

Двигатель

Научно-технический журнал

№ 1 (79 + 244) 2012

*Ну, двигатели мы ещё пока
создавать можем.
... Им можем?*



**Навстречу двенадцатому
международному
салону "Двигатели" стр. 2**



Сообщения из ЦИАМ стр. 4, 12



**80-летний юбилей ММП
им. В.В. Чернышёва стр. 14**



2007 2005 2004



Научно-техническое издание по освещению проблем в промышленности

2010



Медаль АМКОС "Преодоление"



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

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 ФГУП "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 МКБ "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"

Хоменко А.И.,
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.

Per. № 018414 от 11.01.1999 г.

14-й (106-й) год издания.

Отпечатано

ЗАО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.

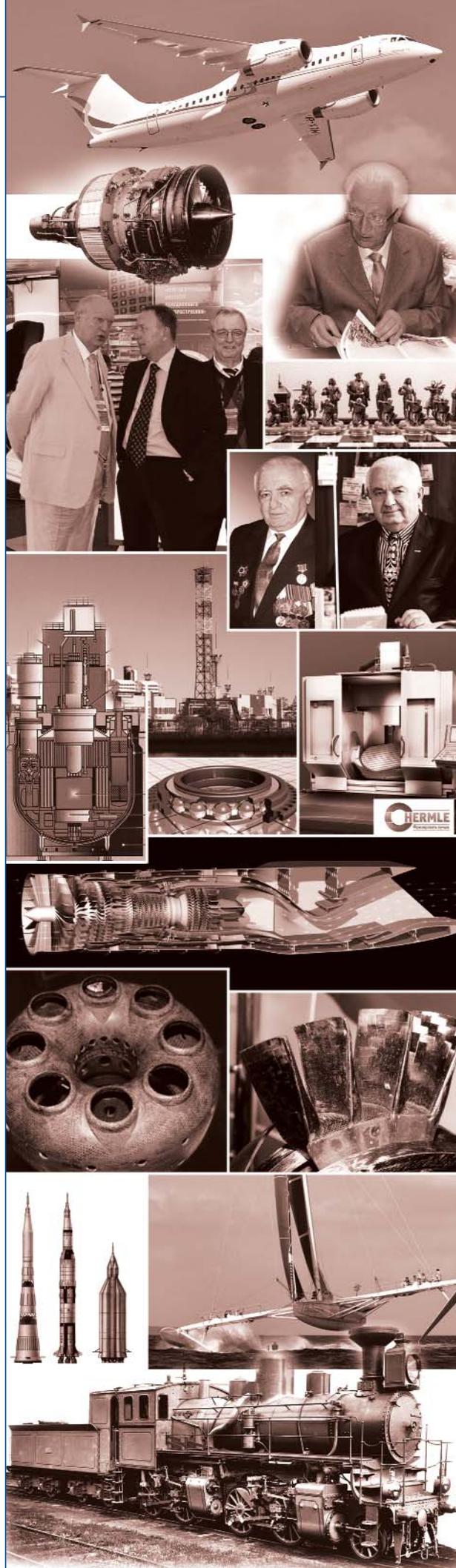
Тираж 5 000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

- 2. Двенадцатый салон**
Интервью с В.М. Чуйко
- 4. Вклад ЦИАМ в инновационное развитие авиационного двигателестроения**
В.И. Бабкин, В.А. Скибин, В.И. Солонин
- 8. АО "МОТОР СИЧ" - ведущее предприятие авиационной промышленности**
В.А. Богуслаев
- 10. Диагностика для энергетики**
В.Ф. Халиуллин
- 12. Модернизация экспериментальной базы - непереносимое условие развития**
В.Г. Марков, В.И. Солонин, А.Ф. Шульгин
- 14. ОАО "ММП им. В.В. Чернышева" - 80 лет**
В.А. Панов
- 19. Гарибов Генрих Саркисович**
К 75-летию со дня рождения
- 20. Особенности применения моделей турбулентности при расчете сверхзвуковых течений в трактах перспективных воздушно-реактивных двигателей**
О.Н. Засухин, П.В. Булат, Н.В. Продан
- 24. ЕПК производит подшипники для авиационных двигателей последнего поколения**
- 26. Способ устранения резонанса ротора турбореактивного двигателя при критической частоте его вращения с помощью овализации дорожки качения неподвижного кольца роликового подшипника**
Ю.Б. Назаренко, А.Ю. Потапов
- 29. Новая книга В.А. Шерстянникова**
- 30. Проблематичное начало и драматический конец разработки ракеты-носителя Н1**
В.Ф. Рахманин
- 35. SARIX**
- 40. "Авиадвигатель" к испытаниям на прочность готов**
О. Осипова
- 42. Лев Иосифович Соркин**
К 90-летию со дня рождения
- 44. Новые разработки НПО "Дельта-Тест"**
- 46. Дизель-генераторная установка ДГУ5-П27.5-ВМ1**
- 47. Одноцилиндровые дизели многоцелевого назначения**
- 48. Перспективы ториевого цикла**
А.И. Касьян, Р.Я. Хамидуллин
- 52. Турбулентность и АФЧХ**
Ю.М. Кочетков
- 56. Анализ многоуровневых автоматизированных систем управления в целях обеспечения эффективности обработки информации для принятия управленческого решения**
О.О. Мартынов
- 58. Детерминанты этноколористического интервью**
Е.В. Невмержицкая
- 59. Социокультурные функции шахмат**
Э.Э. Уманская
- 60. Последствия модернизации для социальной структуры китайского общества**
Ч. Яньхун
- 62. Лица, лишённые родительских прав, кто они?**
А.С. Иванов
- 64. Социальные ресурсы региона как фактор повышения качества жизни**
А.А. Басовская
- 65. Юбилей большого ученого в конструкционной прочности двигателей летательных аппаратов**
А.Н. Петухов
- 66. Паровозы Коломенского завода**
В.В. Боченков, Е.В. Бычкова, О.Б. Галацкий, И.Л. Индра
- 72. Немного о рекордах**
С.В. Шитарёв



ДВЕНАДЦАТЫЙ САЛОН

ИНТЕРВЬЮ "ДВИГАТЕЛЯ" С В.М. ЧУЙКО ПЕРЕД САЛОНОМ "ДВИГАТЕЛИ-2012"

Какие основные события произошли в нашей отрасли между двумя Салонами "Двигатель" - 11-м и 12-м?

Известно, что Салон проводится по чётным годам (каждые два года). Такой период принят у очень многих крупных мировых авиатехнических выставок (la Bourget, Farnbouro, ILA, МАКС). Это связано с тем, что за более короткие промежутки времени (за год) каких-либо существенных изменений, достойных представления на этих Салонах, обычно не происходит. Конечно, случаются и удачные попадания, когда в течение одного года есть продвижение, которое стоит показать (предложено нечто новое, прошла сертификация какой-то модели и т.д.) Но обычно, это - следствие какой-то долгой работы, от которой видим результат.

Среди основных работ, выполненных в этот период - организованные ОДК на ОАО "Авиадвигатель" разработка, изготовление и начало доводочных испытаний газогенератора двигателя ПД-14. Это - существенное продвижение работ по созданию перспективного двигателя для гражданской авиации. К Салону будет начата сборка полноразмерного двигателя с тем, чтобы в этом году начать его испытания. Будет экспонироваться его натурный макет. Мыслим так, что ПД-14 должен стать центром экспозиции объединённого стенда ОДК. Предполагается процедура торжественного "открытия" этого двигателя (вроде "выкатки" новых самолётов и автомобилей) при начале работы Салона. Среди экспонатов посетители увидят отдельные детали и узлы этого двигателя, что позволит увидеть конструкционные особенности новой модели - чего раньше не встречалось на наших Салонах. Полагаю, что разработка нового газогенератора и проведение его испытаний на самом совершенном в мире стенде (разработанном Пермскими моторостроителями в сотрудничестве с отечественными специалистами из подмосковной фирмы "Мера") - явный признак наличия положительных подвижек в нашем авиационном двигателестроении. По крайней мере, для пассажирской и транспортной авиации.

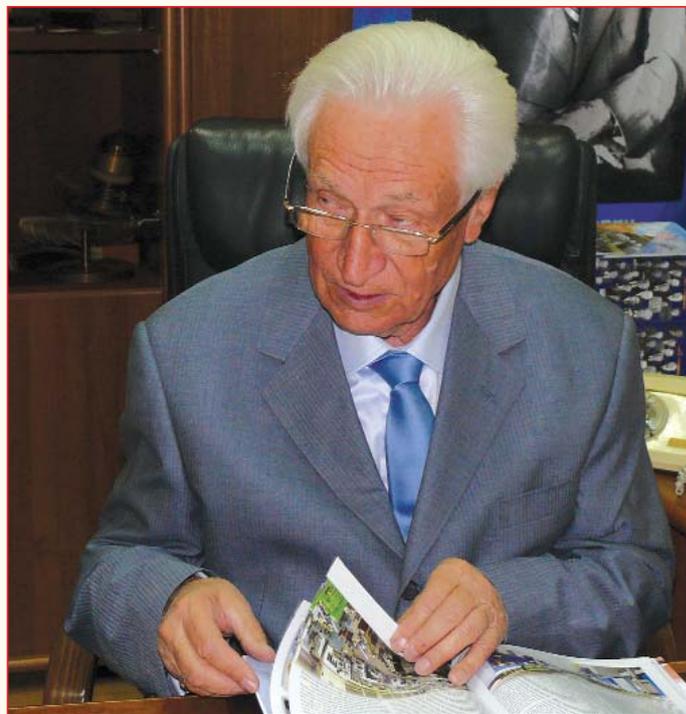
Второе и очень существенное событие, произошедшее за это время, которое, несомненно, найдёт своё отражение на Салоне, это то, что двигатель Д-436-148 позволил Ан-158 завершить сертификацию, а Ан-148 обеспечил эффективную эксплуатацию с нагрузкой 3000 часов за год на каждый двигатель.

Третье из важнейших событий, произошедших между двумя Салонами - завершение сертификационных испытаний российско-французского двигателя SaM 146, что позволило получить сертификат типа для самолёта SSJ-100 и начать на нём пассажирские перевозки.

Виктор Михайлович, а что за это время произошло в деле организации авиационного двигателестроения?

Произошло весьма, на мой взгляд, существенное событие: полномасштабное строительство нового двигателестроительного комплекса в Санкт-Петербургском объединении ОАО "Климов". Эти работы, проводимые ОДК, идут на площадке в Шувалово. Строится корпус цехов механической обработки и сборки площадью 17 000 квадратных метров. В нём уже ведутся внутренние работы. Возводятся: корпус гальваники, девятиэтажное конструкторское бюро, здание испытательной базы. Существующая испытательная станция модернизируется. Всё производственное оборудование будет закупаться совершенно новое, созданное на основе самых современных технологических решений. Его монтаж предполагается начать во втором квартале этого года. В нашей новой России это первый случай строительства (практически с нуля) нового комплекса авиационного двигателестроения. Освоение 3 миллиардов рублей идёт весьма эффективно.

До посещения строящихся площадей нового "Климова" я, чест-



но говоря, несколько скептически относился к идее создания нового комплекса в Шувалово, прежде всего из соображений комплектации рабочего коллектива. Оказалось, что от новых районов города на машине по совершенно пока не загруженному шоссе проехать можно где-то минуты за три (3!). Это дало возможность "развязать" создание нового промышленного комплекса и жилого массива со всей его инфраструктурой: дорогами, теплоснабжением, водой, канализацией, торговлей, школами и детскими садами, медицинским обслуживанием. И новые районы Санкт-Петербурга продолжают развиваться в том же направлении от города, в каком создаётся промышленный комплекс Климовцев. В сторону нового района сейчас протягивается и питерское метро. Так что до нового "Климова" доехать будет не так сложно из любой точки города на Неве. Надо учесть, что современное производство требует уже не рабочих-универсалов, которыми всегда славилось наше авиационное двигателестроение (и которые всегда-то были в огромном дефиците, а сейчас вообще практически почти исчезли), а операторов современных производственных и конструкторских систем, применяющих высокие и самые современные технологии. Но - не требующих от работника навыков станочника высокого класса. Это - привлекательные для современной молодёжи области работы и за такого рода производствами - наше будущее.

Если говорить о вкладе ОДК в отечественное авиационное двигателестроение, то, наряду со строительством комплекса в Шувалово, мы должны отметить организацию работ по перспективному двигателю и газогенератору, на базе которого будут строиться двигатели разной размерности по тяге. Эта тема на поверхности уже лет 5-10 подряд, но всё это оставалось разговорами до тех пор, пока ОДК ни организовало работы, ни обеспечило их финансирование и ни стало курировать их проведение.

Если на данном салоне "звездой" несомненно будет двигатель ПД-14, то строительство нового двигателестроительного комплекса - "вторая звезда" нашей выставки, выставляемая на стенде ОДК. Это будет ещё одна из "ударных" тем, на которые будем стараться сконцентрировать внимание прессы и общественности.

Какие перспективы развития у нового российско-украинского самолёта Ан-148 с двигателями Д-436-148?

Это ещё одна существенная особенность прошедших двух лет: мы вышли на уровень интенсивной серийной эксплуатации Д-436-148 на самолёте Ан-148. Первые самолёты, которые получила авиакомпания "Россия" показали себя в этот период экономически выгодными, эксплуатационно-пригодными и обеспечивающими нормальную работу эксплуатирующей организации. Как всегда с новой авиационной (да и вообще - любой сложной) техникой, при начале эксплуатации выявлены "детские болезни". Благодаря оперативности авиакомпании "Россия" были предприняты необходимые действия по устранению обнаруженных недостатков в ОКБ Киева и Запорожья и на серийном заводе в Воронеже. Это позволило эксплуатирующей организации выйти на объёмы наработки каждого двигателя, сопоставимые с наработкой двигателей дальнемагистральных самолётов. Иначе: интенсивность работы двигателей была такая же, как на самолётах "большого плеча"; простои меж рейсами свелись к минимуму. Прежде всего - и в немалой степени - благодаря сокращению времени наземного обслуживания двигателей. Например, в августе 2011 года самолёт (а следовательно - и оба его двигателя) налетал 400 часов. В пересчёте на год это без малого 5000 часов. А для дальнемагистральных самолётов лучший показатель - как раз от 4 до 6 тысяч часов. На самолётах ближних магистралей таких цифр обычно достичь невозможно: взлётов и посадок у них больше, чем у лайнеров больших линий, а суммарного налёта - меньше. Тем самым подтверждена эффективность массовой эксплуатации и этих двигателей, и данного самолёта.

Если бы сегодня воронежский завод вышел на изготовление 20-24 самолётов в год, то он смог бы в короткий срок удовлетворить дефицит в летательных аппаратах такого класса. Спрос настолько реальный, что если бы к сегодняшнему дню было готово бортов 40 самолётов такого типа, они разошлись бы немедленно. На них не только заявки, но уже и контракты есть. К сожалению, другие авиазаводы задействовать на производство Ан-148 невозможно: там свои производственные программы. Так что, придётся ждать, пока "раскрутится" Воронежский завод. Поскольку в своё время он выпускал до 10 Ил-86 в год, полагаю для него возможно выпускать в год по 12-20 экземпляров Ан-148. Дело в основном в организации производства, кооперирования поставок.

Как распределятся площади этого Салона?

На "Двигателях" этого года основная экспозиция будет у ОДК: 800 квадратных метров. Вместе с "Ростехнологией" (поскольку ОДК входит в "Оборонпром", а "Оборонпром" часть "Ростехнологии") это составит 1000 квадратных метров выставочной площади. Общая эскизная компоновка стенда ОДК сейчас выполнена и в данный момент согласовывается. Мы хотели бы в экспозиции ОДК каким-то образом отметить все предприятия в ОДК входящие и показать их вклад в общую деятельность за прошедшие два года. Стенд будет очень интересный. Будет, например, экспозиция по организуемым Центрам Компетенции. Часть мы уже обсуждали здесь, остальное - увидите. Не хочу раскрывать всё.

