 имеет более хорошие ядерно-физические характеристики, что позволяет надеяться на высокий уровень конверсии и более эффективное использование топлива. Открытый ториев топливный цикл здесь не дает существенных преимуществ, а лучшая экономичность достигается в закрытом цикле при среднем обогащении по урану-235.

В качестве альтернативы твердотопливным реакторным системам рассматриваются жидкосолевые реакторы (MSR), использующие топливо в виде расплавов неорганических соединений урана, тория и плутония, в которых основой охлаждающей жидкости является смесь расплавленных солей, работающая при высоких температурах, но низком давлении. Исторически первый такой опытный ректор действовал в 1954 г., а американский бомбардировщик B-36 был оснащён им в 1955 - 1957 гг. При проектируемой аварийной ситуации на станции, когда отказали регулирующие стержни, реактор начинает перегреваться, но жидкость, после срабатывания аварийного клапана, под действием силы тяжести сливается в аварийно-резервное хранилище, тем самым предотвращая разгон. Расход ядерного горючего оценивается примерно в 1000 кг тория на 1 ГВт произведённой энергии. В уран-ториевом топливном цикле реакторы этого типа позволяют достигнуть бридерного режима. В США (в 1965-1969 гг.) эксплуатировался реактор MSRE с тепловой мощностью 7,3 МВт. В США, Франции, Японии, в Российской Федерации и др. странах про-

работаны различные схемы MSR с использованием расплавов фторидов легких и тяжелых металлов. Группой энтузиастов MSR предложена концепция, обеспечивающая, по мнению авторов, практическое решение всех проблем дальнейшего развития ядерной энергетики. Но в этой концепции предлагается использовать ускорители в качестве дополнительного внешнего источника нейтронов. Это обусловлено тем, что уран-ториевый топливный цикл нейтронно дефицитен и нужна подпитка или за счет урана-235, или плутония, или электроядерными, или термоядерными (внешними) нейтронами.

Перечень проводимых исследований можно было бы продолжать. В результате всего можно констатировать, что топливо на основе тория испытано в реакторах различного типа: легководных и тяжёловодных, высокотемпературных и т.д., но фактически в атомную энергетику не внедрено. Многолетние исследования натолкнулись на всевозможные трудности и работы по использования тория в атомной энергетике не были продолжены. Исключение составляет Индия, которая продолжает работы, так как располагает большими запасами тория.

Кратко еще раз перечислим основные преимущества и недостатки ториевого цикла.

Преимущества:

1. Торий в 3...4 раза более распространённый в земной коре элемент, чем уран.

2. Природный торий состоит из одного изотопа и его вовлечение в топливный цикл в отличие от урана не требует трудоёмкого разделения изотопов.

3. Торий имеет некоторые более привлекательные ядерные свойства по сравнению с ураном (резонансный интеграл - среднее сечение по промежуточным энергиям нейтронов составляет треть от такового для урана-238 и т.п.). Поэтому ториевое топливо можно использовать в тепловом бридерном реакторе.

4. Ториевые топлива обладают и некоторыми благоприятными физическими и химическими свойствами, улучшающие эксплуатацию реактора. По сравнению, например, с наиболее распространённым реакторным топливом на основе диоксида урана (UO_2), диоксид тория (ThO_2) имеет более высокую температуру плавления и, в отличие от диоксида урана, не склонен к дальнейшему окислению.

5. Поскольку U-233, произведенный в ториевых топливах неизбежно загрязнен U-232, то это ядерное топливо в какой-то мере защищает себя от хищений. Радиологическая опасность от таких материалов требует использования дистанционной обработки.

6. Длительная радиологическая опасность обычного используемого ядерного топлива на основе урана определяется плутонием и минорными актинидами. Торий более привлекателен и его применение возможно в смешанном оксидном (MOX) топливе, когда достигается уменьшение накопления трансуранов.

7. В отличие от плутония, U-233 может быть легко денатурирован путём смешения его с природным или обеднённым ураном.

8. Ядерные реакторы на ториевом топливе более безопасны, чем на урановом, поскольку ториевые реакторы не обладают запасом реактивности. Поэтому никакие разрушения аппаратуры реактора не способны вызвать неконтролируемую цепную реакцию.

Недостатки:

1. Торий - рассеянный элемент, не образующий собственных руд и месторождений.

2. Вскрытие монацита - процесс намного более сложный, чем вскрытие большинства урановых руд. Производство тория затруднено. Поэтому торий и его соединения дороже аналогичных продуктов на основе урана.

3. Из-за плохих механических свойств тория, из него невозможно изготовить какие-либо изделия точной формы.

4. В отличие от урана, естественный торий не содержит никаких делящихся изотопов; чтобы достигнуть критичности необходимо все равно использовать (хотя бы на начальном этапе) делящийся материал: уран-235 или плутоний.

5. При использовании тория в открытом топливном цикле для достижения нейтронной эффективности необходимы высокие степени выгорания. (Хотя выгорание диоксида 170 000 МВт·сут/т в реакторе Fort St. Vrain Generating Station и было глубоким, тем не менее, трудно достигнуть высоких степеней выгорания в легководных реакторах, т.е. в основных существующих реакторах современной атомной энергетики).

6. Если твёрдый торий используется в закрытом топливном цикле, в котором U-233 подвергается переработке, то интенсивная радиация (жёсткое γ-излучение с энергией до 2,6 МэВ) обусловливает необходимость дистанционного управления всеми операциями топливного цикла, что увеличивает затраты по сравнению с урановым топливным циклом.

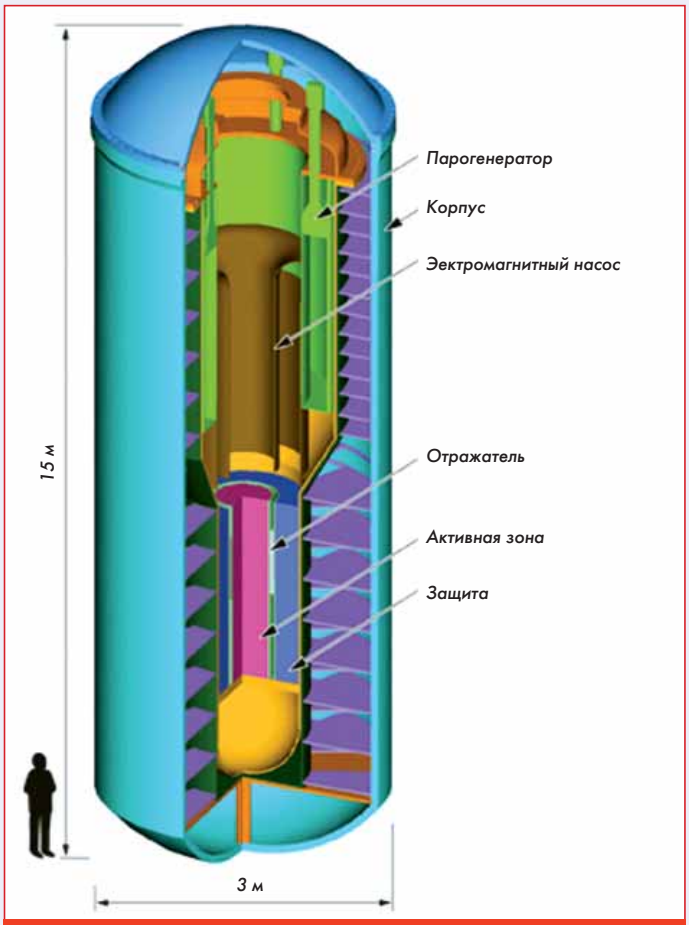
7. В сравнении с существующими прекрасно отлаженными методами переработки уранового топлива подобная технология для тория - все еще разрабатывается.

8. Несмотря на воздействие вредного U-232, США, по-видимому, испытали бомбу на основе U-233. Поэтому переход на ториевую энергетику не снимает проблемы распространения атомного оружия.

9. Хотя ториевое топливо производит намного меньше долгоживущих трансуранов, чем топливо на основе урана, некоторые долгоживущие актиниды оказывают длительное радиологическое воздействие, особенно Pa-231.

Можно сделать обобщающий вывод, что ториев цикл просто дороже уранового. К тому же он весь слабо проработан. Поэтому рассчитывать в ближайшее время на полномасштабную ториевую энергетику не следует. Тем не менее, за оставшееся время, при государственной поддержке необходимо провести исследования структуры оптимального топливного цикла с привлечением тория, а также электроядерных и термоядерных источников нейтронов и решить проблему создания безотходного по актинидам топливного цикла.

Конкретно, в ближайшее десятилетие, для решения задач оптимизации эффектов реактивности, увеличения запасов до предельно достижимых параметров, снижения присущих урановой технологии рисков необходимо исследовать вопросы гомогенного введения тория в ядерное топливо, его гетерогенное размещение (в отдельных ТВЭЛах, поглотителе) и создания ториевых экранов.



Предполагаемый вид малогабаритного реактора, топливом для которого будет торий

УДК 94(47) ББК 63.3(2)-24 Л73

ПАРОВОЗЫ КОЛОМЕНСКОГО ЗАВОДА

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

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

Московско-Казанская железная дорога совместно с Коломенским заводом построила в 1907 г. совершенно новый пассажирский паровоз 2-3-0, тип 106. Этим паровозам была присвоена серия К, и они получили значительное распространение, обладая отличными ходовыми качествами и хорошим парообразованием. Он имел три спаренные оси со сцепной массой 45,4 т с передней двухосной тележкой, простую двухцилиндровую машину однократного расширения и пароперегреватель в жаровых трубах с умеренным перегревом. Этот паровоз показал настолько хорошие качества при средних скоростях, что сразу обратил на себя внимание казенных и частных дорог и был принят как типовой для последующих заказов Коломенскому заводу. Он строился в двух вариантах при сохранении основных размеров; разница их заключалась в подвешивании передней сцепной оси, конструкции пяты тележки и форме будки паровозной бригады. На некоторых паровозах была применена кулиса Савельева. Ось котла в этом паровозе впервые была поднята до 3200 мм над рельсами. Такого высокого расположения оси котла не имел еще ни один русский паровоз, и это смущало многих паровозников. Изучение, однако, показало, что боковые удары на путь и частота колебаний у паровозов с высоким котлом значительно меньшие, чем у паровозов с низко расположенным котлом.

Однако, диаметр колес 1700 мм у этого паровоза был мал для достижения скорости 80...90 км/ч, а также у него не было обеспечено необходимого парообразования котла. Поэтому Московско-Казанская дорога совместно с Коломенским заводом реконструировала паровоз серии К и создала в 1912 г. улучшенный паровоз 2-3-0, тип 120, которому была присвоена серия $К^У$. Изменения состояли в увеличении площади колосниковой решетки, повышении давления пара и увеличении диаметра колес. Новый паровоз серии $К^У$ был одним из лучших пассажирских паровозов, сочетая в себе образец мощности, быстроходности, простоты в уходе, малой стоимости ремонта и экономичности в работе.

Пассажирский паровоз серии $К^У$(2-3-0, тип 120)

Московско-Казанская железная дорога также поручила Коломенскому заводу постройку товарных четырехосных паровозов, ограничив давление на ось в 16 т и общую массу паровоза в рабочем состоянии - 64 т. Завод под руководством специалистов дороги спроектировал и построил в 1908 г. такой паровоз, тип 107 - однократного расширения с перегревом пара и диаметром движущих колее 1200 мм.

Этому паровозу впоследствии была присвоена серия V (*ижица*). Для большей его устойчивости и уменьшения влияния на ходу были применены так называемые "водила", как у паровозов серии Ы. Часть паровозов имела трехосные тендеры, а часть - четырехосные на тележках американского типа.

Обладая прекрасными ходовыми качествами, этот паровоз не отличался особо экономным расходом топлива. Для улучшения параметров этого паровоза Коломенский завод при постройке в 1914 г. подобных паровозов, тип 144, для Варшаво-Венской железной дороги несколько изменил главные размеры, оставив без изменения его массу и мощность. Диаметр колес паровоза был увеличен с 1220 до 1300 мм, для сохранения силы тяги давление пара было повышено до 12,5 атм, увеличена площадь колосниковой решетки с 3,03 до 3,32 м^2, поставлено в виде опыта клапанное парораспределение на нескольких паровозах, увеличена поверхность нагрева с 163 до 179 м^2 и поверхность перегревателя с 40 до 43 м^2. Улучшенному паровозу была присвоена серия V^C. Эти паровозы долгое время успешно работали на Московско-Казанской железной дороге.

Пассажирский паровоз серии V^C (0-4-0, тип 144)

Потребность в пассажирском паровозе с четырьмя спаренными осями появилась как результат интенсивного пассажирского движения на линиях Московско-Казанской дороги со слабым верхним строением пути. Давление от оси на рельсы не могло превышать 14 тс, а сила тяги пассажирских паровозов с тремя спаренными осями была недостаточна для перевозки тяжелых пассажирских поездов. Поэтому было увеличено число спаренных осей до четырех, что повысило сцепную массу паровоза до 56 т. Диаметр движущих колес составлял 1600 мм. Для плавного вписывания в кри-

Пассажирский паровоз серии И (1-4-0, тип 112)

вые спереди поставили тележку Краусса, впервые примененную на русском паровозе. Это позволило использовать котел с поверхностью нагрева в 163 м^2 и перегреватель - 40 м^2. Таким образом, получился первый русский пассажирский паровоз, тип 112, с четырьмя спаренными осями. Он был построен на Коломенском заводе в 1909 г., и ему была присвоена серия И.

В 1915 г. Коломенский завод при постройке паровозов, тип 145, для Варшаво-Венской железной дороги улучшил конструкцию паровоза серии С, применив вместо задней жестко закрепленной в раме оси, одноосную тележку Бисселя. Вместо передней тележки Цара была применена одноосная тележка Краусса; все три спаренные оси образовывали жесткую базу длиной 3900 мм

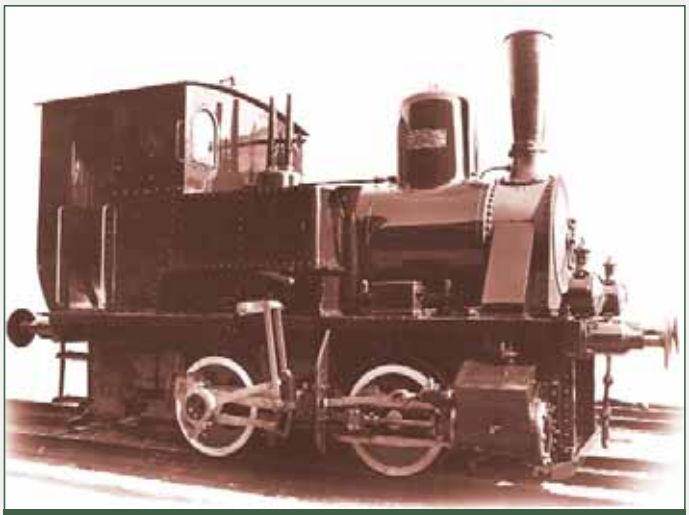
Служащие паровозного отдела. 1911 год. Паровозный отдел сформирован в 1869 году, хотя начало работ относится к 1865 году.
Паровозный отдел включал 14 мастерских: кузница и калильная, механическая, арматурная, пригоночно-отделочная, котельная, колесная, тендерная, паровозо-сборочная и малярная, болтовая, инструментальная, пилонарубная, медно-котельная, фонарная, гидравлический пресс, механическая лаборатория.
В центре фотографии - заведующий паровозным отделом Александр Александрович Борисов

и были все с гребнями. Измененному типу паровоза серии С присвоили серию $С^В$, и он лучше вписывался в кривые. У паровоза серии $С^В$ была значительно увеличена площадь колосниковой решетки, повышена степень перегрева пара, увеличен диаметр цилиндров и вес. При этом паровоз серии $С^В$ оказался значительно мощнее, чем паровоз серии С. Паровоз серии $С^В$ так же, как и паровозы серии Л, был последним типом пассажирского паровоза, построенного к концу Первой мировой войны русским паровозостроительным заводом.

В 1883 г. на Коломенском заводе началась постройка танк-паровозов. Здесь практически одновременно начали изготавливать и двухосные танк-паровозы, преимущественно для промышленности, и трехосные - для железных дорог. Коломенский завод построил значительное количество танк-паровозов, в первую очередь для промышленности, приспосабливая их каждый раз для специальных требований. Строгого разграничения танк-паровозов, нормальной колеи, промышленного типа и железнодорожного, не было. Они различались по числу осей, общему весу и запасам воды. Все танк-паровозы строились для работы насыщенным паром. Простота конструкции и ухода расценивалась выше экономии топлива. Коломенский завод разработал около 20 типов танк-паровозов нормальной колеи.

Двухосные танк-паровозы на железных дорогах имели незначительное распространение. Небольшая сила тяги, малые запасы воды и топлива делали их пригодными только для работы в специальных условиях, например, в вагонных мастерских, складах огнеопасных материалов, скоропортящихся грузов и т.п., где приходилось маневрировать с несколькими вагонами.

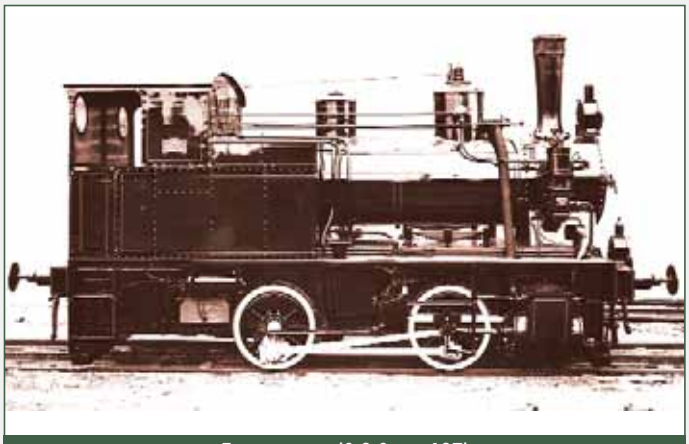
Пассажирский паровоз серии $С^В$ (1-3-1, тип 145), 1914 г.