Вторая по объёму экспозиция будет у Украины. Её объём составит около 700 квадратных метров. Основа её - АО "МОТОР СИЧ" и ЗМКБ "Прогресс", то есть - корпорация "Ивченко". Значительную площадь взяли Харьковский завод ФЭД, Луганский авиаремонтный завод, "Зоря-Машпроект", Запорожский технический университет и другие. Должен особо отметить, что пре-

дусмотрен специальный раздел Салона, где будут присутствовать вузы. Сегодня заявки уже подали Рыбинская академия, Самарский аэрокосмический университет и упомянутый запорожский вуз. Работаем мы, чтобы привлечь и остальные вузы, поскольку на наших Салонах особое внимание уделяется подготовке кадров. Традиционно будет большая (около 200 квадратных метров) экспозиция ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют". Подал заявку ЦИАМ и сейчас оформляется заявка ВИАМа. Занимаемая им площадь тоже где-то около 200 квадратных метров.

Есть интересная информация у агрегатчиков, у металлургов - всё будет представлено на Салоне.

А что с иностранными участниками?

Из иностранных участников мы традиционно работаем с фирмой "Кулайт", с которой в последнее время налажено очень хорошее деловое сотрудничество (скажем, только на Ан-148 устанавливается около полусотни их датчиков различных типов). Она хорошо будет представлена на Салоне. Будет традиционно участвовать "Снекма" (экспозиция которой будет, возможно, вместе с ОДК в плане совместно выпускаемого двигателя SaM 146). Есть и ещё ряд предложений от небольших фирм, работающих на российском рынке, или желающих на нём работать. Наши предприятия всегда были готовы к работе с деловыми иностранными партнёрами, которые желали бы получать прибыль от совместной работы с нашими коллегами. Так, ещё три года назад фирма "Кулайт", скажем, не работала в России. А сейчас - двигатели фирмы "Салют" комплектуются их датчиками давления, воронежский завод их активно применяет. И всё это даёт весьма положительный эффект и нашим предприятиям и компании "Кулайт".

В общем, сегодня уже заявлено в сумме более 2700 квадратных метров экспозиционной площади. Что составит примерно 5000 квадратных метров общей площади. Это приближается к объёмам наших двигателестроительных выставок последнего времени (примерно 3000 квадратных метров).

Накануне салона, 29 марта будет общее собрание АССАД, где мы подведём итоги и наметим направление деятельности на 2012 год.

На Салонах Двигатель всегда весьма содержательной частью был научный Конгресс. Как в этот раз?

Конгресс, конечно же, на Салоне будет. В ЦИАМ, под руководством научного руководителя института В.А. Скибина было проведено совещание, на котором определены руководители 12 симпозиумов нашего Конгресса. Сегодня уже часть симпозиумов укомплектована участниками, происходит наполнение докладами.

У нас (и это тоже уже традиционно) должна быть молодёжная конференция, которую организует Рыбинская Академия. Мы традиционно проводим конкурсы к ней, а на Салоне, в процессе конференции - итоговые мероприятия по ним.

На сегодня - процентов 60-70 участников определено по количеству участников (по площадям - более 80 процентов).

Развитие интеграции, к которой мы призывали на прошедшем Салоне, принесло свои плоды: многие из традиционных наших участников теперь представляются совместно. Но, полагаю, это только улучшит восприятие экспозиции.

Хочется пожелать нам всем: успешной, полезной, высокоэффективной работы.

До встречи на Салоне!



ВКЛАД ЦИАМ В ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ



ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова:
Владимир Иванович Бабкин, генеральный директор, к.т.н.
Владимир Алексеевич Скибин, научный руководитель ЦИАМ, д.т.н.
Валентин Иванович Солонин, заместитель генерального директора, к.т.н.

Главной задачей Центрального института авиационного моторостроения на протяжении более 80 лет было и есть научное обеспечение инновационного развития авиационного двигателестроения. Институт проводит комплексные исследования в области создания воздушно-реактивных двигателей различного назначения, их узлов и систем - от фундаментальных исследований в различных областях знаний (газовая динамика, прочность, теплообмен, горение, акустика) до методологического обеспечения создания и эксплуатации авиационных двигателей. Создание всех отечественных двигателей проходило при активном участии института. Институт тесно сотрудничает с конструкторскими бюро подотрасли по созданию, модификации, сертификации и научно-техническому сопровождению эксплуатации авиационных двигателей.

Как государственный научный центр, ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова" проводит прогнозные исследования и совместно с НИИ и предприятиями отрасли выполняет разработку предложений по формированию стратегии и программам технологического развития авиадвигателестроения, дает технические рекомендации по новым двигателям, совершенствует методологию их разработки в новых экономических условиях, проводит научно-методические работы по улучшению характеристик эксплуатируемых двигателей.

В последние годы в России наметилось определенное оживление в развитии авиационной промышленности, связанное с увеличением внимания к ее проблемам со стороны Президента и Правительства РФ. В период 2006-2008 гг. был принят ряд важных государственных документов, определяющих перспективы долгосрочного развития авиационной промышленности и газотурбинного двигателестроения в Российской Федерации.

Поставленная задача - возвращение России статуса одного из крупнейших мировых центров создания авиационной техники не может быть выполнена без развития авиадвигателестроения, одной из самых инновационных, наукоемких, высокотехнологичных отраслей промышленности, в которой интегрируются результаты деятельности различных направлений науки и техники и которая стимулирует научно-техническое развитие целого ряда других отраслей - металлургии, станкостроения, стационарного газотурбостроения, систем транспортировки нефти и газа, воздушно-космических систем, систем вооружения, электроники, нефтехимии и др. Применяемые здесь технологии, пройдя рисковую фазу создания и освоения, становятся высокоэффективными нововведениями применительно к другим секторам промышленности, это можно наблюдать в США и Евросоюзе - до четверти объема промышленного производства. Авиадвигателестроение способствует развертыванию инновационного сектора экономики как движущей силы промышленной модернизации.

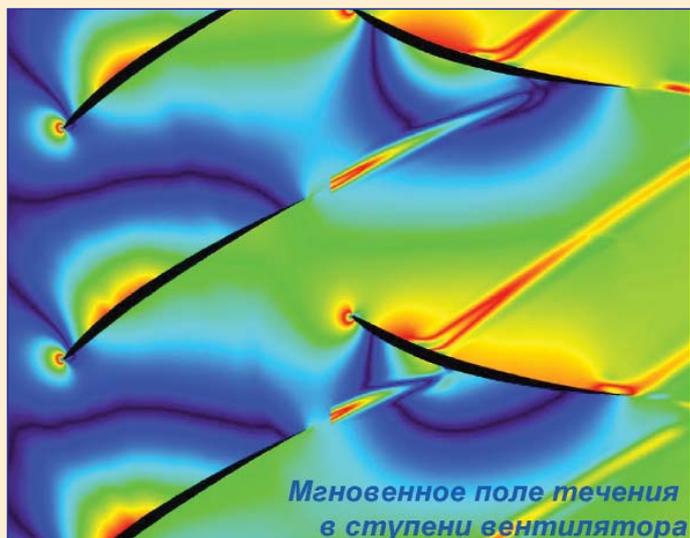
В настоящее время авиадвигателестроение России, бывшее не так давно на самых передовых позициях в мире, отстало от зарубежных конкурентов более чем на целое технологическое поколение. В то время как за рубежом разработаны и введены в эксплуатацию двигатели военного и гражданского назначения пятого поколения, в России такие двигатели находятся в стадии разработки. Работы проводятся в условиях не полностью отработанного научно-технического задела, необходимого для создания конкурентоспособных двигателей. В связи с этим классическая схема, предполагающая создание и экспериментальную отработку в рамках НИЭР

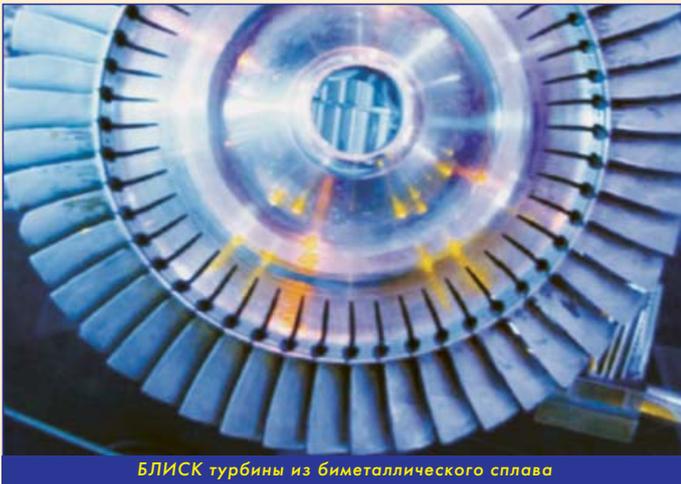
опережающего научно-технического задела до начала ОКР, не полностью реализована в настоящее время в России при создании двигателей пятого поколения.

Для создания этих двигателей в требуемые сроки необходимо, имея директивные программы разработки двигателей, одновременно значительно расширить НИЭР по разработке необходимых (критических) технических решений и технологий и использовать их в этой программе.

В связи с этим тематические работы института ориентированы, прежде всего, на создание научно-технического задела для перспективных базовых двигателей гражданского и военного назначения.

За последние годы Институт вышел на мировой уровень по моделированию рабочего процесса и узлов авиационных двигателей. По разработанным в Институте междисциплинарным математическим моделям высокого уровня с учетом нестационарного взаимодействия венцов, позволяющих проектировать узлы перспективных двигателей с учетом генерации шума в источнике и дальнем поле, срывных явлений, особенностей турбулентных течений, детальной химической кинетики, механики развития трещин, поведения конструкций при сложных условиях нагружения, разработаны узлы двигателей 5-го поколения. Проведены испытания деталей, ступеней и моделей узлов с верификацией расчетных методов. Эти работы позволили приступить совместно с ОКБ к изготовлению натуральных демонстрационных узлов и газогенератора.





БЛИСК турбины из биметаллического сплава

В обеспечение создания перспективного базового двигателя гражданского назначения ПД-14, к которому предъявляются высокие требования по улучшению топливной экономичности, уменьшению уровня шума и выбросов вредных веществ, разработаны, спроектированы, изготовлены (в том числе и с привлечением серийных заводов) и испытаны модели узлов и деталей для отработки новых технических решений (технологий) к которым относятся:

- малозумный высокоэффективный одноступенчатый вентилятор;
- облегченная лопатка рабочего колеса вентилятора, в частности из полимерного композиционного материала с накладкой из титанового сплава на передней кромке;
- высокоэффективный малоступенчатый высоконагруженный компрессор высокого давления;
- жаровая труба и фронтные устройства для малоэмиссионной кольцевой камеры сгорания;
- высоконагруженная одноступенчатая турбина высокого давления;
- высокотемпературные лопатки соплового аппарата и рабочего колеса с улучшенной системой конвективно-пленочного охлаждения для высокоэффективной турбины высокого давления;
- конструкция звукопоглощающих панелей и активно-реактивных глушителей шума, обеспечивающих уменьшение уровня шума вентилятора на ~2 дБ.

По двигателям военного назначения ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова" принимает активное участие в работах по ТРДДФ для ПАК ФА и поршневого двигателю для беспилотного летательного аппарата. В частности, по ТРДДФ для ПАК ФА при

активном участии Института создан экспериментально обоснованный научно-технический задел по:

- малоступенчатым высоконагруженным вентилятору и КВД с низкой массой;
- основной высокотемпературной камере сгорания;
- высокотемпературной одноступенчатой ТВД;
- легкой форсажной бесстабилизаторной камере сгорания;
- цифровой САУ с полной ответственностью (FADEC).

По поршневому двигателю для БПЛА проведены работы по:

- обоснованию облика и основных данных;
- разработке ТЗ на узлы и системы;
- созданию и испытанию экспериментальных узлов и систем;
- созданию двигателя-демонстратора в классе мощности 90 л.с.;

- разработке ТЗ на ОКР.

В 2011 г. начаты работы по двигателю для ПАК ДА, которые



Камера сгорания перспективного ТРДД

находятся на начальном этапе. В рамках этой работы ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова":

- проведено обоснование облика и основных данных для до- и сверхзвуковых вариантов ПАК ДА;
- разработан аванпроект двигателя;
- сформирован перечень критических технологий.

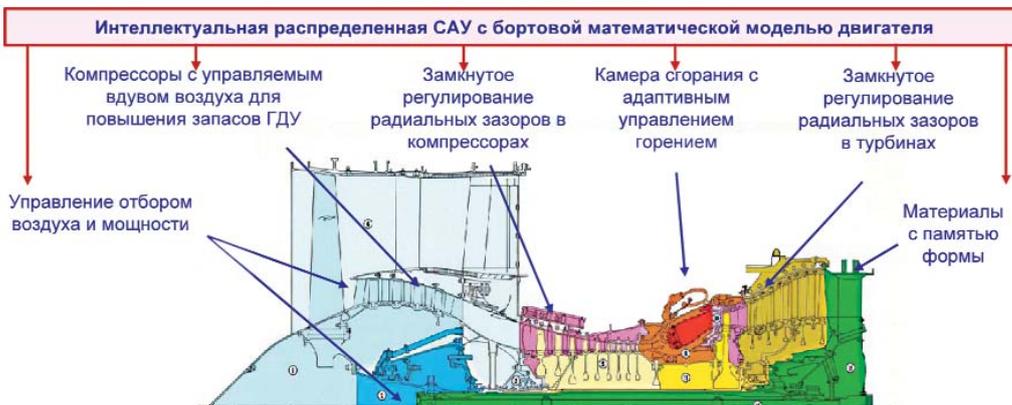
В последние годы в ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова" проведен большой объем исследований по двигателям, предназначенным для применения в составе силовых установок высокоскоростных летательных аппаратов.

В институте разработаны и экспериментально верифицированы перспективные технологии создания гиперзвуковых прямоточных двигателей, работающих на водороде и углеводородном топливе, с эффективным процессом горения.

Проведена реконструкция стенда Ц-16ВК, позволяющая проводить испытания крупномасштабных моделей гиперзвуковых летательных лабораторий с интегрированным гиперзвуковым прямоточным воздушно-реактивным двигателем. На одной из моделей ГЛЛ с ГТВРД впервые в Европе получена положительная эффективная тяга.

Наряду с работами по обеспечению технологической готовности двигателей 5-го поколения в институте развернуты работы по созданию научно-технического задела в обеспечение разработки двига-

Критические технологии:



Ожидаемые результаты:

- Повышение топливной экономичности на 15...20%;
- Снижение массы двигателя на 10 %;
- Повышение надежности двигателя в 2...3 раза;
- Снижение времени технического обслуживания в 3...4 раза



телей уровня совершенства 2025-2030 гг.

К двигателям гражданского назначения с уровнем совершенства, соответствующим 2025-2030 гг. (то есть следующего, шестого поколения), предъявляются чрезвычайно высокие требования, как по топливной эффективности, так и по экологическим показателям:

- уменьшение удельного расхода топлива на 25...30 %;
- обеспечение запаса по уровню эмиссии NO_x в 80 % относительно норм CAEP6 ИКАО;

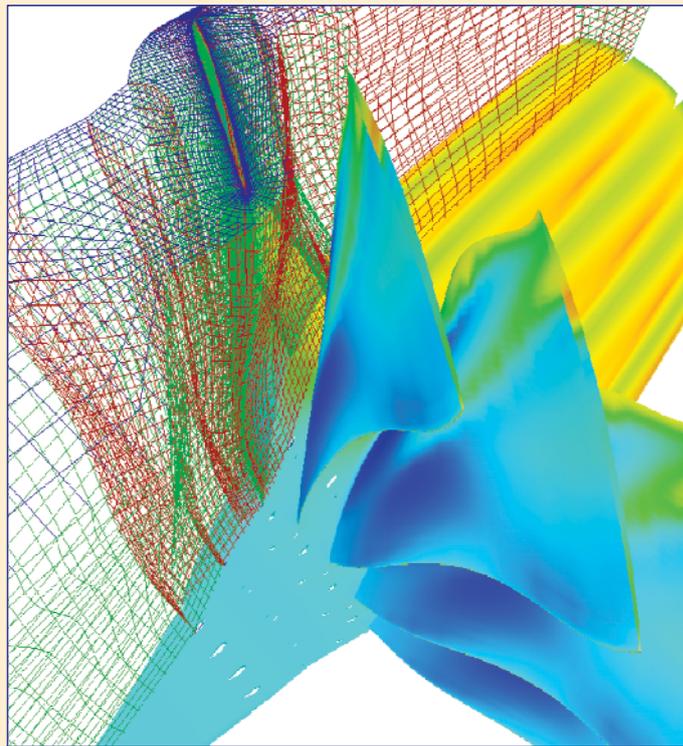


Лопатка РК модернизированного КНД из полимерного композита

- уменьшение уровня шума двигателя на 15...20 EPN дБ относительно норм Главы 4 ИКАО;

- уменьшение стоимости послепродажного обслуживания и производства на 30...40 %.