Танк-паровоз (0-2-0, тип 59)

Одним из первых танк-паровозов, построенных Коломенским заводом в 1885-1890 гг. с двумя спаренными осями, был паровоз тип 59. Его масса в порожнем состоянии составляла 12 т, а при полном запасе топлива и воды во внутрирамном баке давление от оси на рельсы не превышало 9 тс. Это был самый легкий двухосный танк-паровоз нормальной колеи.

Более тяжелый двухосный танк-паровоз Коломенского завода, тип 48, изготавливался в 1888-1902 гг. с баком для воды, помещенным внизу котла, причем продольные листы рамы являлись стенками бака. Такие баки вследствие расшатывания заклепок давали неустранимую течь, и вскоре от такой конструкции отказались. Боковые баки предназначались для запаса нефти.



Танк-паровоз (0-2-0, тип 137)

Специально для промышленных целей Коломенский завод начиная с 1910 г., создал несколько разновидностей двухосных танк-паровозов легкой категории, так называемых литерных, заводской тип которых обозначался буквой и цифрой, где цифра указывала на количество осей, типа $Е_2$, $Ф_2$, $Г_2$, $И_2$. паровозы типов Е, Ф, и Г были оборудованы простым бескулисным парораспределительным механизмом Маршаля. Они имели большое распространение в промышленности, но на железные дороги из-за малой мощности не поступали.

Боковые баки для воды ограничивали видимость пути впереди паровоза с площадки машиниста, поэтому баки иногда делались скошенными в передней части. Это, впрочем, не всегда улучшало видимость. Поэтому Коломенским заводом в 1914 г. был построен двухосный танк-паровоз типа 137, у которого баки для воды, помещенные на площадке, были укорочены, а основной бак был установлен между листами рамы. Он был самостоятельным, без связи с рамой, что позволяло вынимать его для ремонта со своего места после снятия котла с рамы. Этот танк-паровоз имел распространение, кроме промышленности, и на железных дорогах. Для работы в мастерских по ремонту пассажирских вагонов и для проверки автоматических тормозов он был снабжен тормозом Вестингауза. Резервуар для сжатого воздуха помещался под будкой машиниста. Парораспределение осуществлялось при помощи кулисы Гейзингера. Все эти типы двухосных танк-паровозов нормальной колеи относились к разряду легких танк-паровозов. Нагрузка от оси на рельсы у них в рабочем состоянии не превышала 13 тс.

Улучшение состояния путей на заводах тяжелой промышленности позволило применять паровозы с повышенным давлением от оси на рельсы. В 1926 г. Коломенским заводом был создан двухосный танк-паровоз, тип 155, с нижним баком для воды и нагрузкой от оси на рельсы 16,5 тс в рабочем состоянии. Этот тип танк-паровоза не получил широкого распространения ни в промышленности, ни на железных дорогах из-за слабой рамы и малого диаметра дымогарных труб, засорявшихся углем.

Танк-паровозы с тремя спаренными осями были самым распространенным типом маневровых паровозов на железных дорогах нормальной колеи, а также на предприятиях промышленности. До революции строились только легкие и средние танк-паровозы т.е. с давлением от оси на рельсы не более 18 тс, в советский период начали строить тяжелые танк-паровозы с нагрузкой на ось свыше 18 тс. В 1883 г. для Грязе-Царицынской железной дороги был изготовлен танк-паровоз, тип 28.

Коломенский завод, учтя эксплуатационные требования маневровой работы для танк-паровозов, построил в 1897 г. новый тип танк-паровоза с тремя спаренными осями и запасом воды 8 $м^3$, тип 62. Масса в рабочем состоянии этих танк-паровозов доходила до 45 т; нагрузка на ось составляла 15 тс и сила тяги была такая же, как у четырехосных товарных паровозов. Эти танк-паровозы вполне удовлетворяли эксплуатационным требованиям и получили широкое распространение на железных дорогах. Они строились до 1912 г. в двух вариантах с незначительными изменениями.

Танк-паровоз (0-3-0, тип 62)

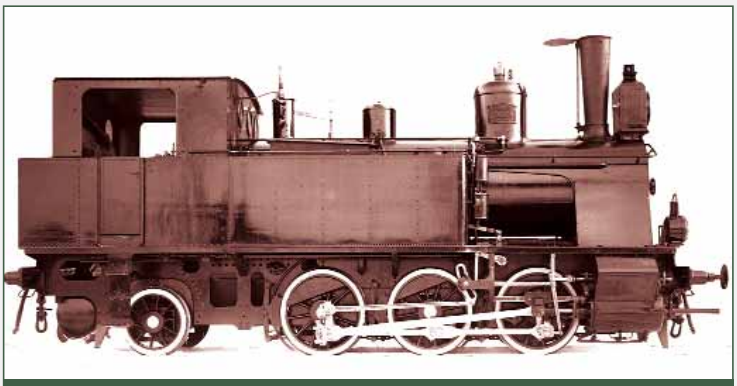
В 1913 г. для Гербы-Келецкой железной дороги Коломенским заводом был построен танк-паровоз 0-3-0, тип 118, который был предназначен как для маневровой работы, так и для обслуживания легких поездов. Такой паровоз с диаметром колес 1200 мм имел

Танк-паровоз (0-3-0, тип 118)

запас воды 7 м^3 и был оборудован тормозом Вестингауза. Нагрузка от оси на рельсы доходила до 14 тс.

Для промышленных предприятий Коломенский завод с 1915 г. строил в незначительном количестве танк-паровозы, тип 143, общей массой в рабочем состоянии 36 т. Запас воды составлял 5 т, а ящик для топлива, помещенный за будкой, должен был вмещать суточный запас топлива не менее 1,7 т. Размещение воды и топлива, сосредоточенных в задней части паровоза, вело к разгрузке передней оси.

В целях уменьшения влияния переменного веса воды и топлива на переднюю ось был построен танк-паровоз 0-3-1, тип 147, с тремя спаренными осями и задней поддерживающей осью. Однако этот тип паровоза уступал по своим эксплуатационным характеристикам танк-паровозу с четырьмя спаренными осями.

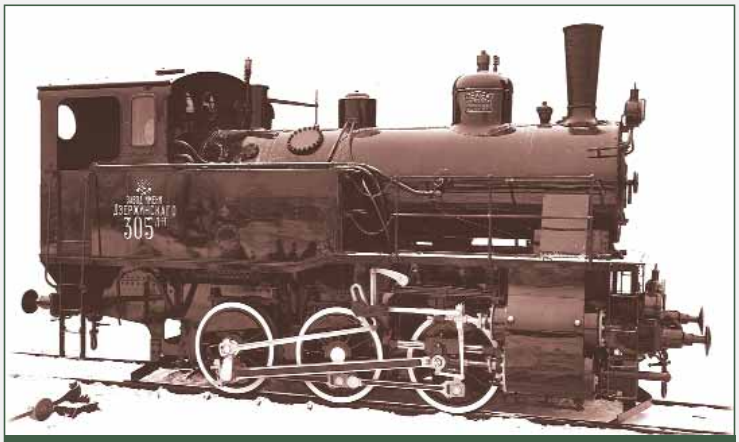


Танк-паровоз (0-3-1, тип 147)

Развитие горной и металлургической промышленность в довоенные годы потребовало создания танк-паровозов большей мощности. Трехосные танк-паровозы с нагрузкой от оси на рельсы до 15 тс, удовлетворительно работавшие на железных дорогах, для промышленности были недостаточно мощными. Заводские пути новых и реконструированных в годы первых пятилеток металлургических заводов и горных предприятий позволяли усилить нагрузку от оси на рельсы у таких паровозов до 25 тс. Потребовалось создать новые типы танк-паровозов для промышленности.

Коломенским заводом в 1926 г. был построен для Кузнецкого и Магнитогорского металлургических комбинатов танк-паровоз, тип 154, насыщенного пара, имеющий массу в порожнем состоянии 37,7 т. Сила тяги составляла 9250 кгс.

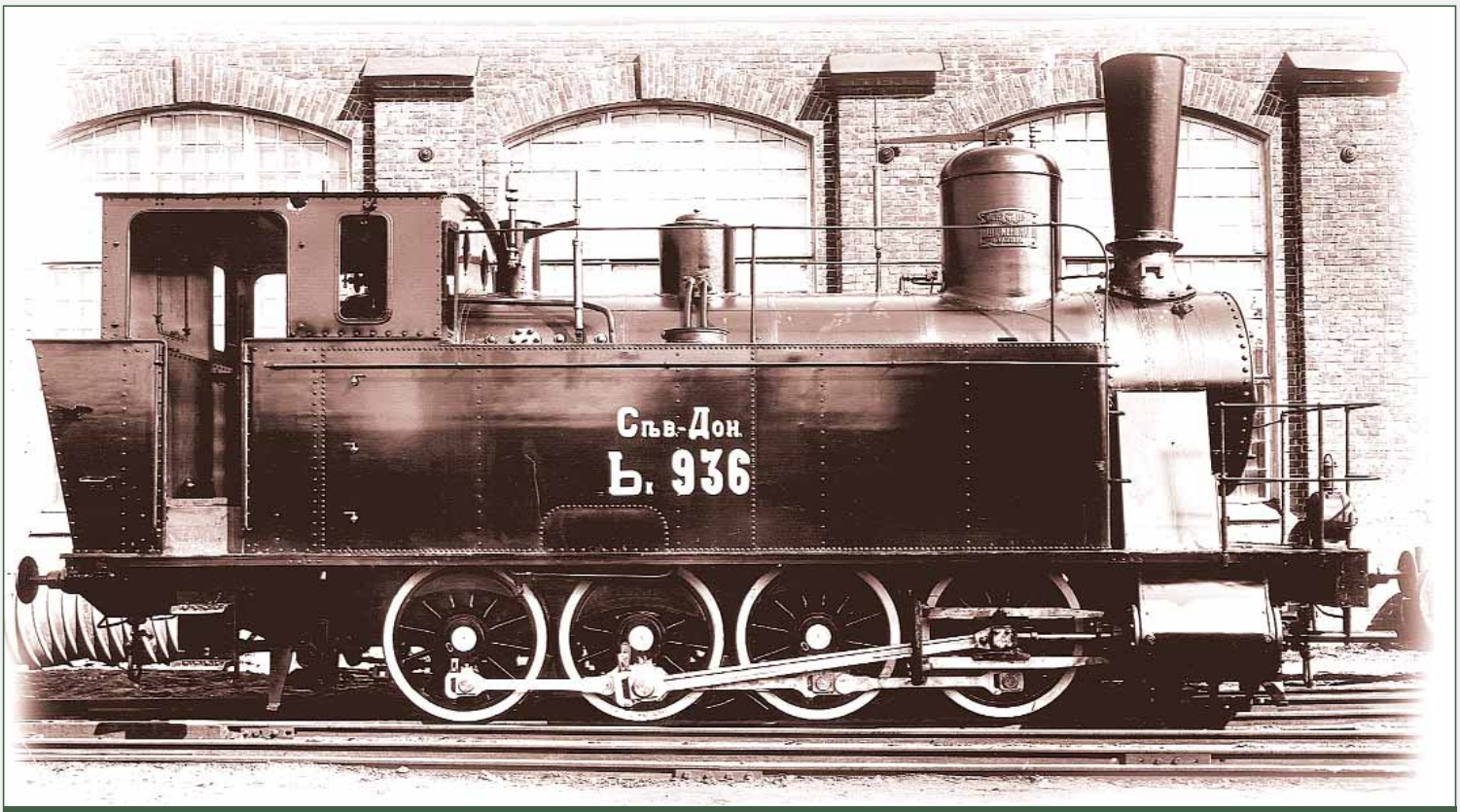
Для крупных промышленных предприятий и сортировочных станций трехосные паровозы для маневров оказались недостаточно мощными. Поэтому потребовались четырехосные танк-паровозы. Они развивали большую силу тяги и были удобны в эксплуатации, не имея тендеров. Четырехосные танк-паровозы строились с постепенным увеличением их сцепного веса и запаса воды, который находился на локомотиве. У первых паровозов емкость баков была 5,2 м^3, а у последних она достигала 10 м^3.



Танк-паровоз (0-3-0, тип 154)

Начиная с 1901 г., Коломенский завод выпускал танк-паровозы с осевой формулой 0-4-0, тип 75 и 76. Задний ящик за будкой предназначался для угля. Внутреннее кулисное парораспределение Стефенсона не позволяло разместить внутренний бак для воды между листами рамы. Для экономии воды сливная труба от инжекторов была выведена в водяные баки.

Для перевозки по железной дороге незначительного числа пассажиров (30-40 чел.) зачастую на короткие расстояния, т.е. по принципу трамвая, когда его еще не существовало, считалось



Танк-паровоз (0-4-0, тип 76)

Паровозо-вагон (0-1-1, тип 30)

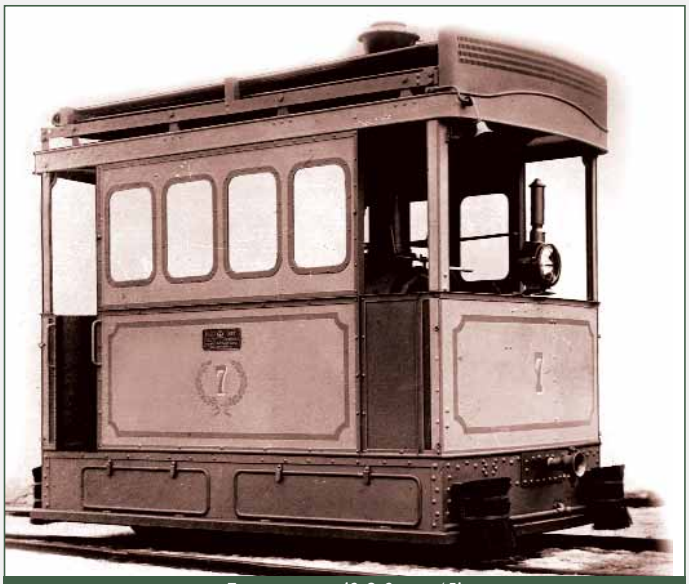
экономически невыгодным использовать поезд с отдельным паровозом. Обгон паровоза и его разворот увеличивали время оборота такого поезда.

Поэтому в подобных случаях было целесообразно при отсутствии электрических железных дорог применять особый подвижной состав, объединявший в себе и паровоз, и вагон одновременно, т.е. паровозо-вагоны. В одном конце такого паровозо-вагона помещались небольшой котел и паровая машина, приводившая в движение одну или две оси. Значительная часть вагона отводилась для пассажиров, их багажа, а иногда и грузов. Паровозо-вагон не требовал разворота на конечных пунктах и в зависимости от мощности и профиля пути допускал прицепку одного-двух легких вагонов.

Для пригородного сообщения и специальных целей Коломенский завод в 1885 г. построил четыре таких паровозо-вагона, тип 30, по своим чертежам для Закаспийской военной железной дороги и по заказу предпринимателя Авдакова. Котел был паровозного типа и отапливался дровами, углем или нефтью в зависимости от наличия местного топлива. Запас топлива помещался у котла, а вода - в баках емкостью 2...3 м^3.

Необходимо упомянуть и о построенных Коломенским заводом в 1890-х годах по заказу Военного министерства восьми танк-паровозах 0-2-0 с конденсацией пара, тип 44. Эти небольшие танк-паровозы были предназначены для крепостных железных дорог Кронштадта, Либавы (ныне Лиепаи) и учебных целей. Отработавший пар мог направляться машинистом в трубчатый конденсатор, расположенный на крыше паровоза, где он охлаждался воздухом. Конденсат стекал в водяной бак. Таким образом, это был первый русский паровоз, на котором осуществлялась реальная попытка конденсировать отработанный пар. Но основным назначением конденсатора было не уменьшение расхода воды и сокращение продолжительности и частоты ее набора, а возможность дать паровозу с поездом проходить от 2,5 до 3 верст, не выпуская пара из трубы в целях маскировки. Узкоколейный паровоз подобной конструкции для колеи 1000 мм, тип 57 был построен в 1893 г. для Новогеоргиевской крепости по заказу Военного министерства.

Такого же типа танк-паровозы нормальной колеи, тип 45, для трамвайного движения с конденсатором пара на крыше были построены в 1892-1894 годах для парового трамвая Киевских городских и пригородных железных дорог в количестве 20 единиц. Паровоз работал без разворота на кругу. Для лучшего обзора пути машинисту (в стесненных городских условиях) и улучшения условий работы (при движении в обоих направлениях) паровоз был снабжен регуляторной ручкой и тормозом с обеих сторон.



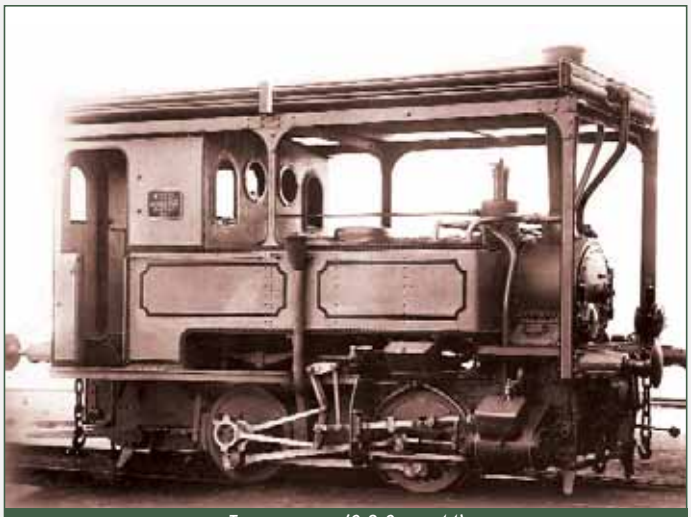
Танк-паровоз (0-2-0, тип 45)

В 1904 г. для парового трамвая Лесной конной железной дороги в Санкт-Петербурге были построены еще четыре подобных паровоза, тип 96.

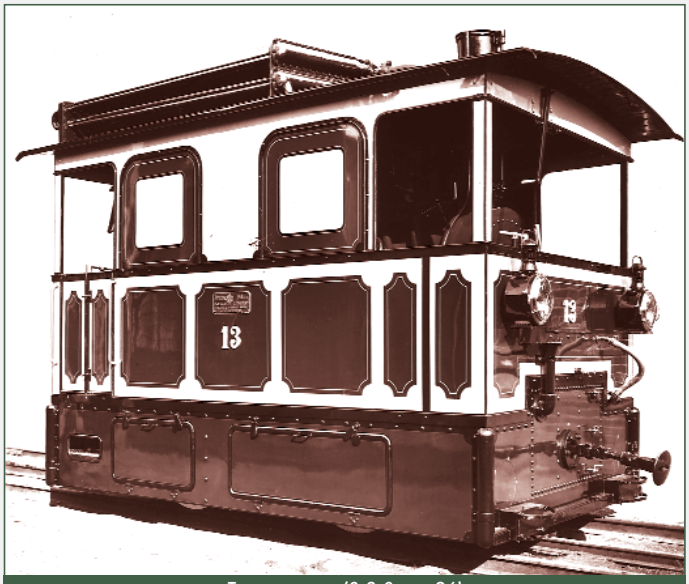
Для постройки узкоколейных железных дорог до 1892 г. не существовало никаких правил, колея и габарит выбирались строителем произвольно. Поэтому русские узкоколейные железные дороги появились с шириной колеи: 600, 630, 750, 800, 814, 875, 884, 900, 914, 1000 и 1067 мм. Зависимость между давлением от оси на рельсы и весом его погонного метра не учитывалась, поэтому узкоколейные паровозы имели давление от оси на рельсы от 5 до 10 тс, а рельсы - массой от 10 до 21 кг/м. Однако стандартизировать узкую колею Министерство путей сообщения не смогло и не решилось, мирясь с существованием одиннадцати типоразмеров.

Этот важнейший вопрос был решен только после 1917 г. Постановлением Совета труда и обороны (СТО) от 21 июня 1927 г. было установлено два типоразмера колеи узкоколейных железных дорог: 750 и 1000 мм. Для заводских путей была разрешена также ширина колеи 600 мм (общесоюзный стандарт ОСТ 335 от 20 июля 1928 г.).

(Продолжение следует.)



Танк-паровоз (0-2-0, тип 44)



Танк-паровоз (0-2-0, тип 96)

XX

ОЛДТАЙМЕР-ГАЛЕРЕЯ

Ильи Сорокина

Крокус Экспо
27-30 Сентября
www.oldtimer.ru

ФЕСТИВАЛЬ
ТЕХНИЧЕСКИХ МУЗЕЕВ

ВЫСТАВКА
СТАРИННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ
И АНТИКВАРИАТА

Генеральный спонсор

САМЫЙ... САМЫЙ... САМЫЙ...

Александр Идин

С 8 по 11 марта в Крокус Экспо прошла Олдтаймер–Галерея – уникальное, крупнейшее в Восточной Европе шоу старинных автомобилей, антиквариата и стиля давно ушедших времён. В этом году Олдтаймер–Галерее исполняется 10 лет, за это время ей удалось не только стать главным Форумом реставраторов и коллекционеров России, но и, благодаря ряду успешно реализованных международных проектов, получить широкую известность и хорошую репутацию за рубежом. За 4 дня выставку посетило 46 400 человек, было выставлено для просмотра более 150 машин. В мероприятии приняло участие более 200 компаний и частных лиц. Среди стран участниц: Россия, Германия, Франция, Англия, Латвия, Финляндия, Болгария, Украина и Дубаи.

САМЫЙ ДРЕВНИЙ

"Русско-Балтийский" Тип К 12/20/Российская Империя/1911 г.

Русско-Балтийский вагонный завод в Риге до революции выпустил около шести сотен этих машин. Точнее сейчас не скажет никто, но доподлинно известно, что в подлинном виде сохранилась лишь одна. Тот, который более двадцати лет безвыездно находился в экспозиции Политехнического музея, и теперь впервые был продемонстрирован широкой публике. "Выход в свет" уникального автомобиля приурочен к 100-летию победы российского экипажа на автомобиле "Русско-Балтийский" Тип С 24/30 в монакском ралли 1912 г.

История этой автомобильной марки начиналась в 1909 г. За несколько лет до этого произошло два важных события: падение заказов на вагоны и возрастающий спрос на автомобили. Поэтому в 1907 г. правление завода рассматривало предложение своего председателя Михаила Владимировича Шидловского о производстве автомобилей, а на следующий год уже был организован автомобильный отдел. Под новое направление производства возвели специальный цех, из ворот которого уже в июне 1909 г. выехал первый автомобиль марки "Русско-Балтийский" - именно так официально именовалась продукция Р.Б.В.З. и такая надпись красовалась на их радиаторе. Позже появились сокращенные названия "Русско.-Балт", "РуссоБалт" и французский вариант Russo-Baltique.

"Русско-Балтийский" Тип К 12/20 - это самая младшая модель легкового автомобиля. Модельный ряд завода отличался четкой системой - семь типов шасси. Они обозначались латинскими буквами согласно своей иерархии: легковые - K, C, E, а грузовые - L, M, T. Тип D мог быть как легковым, так и грузовым. За ними следовали две пары цифр: первая обозначала номинальную мощность, вторая - эффективную.

Конструкция легковых автомобилей Русско-Балтийского завода была типична для своего времени: лонжеронная рама с подрамником, на котором монтировались отдельно друг от друга двигатель, конусное сцепление и коробка передач. И картер двигателя, и корпус коробки передач отливались из алюминиевого сплава, что в те годы являлось редкостью. Модель К 12/20 комплектовалась трехступенчатой коробкой передач, рычаг которой располагался снаружи с водительской стороны. В системе охлаждения двигателя отсутствовал насос, а циркуляция воды происходила по термосифонному принципу благодаря разнице температур. Топливо подавалось из расположенного сзади бензобака под давлением отработавших газов - и эта система обходилась без насоса. К 12/20 являлась недорогой моделью и требовала простых инженерных решений.

Множество таких автомобилей находилось и в частных руках, но основным заказчиком предприятия являлось Военное ведомство, куда и отправлялась большая часть продукции РБВЗ.

Именно с русской армией и связана судьба единственного уцелевшего автомобиля. Согласно исследованиям автомобильного историка Льва Шугурова, самого авторитетного специалиста по "Руссо-Балтам", уцелевшее шасси №73 V принадлежит модели К 12/20, относящейся к V серии, растиражированной в количестве 40 экземпляров. Сам автомобиль был собран в сентябре 1911 года и поступил на службу в воздухоплавательную школу в Твери.

Но, как всегда, для истории у нас ничего не берегут и когда после войны был создан автомобильный отдел Политехнического музея, и его сотрудники кинулись искать уцелевшие машины, то оказалось, что на тот момент не было известно ни одного "живого" экземпляра этой марки. Только в 1966 г. в городе Кимры Калининской (ныне Тверской) области удалось найти тот самый "Русско-Балтийский" из воздухоплавательной школы в Твери.

Владельцем автомобиля оказался механик по паровым котлам Орлов. Он приобрел его в 1929 году и ездил еще десять лет, пока не износились покрышки. Замену им владелец не нашел - резина размером 810x100 тогда уже не выпускалась, а ступицы колес переделывать он, видимо, не решился. Осознав, что больше не сможет пользоваться машиной, Орлов поставил ее в дровяной сарай, забыв при этом слить воду из системы охлаждения. Сильнейшие морозы зимы 1941-42 годов сыграли свою роль - блок цилиндров пошел трещинами.

Потом еще два десятка лет обездвиженный автомобиль простоял в сарае, пока его не приобрела Киностудия имени Горького, но "Русско-Балтийский" находился в таком плачевном состоянии, что оказалось проще отдать его Политехническому музею. Оттуда его по указанию министра автомобильной промышленности СССР отправили на реставрацию в Научный автомоторный институт (НАМИ). Восстановление длилось целый год: реставраторам пришлось изготовить заново множество деталей, перебрать и восстановить двигатель. После реставрации мотор даже протестировали на стенде, и он развил заявленную заводом мощность в 20 л.с.

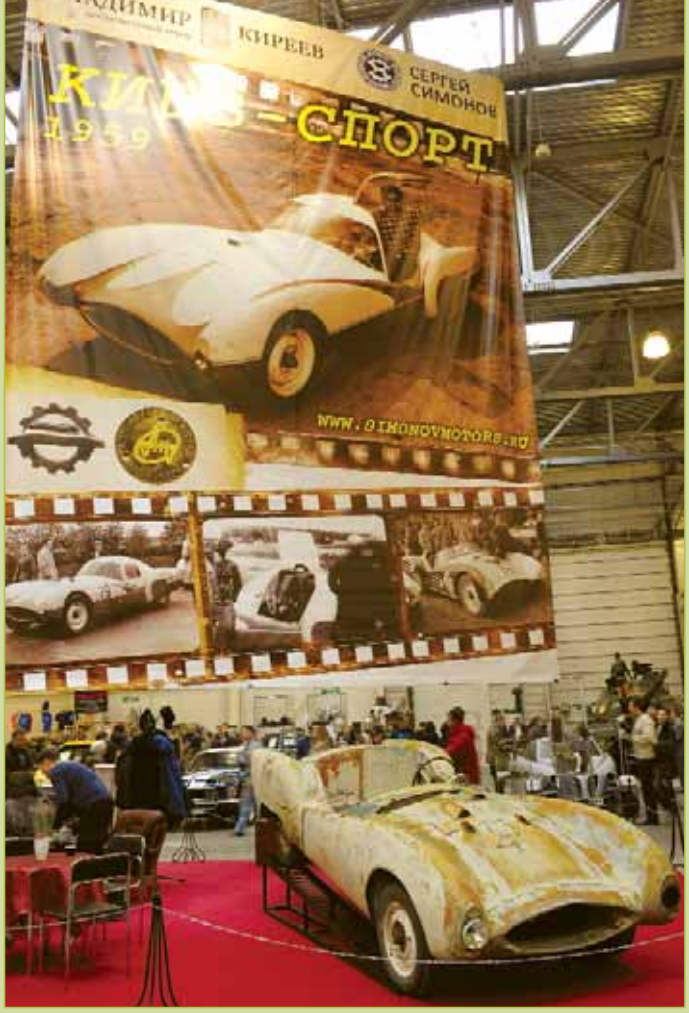
Почти полвека "Руссо-Балт" хранится в экспозиции Политехнического музея и только один раз в 1988 году он покинул автомобильный отдел, чтобы принять участие в международной автомобильной выставке в Брюсселе. Второй раз бесценная реликвия покинула музей чтобы блеснуть на Олдтаймер-Галерее.

САМЫЙ УНИКАЛЬНЫЙ

Гоночный автомобиль "Киев-Спорт"/СССР/1959 г.

Мир знает множество примеров, когда из заурядных серийных моделей могут получаться удачные спорткары. За примерами далеко ходить не надо, взять тот же Porsche 356, созданный на базе "Жука", или Opel-GT с двигателем и ходовой от модели Kadett. Но мало кто знает, что в Советском Союзе тоже были попытки сделать нечто подобное из обычного "Москвича" - этот проект назывался "Киев-Спорт".

"Киев-Спорт" - настоящее открытие выставки, ведь на сегодняшний день это единственный уцелевший экземпляр из трех изготовленных. Раритет из эпохи развитого социализма, который так и не подарил советскому человеку простого двухместного спорт-



кара, был найден Владимиром Киреевым и Сергеем Симоновым.

Конструкция этого спортивного автомобиля была разработана в Киевском авиационном ГСОКБ-473 (ныне ОКБ им. О.К. Антонова) под руководством инженера-конструктора Ю.Л. Земцова. Официально автомобиль известен как "Киев-Спорт". Отличительной особенностью конструкции являлись открывающиеся вверх двери. Первый экземпляр был построен в 1959 г. и имел форсированный двигатель "Москвич-407" мощностью примерно 70...75 л.с., на этом экземпляре его создатель принимал участие в автогонках.

В 1960 г. были построены еще два автомобиля этой модели, причем один из них оснащался двигателем ГАЗ-21 мощностью 90 л.с. и имел открытый кузов. В 1960 г. именно на этом, представленном на выставке, автомобиле Владимир Лихацкий стал серебряным призером Чемпионата УССР по шоссейно-кольцевым гонкам. Автомобиль был приобретен в 2011 г. у самого Владимира Лихацкого.

Конструкция автомобиля весьма оригинальна. Несущий сило-

вой каркас выполнен в виде пространственной рамы из тонкостенных стальных труб. Основные узлы и агрегаты использованы в основном от автомобилей "Москвич-407" и ГАЗ-21. Кузов изготовлен из дюралевых листов по авиационным технологиям - листы соединены между собой методом клепки. Использованы также авиационные лючки для заливных горловин и авиационные габаритные огни. В процессе подготовки к эксплуатации в различных соревнованиях автомобиль подвергался переделкам. Так с него был демонтирован фонарь кабины с открывающимися по типу "Крыло чайки" дверьми. В последних заездах автомобиль участвовал в открытом исполнении с кузовом типа родстер. В этом виде он и сохранился до наших дней. На автомобиле сохранилась оригинальная окраска с остатками стартовых номеров и повреждения, полученные в ходе спортивных соревнований.

"Киев-Спорт" можно считать выдающимся с точки зрения автомобильного дизайна, выполненного заводским "Дизайн Бюро Антонова". И единственным случаем постройки серии гоночных автомобилей советским авиационным КБ. В настоящий момент всего известно о четырех сохранившихся автомобилях построенных в СССР в тот период для шоссейно-кольцевых гонок, из них в России находятся всего два. Один из них - представленный "Киев Спорт".

САМЫЙ СОВЕРШЕННЫЙ
BMW-328/Германия/1938 г.

Эту модель называют одним из самых удачных спортивных автомобилей 30-х годов. Легкий кузов из алюминия, мощный мотор, великолепное рулевое управление - все это стало залогом успеха на гоночных трассах. За несколько лет BMW-328 одержал более полутора сотен побед в таких престижных соревнованиях, как "Ле Манн", "Милле Милья" или "Нюрбургринг", принеся громкую спортивную славу марке BMW.

Премьера модели BMW-328 состоялась на Международной Берлинской автомобильной выставке в феврале 1936 г. Новинка от Bayerische Motoren Werke поражала своим инновационным дизайном - фары были интегрированы в пространство, образованное стыком боковин капота и передних крыльев, подножки превратились в чисто символический элемент, а облицовка радиатора стала обтекаемой с характерной фирменной парой овалов. Узкий и компактный кузов родстера изготавливался на деревянном каркасе и обшивался алюминиевыми панелями, что положительно сказалось на массе - она составляла всего 830 кг. Под перехваченным ремнями капотом находился рядный шестицилиндровый мотор рабочим объемом 1971 см^3 и мощностью 80 л.с. при 4500 об/мин. Такие показатели достигались путем применения в его конструкции алюминиевой головки блока с полусферическими камерами сгорания. Венчали двигатель три карбюратора Solex 30JF с падающим потоком, которые устанавливались непосредственно над впускными отверстиями в головке блока. В системе зажигания успешно применялись свечи BOSCH, уверенно подтверждавшие репутацию надёжных и безотказных. Благодаря сочетанию мощного мотора и легкого кузова родстер легко разгонялся до скорости 150 км/ч - внушительный показатель для середины 30-х годов!

Основой являлась рама с лонжеронами из труб переменного сечения - их диаметр уменьшался от центра к оконечностям. К передней траверсе рамы крепилась поперечная полуэллиптическая рессора и рычаги независимой подвески с гидравлическими амортизаторами. Подвеска заднего моста выполнялась по классической схеме на двух продольных рессорах и амортизаторах. Все колеса имели тормоза барабанного типа с эффективным гидравлическим приводом и крепление к ступице посредством центральной гайки Рудж-Витворт. Трансмиссия состояла из однодискового сцепления и четырехступенчатой коробки передач с синхронизаторами на третьей и четвертой передачах. Задний мост с гипоидной главной передачей стал еще одной особенностью машины - в те времена такая конструкция считалась сложной не только в производстве, но даже и в расчетах, поэтому немногие автопроизводители могли позволить себе это техническое решение.

САМЫЙ НЕОБХОДИМЫЙ
Т-20 "Комсомолец"/СССР/1940 г.

Развитие артиллерийского вооружения в межвоенный период шло по пути непрерывного усиления огневого могущества орудий, повышения дальности их стрельбы, скорострельности и маневренности на поле боя. Поэтому Красной Армии требовался легкий, подвижный и малогабаритный гусеничный тягач переднего края, созданный с полным учетом специфики его нового применения, массовое производство которого для быстрого и полного насыщения противотанковых дивизионов и артиллерийских полков было бы под силу промышленности.

В конце 1936 г., под руководством главного конструктора московского завода № 37 имени Орджоникидзе Н.А. Астрова был создан быстроходный бронированный гусеничный тягач "Комсомолец" Т-20 для обслуживания в первую очередь противотанковой и полковой артиллерии.

Корпус был клепано-сварной из бронелистов толщиной 7...10 мм, защищавших экипаж от пуль винтовочного калибра и мелких осколков. Силовой автомобильный агрегат ГАЗ-ММ с 4-ступенчатой коробкой передач был дополнен демультипликатором от 3-осного автомобиля ГАЗ-ААА, что удваивало число ступеней в трансмиссии и позволяло иметь 2 диапазона: тяговый и транспортный. Отсюда и возможность "ползучей" скорости движения в 2...2,5 км/ч при тяговом усилии на крюке до 3000 кгс.

В настоящее время гусеничный тягач готовится к реставрации и через какое-то время предстанет перед посетителями во всей боевой красоте.