Достигнуть этих показателей можно только путем повышения параметров рабочего процесса, совершенствованием термодинамического цикла, применения новых конструктивно-технических решений, конструкционных материалов и технологий, а также интеллектуальной



Оптимальное проектирование лопатки вентилятора

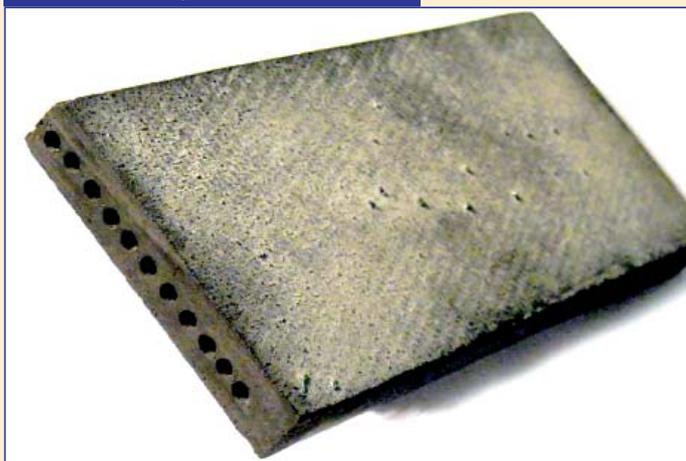
технологий, лопаточных узлов с управлением пограничным слоем, беспроводных технологий, "сухих" двигателей.

Исследованы технологии и отработаны методы проектирования и изготовления деталей и узлов перспективных авиационных двигателей из новых материалов.

Спроектирован и испытан биротативный высокоэффективный вентилятор со степенью $\pi_b^* = 1,5$, обеспечивающий снижение шума по трем контрольным точкам на 7...9 EPNdB по сравнению с лучшими современными вентиляторами.

Спроектирована и испытывается модель высокоэффективного биротативного винтовентилятора ("открытый ротор") из композиционного материала.

В обеспечение создания ультракомпактных низкоэмиссионных камер сгорания будущего разрабатывается технология интенсификации процессов горения топлив, основанная на селективном возбуждении колебательных и электронных состояний реагирующих молекул электрическим разрядом либо резонансным лазерным излучением. Это позволяет даже при ультрамалом энергоподводе в десятки раз сократить время воспламенения и горения, расширить пределы устойчивого горения, обеспечить



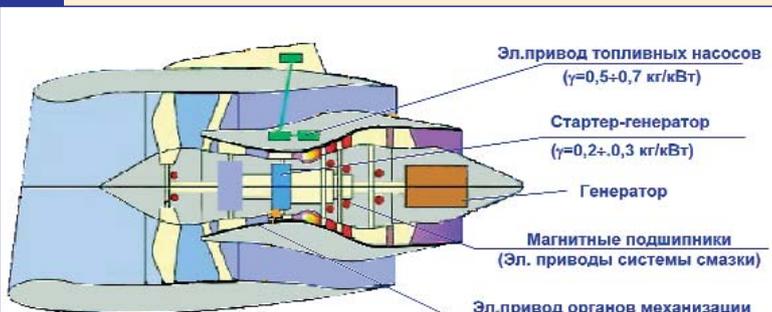
Стенка перспективной КС на основе силицированного графита

системы управления, совмещенной с системой диагностики, контроля и управления техническим состоянием двигателя и интеграции силовой установки с планером летательного аппарата.

В качестве схемных решений для достижения поставленных целей рассматриваются "электрический", "интеллектуальный" ТРДД с высоким и сверхвысоким значением степени двухконтурности с прямым или редукторным приводом однорядного или двухрядного вентилятора, турбовинтовентиляторные двигатели ("открытый" ротор), ТРДД с промежуточным охлаждением и регенерацией тепла, распределенные силовые установки, двигатели с гибридным приводом движителя (газотурбинный + электрический привод), двигатели с пульсирующей детонационной камерой сгорания и т.д.

В институте развернуты работы по новым "прорывным" технологиям в обеспечении создания двигателей 2025-2030 гг.

Выполнен ряд работ по исследованию эффективности применения в перспективных ПТД MEMS-



Эффективность:

- > Уменьшение массы и миделя двигателя - 10÷ 20%
- > Уменьшение отбора мощности от двигателя - 10÷ 15%
- > Снижение подогрева топлива - 20÷ 30%
- > Повышение экономичности - 3 ÷ 5%
- > Повышение надежности - 5 раз
- > Снижение стоимости эксплуатации - 2 раза
- > Снижение пожароопасности и повышение живучести

- Отработка электроприводной САУ проводится на демонстрационном двигателе
- Создан моторный стенд для отработки демонстрационных систем





Лопатки РК и НА перспективного КНД

более высокую эффективность сжигания топлив в малых объемах и уменьшить в несколько раз концентрацию экологически опасных компонентов в продуктах сгорания.



Жаровая труба из керамического композиционного материала

В обеспечение создания "электрического" самолета, в котором все системы приводятся электрическим источником, что должно обеспечить снижение массы на 10...15 %, экономию топлива на 8...12 %, снижение стоимости жизненного цикла самолета на 4...5 % и увеличение наработки на отказ на 5...7 %, а также поз-



Рабочие лопатки турбины из композиционных материалов

волить построить двигатель без коробки приводов, институт проводит комплекс теоретических и экспериментальных исследований, направленных на создание "электрического" ГТД. Их результаты позволили определить направления электрификации ГТД, основными из которых являются применение встроенного стартера-генератора, электроприводной системы подачи топлива в камеру сгорания, электромеханизмов для органов механизации проточного тракта двигателя, электроприводной системы смазки или магнитных подшипников для подвеса роторов двигателя. Определены возможности оптимизации и улучшения основных эксплуатационных характеристик ГТД в результате исключения отбора воздуха от двигателя в самолетные системы. В результате проведенных работ показано, что могут быть уменьшены на 10...20 % масса и мидель двигателя, снижена на 10... 15 % трудоёмкость изготовления, повышена на 2...3 % топливная экономичность, повышена надёжность, уменьшены вредные выбросы в атмосферу.

Во взаимодействии с конструкторскими бюро и заводами разработаны и созданы демонстрационные образцы основных электрических систем авиационного двигателя: система автоматического управления и система смазки, а также стартёр-генератор. Системы испытаны на двигателе-демонстраторе с электрическим приводом насосов и органов механизации проточной части. В испытаниях подтверждены основные результаты, полученные в теоретических работах.



Стендовый вариант ГЛЛ АР-02

Большое внимание уделяется разработке электронных интеллектуальных систем управления с распределенной структурой. Работы базируются на новейших достижениях электронной промышленности, позволяющих повысить термостойкость, быстродействие и степень интеграции элементной базы, усовершенствовать внутрисистемный информационный обмен. Эти работы позволят создать "интеллектуальный" двигатель, адаптируемый к условиям эксплуатации и работоспособный при допустимом уровне повреждения деталей.



Стендовый вариант ГЛЛ Х2000

В обеспечение инновационного развития авиационного двигателестроения институт принимает активное участие в формировании комплексных проектов НИР и развития экспериментальной базы по двигателестроению "Национального плана развития науки и технологий в авиационной промышленности". Реализация этого плана, разработка и освоение прорывных технологий позволит институту быть одним из лидеров отрасли, интенсифицировать инновационное развитие отрасли, обеспечив технологическую основу для сохранения за Россией статуса авиационной державы.





Вячеслав Александрович Богуслав
Председатель совета директоров АО "МОТОР СИЧ"

АО "МОТОР СИЧ" ВЕДУЩЕЕ ПРЕДПРИЯТИЕ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

АО "МОТОР СИЧ" является постоянным участником международных выставок. Выставки – неотъемлемый элемент современности, это смотр достижений, мощная реклама новых технологий и техники, плодотворные деловые встречи и прямой путь на рынки. На Международном салоне "Двигатели-2012" на стенде АО "МОТОР СИЧ" представлены современные авиационные двигатели: ТВЗ-117ВМА-СБМ1В 4Е серии, ТВЗ-117ВМА-СБМ1В, АИ-450М, МС-500В, АИ-450С, АИ-450-МС, Д-436-148, АИ-222-25Ф, МС-14.

Сегодня одним из приоритетных направлений деятельности АО "МОТОР СИЧ" становится производство двигателя Д-436-148 для новых региональных самолетов семейства Ан-148.

Турбореактивный двухконтурный двигатель Д-436-148 для пассажирских самолетов семейства Ан-148 соответствует современным требованиям ИКАО по эмиссии и обеспечивает уровень шума самолета Ан-148 ниже установленных норм. По своим характеристикам этот двигатель не уступает зарубежным аналогам.

Для различных модификаций Ан-148 и других пассажирских и транспортных самолетов с двигателями семейства Д-436 на АО "МОТОР СИЧ" создан двухвальный вспомогательный газотурбинный двигатель АИ-450-МС. Он обеспечивает запуск маршевых двигателей, а также подачу сжатого воздуха и электроэнергии в бортовую систему самолета при неработающих маршевых двигателях.

Сегодня ГП "Антонов" выполняет проектные работы по созданию административной модификации - Ан-168 и транспортной Ан-178. На все эти самолеты будут устанавливаться двигатели Д-436-148 и их модификации.

Все возрастающая роль боевой авиации предьявляет повышенные требования, как к подготовке новых летчиков, так и к поддержанию летных навыков и тренировке пилотов строевых частей в применении авиационных средств поражения. В связи с этим учебно-тренировочные (УТС) и учебно-боевые самолеты (УБС) занимают важное место в ВВС любой страны.

Летно-технические характеристики самолета во многом определяются характеристиками его двигателя.

Корпорация "Научно-производственное объединение "А. Ивченко", включающая АО "МОТОР СИЧ" и ГП "Ивченко-Прогресс", на протяжении 80 лет специализируется на создании и производстве двигателей для УТС и УБС.

Сейчас более трех тысяч УТС и УБС с газотурбинными двигателями нашего предприятия эксплуатируются в 42 странах мира.

Продолжая эту традицию, мы в настоящее время участвуем в создании совместно с ГП "Ивченко-Прогресс" двигателей семейства АИ-222. Они могут обеспечить максимальную тягу от 2500 до 3000 кгс, а при установке форсажной камеры - до 5000 кгс.

Сегодня начато серийное производство двигателя АИ-222-25 с максимальной тягой 2500 кгс для учебно-боевого самолета Як-130, который поступает в центры подготовки пилотов ВВС России.

Модификации АИ-222-25 (бесфорсажная) и АИ-222-25Ф (с форсажной камерой) предназначены для двухдвигательного учебно-боевого сверхзвукового самолета создаваемого китайской фирмой Hongdu Aviation Industrial (Group) Corporation (HAIC), получившего обозначение L-15.

Свой первый полет самолет L-15 с двигателями АИ-222К-25 совершил 10 мая 2008 г. Полученные в ходе испытаний характеристики самолета L-15 с бесфорсажным двигателем АИ-222К-25 и проведенные маркетинговые исследования по нему показали, что эта модификация представляет интерес для целого ряда потенциальных покупателей.

20 октября 2010 г. совершил свой первый полет самолет модификации L-15 LIFT (Lead in fighter trainer), предназначенной для обучения пилотов. В небо его подняли запорожские двигатели АИ-222К-25Ф.

В настоящее время летные испытания самолета и двигателя успешно продолжаются. Предполагается, что поставки самолетов семейства L-15 могут начаться в 2012 г.

5 сентября 2007 г. АО "МОТОР СИЧ" получило сертификат типа на новый вертолетный двигатель ТВЗ-117ВМА-СБМ1В, разработанный конструкторами предприятия. Этот двигатель создан с целью повышения летно-технических характеристик вертолетов и их боевой эффективности, особенно при эксплуатации в высокогорных районах стран с жарким климатом. По своим характеристикам он соответствует современным техническим требованиям.

Для повышения безопасности полета введены режимы 2,5-минутной мощности, равной 2800 л.с., и режим 30-минутной мощности, равной мощности взлетного режима. Также подтверждена возможность применения двух вариантов режима продолжительной мощности при одном неработающем двигателе в течение 60 минут равной 2800 л.с. и равной мощности взлетного режима для соответствующей модели двигателя.

Установка двигателей ТВЗ-117ВМА-СБМ1В на вертолет позволяет повысить его скороподъемность, увеличить высоту практического потолка, а также сохранить высокие летно-технические характеристики вертолетов при установке на них пылезащитных и экранно-выхлопных устройств.

В июне 2011 г. на авиаремонтном заводе МО РФ в г. Гатчина были успешно завершены Государственные стендовые испытания двигателя ТВЗ-117ВМА-СБМ1В по программе, утвержденной Главкомом ВВС РФ и согласованной с ОАО "МВЗ им. Милля" и ОАО "Камов".

Учитывая тенденции на рынке авиационной техники АО "МОТОР СИЧ" приступило к созданию газотурбинных двигателей семейства МС-14 класса мощности 1500 л.с. на базе турбокомпрессора двигателя ТВЗ-117ВМА-СБМ1.

Для управления двигателем используется система управления и контроля с полной ответственностью электронной части (FADEC). МС-14 предназначен для ремоторизации ветерана отечественной авиации самолета Ан-2, а также может устанавливаться на другие самолеты аналогичного класса. В дальнейшем, при необходимости может быть создана вертолетная модификация этого двигателя.

Сегодня в мире повышенным спросом пользуется малая авиация, в связи с этим АО "МОТОР СИЧ" активно участвует в проводимых ГП "Ивченко-Прогресс" работах по созданию малоразмерных турбовальных и турбовинтовых двигателей семейства АИ-450 с мощностью на взлетном режиме 450..600 л.с. По тактико-техническим, экономическим и экологическим характеристикам эти двигатели будут одними из лучших в своем классе. Модификации этого двигателя - АИ-450М и АИ-450М1, обладающие мощностью на взлетном режиме 400 или 465 л.с. (в зависимости от настройки САУ), предназ-

начены для ремоторизации ранее выпущенных вертолетов Ми-2, где они заменят двигатель ПД-350.

В экспозиции АО "МОТОР СИЧ" представлена также турбовинтовая модификация этого двигателя - АИ-450С с мощностью на взлетном режиме 400 л.с. Работы по ее созданию ведутся в соответствии с техническими требованиями нескольких разработчиков самолетов авиации общего назначения.

Кроме самолетов авиации общего назначения турбовинтовые модификации двигателя АИ-450 могут устанавливаться на перспективные учебно-тренировочные самолеты типа Як-152 и Су-49, а также на беспилотные летательные аппараты.

Учитывая изменение конъюнктуры мирового вертолетного рынка, наше предприятие ведет работы по созданию семейства турбовальных двигателей нового поколения - МС-500В в классе взлетной мощности 600...1000 л.с., предназначенных для установки на вертолеты различного назначения со взлетной массой 3,5...6 т.

По прогнозам экспертов, сектор рынка вертолетов этого класса, благодаря их универсальности, будет одним из самых перспективных в ближайшие годы. Базовым двигателем семейства является МС-500В-01 с мощностью на взлетном режиме 810 л.с., а его модификация МС-500В со взлетной мощностью 630 л.с., создается для вертолета типа "Ансат".