А следующая, уже XX "ОЛДТАЙМЕР-ГАЛЕРЕЯ" пройдёт с 27 по 30 сентября 2012 г. в Крокус Экспо. Приходите, не пожалеете.

всероссийский

форум малой авиации

2012

Ростов-на-Дону

31 МАЯ - 3 ИЮНЯ

ОРГАНИЗАТОР:

НКП «Аэроклуб «Доступное небо»

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:

Министерство транспорта Российской Федерации

Федеральное агентство воздушного транспорта РФ (Росавиация)

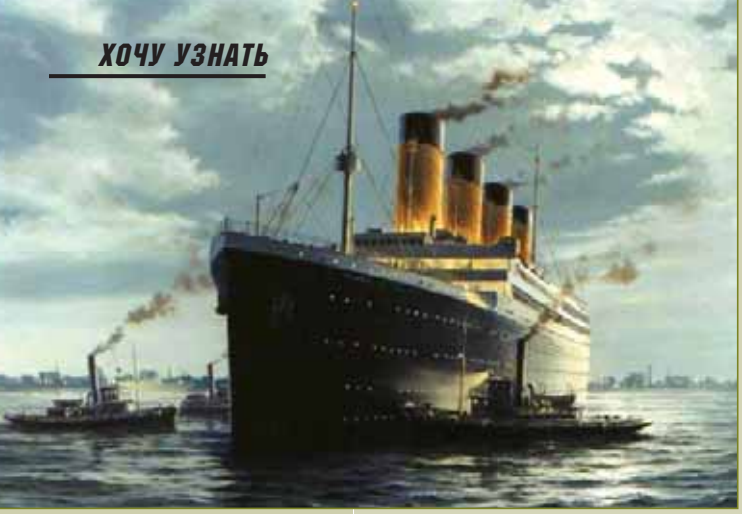
Правительство Ростовской области

ПРОГРАММА ФОРУМА:

- выставка авиационной техники малой авиации и комплектующих;
- демонстрационные полёты малой авиации и других воздушных судов;
- конференции, брифинги, круглые столы и т.д. с участием всех заинтересованных сторон по актуальным вопросам отрасли.

Более подробная информация и условия участия во Всероссийском «Форуме малой авиации» - на сайте **dnebo.ru.**

Адрес НКП "Аэроклуб "Доступное небо": Ростовская область, Аксайский район, ст. Ольгинская (7 км от Ростова-на-Дону)
тел.: +7 (863) 263-41-46, www.dnebo.ru, dnebo@mail.ru



"Титаник" к рейсу готов

ОЧЕВИДНОЕ - НЕВЕРОЯТНОЕ

Виктор Сергеевич Шитарёв,
капитан дальнего плавания
Государственный инспектор безопасности
Мореплавания и портового надзора

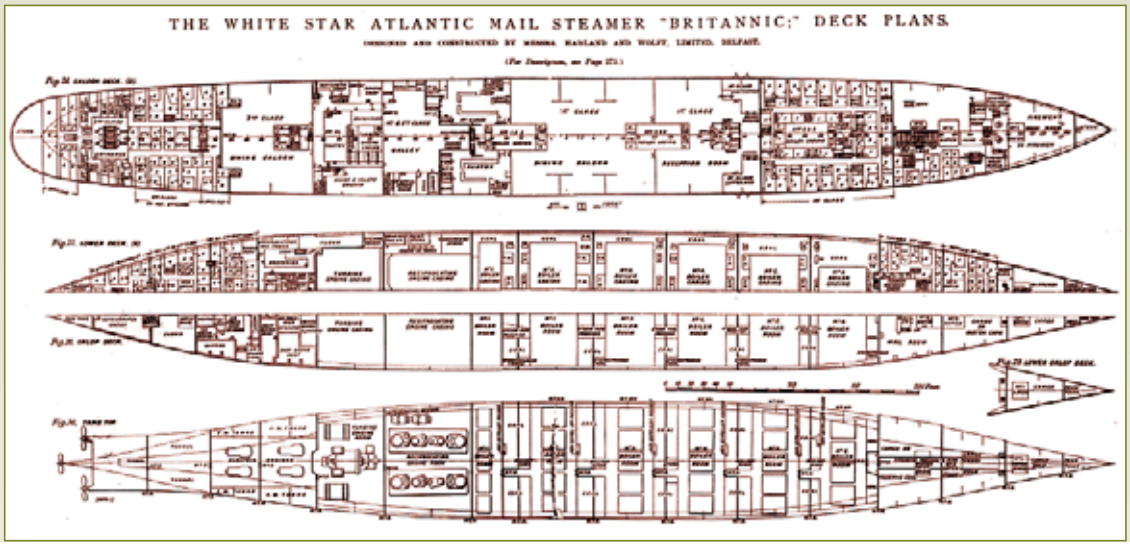
Гибель 13 января 2012 г. итальянского круизного лайнера "COSTA CONCORDIA" судоходной компании "CARNIVAL" столь неожиданна, что вызывает недоумение и повергает в уныние. Некоторые средства массовой информации пытаются отождествить эту аварию с гибелью трансатлантического лайнера "Титаник", начавшего своё роковое плавание 11 апреля 1912 года в 14 часов 00 минут. Но так ли близки по характеру и своим параметрам эти катастрофы, возникшие с интервалом почти 100 лет. Для этого взглянем на доступные нам факты глазами профессионального морехода, я думаю, что репортёры по этому поводу высказались достаточно полно и их можно понять. Известный специалист в области Морской практики торгового судоходства Ричард Кэйхил сказал: "Незаурядный моряк использует свои незаурядные способности, чтобы избежать ситуации, в которой потребуется всё его незаурядное мастерство". Вот с этих позиций мы и попробуем взглянуть на действия экипажей этих судов, а заодно и дать оценку действиям моряков.

Начнём с "Титаника". Начало XX века, через Атлантику в западном направлении было перевезёно более 20 миллионов человек, решивших поискать своё счастье на земле Северной части Американского континента. Такой пассажиропоток вызвал развитие судостроения в Великобритании, к англичанам присоединилась Германия, которая по тоннажу торгового флота вышла на второе место в Мире после Англии. В 1888 г. в Германии создаётся крупный судоходный концерн "Гамбург - Америка линии". От него не отстаёт и старая компания "Норддоейчер Ллойд". Совместными усилиями они даже потеснили на европейском фрахтовом рынке крупные английские судоходные компании "Кунард" и "Уайт Стар". Для пассажиров приобретает ощутимое значение фактор времени. Поэтому судоходные компании включаются в борьбу за приз "Голубая лента Атлантики", вручавшийся судну, которое с рекордной скоростью пересечет Атлантику на линии Европа - Америка (Cork - New York).

В 1909 г. английский лайнер "Мавритания" водоизмещением 38 тыс. т и длиной 240 м, принадлежащий судоходной компании "Кунард", пересёк океан со средней скоростью 25,7 узла и стал обладателем приза "Голубая лента Атлантики". В гонку включилась конкурирующая фирма "Уайт Стар", к тому времени утратившая былую славу. Обладатель приза мог своим успехом потеснить на фрахтовом рынке своих конкурентов. Поэтому в конце 1909 г. "Уайт Стар" заказывает в Белфасте на верфи "Харланд энд Волф" два однотипных транс-Атлантика - "Олимпик" и "Титаник" небывалого до того времени водоизмещения, при этом обещая своим пассажирам максимальный комфорт и спектр услуг. Пароходная компания предварительно хорошо изучила вкусы богатых пассажиров, приносивших ей основной доход. Основная ставка делалась не столько на скорость, сколько на максимальный комфорт. Девиз компании "Уайт Стар" гласил: "Умеренная скорость, но повышенный комфорт". На обоих лайнерах помимо кают и помещений всех классов имелись "люксы", часовни, обеденные салоны, фойе, холлы, театр, бальные залы, плавательные бассейны, бары, читальные залы и так далее.

"Титаник" был спущен на воду в Белфасте 31 мая 1911 г.: водоизмещение 66 тыс. т; валовая регистровая вместимость 46 328 регистровых тонн (1 регистровая тонна 2,83 м^3 или 100 куб. футов); длина 268 м; ширина 28,2 м; осадка 10,54 м. Энергетическая установка включала две четырёхцилиндровые паровые машины двойного расширения пара типа спаренный компа-

Чертежи "Титаника"

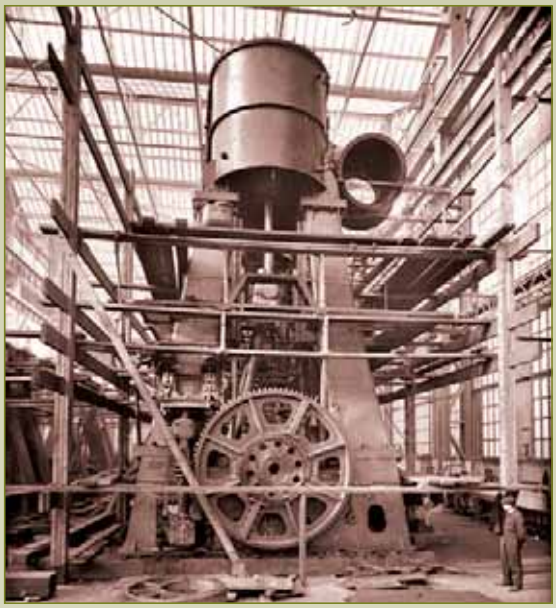


унд, то есть 2 цилиндра высокого давления; 2 цилиндра низкого давления. Каждая машина вращала гребной винт правого или левого борта. Между ними располагался третий винт, который вращала турбина отработавшего пара. Таким образом, пар от котлов подавался вначале в цилиндры высокого давления, затем продолжая расширяться работал в цилиндрах низкого давления и окончательно отдавал свою энергию, работая в турбине отработавшего пара. Максимальная мощность всей энергетической установки "Титаника" достигала 55 тыс. л.с.

В те далёкие времена "Титаник" считался самым большим судном в мире. Он имел одиннадцать палуб, соединённых между собой девятью электрическими лифтами. Высота шлюпочной палубы над ватерлинией достигала 18,5 м. Расстояние от киля до верхней кромки дымовых труб достигало 54 м, а их диаметр был 7,3 м. Судно имело богатую отделку внутренних помещений. В бортах корпус имел более 2000 иллюминаторов. Огромный обеденный салон для пассажиров 1 класса по высоте простирался на три палубы. На "Титанике" были сделаны зимние сады, огромные вестибюли дворцового стиля, вычурные как в замках королей, камины, широкие лестничные проходы, отделанные дубом и орехом, великолепные балюстрады с причудливыми элементами чугунных узоров. Все помещения общественного пользования были отделаны в различных архитектурных стилях: ампир, барокко, модерн. Особой гордостью считались огромные часы "Титаника", украшенные двумя бронзовыми нимфами, которые олицетворяли Честь и Славу, венчающие время. Экипаж судна насчитывал около 900 моряков, лайнер мог принять и разместить на борту 3500 пассажиров. Всё это дополняла широкая рекламная компания, поэтому желающих переплыть Атлантический океан на "Титанике" было вполне достаточно.

Убедительная реклама вложила в души людей уверенность в непотопляемости судна, что потом сыграло свою (печальную) роль при гибели корабля - люди не садились в шлюпки будучи уверенными в непотопляемости судна. Хотя сегодня мы уже твёрдо знаем, что непотопляемых судов нет. Как и все морские суда тех времён, "Титаник" имел двойное дно, его корпус разделяли 15 водонепроницаемых переборок на 16 водонепроницаемых отсеков. Судно должно было оставаться на плаву при затоплении двух любых отсеков, в том числе и смежных. К спасательным средствам следует отнести 20 спасательных шлюпок, 48 спасательных кругов и пробковые жилеты на каждого моряка и пассажира.

Капитаном лайнера был назначен один из ветеранов британского торгового флота - Эдвард Джон Смит. Ему уже исполнилось 60 лет, из которых 30 он прослужил в судоходной компании "Уайт Стар". С 1887 г. он командовал судами, принадлежащими компании "Рипаблик", "Британик", "Мажестик", "Балтик", "Адриатик" и "Олимпик". В своем рейсе "Титаник" стал местом встречи и общения представителей высшего общества Старого и Нового света. На борту "Титаника" оказались полтора десятка миллионеров и различного рода нефтяных, угольных, стальных и прочих королей. Не зря перед выходом в море газеты назвали судно "экспрессом миллионеров". Последним Европейским портом захода "Титаника" был порт Кингстаун. Здесь дополнительно на борт судна погрузили почту и приняли последних пассажиров. Среди последних был Томас Эндрюс, директор-распорядитель фирмы "Харланд энд Волф", построивший "Титаник". Он принимал



Паровой двигатель "Титаника"

участие в проектировании лайнера и наблюдал за его постройкой. Для него "Титаник" был родным детищем, которым он очень гордился. С группой инженеров, представителей фирмы Эндрюс во время первого рейса должен был выявить и устранить "детские болезни" нового лайнера.

Ещё в Саутгемптоне на борт "Титаника" поднялся и занял каюту "люкс" № 51 на палубе "Б" Брюс Исмей, миллионер, фактический владелец нового лайнера. Он являлся президентом американской Международной компании торгового флота, председателем и директором-распорядителем Океанской пароходной компании Ливерпуля, в состав которой входила и фирма "Уайт Стар", и директором-распорядителем последней. Кроме того, Исмей был директором железнодорожной компании "Лондон Мидленд энд Скотланд рейлроад" и директором компании "Бирмингемский судоходный канал".

Итак, "Титаник" на всех парах несётся к роковым последствиям, произошедшим в результате ошибок допущенных инженерами и офицерами его экипажа. Все разговоры о том, что судовладелец не стремится иметь лишь лайнер с максимальным комфортом, забыты. На повестке дня стоит один лишь вопрос о максимальной скорости, которая сделает его ещё и обладателем приза "Голубая лента Атлантики". Механики вместе с инженерами фирмы - строителя стремятся "выжать" из энергетической установки судна запре-

Винты "Титаника"

Крышка паровой турбины "Титаника"

Котлы "Титаника"

"Титаник" несётся на всех парах

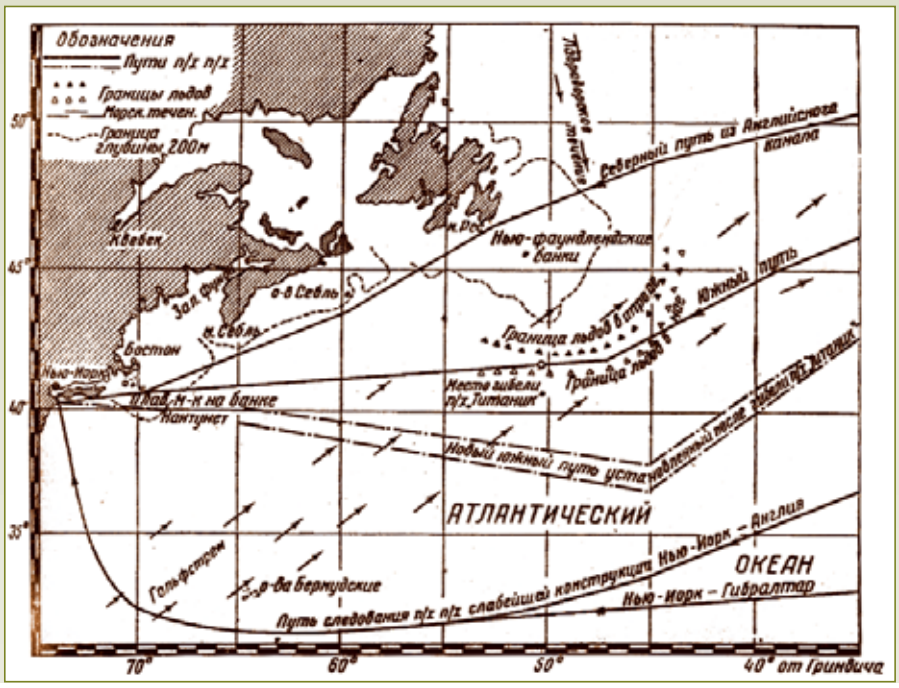
дельную мощность, которую сравнительно несложно можно получить путём форсирования судовых парогенераторов. Как известно, паровые поршневые машины и турбины перегрузки не боятся и могут продолжительное время работать в форсированном режиме. Вот теперь время задуматься о незаурядности мореходов, усилиями которых определилась дальнейшая судьба "Титаника". То, что капитан должен был вести судно с максимально возможной скоростью и наиболее коротким путём, является условием почти всех Договоров морской перевозки грузов и пассажиров. В этом вопросе претензий к капитану Смиту нет и быть не может - это ясно любому специалисту. Другое дело обеспечение безопасности плавания и охрана человеческой жизни на море. Что должен был сделать капитан, получивший предупреждение о неблагоприятной ледовой обстановке и ограниченной видимости, которая ограничивалась, приблизительно, в 1000 м.

Международные Правила предупреждения столкновения судов того времени, требовали от капитана следовать умеренным ходом. Что такое "умеренный" ход при ограниченной видимости? С одной стороны "тише едешь - дальше будешь". С другой - чем тише едешь, тем хуже судно слушается руля, т.е. ухудшается его маневренность, что крайне нежелательно в условиях ограниченной видимости. Есть такое понятие - "выбег судна". Что это такое: если на следующем полным ходом судне дать в машину команду "Полный назад", то механики должны остановить работающие на передний ход машины, которые некоторое время будут продолжать обороты на передний ход по инерции; и только после полной остановки машин, можно будет их запустить на "Полный назад". Судно же в течение этого времени будет идти с падающей скоростью хода вперёд. До полной остановки судно пройдёт расстояние длиной 7 - 8 корпусов. Чтобы определить выбег "Титаника" надо его длину 268 м умножить на 7 или 8, это будет расстояние в 1876 - 2144 м. Выбег определяется для каждого судна в индивидуальном порядке на ходовых испытаниях. Нетрудно догадаться, что идти при видимости 1000 м, "Титаник" не должен был следовать полным ходом, длина его тормозного пути не должна была превышать 500 м. А между тем, лайнер шёл, не снижая скорости.