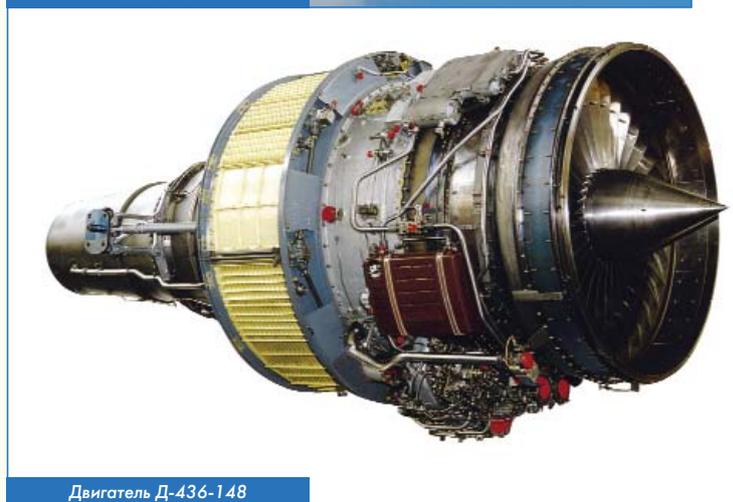
Разработка двигателей семейства МС-500В ориентирована на создание перспективных конкурентоспособных с зарубежными аналогами, надежных, легких и экономичных двигателей с малой стоимостью жизненного цикла. Компоновка базового двигателя была выбрана исходя из условия применения высоконапорного центробежного компрессора.

Сейчас ведется стендовая отработка газодинамических параметров и доводочные работы на одновалных газогенераторах и полноразмерных двигателях. На АО "МОТОР СИЧ" изготовлен также ряд специальных стендов для поузловой доводки и обеспечения проведения сертификационных работ.

Самым большим вертолетным двигателем производства АО "МОТОР СИЧ" является двигатель Д-136. Он обеспечивает мощность на максимальном взлетном режиме 11 400 л.с. и по этому параметру, а также по экономичности не имеет конкурентов в ми-



Ан-158



Двигатель Д-436-148

ре. Д-136 эксплуатируется на самых грузоподъемных в мире вертолетах Ми-26 и их модификациях. Первый полет этот вертолет совершил 14 декабря 1977 г. В дальнейшем на нем было установлено 14 мировых рекордов.

Конструкторами ГП "Ивченко-Прогресс" разработан проект модернизации двигателя Д-136, который будет осуществляться совместно с АО "МОТОР СИЧ". Новый двигатель получил обозначение Д-136-2, и обеспечивает мощность на максимальном взлетном режиме 11 400 л.с., которая поддерживается до $t_{в} = 40$ °С. Введен также чрезвычайный режим с мощностью 12 200 л.с. Двигатель Д-136-2 предназначен для использования на модернизированном вертолете Ми-26Т2.

АО "МОТОР СИЧ" - многопрофильное предприятие по разработке, производству, испытанию, сопровождению в эксплуатации и ремонту современных двигателей для самолетов и вертолетов различного назначения. Летательные аппараты с двигателями производства АО "МОТОР СИЧ" эксплуатируются более чем в 120 странах мира.

Благодаря сочетанию интеллектуального потенциала, высокой корпоративной культуры, творческого духа и развитой научно-технической инфраструктуры АО "МОТОР СИЧ" выпускает надежные авиационные двигатели и газотурбинные установки.

Строгое выполнение договорных обязательств обеспечивает успешное многолетнее сотрудничество с многочисленными отечественными и зарубежными партнерами. 



Вертолет Ми-24



Двигатель ТВ3-117ВМА-СБМ1В



АО "МОТОР СИЧ",
 пр-т Моторостроителей, 15,
 г. Запорожье, 69068, Украина.
 Тел.: (+38061) 720-4814.
 Факс: (+38061) 720-5005.
 E-mail: eo.vif@motorsich.com
 motor@motorsich.com
 www.motorsich

ДИАГНОСТИКА ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ



Виталий Фердинандович Халиуллин, начальник отдела диагностики ОАО "Авиадвигатель"

При эксплуатации газотурбинных установок (ГТУ), разработанных ОАО "Авиадвигатель", в обязательном порядке выполняется параметрический контроль их технического состояния. Традиционно контроль включает в себя автоматическую составляющую, реализованную в системах автоматического управления ГТУ (САУ ГТУ) и энергоблока (САУ ЭБ) или газоперекачивающего агрегата (САУ ГПА), и контроль "вручную", выполняемый специалистами эксплуатирующей организации в соответствии с технологическими картами, изложенными в руководствах по эксплуатации ГТУ.

Традиционные методы контроля далеко не в полной мере реализуют возможности, обусловленные высоким уровнем контролепригодности пермских ГТУ, а точнее, развитой системой измерения ГТУ. Для сравнения, на авиационном двигателе ПС-90А аналогичный уровень контролепригодности позволил создать продвинутую систему параметрической диагностики, позволяющую на ранней стадии выявлять и устранять зарождающиеся отказы узлов и комплектующих двигателя.

В чем заключаются ограничения действующих методов контроля ГТУ?

Контроль параметров в САУ обеспечивает предотвращение аварийных ситуаций, поэтому он основан на простых, надежных алгоритмах. Для исключения ложных срабатываний допуски в системе контроля заданы с достаточно высоким запасом. Поэтому на ранней стадии развития неисправностей, характеризующейся несущественным изменением параметров, они не выявляются в САУ. Кроме того, сложные вычисления, характерные для параметрической диагностики, нежелательны в САУ с точки зрения обеспечения надежности и производительности работы программного обеспечения.

Технологические карты, предназначенные для ежедневного контроля параметров обслуживающим персоналом, разрабатываются с учетом обеспечения максимально возможной простоты и минимальной трудоемкости расчетов, что на самом деле не удается обеспечить в достаточной мере из-за нелинейных рабочих характеристик двигателя. В результате стремления к упрощению снижается не только информативность анализа (контролируется минимальное количество параметров), но и его точность, так как применяются обобщенные характеристики двигателей, не учитываются данные по начальной стадии эксплуатации каждой ГТУ, иногда контроль выполняется не во всех рабочих диапазонах.

Компенсировать указанные ограничения действующих способов контроля может применение системы параметрической диагностики ГТУ, однако в данный момент по ряду причин подобная система не была создана. Единственный реальный шаг в направлении автоматизации анализа был осуществлен на электростанциях "Урал-2500" Сосьвинского ЛПУ ООО "Газпром трансгаз Югорск", где технологическая карта по оценке параметров реализована специалистами отделения измерительной техники и метрологии "Авиад-

вигателя" в пульте контроля ГТУ, что обеспечивает некоторое повышение точности алгоритмов и обеспечивает нейтрализацию субъективного фактора: исключаются ошибки расчетов и невыполнение расчетов.

В настоящее время в связи с переводом парка электростанций, эксплуатируемых в ОАО "ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь", на эксплуатацию по техническому состоянию, подобно тому, как это уже много лет обеспечивается по двигателям ПС-90А в авиации, возрастает роль контроля технического состояния ГТУ, так как увеличение текущей наработки двигателя без ограничения ресурса должно происходить при тщательном анализе их состояния.

При этом, однако, нельзя допустить увеличения трудоемкости обслуживания. Указанные обстоятельства можно считать благоприятным моментом для создания полноценной системы параметрической диагностики, что и происходит в настоящее время - разрабатывается концепция, оформлено техническое задание. В разрабатываемой системе диагностирование должно быть обеспечено не только для ГТУ, а для энергоблока в целом. Схема информационного обеспечения параметрической диагностики и мониторинга представлена далее.

Параметрическая диагностика электростанций не требует доработки системы измерения, будут использоваться существующие датчики и сигнализаторы. Информация от САУ ГТУ и САУ ЭБ должна автоматически по кодовым линиям связи поступать на сервер системы удаленного мониторинга (СУМ), где будет обеспечено формирование всех необходимых видов архивов ретроспективной информации. Использование отдельного сервера необходимо в первую очередь для исключения снижения производительности САУ.

Кроме того, обеспечение взаимодействия с удаленными автоматизированными рабочими местами (АРМ) по требованиям безопасности не может осуществляться станционной автоматикой. Удаленные АРМ обеспечивают доступ к информации специалистам, задействованным в организации контроля технического состояния электростанций. При необходимости удаленное АРМ может быть установлено в эксплуатирующей организации.

Сервер СУМ обеспечивает доступ к просмотру информации и формированию выборок информации с удаленных АРМ через Интернет для авторизованных специалистов, при этом используется обычный интернет-браузер.

Программное обеспечение СПД (ПО СПД) обеспечивает обработку выбранной информации по алгоритмам диагностирования, разработанным специалистами "Авиадвигателя". При этом обеспечивается контроль технического состояния всех систем ГТУ и энергоблока. Результаты расчетов также записываются в базу данных СПД.

При обнаружении отклонений в работе оборудования автоматически формируются соответствующие сообщения. Для каждого

сообщения предусмотрены рекомендации по поиску и устранению причин отклонений, выводимые на экран СПД.

База данных системы параметрической диагностики с помощью специального программного обеспечения доступна для просмотра через локальную сеть специалистам ОАО "Авиадвигатель". К базе данных СПД также возможен доступ с удаленных АРМ для анализа информации с помощью аналогичного программного обеспечения.

Таким образом, с удаленных рабочих мест обеспечивается возможность просмотра как исходных архивов СУМ, так и базы данных СПД, что позволит выполнять все необходимые виды анализа и информации: экспертный анализ динамических интервалов работы ГТУ, в том числе зарегистрированных с частотой 50 Гц; анализ развития неисправностей; анализ трендов параметров по наработке; статистический анализ для выявления закономерностей в работе оборудования и при подготовке исходной информации для оформления документации о продлении ресурса основных деталей двигателя. При этом основным видом анализа остается автоматический анализ в обеспечение контроля технического состояния парка газотурбинных установок и энергоблоков, выполняемый ежедневно и круглосуточно в СПД.

Преимущество контроля технического состояния с помощью автоматизированной системы параметрической диагностики можно пояснить на примере. В процессе эксплуатации одной из ГТУ экспертным анализом специалисты отдела диагностики определили нехарактерное изменение температуры за турбиной с наработкой.

Возникло предположение о наличии неравномерности температурного поля за турбиной. Поскольку данная информация в САУ ГТУ имеется, ее запросили в эксплуатирующей организации, и после ее получения подтвердилась повышенная неравномерность.

В соответствии с рекомендациями КБ "Авиадвигателя" был выполнен осмотр форсунок камеры сгорания, и обнаружен посторонний предмет, поступивший из системы подготовки топливного газа. В результате было предотвращено обгорание лопаток турбины, и сохранен ресурс двигателя.

В системе параметрической диагностики такой дефект был бы

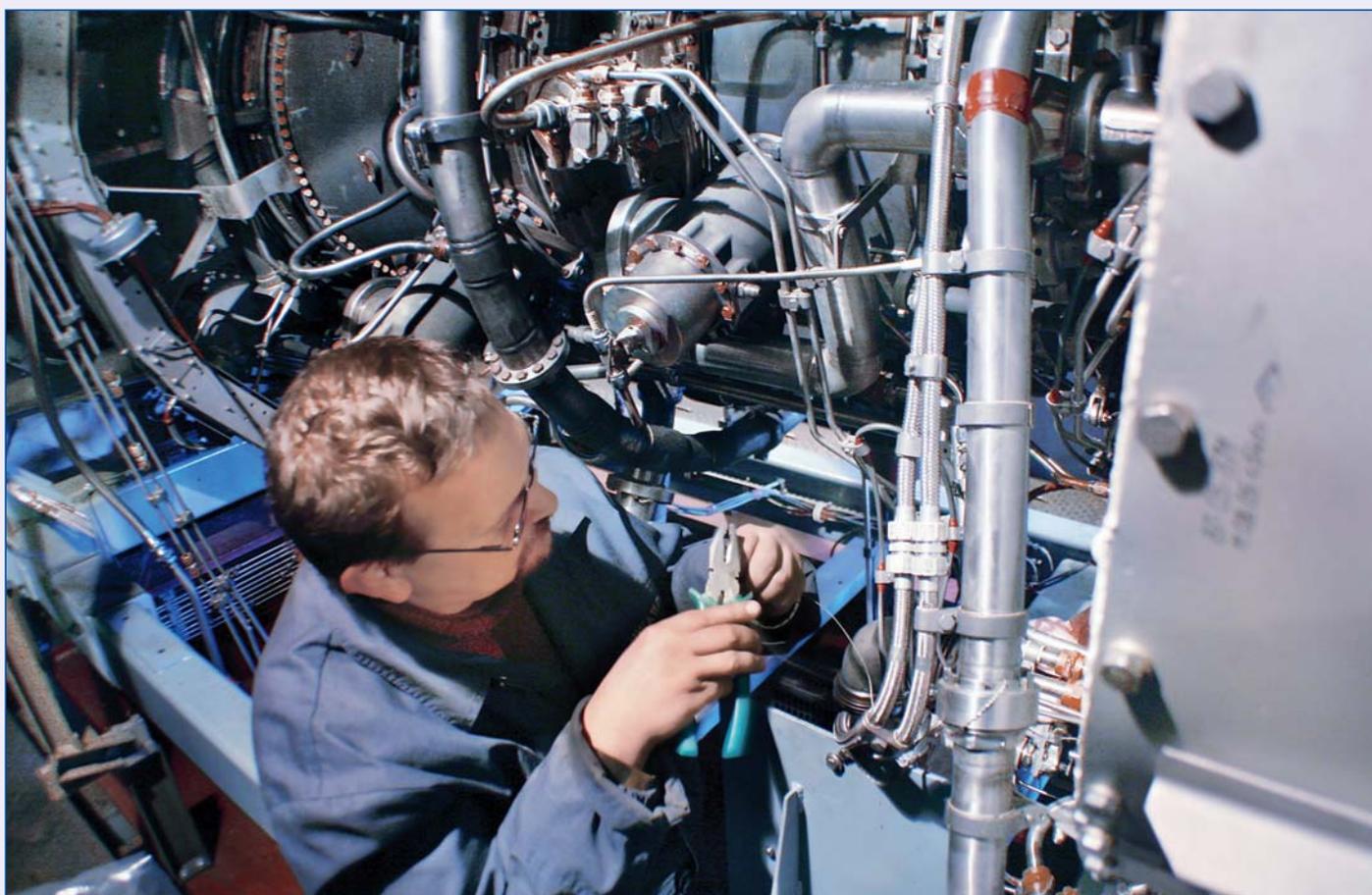


Электростанция "Урал-2500" Сосьвинского ЛПУ
ООО "Газпром трансгаз Югорск"

выявлен автоматически с выдачей рекомендаций обслуживающему персоналу на месте. При данном виде отклонения параметров возможны разные виды причин: реальное отклонение, как в данном случае, и недостоверное измерение из-за проблем в отдельном канале измерения температуры.

Алгоритмы параметрической диагностики позволяют различать эти виды неисправностей и выдавать соответствующую рекомендацию, что сокращает время поиска неисправности. Планируется при выводе сообщений об отклонениях в работе оборудования отображать сведения о том, насколько срочно требуется устранение данного отклонения, что позволит определиться, требуется ли внеплановый останов или устранение неисправности может быть выполнено при очередном техническом обслуживании.

Применение системы параметрической диагностики обеспечит безопасную эксплуатацию энергоблоков по техническому состоянию без увеличения трудоемкости обслуживания, позволит выполнять некоторые виды работ по обслуживанию не периодически, а при необходимости (на основании данных СПД) или более редко, что обеспечит снижение трудоемкости обслуживания и, как следствие, уменьшение стоимости жизненного цикла оборудования. ▣



МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БАЗЫ - НЕПРЕМЕННОЕ УСЛОВИЕ РАЗВИТИЯ



ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова:

Виктор Георгиевич Марков, заместитель генерального директора по эксперименту
Валентин Иванович Солонин, заместитель генерального директора, к.т.н.
Александр Фёдорович Шульгин, заместитель генерального директора, директор НИЦ ЦИАМ

Центральный институт авиационного моторостроения был организован в начале 1930-х в целях ускорения создания новых авиационных двигателей, научного сопровождения и изучения физических и технологических аспектов, сопутствующих этому процессу. За время существования института его главной задачей было научное обеспечение разработки создания новых и сопровождение эксплуатации уже созданных авиационных двигателей, а также разработка научно-технического задела, обеспечивающего создание всё более совершенных авиационных двигателей новых и сопровождение эксплуатации уже созданных авиационных двигателей, а также разработка научно-технического задела, обеспечивающего создание всё более совершенных авиационных двигателей. Решение этих задач было бы невозможно без организации крупнейшей в Европе экспериментальной базы Научно-испытательного центра (НИЦ) ЦИАМ. Этот центр возник в то время, когда авиация становилась реактивной. С его помощью удалось превратить процесс создания новых воздушно-реактивных двигателей из во многом интуитивного в научный, экспериментально обоснованный. Оборудование НИЦ сделало возможным проведение комплексных научно-исследовательских, опытно-доводочных и сертификационных испытаний полноразмерных авиационных двигателей, их узлов и агрегатов в условиях, максимально приближенных к полётным. Все созданные в нашей стране авиационные двигатели, их узлы и элементы прошли испытания на стендах института, что обеспечило их высокие эксплуатационные характеристики, надёжность, ресурс. Со своей ролью ЦИАМ достойно справлялся все 80 лет своего существования. Однако, новое время ставит новые задачи.

Цель технологического развития авиационной промышленности 2020-2025 гг. - возвращение России статуса одного из крупнейших мировых центров создания авиационной техники. Этой цели придётся достигать в условиях жесткой конкуренции с активно работающей (и при этом постоянно модернизирующейся) зарубежной промышленностью, развитие которой обеспечивается финансовой, законодательной и тарифной государственной поддержкой.

В национальных планах и программах США и Европы поставлены амбициозные цели создания к 2030-2035 гг. летательных аппаратов с кардинально улучшенными летно-техническими, эксплуатационными и экологическими характеристиками. При этом предполагается освоение новых полётных зон и увеличение скоростей полета, вплоть до гиперзвуковых.

Существенный вклад в достижение этих целевых показателей авиационной техники 2025-2030 гг. должны внести перспективные двигатели. За рубежом выполняется большое количество программ создания научно-технического задела по перспективным технологиям двигателестроения, проводимых как в рамках государственных программ (программа VAATE в США, программы VITAL, NEWAC, CLEAN и др. в Европе), так и корпоративных программ компаний General Electric, Pratt&Whitney, Rolls-Royce, CFM International и других, проводящихся при активной государственной поддержке. По большинству программ военного и гражданского назначения разрабатываются общие ("двойные") технологии (методы расчета, конструкторские и технологические перспективные решения, новые конструкционные материалы и т.д.), из которых 65...70% используются компаниями при создании новых и модернизации находящихся в эксплуатации двигателей военного и гражданского назначения.

Современная методология создания двигателей базируется на интеграции систем математического моделирования высших уровней и компьютерного проектирования и автоматизированного изготовления деталей (с использованием самых современных методов и технологий). Такой подход к перспективным разработкам диктует основополагающее условие: невозможно начинать ОКР, пока нет в достаточном количестве готового к внедрению научно-технического задела в виде экспериментально отработанных на демонстрационных узлах и двигателях-демонстраторах новых технологий, конструкторских решений и материалов. Несоблюдение этого условия приводит к весьма серьёзным финансовым и временным издержкам.

В этих условиях необходимо, наряду с проведением опытно-конструкторских работ, расширить НИР по разработке технологий и новых технических решений в обеспечение создания базовых двигателей военного (для ПАК ФА) и гражданского (ПД-14 для МС-21) назначения. В связи с этим расчетно-экспериментальные работы института ориентированы пре-

жде всего на обеспечение технологической готовности создания этих базовых двигателей.

Сроки создания авиационного двигателя более чем в 2 раза превышают время, потребное на создание летательного аппарата, на котором он будет эксплуатироваться. Исходя из этого, сейчас уже необходимо проводить научные исследования по двигателям шестого поколения (то есть тех, что будут создаваться в 2025-2030 гг.).

Учитывая это, необходимо развернуть экспериментальные исследования ключевых технологий создания двигателей. Это касается как перспективных двигателей традиционных схем (но с крайне высокими параметрами: $T_r^* > 2200\text{K}$, $\pi_r^* > 80$ и т.д.), так и двигателей новых конструктивных схем, к которым относятся двигатели изменяемого рабочего процесса, ТВВД схемы "открытый ротор", двигатели с промежуточным охлаждением воздуха при сжатии и с регенерацией тепла горячего газа при его расширении, распределенные силовые установки, гибридные двигатели с электрическим приводом, "сухие" (без масляной системы) и "электрические" (без коробки приводов) двигатели. В процессе отработки новых конструктивных решений, необходимо разработать технологии "интеллектуальных" двигателей: применение нано- и MEMS-технологий, лопаточных узлов с управлением пограничным слоем, систем активного управления зазорами, "беспроводных" технологий, бортовых диагностических баз данных с мобильным доступом и др. В области технологии производства и применяемых материалов необходимо развернуть всесторонние исследования технологии проектирования и изготовления деталей и узлов перспективных двигателей из композиционных материалов на основе органических, керамических, металлических и интерметаллических матриц; суперсплавов, армированных волоконнами; материалов на основе нанотехнологий, материалов с "памятью" формы, интерметаллидов, тугоплавких сплавов и других новых материалов. Необходимо разработать новые технологии сжигания топлива в камерах сгорания авиационных ПД (с управлением процессом горения путем распределенного впрыска топлива; воздействия электрического и магнитного полей; с каталитическим горением и др.). Для силовых установок нового поколения следует разработать ключевые технологии создания ВСУ (также нового поколения) на основе твердооксидных топливных элементов, работающих на углеводородных топливах.

Все упомянутые технологии, апробированные в испытаниях демонстрационных узлов и газогенераторов, должны обеспечить создание семейств двигателей не только для авиации, но и для судостроения, систем вооружения, топливно-энергетического комплекса и предпрятий ЖКХ. Освоение прорывных технологий позволит России стать системным интегратором новых международных проектов, интенсифицировать инновацион-

ное развитие отрасли, обеспечив основу для развития высокотехнологичных отраслей промышленности.

Рассчитывать на инновационное развитие даже самых передовых отраслей хозяйства, каковым является авиадвигателестроение, мы не можем без коренного обновления экспериментальной и технологической базы отрасли. Оно должно обеспечивать не только расширение диапазона параметров в целях моделирования реальных эксплуатационных условий (в том числе при обледенении, попадании посторонних предметов в тракт двигателя и др.), но и перенос "центра тяжести" экспериментальных исследований с испытаний двигателей и узлов на исследования образцов, моделей и деталей, на верификацию расчетных моделей. В результате должны максимально воспроизводиться условия работы элементов конструкции в процессе эксплуатации. Благодаря сопровождению эксперимента расчетными моделями и физическими исследованиями, совершенствованию аппаратуры и методов измерений, автоматизации экспериментальных исследований, обработке результатов испытаний в темпе эксперимента, должна повышаться его информативность. Процессы интеграции расчетных и экспериментальных методов исследований идут в отечественном авиадвигателестроении в течение многих лет. Чтобы методы математического моделирования рабочего процесса двигателя, уточненные в эксперименте, позволяли минимизировать объем, сроки и стоимость испытаний двигателя необходимо наряду с существующими стандартными пакетами программных комплексов разрабатывать и внедрять программные комплексы собственных разработок, максимально использовать ресурсы супервычислителей.

Конечно же, никакое инновационное развитие не пойдёт, если мы в первую голову не будем оснащать экспериментальную базу современным научным оборудованием и привлекать к работе молодых талантливых людей. Необходимым условием является существенное увеличение финансирования за счет грантов, заказных работ, специальных фондов развития исследовательских экспериментальных работ.

Надо учесть, что экспериментальная база НИЦ ЦИАМ, после пятнадцати лет отсутствия государственной поддержки, отвечает лишь требованиям к испытаниям (при натурных параметрах) двигателей, газогенераторов и их основных узлов 4-го и 4+ поколений. Эта база уже уступает современному мировому уровню по предельным параметрам технологических систем, оснащению современными измерительными системами, наличию стендов и установок для проведения поисковых исследований.

Особое внимание должно быть уделено сохранению и развитию уникальной экспериментальной базы центрального института авиационного моторостроения им. П.И. Баранова (ЦИАМ): как московской его площадки, так и Тураевского НИЦ ЦИАМ. В этих целях в рамках государственного контракта был проведен анализ состава, состояния и соответствия испытательной базы ЦИАМ требованиям по обеспечению экспериментальной отработки авиационных двигателей нового поколения. На основе этих исследований разработан проект комплексной Программы перспективного развития экспериментальной базы ЦИАМ на период до 2025 года. В данном проекте Программы сформулированы предложения по совершенствованию существующих экспериментальных стендов и установок, их технологических систем, модернизации информационно-измерительных и управляющих систем, метрологического обеспечения испытаний и созданию новых испытательных возможностей для отработки прорывных технологических решений. Дано обоснование ресурсного обеспечения мероприятий проекта Программы и механизма ее реализации. Необходима реализация разработанного проекта в рамках разрабатываемой новой госпрограммы развития авиационной промышленности России и Национального плана развития науки и технологий.

Вся используемая экспериментальная база отрасли насчитывает более 400 стендов и установок различного назначения. К сожалению, все они сильно изношены (износ составляет 60...70%).

Увеличение финансирования капитального строительства по ФЦП, наблюдаемое последние 3-4 года, позволило, несколько улучшить положение. Так, например, модернизировать высотный гиперзвуковой стенд НИЦ ЦИАМ. Это обеспечило успешные испытания крупномасштабной модели-демонстратора высокоскоростного прямоточного двигателя, интегрированного с имитатором фюзеляжа гиперзвукового летательного аппарата. В этих испытаниях впервые продемонстрирована реальная тяговая эффективность ГПВРД и подтверждена его состоятельность в качестве нового типа двигателя. В рамках выделенных по тем же каналам средств закуплено и ос-

воено оборудование для исследования конструктивной прочности деталей, изготовленных из перспективных материалов и стендовое оборудование для разгонных стендов.

Иначе говоря, все вопросы отставания в техническом смысле растут из экономических корней и экономическими же методами разрешаются (при наличии, конечно, четкой организации работ). Решение задач по модернизации и развитию экспериментальной базы в обеспечение испытаний перспективных авиационных двигателей во многом определится величиной финансирования, а также целенаправленностью и выверенным адресным выделением средств. С целью повышения эффективности капитальных вложений необходимо предусмотреть возможность использования модернизируемой экспериментальной базы для других отраслей промышленности: судостроения, систем вооружения, газотранспортных систем, электроэнергетики и ЖКХ. Активная работа в этом направлении уже проводится. В НИЦ ЦИАМ созданы и успешно работают стенды для испытаний газотурбинных установок мощностью до 25 Мвт и низкоэмиссионных камер сгорания стационарных ГТУ при высоких давлениях на входе.

Необходимо разработать принципы и условия коллективного пользования и провести первоочередные мероприятия по созданию на базе ЦИАМ межотраслевого центра экспериментально-исследовательской базы газотурбостроения. Это позволит с большей эффективностью использовать имеющийся опыт такой высокотехнологичной отрасли, каковой является авиационное двигателестроение для решения задач в других отраслях промышленности.

Развитие исследовательской базы ЦИАМ в рамках разрабатываемого сейчас "Национального плана развития авиационной науки и технологий" позволит снизить остроту специфических для отрасли проблем, которые появились в последние десятилетия. Для этого привлечение наработки науки к созданию новых изделий должно быть весьма интенсивным.

Для обеспечения реализации стратегии национальной безопасности и стратегии развития газотурбинного двигателестроения необходимо:

- пересмотреть в рамках ФЦП ОПК существующий уровень финансирования на поддержание в исправном и работоспособном состоянии уникальной стендовой базы отрасли, особенно таких исследовательских испытательных центров национальной значимости, к каким относится НИЦ ЦИАМ;
- с целью усиления развития отечественного двигателестроения предусмотреть в проекте новой госпрограммы развития авиационной промышленности России и составляющего её "Национального плана развития авиационной науки и технологий" финансирование Программы по развитию и модернизации экспериментальной и исследовательской базы авиадвигателестроения;
- в целях повышения эффективности и оптимизации затрат на развитие экспериментальной базы различными организациями (в том числе и других отраслей промышленности), разработать концепцию создания межотраслевого центра коллективного пользования экспериментальной и исследовательской базы и отработать первоочередные мероприятия по обеспечению коллективного пользования экспериментально-исследовательскими базами авиадвигателестроения и агрегатостроения.

Основные направления модернизации экспериментальной стендовой базы ЦИАМ:

- восстановление ресурсов испытательного оборудования, находящегося в эксплуатации в течение 30-50 лет;
- расширение диапазона параметров для обеспечения испытаний перспективных двигателей (давление 10...12 МПа; температура 1000...1300К на входе в двигатель);
- развитие экспериментальной базы прочностных исследований в обеспечение испытаний двигателей и образцов, изготовленных с применением новых базовых критических технологий и материалов, необходимых для ускоренного повышения ресурса и прочностной надежности отечественных двигателей;
- развитие экспериментальной базы физических исследований для исследования прорывных технологий (газовой динамики, кинетики горения, теплоизоляции, экологии и др.);
- развитие и создание современных систем АИИС и АСУТП;
- развитие метрологического обеспечения экспериментальных исследований и аттестация стендов и установок;
- развитие метрологического обеспечения экспериментальных исследований и аттестация стендов и установок.



ОАО "ММП им. В.В. ЧЕРНЫШЕВА" - 80 ЛЕТ

Владимир Анатольевич Панов, заместитель главного технолога ОАО "ММП им. В.В. Чернышева"

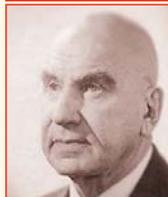
Когда над Тушинским аэродромом во время авиационных праздников демонстрируют своё мастерство знаменитые "Стрижи" на фронтовых истребителях МиГ-29, тысячи зрителей испытывают восторг и чувство гордости за Отчизну, создавшую столь совершенную технику. Сердца для "королей воздуха", оглушающих своим рёвом небо в Тушине, изготовлены на Московском машиностроительном предприятии имени В.В. Чернышёва.



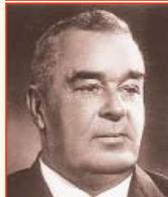
А.Д. Швецов



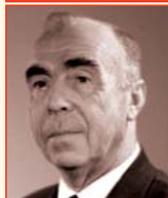
В.Я. Климов



А.А. Микулин



А.М. Исаев



С.К. Туманский



С.П. Изотов



А.А. Саркисов

В начале 30-х гг. прошлого века в районе деревни Тушино строится аэродром гражданского воздушного флота (ГВФ), а при нём авиаклуб. Сегодня - Национальный аэроклуб России им. В.П. Чкалова. Здесь возводятся кирпичные корпуса 4-го Московского авиационного техникума и его ремонтных мастерских. Рядом размещают дирижаблестроительный учебный комбинат (ДУК), в котором преподавал полярный исследователь и конструктор дирижаблей итальянский генерал Умберто Нобиле. По соседству организуется производство парашютной фабрики, а также радиозавода № 85.

Наличие Тушинской погрузочно-разгрузочной станции Калининской железной дороги (сегодня Рижской ж.д.) с широкой колеёй, Волоколамского шоссе, судоходной Москвы-реки и малонаселённого ровного пространства позволило Гипроавиапрому, чуть севернее аэродрома, создать самолётостроительный завод ГВФ (Тушинский машиностроительный завод, ТМЗ), а немного южнее, в двух километрах от аэродрома, авиамоторный - для удовлетворения всё возрастающих нужд ГВФ в инструменте, запчастях и новых моторах. Гражданавиастрой закладывает фундамент первого жилого дома. С января 1932 г. ремонтные мастерские авиатехникума, занимавшиеся мелким ремонтом агрегатов и аппаратуры самолёта У-2 и его мотора М-11, переименовываются в завод № 63 ГВФ.