Теперь ответим на вопрос - Что в этих условиях сделал бы незаурядный моряк? Он предпринял бы попытку обеспечить судну "умеренный ход". Для этого достаточно было бы одну из машин оставить работающей на передний ход, задав ей приемлемые обороты. Паровую турбину и одну из машин надо было остановить и подготовить их к немедленной работе на задний ход, чтобы обеспечить возможность капитану работать машинами "в раздрай", что позволило бы лайнеру уклониться от встречи с айсбергом, при столкновении с которым все машины работали на передний ход. Находившийся в то время на мостике, старпом отдал команду в машину "Полный назад", выполнить которую по выше приведённым причинам было просто невозможно. Одновремённо на руль была дана команда "Лево на борт". Она была правильной, выполнена немедленно, хотя и оказалась абсолютно бесполезной. Под действием руля крупнотоннажное судно сначала не изменяя курса сместиться немного в право, а потом начнёт уклоняться в сторону левого борта, как предписывает команда "Лево на борт". Уклониться от столкновения "Титаник" не смог и "скользнул" правым бортом по айсбергу.

В вину находившихся на борту судна инженеров во главе с Томасом Эндрюсом и судоводителей во главе с капитаном Смитом, надо поставить то, что они определили неверно размеры и положение пробоины, по их мнению, длина пробоины была около 90 м. С помощью глубоководных погружаемых аппаратов удалось установить, что она оказалась значительно меньше. Эндрюс убедил капитана Смита в том, что повреждения "Титаника" от столкновения "смертельны" для судна, и оно обязательно потонет, что было больше чем ошибка, это был несправедливый приговор. Видимо, поэтому со стороны экипажа не было существенных действий по борьбе за живучесть судна. Не предпринималось никаких попыток уменьшить крен на правый борт и дифферент судна на нос, что, в конечном счёте, и привело к гибели судна. У современных незаурядных моряков есть одно золотое Правило - *Делай всё от тебя зависящее, чтобы удержать судно "на ровном киле" даже если уверен, что оно, в конечном итоге погибнет*. "На ровном киле" даже обречённое судно может дольше остаться на плаву. Например, итальянский лайнер "Андреа Дориа" в 1956 г. в Северной Атлантике, имел достаточный запас плавучести, чтобы остаться на плаву. Развязка произошла тогда, когда лайнер, потеряв остойчивость, получил крен около 90 градусов, и вода начала поступать в корпус через вентиляционные трубы и другие, не закрывающиеся отверстия. Аварийные расчёты по "Титанику" делал Алексей Николаевич Крылов, в советское вре-

Морские пути в Атлантике до и после катастрофы "Титаника"



мя академик, известнейший морской специалист. Он более чем убедительно доказал, что "Титаник" можно было удержать на плаву, без особых проблем, и своим ходом привести в Нью Йорк. Запас плавучести "Титаника" был = 3,8. Запасом плавучести называется водонепроницаемая часть корпуса судна, расположенная выше ватерлинии. Желающие могут умножить водоизмещение лайнера на 3,8 и определить сколько воды надо было влить в стоящий на ровном киле корпус лайнера, чтобы он затонул.

Следующей ошибкой капитана Смита и его начальников было то, что он не определил положение опасного ото льда района и не изменил курс судна, не попытался этот район обойти на безопасном расстоянии. А сделать это у него были возможности. Если посмотреть сообщения других судов, принятые радистами "Титаника", то возникает следующая картина. 14.04.1912 г., 09^{00} - "Карония" сообщает о льдах в районе 42 градуса северной широты ; 49...51 градус западной долготы. 13^{42} - "Болтик" сообщает о наличии льдов в районе 41 градус 51 минута северной широты и 49 градусов 52 минуты западной долготы. 13^{45} - "Америка" сообщает о льдах в районе 41 градус 27 минут северной широты и 50 градусов 8 минут западной долготы. 19^{00} температура воздуха 43 градуса по шкале Фаренгейта (6 °С). 19^{30} - температура воздуха 39 градусов по шкале Фаренгейта (3,9 °С). "Калифорния" сообщает о льдах в районе 42 градуса 3 минуты северной широты и 49 градусов 9 минут западной долготы. 21^{30} - второй помощник капитана Лайтоллер предупреждает судового плотника и вахтенных в машинном отделении о том, что необходимо следить за системой пресной воды - вода в трубопроводах может замёрзнуть; он предупреждает вперёд смотрящих следить за появлением льдов. 21^{40} - "Месаба" сообщает о льдах в районе 44...41 градус 25 минут северной широты и 49...50 градусов 30 минут западной долготы. Температура воды понизилась до 31 градуса по шкале Фаренгейта (- 0,56 °С). 23^{00} - "Калифорниэн" предупреждает о наличии льдов, но радист "Титаника" обрывает радиообмен прежде, чем "Калифорниэн" успевает сообщить координаты района. 23^{40} - "Титаник" столкнулся с айсбергом в точке 41 градус 46 минут северной широты и 50 градусов 14 минут западной долготы. В 02^{20} "Титаник" затонул. Надо сказать, что экипажи спасательных шлюпок с "Титаника" выполнили свой долг до конца.

Данные о погибших на лайнере людей разняться. Некоторые источники называют цифру 1635 человек; американская комиссия по расследованию обстоятельств катастрофы указала цифру 1517 человек; аналогичная британская комиссия - 1490; Министерство торговли Великобритании - 1503; это число, видимо, наиболее достоверно. Число людей, спущенных в шлюпках, по фактическому подсчёту спасшихся: члены экипажа 139 чел.; пассажиры - мужчины 119 чел.; женщины и дети 393 чел. - всего 651 человек. Может вызвать недоумение вопрос - Почему в спасательные шлюпки вместе с пассажирами сели ещё 139 моряков? Вопрос становиться ясным если 139 поделить на количество спасательных шлюпок, их было 20, тогда получим 7 человек на каждую шлюпку 1 старшина (он должен профессионально управлять шлюпкой, что могут только обученные моряки); остальные - гребцы, по 3 весла на каждый борт. Это тот минимум, шлюпочного экипажа который теперь уже отвечает за безопасность пассажиров спасающихся в шлюпке. Здесь моряки полностью выполнили свой долг.

Снова обратимся к высказыванию Р. Кэйхила: *"...незаурядный моряк ... делает всё, чтобы избежать ситуации..."* Капитан и офицеры "Титаника" ничего не сделали, чтобы избежать опасной ситуации, которая и привела к гибели судна. "Титаник" в первые минуты после столкновения с айсбергом получило значительный дифферент, который уже можно назвать опасным. Что должен в это время делать экипаж? Экипаж, в частности машинная команда должны были, с помощью балластной системы, сразу же после столкновения, принимать в кормовые отсеки забортную воду, чтобы привести судна "на ровный киль". Пробоина была в правом борту, поэтому одновремённо, следовало в цистерны, расположенные в междудонном пространстве с левого борта интенсивно принимать водяной балласт, чтобы накренить судно на левый борт. Кренить и дифферентовать судно надо было до тех пор, пока пробоина не выйдет из воды, то есть окажется выше ватерлинии. Далее, следовало откачать за борт принятую в корпус после столкновения с айсбергом воду и оставить судну приемлемые крен и дифферент. Далее, следовало приступить к заделке пробоины. Для чего надо было срубить или срезать автогеном её рваные края, изготовить из прочных деревянных досок пластырь и наложить его на пробоину. Через неё при шторме вода может захлёстывать пробоину. Я абсолютно не сомневаюсь в том, что имея незначительный крен и дифферент на корму "Титаник" благополучно своим ходом пришёл бы в Нью Йорк, встал бы к причалу, выгрузил бы багаж и прочий перевозимый груз. А пассажиры благополучно сошли бы на причал и полные впечатлений разъехались кому куда надо.

Просчёты и вину моряков может смягчать лишь то обстоятельство, что в те времена морские специалисты только начали заниматься проблемами непотопляемости судов. Такие мероприятия как борьба за живучесть ещё не практиковались. Это сегодня капитан повреждённого судна может взять в руки "Информацию о непотопляемости для капитана" и получить из неё сведения о том, как ему поступить, чтобы спасти и судно, и находящихся на борту людей.

В мою бытность, когда я работал в ГЛАВГОСРЫБФЛОТИНСПЕКЦИИ, а морские суда были государственной собственностью, поэтому штаб спасательной операции находился в Москве, мы руководили спасением одного из наших крупнотоннажных судов оказавшегося в аналогичных условиях как и "Титаник". Мы тогда связались с Калининградским техническим институтом, в частности, с кораблестроительным факультетом. В течение кратчайшего времени калининградские корабелы, в масштабе построили модель аварийного судна; аналогично её загрузили и нанесли ей аналогичные повреждения. Затем, были отработаны варианты спасения судна, которые немедленно были переданы на терпящее бедствие судно. Благодаря правильным действиям экипажа, судно накренили в сторону неповреждённого борта, и пробоина на повреждённом борту вышла из воды. Ну а дальше всё остальное было, как говориться, делом техники. К судну подошёл СМБ (спасательный морской буксир), водолазы автогеном срезали рваные края пробоины, наложили на пробоину стальные листы, подогнав их по месту, и приварили к корпусу. Затем экипаж откачал из корпуса проникшую ранее через пробоину воду за борт, и судно своим ходом пришло в порт, где после выгрузки встало на ремонт. Разумеется, что мы в эти трудные времена не раз вспомнили добрым словом Алексея Николаевича Крылова.

(Продолжение следует.)

100 ЛЕТ СО ДНЯ ГИБЕЛИ "ТИТАНИКА"

Андрей Викторович Барановский

Любая катастрофа пассажирского лайнера сравнивается с катастрофой "Титаника", которая произошла 15 февраля 1912 г. в Северной Атлантике в результате столкновения этого лайнера с айсбергом. В 2012 году исполняется столетняя годовщина этой трагедии и несколько стран отметили ее выпуском памятных монет.

Капитан "Титаника" Эдвард Джон Смит

Но сначала немного истории.

"Титаник" (RMS Titanic) - британский пароход компании "Уайт Стар Лайн", второй из трёх пароходов-близнецов типа "Олимпик". Он был заложен 31 марта 1909 года на верфях судостроительной компании "Харланд энд Вольф" в Куинс-Айленд (Белфаст, Северная Ирландия), спущен на воду 31 мая 1911 года, прошёл ходовые испытания 2 апреля 1912 года. Считался практически непотопляемым судном. Он мог оставаться на плаву при затоплении любых двух из его 16 водонепроницаемых отсеков, любых трёх из первых пяти отсеков, или же всех первых четырёх отсеков, пространство между дном и настилом второго дна было разделено поперечными и продольными перегородками на 46 водонепроницаемых отсеков.

На момент своей постройки "Титаник" был крупнейшим пассажирским лайнером мира - водоизмещение его 64 тысячи тонн.

Во время **первого** рейса 15 апреля 1912 года лайнер столкнулся с айсбергом и через 2 часа 40 минут затонул. На его борту находилось 1 316 пассажиров и 908 членов экипажа, всего 2 224 человека. Из них спаслись 711 человек, погибло - 1 513.

Одна из причин гибели, о которой правда мало пишут, была следующая. В своем первом и роковом рейсе он хотел установить перекрыть предыдущий рекорд времени пересечения Северной Атлантики и получить чрезвычайно престижный приз - "Голубую ленту Атлантики". А здесь скорость, скорость и еще раз скорость. До этого он принадлежал "Мавритании", которая в рейсе Куинстаун - Сэнди Хук пересекла ее за 4 дня 10 часов 51 минуту со средней скоростью 26,06 узла.

Катастрофа "Титаника" стала легендарной, по её сюжету снято несколько художественных фильмов. В Саутгемптоне, откуда "Титаник" вышел в свой первый и последний рейс, его экипажу воздвигнут памятник. Его фото воспроизводим в заголовке статьи.

Не забыли лайнер и монетные дворы мира. Первые монеты, связанные с его катастрофой были отчеканены в 1998 году Либерией. Это медно-никелевые 2 и 5 долларов, а также серебряные 20 долларов, запечатлевшие "Титаник" в момент катастрофы. На 20 долларах в картуше помещен портрет капитана парохода Эдварда Джона Смита. А в 2003 году это африканское государство отчеканило серебряную номиналом 10 долл. и золотую номиналом 25 долл. овальные монеты, в которых помещена капсула с кусочком угля, поднятого с "Титаника". Тираж каждой монеты 5000 экземпляров.

История появления этих монет такова. В 2000 году в результате очередной подводной экспедиции к судну, среди прочих поднятых предметов оказалось немного угля, которым топились топки этого парохода. На устроенной распродаже артефактов уголь никого не заинтересовал и его за очень скромную сумму приобрела Либерия. А вот в монетных капсулах он уже подорожал в сотни раз.

В один год с Либерией, а именно в 1998 г., Замбия выпустила медно-никелевую монету номиналом 1000 квача. На ней помещена дата и время гибели "Титаника" - 15 апреля 2.20 PM. Особенность монеты в том, что она имеет цветную вставку с изображением этого судна, несущегося на всех парах.

В том же году Сомали выпустила две серебряные монеты номиналом 20 и 25 шиллингов. На одной мы видим плывущий "Титаник", на второй полихромной - момент погружения его в морскую пучину и отходящие от лайнера шлюпки с пассажирами.

Если практически все монеты, посвященные "Титанику" посвящены его катастрофе, то опять же африканская Сьерра-Леоне в 2002 г. отчеканила серебряные 10 долл. с моментом отплытия его в свой роковой рейс в 12.00 по Гринвичу 10 апреля 1912 года из Саутгемптона. К сотой годовщине катастрофы этот же момент отразил принадлежащий Англии остров Тристан-да-Кунья на своей медно-никелевой монете номиналом в одну крону.

Как и последняя, все остальные выпуски монет были приурочены уже к сотой годовщине гибели "Титаника". Сделала это и Англия. Серебряная и медно-никелевая монеты овальной формы отчеканены были от имени островов Кука. Они имеет номинал 5 долл. и на реверсе монет наличествует цветное изображение "Титаника", плывущего по синим волнам Атлантического океана и роковой айсберг.

Новая Зеландия от имени тихоокеанского острова Ниуэ выпустила серебряную монету номиналом в 2 новозеландских доллара с полихромным изображением этого лайнера. Ободок ее выполнен в виде картуша компаса и на заднем плане монеты помещена карта Атлантики в системе Меркатора. Тираж монеты символический - 2012 штук.

Уж совсем необычную монету номиналом $10 выпустили острова Кука. Она вошла в серию "Окна мира". Монета имеет вставку из

витражного стекла в стиле витражного купола над парадной лестницей "Титаника". На ней изображен плывущий лайнер и остатки его, хранящиеся на дне Атлантики.

Опять же к необычным монетам следует отнести чешскую - ее номинал 2012 центов. Монета двуязычная (надписи на чешском и английском языках, так она отчеканена от имени уже знакомого острова Ниуэ). Монета выполнена из серебра и имеет овальную форму. На аверсе отчеканено изображение "Титаника", позади которого находится цветная вставка - символ Атлантического океана, в водах которого корабль нашел свою гибель. На реверсе можно увидеть композицию, состоящую из объектов, которые выловили из воды после крушения - компас, посадочный талон и колокол.

Серебряная монета номиналом 50 долл. островов Фиджи инкрустирована перламутром. Тираж ее мизерный - всего 750 экземпляров.

Английский монетный двор Pobjoy от имени острова Мэн выпустил монеты, на одной из которых изображена посадка пассажиров на этот злополучный рейс, на другой столкновение "Титаника" с айсбергом. С точки зрения Чарльза Югина, работавшего пекарем на Титанике, - это идеальные темы для памятных монет.

Королевский монетный двор Великобритании от имени острова Олдерни (один из Нормандских Островов) представил две монеты (серебряную и из медно-никелевого сплава) номиналом каждой 5 фунтов по случаю 100-летия рокового рейса Титаника.

На реверсе очень точно передано изображение великолепного судна, плывущего из Саутгемптона. На заднем плане расположен силуэт статуи "Тан" из мемориала в Белфасте, созданная в 1920 году сэром Томасом Брок . Контрастная композиция (гордый корабль и призрачная фигура) прекрасно отображает судьбу судна. Серебряная монета поставляется в элегантном черной коробочке, а монета из недрагоценного сплава вставлена в иллюстрированный буклет с рассказом об истории создания и трагическом первом рейсе "Титаника".

Резервный банк Фиджи представил памятную серебряную монету, посвященную 100-летию гибели парохода "Титаник". Монета будет иметь номинал 20 долларов, драгоценный металл - серебро 999-й пробы, На реверсе будет изображен опрокинувшийся "Титаник". Ночное океанское небо будет изображено фиолетовым цветом. Художник на небе изобразил звезды. Слева и справа от "Титаника" - глыбы льда. В цвете изображен океан, в водах которого тонет ожерелье в виде сердца. По всей видимости, на создание монеты дизайнера вдохновил художественный фильм "Титаник" Джеймса Кэмерона.

И в заключение о серии из шести монет, посвященных этому фильму "Титаник" с Ди Каприо и Кейт Уинслет в главных ролях. Монеты отчеканены в Англии от имени островов Кука и аверс их украшают сцены из фильма, выполненные наложением специального пластика на саму серебряную монету.

Среди катастроф, произошедших вне военных действий, по числу жертв "Титаник" занимает третье место. Печальное лидерство – за паромом "Донья Пас", столкнувшимся в 1987 году с нефтяным танкером. В столкновении и последующем за ним пожаре погибло более 4 тысяч человек. Второе место удерживает деревянный колёсный пароход "Султанша", который затонул 27 апреля 1865 года на реке Миссисипи близ Мемфиса вследствие взрыва парового котла и пожара. Общее число погибших на пароходе превысило 1700 человек, это наибольшая катастрофа на речных судах.