В одном из барakov (корпусе "Г") размещалось заводоуправление, в нём же - общежитие для рабочих. В другом баракe (корпусе "Д") умещались все производственные цеха и лаборатории. Здесь стояли три допотопных токарных станочка, два новеньких краснопролетарских "ДиП", два поперечно-строгальных станка и один универсально-фрезерный. Работников завода, начиная с директора и кончая уборщицей, насчитывалось не более семидесяти человек.

Именно здесь известный авиаконструктор из ЦАГИ Александр Иванович Путилов (ученик "отца русской авиации" Н.Е. Жуковского и соратник А.Н. Туполева) создаёт в своем КБ, переведенном в 1933 г. на завод № 62 (ТМЗ) в Тушино, пассажирский самолёт "Сталь-2". Каркас у этого шестиместного моноплана впервые в стране был изготовлен из отечественной нержавеющей стали "Энерж-6" вместо страшно дефицитного в те годы у нас в стране дюрала. Мотор для самолёта предполагалось изготавливать на соседнем заводе № 63 ГВФ.

Возводимому в Тушине авиамоторному заводу требовались молодые энергичные специалисты - двигателестроители. Московский авиационный институт только строился, Военно-воздушная инженерная академия мотористов ещё не выпускала. Выручил Киевский машиностроительный институт. Первый выпуск его авиафакультета (всего 14 человек) дал заводу сразу четырёх инженеров-авиамоторостроителей.

В 1933 г. завод № 63 ГВФ переименован в завод № 82 ГВФ. В этом же году сюда, а точнее - конструкторам НИИ ГВФ передаются чертежи двигателей А.С. Назарова МГ-11, МГ-21 и МГ-31. Моторы начали изготавливать в 1934 г., а через год успешно провели их государственные испытания, выпустили малую серию самого мощного из них - МГ-31. МГ-31Ф - форсированный вариант этого мотора мощностью 335 л.с. и поднимал в воздух "Сталь-2".



В 1936 г. завод № 82 подчинили непосредственно НИИ ГВФ, превратив в его производственную базу (опытный завод по доводке маломощных гражданских моторов). Отдел бензиновых двигателей (ОБД), входивший в НИИ ГВФ, перевели из ДУКа на завод, присвоив ему № 11. Первым главным конструктором завода стал двадцативосьмилетний инженер Коссов Михаил Александрович, приехавший в Тушино из Запорожья, где он с 1931 г. занимался форсированием и доводкой маломощных моторов серии "МГ" в КБ А.С. Назарова.

Со второй половины 1938 г. жизнь завода № 82 кардинально изменилась. На смену гражданским моторам пришел двигатель АН-1 (авиодизель нефтяной), который предназначался для дальних бомбардировщиков. НКВД "укомплектовал завод" опытными специалистами из ЦИАМ, а в помощь им создал на территории завода спецтюрму, в которую собрал 65 выдающихся ученых, конструкторов и технологов и вменил им в обязанность - оказывать всемерную помощь заводским специалистам в освоении серийного производства авиадизеля.

В спецтюрме, для которой построили одноэтажный корпус-барак, оказались Алексей Дмитриевич Чаромский, один из основателей ЦИАМ, руководивший в нем отделом быстроходных дизелей, (где и родился АН-1); Борис Сергеевич Стечкин, также создатель ЦИАМ, на тот момент заместитель его начальника по научно-технической части, профессор с мировым именем, позднее - академик, основоположник теории воздушно-реактивных двигателей; Аркадий Сергеевич Назаров, главный конструктор Запорожского КБ; Валентин Петрович Глушко, крупнейший двигателестроитель, академик, позже - один из основателей космонавтики. Попал сюда и Ульрих Келер, приехавший к нам из Швейцарии для ознакомления с эксплуатацией дизелей своей фирмы "Зульцер" и осужденный за свою любознательность на 6 лет.

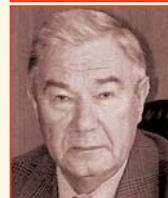
Ускоренно возводились новые корпуса, обновлялся и расширялся станочный парк. Назначили нового директора, нового главного инженера. Главным конструктором стал Фёдор Яковлевич Тулулов, а начальником серийного отдела Иван Ерофеевич Сяляр.



В.В. Чернышёв



А.Н. Напольнов



О.Н. Третьяков



А.С. Новиков



В.И. Родителов

Однажды на завод привезли Туполева и Мясищева для обсуждения с Чаромским проблем установки дизеля на бомбардировщики. Выдающиеся конструкторы самолетов с удовольствием прохаживались по двору, у заводских корпусов, что было приятнее "прогулок" на огороженной крыше, над восьмым этажом их спецтюрьмы в центре Москвы.

Однако заводу КБ Туполева, при серьезной поддержке со стороны "шараги" Чаромского-Стечкина, удалось всего за полтора года спроектировать и построить на базе полученного из ЦИАМ дизеля АН-1 совершенно новый, более мощный и надёжный дизель М-30Б. В начале войны его переименовали в АЧ-30Б (по фамилии автора и разработчика проекта). Ещё до войны, в конце 1940 г., завод № 82 был передан под начало созданного в 1939 году Наркомвиапрома, а за НКВД осталась лишь расположенная на территории завода спецтюрьма.

После эвакуации в 1941-1942 гг. в Казань, заводчане занимались там в основном доводкой доставленных из Тушина опытных дизелей и установкой их на бомбардировщики. 1 марта 1942 г., когда опасность захвата Москвы фашистами миновала, завод вернулся в Тушино. 4 апреля 1942 г. выходит Постановление Государственного Комитета Обороны об образовании опытного завода № 500 на площадях бывшего завода № 82. Уже в июне он начал свою деятельность по доводке и производству мелкой серии авиадизеля М-30Б.

Пленные немцы строили новые корпуса, в один из которых переехала часть заключенных из Казани. Когда у Чаромского спросили, почему не вернулись многие из его сподвижников, он рассказал, как вызвал его Сталин и спросил, что нужно для ускорения серийного выпуска авиадизеля. Алексей Дмитриевич попросил помочь с оборудованием, производственными площадями и кадрами. Хотел передать ему перечень специалистов, которых необходимо освободить из заключения, но Берия перехватил список у Чаромского и объяснил, что не нужно-де утруждать очень занятого Сталина, и что он, Берия, сам все сделает. А на Лубянке, отсчитав по порядку первых десять человек списка, подвел черту и сказал: "Пока - хватит".

13 июня 1942 г. Чаромского А.Д. назначают главным конструктором завода № 500 и присваивают звание генерал-майора инженерно-авиационной службы. Главным технологом на заводе был Дейч Григорий Борисович, ранее работавший в ЦИАМе.

В июле при заводе создается ОКБ-500 (переименованное в 1966 г. в ТМКБ "Союз"), в котором собирают всех специалистов, ранее занимавшихся авиадизелями в ЦИАМ. Кадры рабочих вербуются по всей стране. Из Ульяновска передаётся завод № 25 со всем оборудованием и людьми. В составе инструментального завода № 25, вернувшегося из эвакуации в Москву из-под Ульяновска 27 октября 1943 г., была семья Яшиных. Сын и отец стали рабочими инструментального цеха, где Лев Иванович проработал до 1949 г., а его отец - до 15 июня 1970 г. Жили Яшины в Москве на Миллионной улице. В отделе кадров ОАО "ММП им. В.В. Чернышева" хранятся личные дела отца, матери, брата и самого Яшина. Там есть анкета, заполненная неуверенным ученическим почерком: "Я, Яшин Лев Иванович, родился в 1929 году в г. Москве. Отец мой и мать до революции занимались сельским хозяйством. В настоящее

время родители работают на заводе № 25. Я окончил 5 классов в 1943 году, имею брата Бориса 4-х лет. Подпись: Яшин". К заводу присоединяют завод № 10 ("парашютную фабрику", которую мы упоминали в начале нашего повествования). Строится жилье рядом с заводом ("Комсомолка") и в Красногорске ("Пятисотый поселок").

Завод № 500 к концу 1943 г. полностью осваивает серийный выпуск авиадизелей конструкции Чаромского-Туполева-Яковлева: АН-1, М-30, АЧ-30Б (мощностью от 900 до 1500 л.с.) для ночных бомбардировщиков Пе-8, Ер-2, а также торпедных катеров и танков.

На базе двигателя Derwent-V, образцы которого в количестве 60 штук привезли из служебной командировки в Англию самолетостроитель А.И. Микоян, двигателестроитель В.Я. Климов и металлург С.Т. Кишкин, заводу № 500 предложили выпускать первый в стране реактивный двигатель РД-500 для самолетов Ла-15 и Як-23. Закупленные образцы двигателей Derwent-V не имели не только какой-либо технической документации, но даже и формуляров. С другой стороны, завод, в то время занятый производством авиационных дизельных моторов, совершенно не был приспособлен к производству ТРД.

По разработанному Владимиром Васильевичем Чернышёвым, в это время занимавшим пост главного инженера завода № 500, проекту, организация серийного производства ТРД была разбита на этапы. На первом этапе большую трудность представляло определение материалов, из которых был изготовлен английский двигатель. При непосредственном участии В.В. Чернышёва были произведены большие исследовательские работы с привлечением ряда авиационных научных институтов, Академии наук и т.д. К 31 декабря 1947 г., через семь месяцев после получения образцов английского двигателя, был изготовлен и поставлен на испытание первый двигатель РД-500. С 1948 по 1951 г. их было выпущено 1274 шт.

Созданием и серийным выпуском двигателей РД-500 полностью завершилась реконструкция завода: вместо поршневых здесь стали выпускать турбореактивные двигатели. Завод № 500 в отечественной авиационной промышленности стал известен как специализированный завод по производству газотурбинных двигателей.

Опыт создания двигателей РД-500 и РД-45 и обширные исследования по центробежным компрессорам позволили Владимиру Климову создать двигатель ВК-1 - первый отечественный ТРД с центробежным компрессором тягой 2700 кгс. В 1952 г. двигатель ВК-1 прошёл государственные испытания на ресурс 250 ч и был внедрен в серию сразу на двух заводах - № 500 и № 45.

Двигатель ВК-1 устанавливался на истребителях МиГ-15бис и МиГ-17, наиболее долговечном среди реактивных истребителей, и по два двигателя - на фронтовых бомбардировщиках Ту-14 и Ил-28, одним из лучших в мире самолетов этого класса.

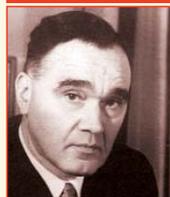
Параллельно с подготовкой и освоением двигателя ВК-1 коллективом под руководством академиком А.А. Микулина, С.К. Туманского и Б.С. Стечкина, завершается создание и запуск в серию ТРД с осевым компрессором АМ-5А тягой 2000 кгс без форсажной камеры. Для своего времени это был самый легкий ТРД в мире, разработанный на базе АМ-3 - первого отечественного

ТРД с осевым компрессором конструкции А.А. Микулина. Чертежи АМ-5А поступили на завод в 1951 г., а уже с 1953 г. началось его серийное изготовление. Оно продолжалось вплоть до 1960 г.

Новым словом в авиационно-ракетной технике мира было создание в 1957 г. межконтинентальной



А.Н. Туполев



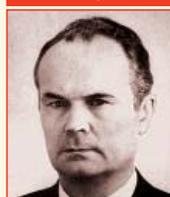
А.С. Яковлев



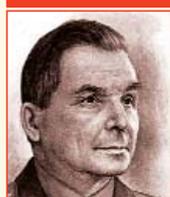
А.И. Микоян



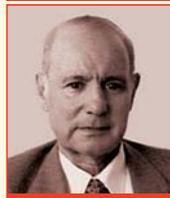
П.О. Сухой



Р.А. Беляков



С.В. Ильюшин



Г.В. Новожилов



А.Д. Чаромский



Н.Г. Мецваршвили



К.Р. Хачатуров



Р.Ю. Нусберг

крылатой ракеты "Бура" - беспилотного сверхзвукового самолета с вертикальным пуском. Создал "Бюрю" легендарный "ракетчик" Сергей Павлович Королев и основатель теории гиперзвукового полёта Евгений Сергеевич Щетинков, совместно с авиаконструктором Семеном Алексеевичем Лавочкиным и конструктором ракет Михаилом Макаровичем Бондарюком. Завод № 500 в кратчайшие сроки освоил производство совершенно нового для себя изделия "СУ-1150" ("связка" четырех жидкостно-реактивных двигателей для межконтинентальной крылатой ракеты "Бура"), изготовив 52 "связки" в 1959 г. "Новое слово" опередило своё время более чем на пол века...



В 1955 г. ОКБ-300 под руководством Сергея Константиновича Туманского создает двухвальный ТРД со сверхзвуковыми ступенями компрессора - знаменитый Р11-300 тягой 6 тс на форсаже. Двигатель явился значительной вехой в развитии ТРД. Организация производства двигателей семейства Р11-300 конструкции Туманского-Мецхваришвили определила дальнейшее развитие завода № 500.



В 1963 году был создан первый отечественный высотный истребитель-перехватчик Су-15 с двумя двигателями Р11Ф2С-300. С 1966 г. ОКБ-500 (ТМКБ "Союз") возглавил Хачатуров Константин Рубенович - ученик и последователь скоростно-конструктора Мецхваришвили. Хачатуров берет за отработку и внедрение в серию нового "детища" Туманского - двухвального одноконтурного ТРД с воздушным охлаждением турбины, отличавшегося высоким весом совершенством. В начале семидесятых двигатели Туманского - Хачатурова (Р27-300 и Р29-300) успешно прошли госиспытания, были внедрены в производство на 500-м заводе, который с 1963 именовался завод «Красный Октябрь» (ММЗ "Красный Октябрь"). Они выпускались серийно до 1985 г.

Двигатель Р27-300 с форсажной тягой 10,2 тс устанавливался на учебно-боевом двухместном истребителе МиГ-23УБ, а двигатель Р29-300 тягой 12,5 тс - на всемирно известном фронтовом истребителе-перехватчике МиГ-23. С 1973 по 1976 гг. завод "Красный Октябрь" освоил и выпускал двигатель Р29Б-300 для одноместного истребителя-бомбардировщика МиГ-27.



В 1982 г. завод приступил к производству двухконтурного форсированного авиадвигателя (ТРДДФ) РД-33 конструкции С. Изотова для фронтового истребителя МиГ-29. РД-33 - двухконтурный, двухвальный, турбореактивный двигатель со смешением потоков в общей форсажной камере, с регулируемым реактивным соплом. Двигатель имеет малую удельную массу, высокую рабочую температуру газа перед турбиной. Большая величина температурной раскрутки обеспечивает высокие маневренные и разгонные характеристики самолета. Двигатель оснащен электронно-гидравлической системой управления режимами работы и системой многоцелевой диагностики его состояния. Свои превосходные характеристики РД-33 подтвердил при эксплуатации в 27 странах мира. Его работу можно было оценить во время демонстрационных полетов самолета МиГ-29 на авиасалонах в Фарнборо, Ле-Бурже, Ганновере, Берлине, Москве, Дубае, Бангалоре. Новые модификации сохраняют в себе все достоинства базового двигателя РД-33.



В 1983 г. на основе завода образовано производственное объединение, которому присвоено имя Владимира Васильевича Чернышёва, директора завода в 1947 - 1983 гг. (ОАО "ММП имени В.В. Чернышева").

В 1994 - 1995 гг. на ММП им. В.В. Чернышёва совместно с ГИПРОАВИАПРОМОМ и ОАО "Климов" была построена мобильная электростанция ГТУ-1500. В качестве привода был выбран двигатель ТВЗ-117, являющийся базовым двигателем для вертолётной авиации. Руководителями проекта на заводе выступили А.Ф. Расстанаев и В.З. Дзабиев.

Многие работники предприятия за свой труд удостоены высшими наградами государства. Золотыми звездами "Герой социалистического труда" отмечена работа В.В. Чернышёва - директора завода, А.И. Блинова - слесаря сборщика двигателей и Н.А. Родина - токаря. Лауреатами премии имени В.Я. Климova стали: А.Н. Напольнов, О.Н. Третьяков, А.Г. Пайкин, В.З. Дзабиев, Р.К. Жабрев, С.М. Бухерман.

За весь напряженный путь в производстве двигателей на предприятии ММП им. В.В. Чернышёва трудовой коллектив возглавляли генеральные и управляющие директоры: В.В. Чернышёв, А.Н. Напольнов, О.Н. Третьяков, А.С. Новиков, В.И. Родителей.

Главными инженерами были: Л.П. Аэров, Г.И. Пайкин, О.Н. Третьяков, М.А. Виноградов, А.Г. Пайкин.

Начальниками военного представительства Министерства обороны СССР в разные годы были: Виноградов. В.Б. Сахаров, В.Б. Крайников, Б.К. Орлов, Р.Ю. Нусберг, В.К. Грачев, В.И. Ермилов, А.В. Колесов., А.В. Крайников, В.А. Широкожухов, М.А. Сташкив.

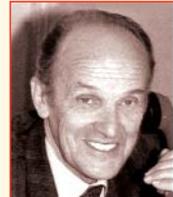
С 1959-1971 гг. в аппарате военного представительства Министерства обороны СССР на предприятии работал генерал-лейтенант, инженер-механик по летательным аппаратам и их силовым установкам, комплексам и системам вооружений всех видов и назначений; Герой Социалистического Труда (1991); профессор, академик, вице-президент Академии проблем безопасности, обороны и правопорядка Олег Константинович Рогозин.

Сегодня Московское машиностроительное предприятие имени В.В. Чернышёва одна из ведущих компаний российского оборонно-промышленного комплекса, специализирующаяся на выпуске авиационных двигателей. Высокая квалификация сотрудников в сочетании с передовыми технологиями позволили предприятию стать признанным лидером российской авиационной промышленности. Ныне это стабильный, современный, модернизированный комплекс, включающий в себя литейное, термическое, сварочное, гальваническое, кузнечно-прессовое, механообработкающее, механосборочное, испытательное производства.

В настоящее время основной продукцией предприятия являются различные модификации двигателя РД-33. Однако в интересах экономической стабильности и поступательного развития завода предпринимаются активные шаги по диверсификации производства. При этом главным направлением является освоение выпуска новых авиационных двигателей малой размерности.



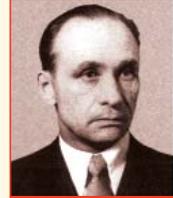
В.З. Дзабиев



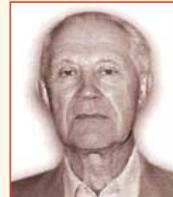
Р.К. Жабрев



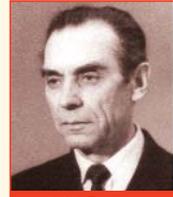
С.М. Бухерман



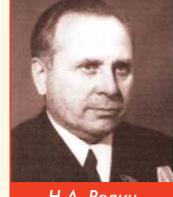
С.Д. Берёзкин



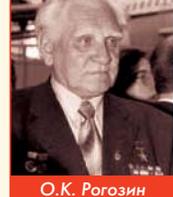
В.А. Громаковский



А.М. Блинов



Н.А. Родин



О.К. Рогозин



Л.П. Аэров



Г.И. Пайкин



А.Г. Пайкин

Освоено серийное производство двигателей РД-33МК для палубных истребителей МиГ-29К/КУБ, РД-93 - для лёгких одномоторных истребителей, РД-1700 - для учебно-тренировочных самолетов, ТВ7-117 СМ (СТ) для самолетов Ил-114, Ил-112 и новых перспективных вертолётов.

Основной объем производства приходится на двигатели РД-33 серии 3, которыми комплектуются истребители МиГ-29, поставляемые во многие страны мира. Освоено производство компрессора вертолетных двигателей ВК-2500. В настоящее время в составе технологического двигателя на ОАО "Климов" проводятся квалификационные испытания.

Ежегодно завод осуществляет капитальный ремонт свыше сотни РД-33 и двух с половиной десятков Р29-300 и Р-35.

Большую роль в качественном изготовлении широкой номенклатуры продукции, выполнении как уже имеющихся, так и будущих заказов на авиадвигатели, обеспечивает техническое перевооружение. Масштабы деятельности предприятия и стратегические планы его развития привели к необходимости создания современной системы управления, способной интегрировать в единый контур основные бизнес-процессы производственной и хозяйственной деятельности предприятия. В качестве основы для создания такой комплексной системы управления выбрана ERP-система SSA ERP LN, которая, по оценкам международных аналитиков (Gartner, 2004 г.), сегодня является наиболее гибким и мощным решением для автоматизации производства из всех ERP-систем, доступных на рынке. Применяемая на предприятии система качества отвечает требованиям международного стандарта ИСО 9002-96. В целях повышения эффективности деятельности производственной системы предприятия и достижения целей с минимальными затратами ресурсов, на сегодняшний день развернута работа по освоению высшего достижения современной промышленной культуры - философии бережливого мышления (Lean thinking). Сегодня во всех производственных подразделениях предприятия можно увидеть результаты внедрения первого базового инструмента - системы организации рабочих мест (5S). Внедрены принципы вытягивающей системы на финишной сборке, реализуются пилотные проекты по организации быстрой переналадки (SMED) и всеобщего обслуживания (TPM). Залогом успеха в этом процессе является развитие персонала как гарантия от отката назад и условия наращивания темпов улучшений. В связи с масштабной технической модернизацией активно осуществляется обучение молодых специалистов и рабочих, а также повышение квалификации тех, кто уже давно работает на предприятии. За последние пять лет свою квалификацию повысили больше трёх тысяч работников предприятия, в том числе на производственно-технических курсах - более 500 рабочих. Свыше ста человек уже приобрели вторую профессию.

На курсах целевого назначения прошли обучение около двух с половиной тысяч человек - как инженерно-технические работники, так и рабочих. Кроме того, предприятие направляет своих сотрудников для обучения в вузах и техникумах с отрывом или без отрыва от производства.

Юбилей - это повод вспомнить прошлое, оценить настоящее и попробовать заглянуть в будущее. Жизнь и история предприятия - это жизни и судьбы многих людей: инженеров и техников, конструкторов, рабочих, которые своим напряженным самоотверженным трудом вписывали целые главы в историю завода, создавали славные трудовые традиции, строили настоящее, подавая пример будущим поколениям.

80 лет - это возраст зрелости и уверенности в своих силах. 



ДВИГАТЕЛИ

2012

XII МЕЖДУНАРОДНЫЙ САЛОН • 17–20 апреля 2012 • МОСКВА

В рамках салона проводится научно-технический конгресс по двигателестроению с широким привлечением специалистов авиационной, космической, автомобильной, тракторной и судостроительной промышленности, эксплуатантов двигателей и представителей экологических организаций.

УСТРОИТЕЛЬ САЛОНА -
АССОЦИАЦИЯ
"СОЮЗ АВИАЦИОННОГО
ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ"
РОССИЯ, 105118, г. Москва,
Проспект Будённого, 19
тел. (499) 785-8048,
(495) 366-0916
факс: (495) 366-4588
e-mail: assad2006@rambler.ru
www.assad.ru

- Авиационные и космические двигатели
- Двигатели для автомобилей, тракторов, судов, подвижного состава
- Двигатели для газо- и нефтеперекачивающих агрегатов
- Двигатели для энергетических установок
- Электродвигатели, ветродвигатели
- Микродвигатели для спорт. моделизма
- Двойные технологии
- Компьютерные разработки
- Станкостроение
- Металлургия
- Топлива, масла, смазки
- Перспективные научные и инвестиц. проекты
- Ремонт и сервисное обслуживание
- Подшипники



ДВИГАТЕЛИ -
ЭНЕРГИЯ УСПЕХА!



Гарибов Генрих Саркисович

к 75-летию со дня рождения

Генрих Саркисович Гарибов родился в 1937 г. в Баку в семье военнослужащего. В 1954-1960 гг. учился в МВТУ им. Н.Э. Баумана, после окончания которого начал работать во Всесоюзном (Всероссийском) институте технологии легких и специальных сплавов (ВИЛС). Здесь он прошел путь от инженера-конструктора до директора научно-исследовательского комплекса ОАО "ВИЛС".

Заинтересовавшись горячим прессованием жаропрочных никелевых сплавов, сначала защитил кандидатскую диссертацию по данному научному направлению, а в 1984 г. защитил докторскую диссертацию по проблеме горячего изостатического прессования тяжело нагруженных деталей газотурбинных двигателей из гранул жаропрочных никелевых сплавов.

Генрих Саркисович является крупным специалистом в области механики сплошной и дискретной (сыпучей) сред, специального машиностроения и машиноведения, теории и технологии производства современных и перспективных материалов для газотурбостроения.

В ВИЛСе им была создана известная в стране и за границей крупная лаборатория и научно-производственный комплекс, разработавшие основы теории и технологию принципиально нового процесса - металлургии гранул, основанной на сверхбыстрой кристаллизации малых масс расплава и последующем горячем изостатическом прессовании их в крупные детали, обладающие теоретической плотностью.

Он основал научную школу технологов и металлургов в области производства особо ответственных изделий авиационных, ракетных, морских и промышленных ГТД из гранул жаропрочных никелевых сплавов.

Руководил работами и принимал непосредственное участие в разработке технологии, производстве и применении критических компонентов авиадвигателей Д-30Ф6, РД-33, ПС-90А, Д-30Ф11, АЛ-31ФН, АЛ-31ФП, АЛ-31ФМ1, АЛ-31ФМ2, ТВ7-117С, АИ-222-15С, АЛ-55, АЛ-55И, АЛ-41, ПС-90А2, ПС-90А-76, ПС-90А1, ПД-14, изделий "117", "117С" и др., ракетных двигателей РД-170, РД-180, РД-191, серии газотурбинных установок ПТУ-10П, ПТУ-12П, ПТУ-16П, ПТУ-25П, ПТУ-25Э, ГПА-4РМ, АЛ-31СТ, ПС-90ГП-2А, ПС-90ЭУ-16А и др., для самолетов МиГ-31, МиГ-29, Ил-96-300, Ил-76, Ил-78, Ил-96-400, Ту-204, Ту-204-300, Ту-204СМ, Ту-214, Су-27, Су-30МКИ, Су-30МКК, Су-34, Су-35, Су-37, Су-47, Т-50, Ил-114, Ил-112В, Як-130, МС-21 и др., ракетно-космической системы "Энергия-Буран", систем транспортировки газа производства Пермского авиамоторного комплекса, ОАО "НПО "САТУРН" и ОАО "УМПО" и др.

В 2006-2011 гг. под руководством Г.С. Гарибова создана серия новых наноструктурированных гранулированных жаропрочных никелевых сплавов класса ВВП, обладающих самыми высокими служебными характеристиками в мире. Это позволило скачкообразно повысить механические и усталостные характеристики сплавов и совершить качественный прорыв в создании дисковых материалов. Эти материалы стали базовыми при создании гражданских и военных авиадвигателей 5-го поколения и в настоящее время активно внедряются в промышленность, широко используются при создании перспективных отечественных двигателей ПД-14, ПИ ПАК ФА, ПД ПАК ФА.



Работая профессором кафедры "Технология конструкционных материалов" МГТУ имени Н.Э. Баумана, Генрих Саркисович много внимания уделяет подготовке будущих специалистов.

Г.С. Гарибов является широко известным в международных научных кругах ученым и специалистом, поддерживает постоянные научные и личные связи с ведущими специалистами разных стран мира, консультирует их по разным вопросам технологии производства особоответственных изделий из порошков-гранул. Неоднократно представлял ВИЛС и выступал с докладами и лекциями на Всемирных Конгрессах и Международных конференциях и семинарах по порошковой металлургии, горячему изостатическому прессованию и специальным аэрокосмическим материалам в различных странах мира.

В 1993 г. он избран Действительным членом Международной, Российской и Армянской инженерных академий. В 2001 г. избран членом Международного Комитета по горячему изостатическому прессованию (ИНС). С 1996 г. - член Американского института порошковой металлургии (APMI), с 2000 г. - член Американского общества материалов (ASM).

Генрих Саркисович член ряда диссертационных советов по присуждению ученых степеней, пяти редакционных советов научных журналов и семи книг. Он автор более 470 научных публикаций, в том числе 102 изобретений.

За разработку технологии производства специальных материалов для авиационной и ракетной техники награжден рядом медалей, в том числе медалью АССАД имени Н.Д. Кузнецова.

В 1988 г. ему присуждена Государственная премия СССР в области науки и техники. Кроме того, он Американским автобиографическим институтом дважды, в 2004 и 2005 гг., за научные достижения в области металлургии гранул жаропрочных никелевых сплавов признан "Человеком года".

В 2006 г. Кембриджским Международным автобиографическим Центром (Англия) он признан "Выдающимся интеллектуалом XXI века" за научные публикации в области металлургии гранул.

В 2011 г. в Японии ему присуждена Международная премия за выдающийся вклад в развитие горячего изостатического прессования в мире.

В настоящее время он является членом Дирекции и членом научно-технического совета ОАО "ВИЛС".

С юбилеем Вас, Генрих Саркисович!

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ СВЕРХЗВУКОВЫХ ТЕЧЕНИЙ В ТРАКТАХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Отто Николаевич Засухин, Балтийский государственный технический университет "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова
Павел Викторович Булат, инженер ООО "НОЦ "Динамика", к.э.н.
Николай Васильевич Продан, ООО "ЦТТ "Кулон"

Воздушно-реактивные двигатели следующего поколения проектируются с расчетом на широкий диапазон скоростей и высот полетов, что требует новых технических решений. Разрыв образующей сопла, эжекторы, диффузоры с внезапным расширением потока обеспечивают саморегулирование в широком диапазоне проектных параметров. Течения в таких устройствах сопровождается отрывом потока от стенок, а на определенных режимах и колебаниями ударно-волновой структуры. Расчет сверхзвуковых отрывных течений вызывает на современном этапе определенные методические трудности. Практике применения моделей турбулентности, реализованных в современных вычислительных пакетах, посвящена настоящая статья.

Air-jet engines are designed with the next generation of calculations on a wide range of speed and altitude, which leads to the use of new technical solutions. Gap generator nozzle ejectors, diffusers with a sudden expansion flow of self-regulation provide a wide range of design parameters. The currents in these devices is accompanied by flow separation from the walls, and on certain modes of shock-wave structure vibrations. Calculation of supersonic separated flows is at present some methodological difficulties. Practical application of turbulence models implemented in modern computer packages, the subject of this article.

Ключевые слова: донное давление, донное сопротивление, отрывные течения, течения с внезапным расширением, модели турбулентности, ударно-волновая структура.

Keywords: base pressure, base drag, separated flows, flow with sudden expansion, model of turbulence, shock-wave structure.

Введение

Одной из актуальных задач проектирования авиационных и ракетно-космических транспортных систем является задача повышения топливной эффективности летательного аппарата (ЛА) в широком диапазоне высот и скоростей полета. Ее решение на текущем уровне развития науки и техники требует использования все более сложных конструкций и дорогих материалов. Это ведет к удорожанию и увеличению сроков проектирования воздушно-реактивных двигателей (ВРД). В качестве возможных вариантов решения рассматриваются создание серии ВРД на базе общего газогенератора, использование гибридного термодинамического цикла, промежуточного охлаждения воздуха в воздухозаборнике и компрессоре, разработка адаптивных ВРД, способных эффективно работать в широком диапазоне проектных параметров. К последним относится двигатель ADVENT (Adaptive Versatile Engine Technologies) (рис. 1), проектируемый по программе VAATE (Versatile Affordable Advanced Turbine Engines), в которой принимают участие Boeing, DARPA, GE, Honeywell, LibertyWorks, Lockheed Martin, NASA, Northrop Grumman, Teledyne Turbine Engines, Williams International [1].