Судно	Страна	Тоннаж	Год	Число жертв	Причина гибели
Гойя	Германия	5230	1945, 4/04	7000	Атака ПЛ Л-3
Junyo Maru	Япония	5065	1944, 18/09	5620	Атака ПЛ HMS Tradewind
Toyama Maru	Япония	7089	1944, 29/06	5600	Атака ПЛ USS "Sturgeon"
Кап Аркона	Германия	27561	1945, 3/05	5594	Атака авиации
Вильгельм Густлофф	Германия	25484	1945, 30/01	5300	Атака ПЛ С-13
Армения	СССР	5770	1941	5000	Атака авиации
Ryusei Maru	Япония	4861	1944, 25/02	4998	Атака ПЛ USS Rasher
Донья Пас	Филиппины	2602	1987	4375	Столкн. с танкером и пожар
Ланкастрия	Великобритания	16243	1940	4000	Атака авиации
Генерал Штойбен	Германия	14660	1945	3608	Атака ПЛ С-13
Тильбек	Германия	2815	1945, 3/05	2800	Атака авиации
Зальцбург	Германия	1759	1942	2000	Атака ПЛ М-118
Титаник	Великобритания	52310	1912	1503	Столкновение с айсбергом
Худ, линейный крейсер	Великобритания	41125	1941, 24/05	1415	Бой с немецкими кораблями
Лузитания	Великобритания	31550	1915	1198	Атака ПЛ U-20

УДК 303

ВИДЕОКОЛОРИСТИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ: ОБЩЕЕ И ЧАСТНОЕ

Елена Викторовна Невмержицкая,
зам. директора ГБОУ СПО Колледж архитектуры и строительства№ 7, Москва, д.пед.н.

Новационный в социологии метод видеоколористического наблюдения базируется на знаниях о природном феномене цвета, основных, составных и дополнительных цветах, оттенках, их характеристиках, цветовой культуре и языке цвета, получаемых в процессе жизнедеятельности человека и используемых для создания и последующего взаимодействия с комфортной визуальной средой.

Method of the videocoloristic observation is novational in the sociology and is based on the knowledge about natural phenomenon of color, main, secondary and additional colors, gradations and their characteristics, as well as about color culture and language, which are obtained during the process of life activity of a human and are used to create and then interact with comfortable visual environment.

Ключевые слова: ***видеоколористическое наблюдение, этноколористическое интервью, феномен цвета, окружающий мир, формирование визуальной среды и духовной культуры личности.***

Keywords: ***videocoloristic observation, ethnocoloristic interview, phenomenon of color, visual environment, formation of visual environment and spiritual culture of a person.***

Под видеоколористическим наблюдением в социологии может пониматься особый метод сбора этносоциологических данных или же целостная исследовательская стратегия, то есть методология социальных и гуманитарных исследований колористической направленности, включающая в себя большое количество явных и неявных предпосылок и предположений.

Рассматривая видеоколористическое наблюдение не в качестве альтернативы другим исследовательским подходам, а как один из методов социальных наук, следует отметить частое обращение при его использовании к другим методам, например, этноколористическое интервью [1, 2], метод исследования случая [3, с. 32-36] и др. Таким образом осуществляется расширение содержательной составляющей видеоколористического наблюдения, включающего результаты, полученные с привлечением других методов исследования.

Получая знания о природном феномене цвета, основных, составных и дополнительных цветах, оттенках, их характеристиках, цветовой культуре и языке цвета, приобретаемых в процессе жизнедеятельности человека и используемых для создания и последующего взаимодействия с комфортной визуальной средой, новационный метод видеоколористического наблюдения неразрывно связан с видеоэкологией и этноколористикой.

Ведущей отличительной чертой метода является осуществление процесса наблюдения в определенный момент исследуемого события. Для усиления эффективности наблюдения имеет большое значение предварительное составление плана исследования, который отражает исходные представления о характеристиках изучаемого объекта, требуемых фактах, сроках и средствах (в том числе, технических) сбора информации, местах наблюдения, составе наблюдателей и др.

Основными этапами видеоколористического наблюдения являются:

- установление объекта и предмета наблюдения;
- определение целей, задач;
- выбор способа и времени проведения наблюдения;
- подготовка технических средств;
- сбор и накопление видеоколористической информации;
- фиксация результатов;
- контроль со стороны других наблюдателей;
- отчет о проведенном наблюдении.

Особое внимание отводится времени фиксации результатов, так как, например, если наблюдатель записал результат по истечении большого временного интервала по окончании процесса видеоколористического наблюдения, то из-за возникшей неточности часть фактологического материала может быть утрачена или искажена. В частности, при проведении видеоколористического наблюдения с целью определения соответствия использования цветообозначений в названиях Желтого и Красного морей было обнаружено, что от впадающих в море желтоватых рек с мутной илистой водой (особенно в пору паводков) и из-за присутствия в воде микроскопических красных красящих водорослей, как результат выделения микроскопических растений, свое название моря получили справедливо.

К основным требованиям, касающимся профессиональной подготовки наблюдателей, относится их обязательное владение колористическими знаниями и умениями, опирающимися на особенности цветовых характеристик в традиционной культуре этносов. Наблюдатель также должен владеть основами этноколористики, этнопедагогики, психологии, биологии, физиологии, экологии и смежных с ними дисциплин, что положительно влияет на его способность систематизировать полученные данные, содействует формированию целостной картины мира.

Значимость видеоколористического наблюдения заключается в том, что данный метод помогает сформировать целостное представление об окружающем человека современном мире, а также способствует формированию духовной культуры личности, выраженной в ежедневной потребности в красоте. В качестве примеров можно привести результаты видеоколористического наблюдения, основанные на широком круге источников информации, представленные на рис. 1.

Следует отметить, что с целью объединения всех аспектов визуализации в процессе развития представления об окружающей

Заповедные Кижи	Пепельный цвет старой древесины
Казахстанский малахит	Ярко-зеленый нефрит
Карпатская ель	Темно-зеленый
Китайский фарфор	Белый с легким желтовато-зеленым оттенком
Красно-розовый рассвет на Эльбрусе	Нежно-голубой и яркий красно-розовый; частично белый
Московские сумерки	Сизо-серый
Мраморное море	Темно-серая бирюза
Подмосковный загар	Смуглый, охристо-коричневый
Полярная ночь	Черно-синий
Река Нева	Голубовато-стальной
Скандинавские фьорды	Мрачный синевато-серый
Утренний Эльбрус	Цвет бурого кофе

Рис. 1. Соответствие цветов: результаты видеоколористического наблюдения

среде возникла потребность во введении с последующим изучением нового раздела научного направления колористики - видеоколористики (от лат. *video* - видеть, *color* - цвет, краска), курс обучения которого с 2010 г. осуществляется на базе московского Колледжа архитектуры и строительства №7 для студентов специальностей "Декоративно-прикладное искусство и народные промыслы", "Архитектура", "Садово-парковое и ландшафтное строительство" [4, с. 191-196]. Визуализация получаемой в процессе обучения информации способствует повышению процента ее усвоения. Но эффективность процесса визуализации (визуализировать - представлять в визуальной (воспринимаемой зрительно невооруженным глазом или с помощью оптического прибора) форме [5, с. 131]) зависит от многих факторов, в том числе, и от правильного выбора цветовой палитры. Работа зрительного анализатора как элемента зрительной системы, позволяющей посредством глаз передать информацию в зрительный центр мозга, который расположен в затылочной части головы, способствует дальнейшему формированию трехмерной картины мира, которую видит человек.

Знания о современном колористическом состоянии визуальной среды, о глобальных проблемах и перспективах ее развития ориентируют личность на практическую деятельность по изучению окружающего ее видимого пространства, в том числе, выявлению и устранению загрязняющих его факторов.

Литература

1. Невмержицкая Е.В. Этноколористическое интервью: учебно-практическое пособие. - М.: Граница, 2012.

2. Невмержицкая Е.В. Детерминанты этноколористического интервью // Двигатель. - 2012. - № 1 (58-59). - С.76.

3. Невмержицкая Е.В. Эффективность метода исследования случая при работе Языковой группы "Студенческое бюро" // Среднее профессиональное образование. - 2011. - № 12.

4. Донцова М.А. Целевое значение новационной дисциплины Видеоколористика // Инновации XXI века: проблемы и перспективы, методы и технологии: сборник научных статей профессорско-преподавательского состава России и зарубежья. - Часть 2 / отв. ред. С.А. Рунова. - М.: Граница, 2011.

5. Большой толковый словарь русского языка. / Сост. и глав. ред. С.А. Кузнецов - Спб.: Коринт, 2000. - 1536 с.

Связь с автором: alenalena03@mail.ru

УДК 316.72

СОЦИАЛЬНАЯ РЕКЛАМА В НОВОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Анна Тофика-Гызы Землянская,
аспирантка ФГБОУ ВПО МГТУ ("СТАНКИН")

В статье раскрываются основополагающие принципы социальной рекламы, определяется ее место в системе социальных коммуникаций современного общества, анализируется отношение потребителей к разным видам рекламы и делается вывод об эффективности использования нового вида – интернет-рекламы.

The article describes the basic principles of public service, is determined by its place in the social communication in modern society, analyzes consumer attitudes to different types of advertising and the conclusion about the effectiveness of a new kind of advertising, such as Internet advertising.

Ключевые слова: ***реклама, социальная реклама, виды рекламы, телевизионная реклама, интернет-реклама, ценности общества.***

Keywords: ***advertising, social advertising, advertising, television advertising, Internet advertising, the values of society.***

Возникновение рекламы связано с появлением товаров, покупателей и продавцов. Система "потребитель-производитель-товар" включает два важных элемента: производитель товара стремится продать свою продукцию потребителю, а последний выбирает товар, который ему нравится. В данном случае посредником между сторонами торговли выступает реклама, в частности, товарный знак, с помощью которого производитель/продавец повышает привлекательность товара, и, опираясь на рекламу, покупатель может осуществить выбор.

В зависимости от функционального контента, реализуются виды рекламы: экономическая, информационная, просветительская, эстетическая, социальная и др. Социальная реклама - это термин, вошедший в повседневную жизнь сравнительно недавно и применяемый только в России, ибо во всем мире принято использовать понятия "некоммерческая реклама"/"общественная реклама", целью которой является привлечение внимания к ежедневным, вошедшим в привычку проблемам общества, раскрытие их сути.

Под "некоммерческой рекламой" подразумевается реклама, спонсируемая некоммерческими институтами и имеющая целью стимулирование пожертвований, призыв голосовать в чью-либо пользу или привлечение внимания к делам общества [1].

Пропагандой какого-либо позитивного явления, которая безвозмездно создается профессионалами, и, как правило, размещается на некоммерческой основе в СМИ, занимается общественная (социальная) реклама, представляющая общественные интересы и направленная на достижение благотворительных, культурных, социальных, образовательных целей, охраны здоровья граждан, защиты их прав и законных интересов, охраны окружающей среды и др. [2].

Проведя опрос среди населения в городах Москва (89 респондентов) и Санкт-Петербург (48 респондентов) с целью выявления отношения жителей к формам распространения рекламы, было обнаружено, что внимание москвичей привлекает телевизионная реклама (48,3 %), среди которых многие (29,3 %) считают "наиболее правдивой и бескорыстной" рекламу социальную. В отличие от москвичей, из числа которых 9,8 % респондентов не обращают внимание ни на какие виды рекламы, 54,2 % опрошенных петербуржцев более открыты к ней и восприимчивы. При этом 20,6 % респондентов, постоянно проживающих в Москве, и 34,8 % - в Санкт-Петербурге интересует реклама в журналах и газетах, около 16 % часто обращают внимание на рекламу по радио. Реклама на транспорте интересует более 3 % опрошенных (3,6 % жителей Москвы, 3,4 % жителей Санкт-Петербурга) и

только 1,4 % (Москва) и 0,8 % (Санкт-Петербург) читают рекламу в Интернете (рис. 1).

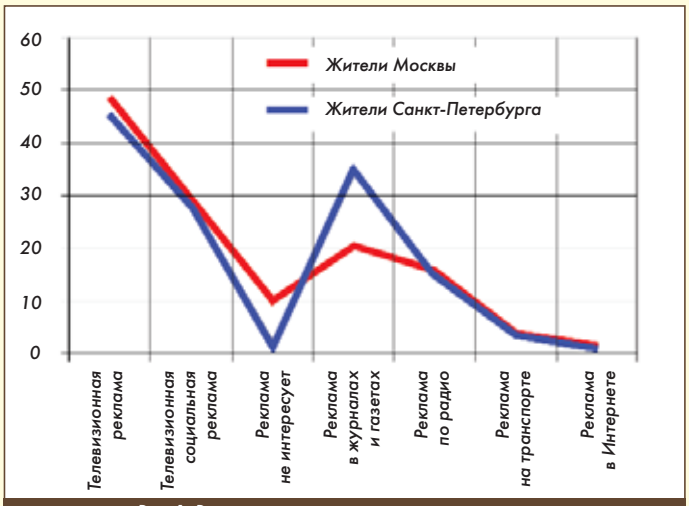


Рис. 1. Распределение привлекательности рекламы для жителей Москвы и Санкт-Петербурга

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что телевидение является наиболее популярной площадкой для размещения рекламы. Дело в том, что товар или услуга могут быть продемонстрированы в действии, их преимущества экспрессивно выражены посредством, например, мини-фильмов о товарах и услугах при максимальном охвате аудитории. Вместе с тем, стоимость единицы рекламного времени на популярных телеканалах может быть сравнима со стоимостью интернет-проекта. Однако именно телевизионная реклама имеет возможность использовать визуальные и акустические эффекты, недоступные сетевой рекламе, рекламе на радио, на транспорте и т.д. По сравнению с пользователями Интернета, которые активны в поиске и восприятии информации, телезрители относятся к пассивной аудитории, что снижает вероятность восприятия рекламы, полученной ими с экрана телевизора.

Преимущества интернет-рекламы по сравнению с телевизионной заключаются в том, что:

- потребитель по своему желанию может дозировать получаемую информацию, с чем связана относительная популярность интернет-рекламы среди потребителей;

- используется интерактивность, являющаяся дополнительным инструментом маркетингового исследования, т.е. возможность организации диалога с пользователем и соответствующего увеличения регулирующего воздействия рекламной информации;

- получение нужного результата без особых усилий, так как преимущества Интернета заключаются в статистическом обеспечении (предоставляет возможность получать достоверную и полную информацию о количественном и качественном составе аудитории, как до начала рекламной кампании, так и после ее завершения);

- посредством фокусировки можно точнее нацелить аудиторию на рекламируемый предмет;

- в большинстве случаев возраст активной аудитории колеблется от 18 до 40 лет и т.д.

Интернет в социальном контексте - единая среда общения, ведения дел и обмена информацией, идеями. Важной отличительной чертой использования Интернета является отсутствие владельца, так как управление осуществляется самими пользователями и поставщиками услуг через специализированные организации.

Следует отметить, что в настоящее время многие некоммерческие, общественные и государственные организации стремятся размещать свою рекламу на различных сайтах Рунета. Примером того является функционирование таких категорий сайтов: персональные сайты политиков (Дмитрия Медведева, Владимира Жириновского и др.), сайты политических организаций (Nasledie.ru, ЛДПР, партии "Единая Россия" и др.), официальные сайты (Правительства Москвы (рис. 2), администрации Президента РФ: State.kremlin.ru, Kremlin.ru и др.).

Главной целью социальной рекламы является обращение внимания и изменение отношения населения к определенной проблеме, а в долгосрочной перспективе - решение этой проблемы и создание новых социальных ценностей, формирование социальных норм, изменение мировоззрения. Данные цели являются основными для политической рекламы, в частности, в публичной политике [3].

Относительно молодым явлением современной жизни является интернет-реклама, которая почти за 10 лет существования заняла лидирующую позицию среди позитивных отзывов потребителей о ней. Проведя социологическое исследование среди посетителей московских торговых центров "Атриум", "Золотой Вавилон" и "Метрополис", были получены факты, свидетельствующие, что негативное отношение к традиционной телевизионной рекламе испытывают почти 75 % респондентов, в то время как интернет-рекламу приветствуют более 50 % пользователей Интернета, и почти каждый третий (около 25 %) относятся к ней нейтрально.

Рис. 2. Сайт Правительства Москвы

Таким образом, забота о благоприятном отношении общественности к деятельности органов власти, развитие разносторонней культуры населения, необходимое изменение ценностей, установок общества и осуществление публичной политики посредством такого инструмента как социальная реклама в Интернете - залог успешности и эффективности взаимодействия государства и общества.

Литература

1. Бове К.Л., Аренс У.Ф. Современная реклама. - Тольятти: Довгань, 1995. - 661 с.

2. Уэллс У., Бернет Дж., Мориарти С. Реклама: принципы и практика. - СПб.: Питер, 1999. - 736 с.

3. Мандель Б.Р. Социальная реклама: уч. пос. - М.: Вузовский учебник; ИНФРА-М, 2012. - 312 с.

4. Землянская А.Т.-Г., Невмержицкий К.А. Анализ нормативно-ценностной системы отечественной рекламы. // Традиции и новации в глобализирующемся мире: сб. статей. - М.: Граница, 2012. - С. 46-68.

5. Федеральный закон РФ от 13 марта 2006 г. №38-ФЗ "О рекламе".

Связь с автором: elvird@yandex.ru

К ВОПРОСУ О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗОН ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ НА АНТРОПОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТАХ

Московский финансово-промышленный университет "Синергия":
Равгат Явдатович Хамидуллин, зав. кафедрой, к.т.н.
Игорь Валентинович Никитин, доцент кафедры, к.т.н.
Александр Анатольевич Москаленко, доцент кафедры, к.т.н.

Взаимодействие потока загрязненного атмосферного воздуха с поверхностью подстилающего ландшафта в определенных ситуациях может приводить к образованию участков с повышенной концентрацией загрязнителей – зон экологических аномалий. Локализация таких зон на ландшафте является актуальной проблемой, поскольку загрязнение снижает экономическую ценность участков ландшафта, требует разработки дополнительных мероприятий по экологической защите объектов экономики и населения.

В настоящее время при организации вокруг источника выброса санитарно-защитной зоны, обеспечивающей экологическую безопасность источника выбросов и экологическую защиту находящихся в районе его размещения антропогенных объектов и людей, не в полной мере учитываются особенности взаимодействия атмосферного воздушного потока-переносчика ингредиентного загрязнителя с подстилающими ландшафтами.

В целях локализации таких зон, на наш взгляд, рациональнее использовать не прямые инструментальные измерения, требующие весьма значительных затрат сил и средств, а экологическую рекогносцировку ландшафта и прогнозирование возможных зон экологических аномалий на нем.

При экологической рекогносцировке ландшафта количественно оцениваются аэродинамические свойства ландшафта, определяющие процесс формирования на нем зон экологических аномалий и вырабатываются исходные данные для проведения расчётов в процессе последующего прогнозирования. Аэродинамические свойства ландшафта (антропогенного или природного) в рамках рассматриваемой в настоящей статье задачи описывают коэффициентами плотности застройки или сомкнутости крон деревьев, средней высотой сооружений или деревьев и перепадом высоты рельефа ландшафта. Данные показатели характеризуют степень продуваемости ветром ландшафта; их численные значения влияют как на саму возможность образования зон экологических аномалий, так и на линейные размеры (длину) этих зон. Численные значения показателей аэродинамических свойств ландшафта могут быть определены с помощью геоинформационных систем и уточнены при экологической рекогносцировке ландшафта данных [1].

При этом коэффициент плотности застройки антропогенного ландшафта $k_{ЗД}$ определяют по формуле $k_{ЗД} = S_{ЗД} / S_{КВ}$, а коэффициент сомкнутости крон деревьев природного ландшафта $k_Д$ - по таблице 1 [1].

Таблица 1

Зависимость коэффициента $k_Д$ от отношения $r_Д / d_Д$			
$r_Д / d_Д$	< 0,3	0,3...1,0	1,0...2,0
$k_Д$	1,0 ...0,5	0,5...0,25	0,25...0,1

Здесь $S_{ЗД}$ - суммарная площадь антропогенного ландшафта, занятая сооружениями, м^2;

$S_{КВ}$ - общая площадь исследуемого антропогенного ландшафта, м^2;

$r_Д$ - расстояние между кронами деревьев, м;

$d_Д$ - средний диаметр крон, м.

Для прогнозирования возможности образования зон эко-логических аномалий на ландшафте значения средних высот его неровностей H сравниваются со значениями длин вихревых зон L, вычисляемых по формулам [1]

$L_А = K_H (H_А + h_{ЗД\ СР}) k_{ЗД}$,

$L_П = K_H (H_П + h_{Д\ СР}) k_Д$,

где K_H - аэродинамический коэффициент (рекомендуется выбирать в диапазоне 6...8 при скорости ветра до 10 м/с и длины сооружения намного большей его высоты);

$h_{ЗД\ СР}$ - средняя высота сооружений, м;

$h_{Д\ СР}$ - средняя высота деревьев, м.

Индекс "А" соответствует параметрам антропогенного ландшафта, индекс "П" - природного.

При $L < (H + h_{СР})$ образование на ландшафте зон экологических аномалий маловероятно, а при $L > (H + h_{СР})$ вероятность аномалий высока.

Если в результате прогнозирования выявляется возможность образования на ландшафте зон экологических аномалий, их локализация может быть уточнена проведением целевой экологической разведки "неблагоприятных" участков. По нашему мнению, для этой цели наиболее целесообразно, с точки зрения минимизации затрат сил и средств, использовать интегральную оценку экологического состояния атмосферного воздуха с применением метода визуальной биоиндикации. Данный метод достаточно подробно описан в литературе, для его реализации не требуется специального обучения и высокой квалификации исполнителей.

Погрешность локализации зон экологических аномалий на ан-тропогенных и природных ландшафтах методом прогнозирования, на наш взгляд вполне достаточна для предварительной оценки экологической обстановки на ландшафтах при планировании как их экономического использования, так и организации экологической защиты размещенных на них антропогенных объектов, персонала и населения.

В качестве примера был выполнен прогноз локализации зон экологических аномалий на антропогенном ландшафте одного из жилых кварталов города Москвы. Результаты анализа космофотоснимка, экологической рекогносцировки исследуемого антропогенного ландшафта и выполненные расчеты показали, что на выбранном ландшафте образование зон экологических аномалий маловероятно. Однако оказалось, что располагаемый "запас" невелик (всего около 2,5 м) и последующая застройка может изменить экологическую ситуацию в сторону ухудшения.

Литература

1. Батиев Ю.С. Методические указания по интегральной оценке качества окружающей среды. Экологическая разведка местности / Ю.С. Батиев, Г.П. Усов. - М., 2005. - 119 с.

УДК 338.02 (075) ББК 65.29

ОСОБЕННОСТИ И ПРОТИВОРЕЧИЯ РАЗВИТИЯ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ В КИТАЕ

Чу Яньхун,
аспирантка кафедры социологии, психологии и педагогики МГТУ "Станкин"

В статье рассматриваются объективные трудности развития трудовых ресурсов, вставшие перед китайским обществом в процессе предпринятой крупномасштабной модернизации.
The article deals with the objective difficulties of the labor force, facing the Chinese society in the process of a large-scale modernization.
Ключевые слова: ***трудовые ресурсы, модернизация, дифференциация социальных групп, социальные страты, социальный статус.***
Keywords: ***labor forces, modernization, differentiation of social groups, social strata, social status.***

Перестройка, осуществляемая в настоящее время в Китае, носит глобальный характер: от социалистической экономики к капитализму; от аграрного общества к индустриальному; от власти одного лица к власти закона; от коллективистских, идеологических принципов организации общества к индивидуалистическим и материалистическим установкам. Подобные глобальные преобразования особенно затруднены в стране, где такая большая плотность населения, столь значительны этнические и экономические различия между регионами.

Одной из главных причин медленного развития структуры трудовых ресурсов в Китае является серьезное запаздывание процесса урбанизации, что мешает сокращению слоя сельскохозяйственных работников и расширению средних слоев. Развивавшаяся на протяжении двух последних десятилетий прошлого века индустриализация деревни в основном не имела ничего общего с урбанизацией. Последняя была заменена моделью развития малых городов и поселков. Предполагалось, что они станут базой для развития третичной сферы в деревне, но результаты не оправдали ожиданий, ибо для развития третичной сферы нужна определенная концентрация населения. Низкий уровень урбанизации сдерживает также развитие науки, техники, образования и соответственно средних социальных слоев. Сама же урбанизация тормозится медлительным обновлением соответствующих институтов и политики государства.

Процесс модернизации Китая не может носить только стихийный характер, его должно направлять и необходимое государственное регулирование. Однако пока что отсутствует ясная и осознанная социальная политика, которая бы способствовала формированию и развитию современной структуры социальных страт, подобно тому как действует политика макрорегулирования экономики. В течение двух десятилетий изменения в структуре социальных страт в основном происходили под влиянием государственной политики регулирования экономики и реформирования экономических институтов, но государство не направляло сознательно этот процесс с помощью соответствующей социальной политики. Поэтому изменения структуры социальных страт отличались явной стихийностью.

До сегодняшнего дня государство отдает очевидное предпочтение экономическому росту, который призван привести к обогащению населения и тем самым стабилизировать социальную структуру и обеспечить долговременную безопасность страны. Неверным является представление о том, что экономическая политика может заменить собой политику социальную, может сама по себе привести к нужным результатам. Как показывает международный опыт, соответствующая рыночной экономике экономическая политика нацелена на эффективность, а социальная политика, добивающаяся создания рациональной структуры современных социальных страт, должна стремиться к справедливости. Она должна посредством различных мер перераспределения, с одной стороны, в разумных рамках сократить разрыв в доходах между слоями и регионами, а с другой - предоставить достаточные гарантии базовых условий существования бедным слоям, с тем, чтобы избежать серьезной поляризации общества, смягчить противоречия между стратами. Экономическая политика, ориентированная на обеспечение устойчиво высоких темпов роста, обеспечила вместе с тем более справедливые возможности выбора и конкуренции для большинства членов общества. Однако вследствие несправедливости, накопленной в прошлом, и различных ограничений, реально существующих в настоящем, возможности и стартовые условия участия в рыночной конкуренции для каждого отдельного члена общества далеко не одинаковы. А соответственно различны и ресурсы, получаемые каждым членом общества в процессе экономического развития, неизбежными становятся дифференциация богатства доходов и явления неравенства.

В Китае до сих пор несовершенна и слаба система социальных гарантий. Чем лучше изначальные материальные условия слоев и групп, тем лучше они обеспечиваются, и наоборот, что не гарантирует базовое существование бедных слоев. Система социального обеспечения охватывает в основном городское население, тогда как на сельское население она практически не распространяется. В городах люди, имеющие работу, обеспечиваются лучше, чем те, которые ее лишены. Люди, получающие высокую зарплату, имеют преимущество в социальном обеспечении по сравнению с теми, у кого зарплата низкая, преимущества дает и городская прописка по сравнению с сельской [1].

Промедление с обновлением социальных институтов мешает вертикальной мобильности. Главным препятствием служит институт прописки. Вопреки некоторым послаблениям он по-прежнему стоит на пути переселения крестьян в город. С исчезновением экономики дефицита многие привилегии, связанные с городской пропиской, потеряли свой смысл, но это не устранило полностью ее охранительную роль. Мигрантов из села, с одной стороны, в поисках профессии допускают в города, а с другой - могут просто и грубо выставить за городские ворота под предлогом поддержания общественного порядка. Специфически китайский традиционный институт прописки создает два раздельных рынка труда - городской и сельский. Часть профессий и отраслей отнесены к заповеднику городской занятости. Мигранты из села к ним не допускаются под предлогом наказания нанимателей. Это не касается, однако, частных предпринимателей из крестьян. Многие из них прочно обосновались в городе, купили дома, машины, живут намного лучше, чем рядовые горожане, а их дети учатся в лучших городских школах.

Несправедливая дислокация общественных ресурсов ведет к несправедливой структуре шансов. На формирование современной структуры социальных страт наиболее отрицательно влияет несправедливое и нерациональное размещение образовательных ресурсов. Город располагает неизмеримо большим числом государственных образовательных учреждений, чем село. Фактически сельское образование осуществляется за счет крестьян, а городское - за счет государства, высшее образование получает

намного больше общественных ресурсов, чем образование базисное. Стремясь создать так называемые первоклассные очаги образования, правительство выделяет сотни миллионов, миллиарды и даже десятки миллиардов юаней нескольким неплохо зарекомендовавшим себя университетам, а средства на ремонт находящихся в аварийном состоянии сельских школ с великим трудом собирают сами крестьяне. Городские преподаватели, особенно в высшей школе, получают в месяц тысячи юаней, а зарплата сельских - несколько сот юаней, часто случаются задержки сроком от нескольких месяцев до года [2].

Одновременно так называемое реформирование оплаты обучения в университетах не только создает уникальные условия для того, чтобы они благоденствовали за государственный счет, но и значительно повышает барьеры, препятствующие поступлению в них многих абитуриентов.

В специальном докладе, посвященном страте рабочих, на основе анализа абсолютных и относительных размеров этой страты отмечается, что ее влияние на общество достигло пика в 80-х и первой половине 90-х годов, а затем пошло на убыль. Одновременно стали сокращаться и выгоды, которые приносила рабочим реформа, и возрастать уплачиваемая ими цена за нее.

Реформы способствовали возрастанию однородности страты. В прошлом были довольно часты случаи перехода из страты рабочих в страту руководителей. Теперь это происходит все реже. Прежде существовали большие привилегии для работников государственной формы собственности - теперь они исчезли. Напротив, частные предприятия, обладающие большей конкурентоспособностью, имеют финансовые возможности привлекать наиболее качественную рабочую силу и повышать технический уровень рабочих. Тем самым различия между работниками различных форм собственности сгладились [3].

Стремясь укрепить свою власть, государство внедряло политическую демократию со специфически классовым оттенком. Оно опиралось на соединение предприятия с политикой. Рабочие были широко представлены в собраниях народных представителей всех уровней и могли таким образом влиять на принятие законов и выработку политики. Занятость рабочих обеспечивалась институционально. Рабочие могли принудить власть прислушаться к своему мнению и иными способами: развертывая политические кампании, развешивая дацзыбао, проводя "широкую критику". Они участвовали в обсуждении важных проблем жизни предприятий, особенно тех, которые прямо затрагивали их интересы, включая заработную плату, социальное довольствие, премии. Рабочие активно противостояли увольнениям, штрафам, чрезмерно строгим распорядкам, тяжелым условиям труда.

После изменения социально-экономического строя главной целью стали экономическая эффективность и социальное развитие. Государство больше не стоит специально на страже интересов рабочих, не поддерживает, как прежде, их требования. Большую силу обрели управляющие предприятий, которым государство делегирует свои полномочия. У рабочих отняли право протестовать против выполнения слишком тяжелых работ, сверхурочных смен, интенсификации труда, выполнения строгих распорядков, увольнений. Сохраняя такое право, они брали бы на себя ответственность за низкую эффективность, а соответственно и за невыплату зарплаты, за возможное банкротство и безработицу. Управляющие органы акционированных предприятий не выражают интересы рабочих и не избираются ими. Порядок управления, при котором рабочие выступали в качестве хозяев, утратил свою экономическую основу, а управляющие освободились от издержек системы, связанной с их избранием рабочими.

Изменение социально-экономического строя привело к тому, что рабочие утратили прямую поддержку административной власти. Сократилось представительство рабочих во Всекитайском собрании народных представителей, члены и руководители профсоюзов стали у управляющих простыми наемными работниками. Управляющие обрели большее влияние в конференциях рабочих и служащих, в профсоюзах, в парткомах. Они могут по своему усмотрению производить увольнения, перемещать на другую работу, снижать оплату, лишать премий. Возросла власть не только директоров головных предприятий, но и директоров филиалов, начальников цехов, участков и даже бригадиров. Соответственно законная власть рабочих резко сократилась, а неписаная - практически сведена к нулю. Рабочие теперь не только больше не избирают директоров, но и не могут принимать участия в выработке решений, затрагивающих их интересы.

На предприятиях частного, иностранного и смешанного капитала рабочие никогда не пользовались теми возможностями, которые были до изменения строя у рабочих государственного сектора. Сами эти предприятия возникли как следствие стремления правительства к экономической эффективности. Правительство подавало в этом отношении совершенно ясный сигнал менеджерам, пытаясь обрести поддержку рабочих или оказывать им "силовую помощь".

До изменения строя между доходами рабочих и доходами управляющих существовала определенная количественная взаимопомощь: лишь при увеличении первых могли в определенной пропорции возрастать последние. Управляющие не могли произвольно изменять ни собственные доходы, ни доходы рабочих. Они могли лишь следовать нормам зарплаты и премиальных, установленным правительством. Рабочие жестко противостояли увеличению разрыва в доходах, прибегая к разным мерам, вплоть до остановки работы. У многих старых рабочих зарплата была выше, чем у директора завода.

После изменения социально-экономического строя между рабочими и управляющими сложилась ситуация игры с нулевой суммой: при определенной общей сумме дохода чем выше заработки рабочих, тем меньше остается управляющим. Отсюда следует стремление управляющих снижать зарплату рабочих. Рабочие же на рынке труда находятся в положении слабой стороны и вынуждены соглашаться с предлагаемыми им условиями.

Если учесть огромные демографические и цивилизационные ресурсы Китая, а также решимость руководства страны китайской экономики идти по пути реформ, то можно прогнозировать, что КНР станет ведущей экономической державой XXI в. Все эксперты сходятся на том, что по ВВП Китай обгонит США в первой четверти века (называются разные сроки - от 2014 до 2025 г.). В то же время у Китая остается и немало проблем. Практически во всех областях реформы проведены лишь наполовину. С одной стороны, с их помощью удалось достигнуть процветания, о котором двадцать лет назад нельзя было даже и мечтать. С другой стороны, они усугубили социальное неравенство и обнажили нелицеприятные политические приемы, которые тщательно скрывались, распространенным является убеждение, что Китай сейчас переживает переходный период своего развития.

Литература

1. Виноградов А.В. Китайская модель модернизации. Поиски новой идентичности. М., 2005.

2. Портяков В.А. От Цзин Цзэменя к Ху Цзиньтао: КНР в начале XXI века. - М. ИДВ РАН, 2006.

3. Отчет об исследовании социальной стратификации современного Китая. Дандай Чжунго шэхуй: яньцзю баогао / Гл. ред. Лу Сюэ И. - Пекин, 2002, - 411 с, (кит. яз.)

Связь с автором: chuyanhong@mail.ru

ББК 60.561.51

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССАХ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Александр Анатольевич Емельянов
Равгат Явдатович Хамидуллин
Геворг Борисович Гулиян

В настоящее время сохраняется тенденция к обострению проблем в области промышленной безопасности, особенно на объектах, использующих аварийные химически опасные вещества. Ущерб от этих аварий исчисляется миллиардами рублей. В силу того, что никакими предупредительными мероприятиями, законодательными актами нельзя полностью предотвратить аварии, возникает необходимость оценивать риск деятельности таких предприятий заблаговременно.

In present there is tendency of worsening of problems in industrial safety area especially on objects which using dangerous chemical agents. The total loss of this crushes is estimated at billions rubles. Because it is not possible to prevent these losses by preventive actions and acts of low, it's necessary to evaluate beforehand risks of functioning of such objects.

Ключевые слова: ***промышленная безопасность, ущерб от аварий, предупредительные мероприятия, риск деятельности предприятий.***

Keywords: ***industrial safety, total loss of crushes, preventive actions, risks of functioning of objects.***

Деятельность химически опасных объектов (ХОО), связанная с производством как специфической продукции технического назначения, так и предметов потребления, сопряжена с большим риском нанесения ущерба не только собственному производству, но и всему, что может оказаться на территории, зараженной аварийно химически опасными веществами (АХОВ).

Проблеме управления риском деятельности опасных народнохозяйственных и специальных объектов посвящены работы отечественных ученых В.А. Акимова, А.А. Емельянова, В.В. Лесных, В.Н. Лисицы, В.Д. Новикова, Ю.П. Потапенко, Н.Н. Радаева и М.И. Фалеева, А.Г. Хлуднева. Тематике прогноза ущерба от аварий на ХОО посвящены работы В.В. Исмайлова, В.М. Колодкина и М.А. Шахраманьяна. В зарубежной литературе наиболее значительными являются разработки Э. Дж. Хенли, Х. Кумамото и Р. Ортвина.

Отличительной особенностью методик, созданных на основе этих работ, является использование в расчетах оперативных данных с площадок ХОО: времени года и суток, состояния приземного слоя воздуха, направления и скорости ветра. Весьма остро стоят задачи обоснования инвестиционных решений, направленных на снижение рисков. Это связано с тем, что денежные средства, выделяемые для ХОО региональными и федеральными органами, много меньше потребных средств, направляемых на снижение рисков ЧС до приемлемого уровня, что приводит к необходимости оптимизации распределения таких средств.

Для достижения указанной цели авторами сформулированы и решены следующие частные задачи:

- систематизированы процессы рационального распределения инвестиций в безопасность ХОО при отсутствии оперативных данных;
- предложена единица измерения ущерба от гипотетической аварии, основанная на оценке площади зараженной территории;
- разработан метод получения функциональных зависимостей площади зараженной территории от количества выброса конкретных АХОВ;
- алгоритмизирована оценка параметров экономического риска аварии на ХОО: пораженной площади, ущерба и потребных средства;
- алгоритмизировано распределение инвестиций в безопасность, минимизирующих риск деятельности ХОО;
- предложен метод определения потребных денежных средств по снижению риска при дефиците потребных средств.

Впервые авторами решена задача по количественной оценке предпринимательского риска деятельности ХОО и обоснованию инвестиционных решений, направленных на сокращение предпринимательского риска.

Практически разработанные алгоритмы и методики могут быть использованы объектами любой отрасли промышленности, применяющими в своей деятельности аварийно опасные вещества. Полученные результаты также могут быть использованы федеральными и областными органами при инвестировании денежных средств, связанных с минимизацией предпринимательского риска деятельности и при страховании ХОО.

Первоочередной подзадачей должно быть определение единицы ущерба и ее цены в зависимости от вида АХОВ, поскольку это единственный параметр, который невозможно задать или взять из справочной литературы.

Следующая подзадача - оценка площади заражения территории (в т.ч. почвы) - среды, являющейся наглядным показателем ущерба после аварии. Далее следует подзадача - оценка гипотетического ущерба от аварий на ХОО и потребных средства для их предупреждения. После этого решается подзадача оптимизации распределения инвестиционных средств. Последняя подзадача - расчет потребных денежных средств по снижению предпринимательского риска на определенную величину.

Комплексный (интегральный) ущерб причиненного вреда по основным факторам воздействия включает потерю жизней и здоровья населения, загрязнение атмосферного воздуха, земной поверхности и почв, поверхностных подземных вод, уничтожение и повреждение основных фондов, имущества, продукции и т. д. Следовательно, для оценки ущерба по каждой аварии отдельно взятого объекта по отдельно взятому АХОВ требуется определение ущерба по каждому из перечисленных факторов.

В связи с этим авторами введена единица интегрального показателя ущерба - ущерб, нанесенный вследствие заражения 1 м^2 площади конкретным АХОВ. С помощью этой единицы измерения установлена функциональная зависимость ущерба от количества выброса (слива) АХОВ при любых оперативных данных. На основе результатов исследований по отдельным параметрам ущерба установлено, что для хлора ущерб варьируется в пределах от 36,34 до 87,46 руб./м^2. Следует отметить, что найденная величина существенно зависит от особенностей ХОО (характер местности, плотность населения на территории, прилегающей к объекту и т.д.) и может в разы превышать найденные частные пределы. С целью упрощения расчетов по количественной оценке предпринимательского риска деятельности ХОО принята усредненная величина - 50 руб./м^2.

В качестве примера приведем алгоритм оценки параметров ущерба в условиях экономического риска деятельности ХОО. Необходимо оценить пораженную площадь, ущерб и потребные средства с учётом всех возможных аварий, в т.ч. аварий, выходя-

щих за пределы промышленной зоны, поскольку все прочие ущербы можно вычислить через площадь пораженной территории. Используются следующие сокращения:

S^{OB} - площадь производственной территории объекта;

A_i - авария, $i = 1, ..., M$ - списочный номер аварии;

X_j - наименование j-го опасного вещества, $j = 1, ..., N$;

n_j - количество возможных разных аварий с веществом j;

A_{ij} - авария списочного номера i, сопровождаемая разливом вещества j;

m_{ij} - количество возможного выброса вещества j по каждой аварии;

m_{ij}^{all} - суммарное количество гипотетического выброса АХОВ от возможных аварий с веществом j;

m_{jmax} - максимальное количество вещества j на объекте;

W_j - способ хранения опасного вещества j;

D_j^{RW} - ущерб, причиненный веществом j из-за заражения 1 м^2 территории объекта;

D_j^{RO} - ущерб, причиненный из-за заражения 1 м^2 территории, прилегающей к объекту;

S_{ij}^D - площадь поражения от аварии i;

L_{Nj} - множество номеров возможных аварий, в результате которых могут быть выбросы АХОВ с наименованием X_j;

S_j^H - площадь заражения (поражения) от всех гипотетических аварий веществом j;

D_{ij} - ущерб от аварии A_{ij} с выбросом вещества j;

D_j^H - гипотетический ущерб от всех возможных аварий с выбросом вещества j;

D_j^C - гипотетический ущерб от сочетания возможных аварий;

D^{OB} - максимальный гипотетический ущерб на объекте;

R^{OB} - общие потребные средства;

R_{ij} - потребные средства для предупреждения аварии A_{ij};

R_j^F - потребные средства, необходимые для предупреждения гипотетических аварий с веществом j.

Далее рассмотрим алгоритм оценки риска деятельности ХОО.

1. Выбирается АХОВ первого наименования X1.

2. Среди аварий с веществом X_1 делается первая выборка n_1, номера i выбранных аварий помещают в рабочий пул - множество L_{n1}.

3. Рассматриваем первую аварию A_{i1}, находим количество выброса (слива) АХОВ по заданным входным данным.

4. Рассчитывается площадь заражения S_{i1}^D.

5. Проверяем условие

$$S_{i1}^D < S^{OB}. \quad (1)$$

6. Если условие (1) выполняется, то ущерб D_{i1} от аварии A_{i1} находим по формуле

$$D_{i1} = D_i^{RW} S_{i1}^D. \quad (2)$$

7. Если условие (1) не выполняется, то ущерб D_{i1} находим по формуле

$$D_{i1} = D_i^{RW} S_{i1}^D + D_1^{RO} (S_{i1}^D - S^{OB}). \quad (3)$$

8. Потребные средства R_{i1} определяем по формуле

$$R_{i1} = D_{i1}/15. \quad (4)$$

9. Рассматриваем вторую аварию из множества L_{n1}. Повторяем шаги 3 - 8, перебирая все возможные аварии с выбросом X_1.

10. Находим суммарное количество выброса АХОВ от аварий с X_1

$$m_{i1}^{all} = \Sigma m_{i1}. \quad (5)$$

11. Проверяем выполнение условия

$$m_{i1}^{all} > m_1^{max}, \quad (6)$$

а) если условие (6) выполняется, то выполняем шаги 12 - 13, а шаг 14 не выполняем;

б) если условие (6) не выполняется, то переходим к шагу 14.

12. Находим площадь заражения S_1^H от всех аварий, сопровождаемых выбросом (сливом) АХОВ первого наименования:

$$S_j^H = S(m_1^{max}).$$

13. Находим ущерб от всех аварий с выбросом X_1

$$D_1^H = \begin{cases} D_1^{RW} \cdot S_1^H, & S_1^H \le S^{OB} \\ D_1^{RW} \cdot S^{OB} + D_1^{RO} \cdot (S_1^H - S^{OB}), & S_1^H \le S^{OB} \end{cases}. \quad (7)$$

14. Если условие $m_{i1}^{all} > m_1^{max}$ не выполняется, то ущерб от всех аварий с выбросом АХОВ X_1 находим прямым суммированием

$$D_1^H = D_{i1}. \quad (8)$$

15. Находим потребные средства от всех аварий с выбросом X_1

$$R_1^F = D_1^H/15. \quad (9)$$

16. Повторяются шаги 1 - 15 для всех аварий, сопровождаемых выбросом (сливом) АХОВ второго наименования X_2 и т.д.

17. Выполнив весь цикл для всех АХОВ, содержащихся на объекте, находим суммарный гипотетический максимальный ущерб от всех аварий прямым суммированием

$$D^{OB} = \Sigma D_j^H. \quad (10)$$

18. Общие потребные средства находим по формуле

$$R^{OB} = D^{OB}/15. \quad (11)$$

По аналогии решаются задачи по оценке риска функционирования с учетом только наиболее вероятных аварий и аварий, выходящих за пределы промышленной зоны.

Критерий оптимизации зависит от поставленных целей органами управления и надзора ХОО. Обычно это минимизация ущерба от всех аварий с АХОВ, вероятность аварии с которым наиболее высока. На предупреждение (предотвращение) таких аварий выделяются ограниченные целевые средства. Однако имеется и конкретный минимум, ниже которого эти средства быть не могут.

Обозначим номер выбранного вещества p. В случае, когда выделяемые средства F менее потребных средств $F < R_P^F$, возникает оптимизационная задача поиска такого распределения, которое минимизирует ущерб D_P^H.

Рассмотрим алгоритм поиска распределения.

1. Составляем пул сочетаний из всех заданных аварий по одному, по два и т.д. по (n_p - 1) элементов:

$$\begin{array}{llll} C_{n_p}^1: & A_{1,p} & \dots & A_{n_p,p} \\ C_{n_p}^2: & A_{1,p}, A_{1,p} & \dots & A_{n_p-1,p}, A_{n_p,p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{n_p}^{n_p-1}: & A_{1,p}, A_{2,p}, \dots, A_{n_p-1,p} & \dots & A_{2,p}, A_{2,p}, \dots, A_{n_p,p} \end{array}. \quad (12)$$

2. Обозначим k - номер строки пула;

l_k - конкретное сочетание в строке k пула (12);

$V(k, l_k)$ - множество номеров аварий в сочетании l_k на строке k.

Находим суммарные потребные средства для каждого сочетания пула

$$R_{l_k,p} = \sum_{i \in V(k,l_k)} A_{i,p}. \quad (13)$$

3. Делается выборка сочетаний в другое вспомогательное множество $W(F, k, l_k)$ сравнением всех сочетаний пула по неравенству

$$R_{lk,p} < F. \quad (14)$$

4. Для каждого сочетания, попавшего в выборку, находим суммарное количество АХОВ p-го наименования, которое сравнивается с m_p^{max}.

5. Находим соответствующую площадь заражения для каждого сочетания выборки и, соответственно, ущерб

$$D_p^C = \begin{cases} D_p^{RW} \cdot S_{l_k,p}^D \left(m_p^{\max}\right), & \sum_{i \in W(F,k,l_k)} m_{i,p} \ge m_p^{\max} \\ D_p^{RW} \cdot S_{l_k,p}^D \left(\sum_{l_k,p} m_{kp}\right), & \sum_{i \in W(F,k,l_k)} m_{i,p} < m_p^{\max} \end{cases}. \quad (15)$$

Формула (15) справедлива для случая, когда от выброса пострадала только промышленная зона ХОО.

6. Упорядочиваем значения, полученные с помощью (15) по убыванию и распределяем выделенные средства F.

Литература

1. Гулиян Г.Б. Управление экономическими рисками деятельности химически-опасных объектов // Вестник Академии экономической безопасности, № 1, 2010.

2. Гулиян Г.Б. Некоторые аспекты оценки экономического риска аварий на химически опасных объектах // Двигатель, № 6, 2011.

3. Радаев Н.Н. Элементы теории риска эксплуатации потенциально опасных объектов, М.: ВА РВСН, 1999.

Связь с автором: gevgulijan@mifp.ru

III МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ «МОРСКАЯ ИНДУСТРИЯ РОССИИ»

Краткая тематика Форума:

- Судостроение и судоремонт
- Судовые энергетические установки, энергооборудование
- Судовые системы навигации, управления и связи
- Судовое оборудование и устройства
- Оборудование для добычи нефти, газа и освоения минерально-сырьевых ресурсов океана и шельфа
- Морские и речные порты
- Строительство водных путей и гидротехнических сооружений, совершенствование речной и морской инфраструктуры
- Отраслевые услуги
- Специальные экспозиции регионов «Реализация национальной морской политики на региональных направлениях» и ФЦП: «Развитие гражданской морской техники», «Освоение и использование Арктики», «Морской транспорт», «Внутренний водный транспорт»

Преимущества Форума:

- Обеспечение поддержки государственной политики по модернизации российского судостроения
- Участие международных бизнес-делегаций на правительственном уровне
- Обширная деловая программа посвященная вопросам российского судостроения, создания особых портовых зон государственного и частного партнерства
  В рамках программы 24 мая предусмотрено проведение «Дня Арктики» по вопросам освоения ресурсов Арктики, судостроения для разведки и работ на Арктическом шельфе
- Специальные программы для организации бизнес-встреч участников и посетителей Форума
- Профессиональные конкурсы: «Элита судостроительной промышленности России» и «На лучшее техническое решение в области судостроения и морской техники гражданского назначения»

По вопросам участия в Форуме обращайтесь:

Россия, 115280, Москва, ул. Автозаводская, д.1
Тел.\факс: +7 (495) 980-45-66, www.mir-forum.ru, e-mail: forum@mir-forum.ru

Форум проводится в соответствии с Распоряжением Правительства Российской Федерации № 217-р от 15 февраля 2011 года

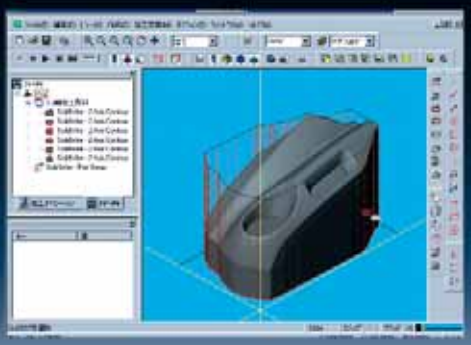
Официальная поддержка и организаторы

Комиссия Совета Федерации по национальной морской политике
Морская Коллегия при Правительстве Российской Федерации
Министерство промышленности и торговли Российской Федерации
Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство морского и речного транспорта
Объединенная судостроительная корпорация
ГК «Ростехнологии»
ГК «Росатом»
ЦНИИ «Курс»
ООО «Мега Экспо»

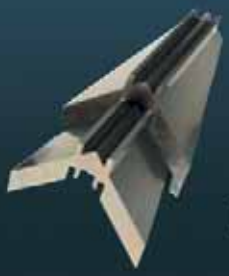
Медиа партнеры:

Генеральный TV-партнер: ЭКСПЕРТ
Генеральный отраслевой медиа-партнер: Морские вести
Генеральный интернет-партнер: Neftegaz.RU
Ведущий интернет-партнер: Судпром.ру
Стратегический медиа-партнер: ТРАНСПОРТ
Официальный интернет-партнер: RusCable.Ru
Официальные медиа-партнеры: Водный базар, Национальная оборона, Эксперт Приволжье, Транспорт Российской Федерации, Транспорт России
Официальные медиа-партнеры: Морской флот, Морская журнал, Территория нефтегаз, FABRIKANT.RU, PWTM, FISHNEWS, INFOline, Бизнес-Карта, Метрология, ОНД партнер, ИнфоМир, Речной транспорт, Новый оборонный заказ, Рыба, Вести, Госмедиа, TRADE.SU, Рыбные ресурсы, Гидротехника, Индустрия, Профессионал, MORPROM.RU, Заказ, SHIPS, Navigation Communication, portnews

Nano&Solution



5-е поколение
ЭИ станков
с линейными
сервоприводами



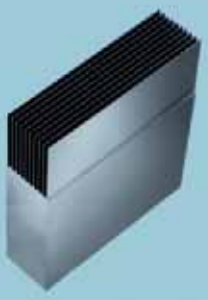
Пионер и лидер
нанотехнологий
в металлообработке

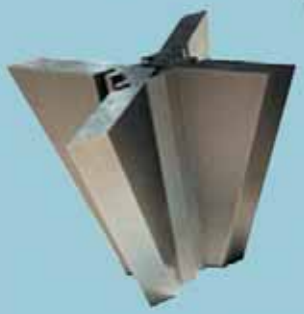
AQ400L

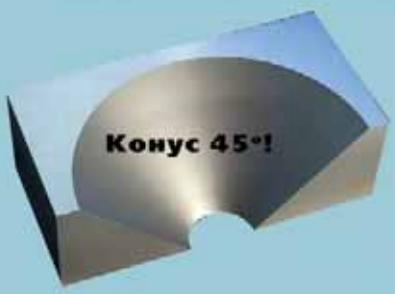
AQ600L

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 - Днипро" (Украина) // kyiv@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

ING | AIRBUS | ALSTOM | AVIADVIGATEL | BAE | DEUTSHCE BAHN | EADS | EMBRAER | FAA | IAA | NASA | BO
FINMECCANICA | IKUT | LOCKHEED MARTIN | SUKHOI | SAAB | SELEX | UK | THALES | ALENIA SPACE | SATURN