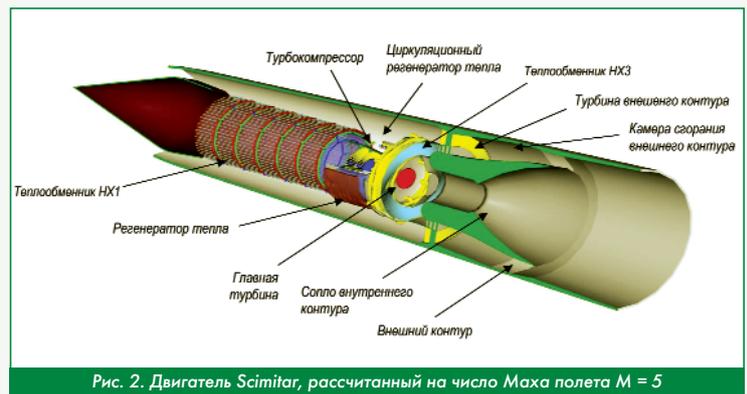
Проект ADVENT наряду с другой подпрограммой HEETE (Highly Efficient Embedded Turbine Engine) являются составной частью программы VAATE, в рамках которой в США планируется создание к 2015-2020 гг. демонстрационного ВРД, предназначенного для установки на перспективные:

- дозвуковой стратегический бомбардировщик (Subsonic Strike);
- дальний сверхзвуковой бомбардировщик (Supersonic Persistent Strike);
- беспилотный корабельный самолет (Carrier-Based ISRT/Strike UAV);

- тактический транспортный самолет укороченного взлета/посадки (ESTOL Tactical Transport);
- стратегический малозаметный разведчик (ISR Sensorcraft).

ADVENT должен совместить в одной конструкции положительные свойства двухконтурных двигателей с большой степенью двухконтурности, использующихся на транспортных самолетах, и ВРД с форсажной камерой и малой двухконтурностью, применяющихся на сверхзвуковых истребителях.

Другим приоритетным направлением развития ВРД является разработка двигателей для гиперзвуковых воздушно-космических самолетов, типичным представителем которого может служить проект ВРД Scimitar (рис. 2), рассчитанного на число Маха полета $M = 5$ [2]. В конструкции последнего используются такие прогрессивные решения, как эжекторное сопло с большой степенью расширения, турбина во внешнем контуре, эффективный теплообменник, охлаждающий воздух перед компрессором.



Упомянутые выше проекты объединяет наличие в тракте двигателя сверхзвуковых отрывных течений, известных под названием течений с внезапным расширением [3], расчет которых с использованием современных моделей турбулентности сталкивается с известными методическими сложностями.

Модели турбулентности

Наиболее подробный обзор моделей турбулентности в приложении к расчету реальных ВРД приведен в монографии [4]. Как и в ряде других обзорных работ [5, 6] рассматриваются, главным образом, дозвуковые и трансзвуковые течения. В настоящей работе для тестирования при расчетах сверхзвуковых течений предварительно отобраны стандартная $k-\epsilon$ модель в формулировке Лаундера-Шарма, $k-\epsilon$ Realizable, RNG $k-\epsilon$, стандартная SST $k-\omega$ модель и Transition SST $k-\omega$ модель, реализованные в пакетах Ansys Fluent, начиная с версии 6, а также Ansys CFX, начиная с версии 11.

Хотя эти модели широко используются для решения различных инженерных задач, они всё еще остаются предметом активных исследований. Основные соотношения и значения эмпирических констант указанных выше моделей турбулентности можно найти в работах [5,6].

Основой всех двухпараметрических моделей турбулентности, использующих осреднение уравнений Навье-Стокса по Рейнольдсу [4], является гипотеза Буссинеска [5] о турбулентной (вихревой) вязкости. Она предполагает пропорциональность тензора напряжений Рейнольдса средней арифметической величине тензора скоростей деформаций. Это означает, что турбулентность влияет на осредненный турбулентный поток так же, как молекулярная вязкость влияет на ламинарный поток. Для простых случаев, таких как плоские пограничные слои в отсутствии больших градиентов давления, предположение Буссинеска приблизительно выполняется. В сложных течениях, например, с большой кривизной линии тока или с отрывом и присоединением пограничных слоев, гипотеза не применима. Это создаёт проблемы с расчётом сильно закрученных потоков и течений, где эффекты кривизны линий тока имеют большое значение. Сверхзвуковые отрывные течения с донными областями в трактах перспективных ВРД, как раз и относятся к такого рода случаям.

Realizable $k-\epsilon$ модель. Модель $k-\epsilon$ realizable предложена в работе [7]. Термин Realizable означает, что модель удовлетворяет математическим ограничениям на нормальные напряжения, согласующимся с физикой турбулентных течений (исключаются отрицательные значения вихревой вязкости при расчете высокоградиентных течений). В модели вводится улучшенный способ расчета турбулентной вязкости, а уравнение для скорости диссипации выводится из точного уравнения переноса среднеквадратичного значения пульсационной составляющей вихря скорости.

По сравнению со стандартной версией модель $k-\epsilon$ realizable более точно предсказывает распределение скорости диссипации плоских и круглых струй, а также обеспечивает лучшее предсказание характеристик пограничных слоев в условиях больших градиентов давления, отрывных и рециркуляционных течений.

RNG $k-\epsilon$ модель. В стандартной $k-\epsilon$ модели турбулентная вязкость определяется из единственного характерного линейного масштаба турбулентности, а в реальности все масштабы движения способствуют турбулентной диффузии. RNG $k-\epsilon$ модель разработана с использованием математических методов Re-Normalisation Group (RNG) Яхотом и др. [8], чтобы учесть существование различных масштабов турбулентного движения. Метод показывает более высокую точность при моделировании вращающихся течений в полостях [4].

$K-\omega$ модель турбулентности. $K-\omega$ модель похожа на $k-\epsilon$, однако в ней используется вместо уравнения диссипации уравнение для скорости диссипации турбулентной энергии ω . Переменная ω определяет характерный линейный масштаб турбулентности, а k - энергию турбулентности. Данная модель хорошо описывает пристенные течения, в том числе, с большими градиентами давления. При расчётах струйных течений возникают проблемы. Основная из них состоит в чрезвычайной чувствительности модели $k-\omega$ к граничным условиям во внешнем потоке и начальным условиям уровня турбулентности.

Стандартная SST $k-\omega$ модель и Transition SST модель. Турбулентная $k-\omega$ модель SST (Shear Stress Transport) была введена Ментером в 1993 году [9] и сразу приобрела большую популярность. Эта модель по сути является объединением двух моделей ($k-\epsilon$ вдали от стенок и $k-\omega$ в пристенной области). Исследовате-

ли, использующие стандартную SST модель, обычно отмечают, что она показывает хорошие результаты в слоях смешения при средних градиентах давления.

В областях с большими нормальными напряжениями, таких как застойные течения, стандартная SST $k-\omega$ модель генерирует слишком высокие уровни турбулентности, что приводит к существенному изменению расчетной картины течения [4].

Transition SST модель позволяет более точно описать турбулентность, за счет введения дополнительных уравнений переноса.

Результаты тестирования моделей турбулентности

Тестирование выявило следующее. При моделировании сверхзвуковых струй, истекающих из выхлопных устройств ВРД, точность моделей турбулентности зависит от степени нерасчетности (отношение статического давления на срезе сопла к статическому давлению в окружающей среде) струи. Наилучшие результаты расчета малонерасчетных слабо недорасширенных струй показывает $k-\epsilon$ realizable модель (рис. 3).

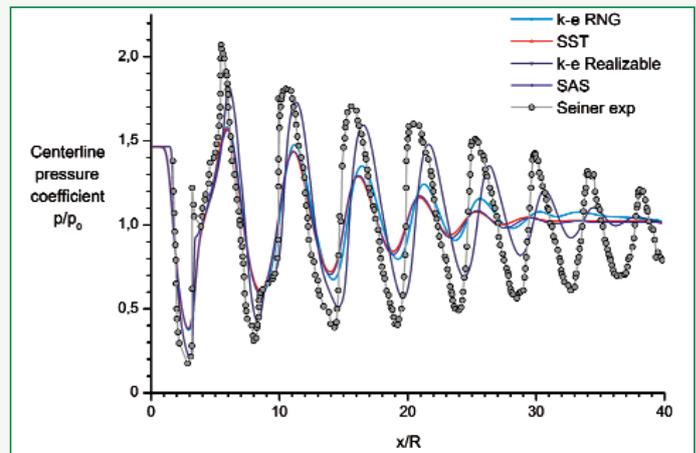


Рис. 3. Сравнение с экспериментом Сейнера [10] результатов расчета с использованием различных моделей турбулентности изменения статического давления вдоль оси симметрии малонерасчетной струи, истекающей из профилированного сопла с числом Маха на срезе $M_0 = 2$, степенью нерасчетности $n = 1.445$

Ударно-волновая структура (УВС) слабо нерасчетной струи определяется в основном характеристиками слоя смешения на ее границе, который, как раз, лучше всего описывает $k-\epsilon$ realizable модель. Влияние же областей отражения скачков уплотнения от оси симметрии, в которых проявляются недостатки $k-\epsilon$ realizable модели, существенно меньше. Наоборот, стандартная SST $k-\omega$ модель завышает уровни турбулентности в областях взаимодействия скачков уплотнения со слоем смешения на границе струи, что приводит к более быстрому размыванию УВС по сравнению с экспериментом.

Положение изменяется в случае сильно нерасчетных струй (недорасширенных или перерасширенных). Скачки уплотнения отражаются от оси струи с образованием тройных точек и диска Маха, течение за которыми дозвуковое и сильно завихренное. Течение в окрестности тройной точки отличается большими градиентами давления, уровнями турбулентности и завихренности. Наилучшие качества при расчете такого рода течений демонстрирует Transition SST модель (рис. 4,а). Для тестирования выбрано звуковое сопло большого диаметра, чтобы свести к минимуму влияние сопловых скачков уплотнения и пограничного слоя на стенках сопла.

Применение модели турбулентности $k-\epsilon$ realizable, напротив, приводит к неудовлетворительным результатам. Свойственная данной модели процедура ограничения турбулентной вязкости при помощи введения полуэмпирической функциональной зависимости для коэффициента турбулентной вязкости C_μ , приводит к нарушению дифференциальных условий динамической совместности на скачках уплотнения в тройной точке [11]. В результате, образование диска Маха затягивается, а его размеры оказываются намного меньше экспериментально наблюдаемых. Остальные модели дают промежуточные результаты.

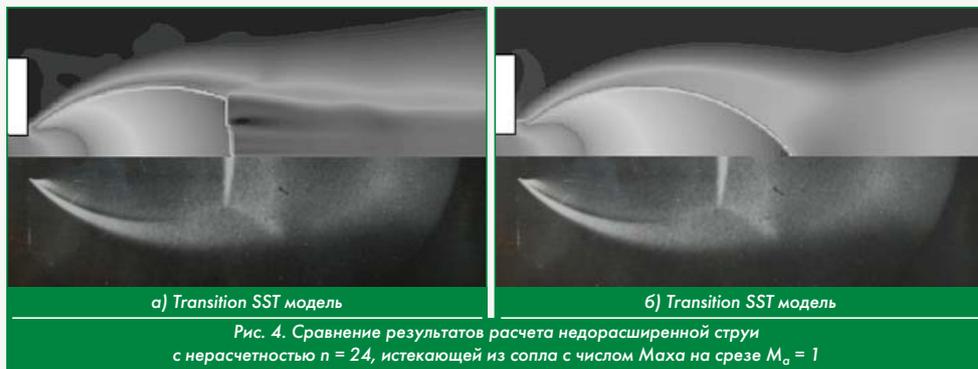


Рис. 4. Сравнение результатов расчета недорасширенной струи с нерасчетностью $n = 24$, истекающей из сопла с числом Маха на срезе $M_0 = 1$

Струя, истекающая из сопла Лавала в цилиндрический соосный канал с внезапным расширением, является хорошей моделью более сложных конструкций, применяющихся в перспективных ВРД, поскольку содержит все характерные для них элементы течений: области с рециркуляционным течением, взаимодействием слоев смешения со стенками, отрывом пограничного слоя. На некоторых режимах течение может быть еще и нестационарным.

Основной задачей расчета сверхзвуковых течений с внезапным расширением потока является определение средних значений статического давления в областях рециркуляционного течения, известного как донное давление [3] в зависимости от полного давления перед соплом. Проведено сравнение с экспериментом для струй, истекающих из сопел с $M_0 = 2$ и 3, углами полураствора $\theta_0 = 8$ и 15 градусов, диаметром критического сечения 10,6 мм в соосный цилиндрический канал диаметром 85 мм и длиной 4,6; 6 и 13,8 калибров. Расчеты проводились методом установления. Задавалось полное давление перед соплом, фиксировался промежуточный результат, затем полное давление увеличивалось на 5 атм, а результаты, полученные на предыдущем шаге, использовались в качестве начальных условий. Таким образом, получалась зависимость донного давления от полного давления перед соплом. Исследована сходимость по разностной сетке, влияние сгущения сетки у стенок сопла и канала.

На рис. 5 приведено сравнение результатов расчетов с экспериментом. Видно, что график зависимости P_d от P_0 имеет области неоднозначности, соответствующие низкочастотным колебаниям. Верхняя и нижняя кривые графика отмечают максимальное и минимальное значение P_d в течение одного колебательного цикла при

заданном полном давлении перед соплом P_0 . Стрелки показывают гистерезис зависимости $P_d(P_0)$ при увеличении и сбросе давления перед соплом. Результаты расчетов показали, что на режимах с открытой донной областью, когда оторвавшийся сверхзвуковой поток не взаимодействует со стенками канала и в донную область втекает газ из окружающей канал среды, лучшую точность демонстрирует $k-\epsilon$ *realizable* модель. Она допускает применение относительно грубой сетки, увеличение количества ячеек с 40 000 до 160 000 в осесимметричной постановке задачи, не приводит к заметному изменению результатов. На режимах с закрытой донной областью, когда основной поток натекает на стенки канала, а возвратное течение отсутствует, $k-\epsilon$ *realizable* модель систематически занижает значение донного давления. Это объясняется тем, что в условиях больших градиентов давления $k-\epsilon$ *realizable* модель завышает уровень турбулентности и, соответственно, значение турбулентной вязкости в рециркуляционных зонах. В результате, повышается эжекционная способность слоя смешения на границе струи и равновесие устанавливается при более низком значении давления в донной области.

Transition SST модель турбулентности, наоборот, при использовании относительно грубой регулярной разностной сетки занижает значение донного давления на режимах с открытой донной областью и завышает на режимах прилипания струи к стенке канала. Сгущение сетки у стенок сопла и канала позволяет значительно точнее рассчитывать возвратное течение по кольцевому зазору между основной струей и стенками канала, а также области разворота слоя смешения струи в точке его натекания на стенку. Погрешность заметно уменьшается, но все равно остается систематической.

Остальные модели турбулентности показывают худшие результаты.

Заключение

Проведенное тестирование показало, что наилучшие результаты при расчетах сверхзвуковых течений, характерных для перспективных ВРД, дают $k-\epsilon$ *realizable* и *transition SST* модели турбулентности. Первая модель при небольшом перепаде давления на срезе сопла и в окружающей среде, которые типичны для штатных режимов работы ВРД, обеспечивает получение надежных данных о распределении давления по оси струи, донном давлении, распределении давления по стенкам сопла и эжектора. Хорошую точность удастся получить на достаточно грубой сетке без применения каких-либо специальных приемов и ухищрений. *Transition SST* модель турбулентности более требовательная к разностной сетке, граничным и начальным условиям, требует существенно большего времени счета. Зато она гарантированно позволяет получить качественно верную картину УВС при приемлемой точности определения донного давления и распределения давления по оси струи.

Непосредственно использовать данные модели турбулентности для расчета сверхзвуковых течений на нестационарных режимах нельзя, т.к. при их выводе используется осреднение параметров течения по времени. Однако существуют низкочастотные колебания, которые относятся к классу квазистационарных, т.е. таких, период которых существенно больше характерного времени протекающих газодинамических процессов. Воз-

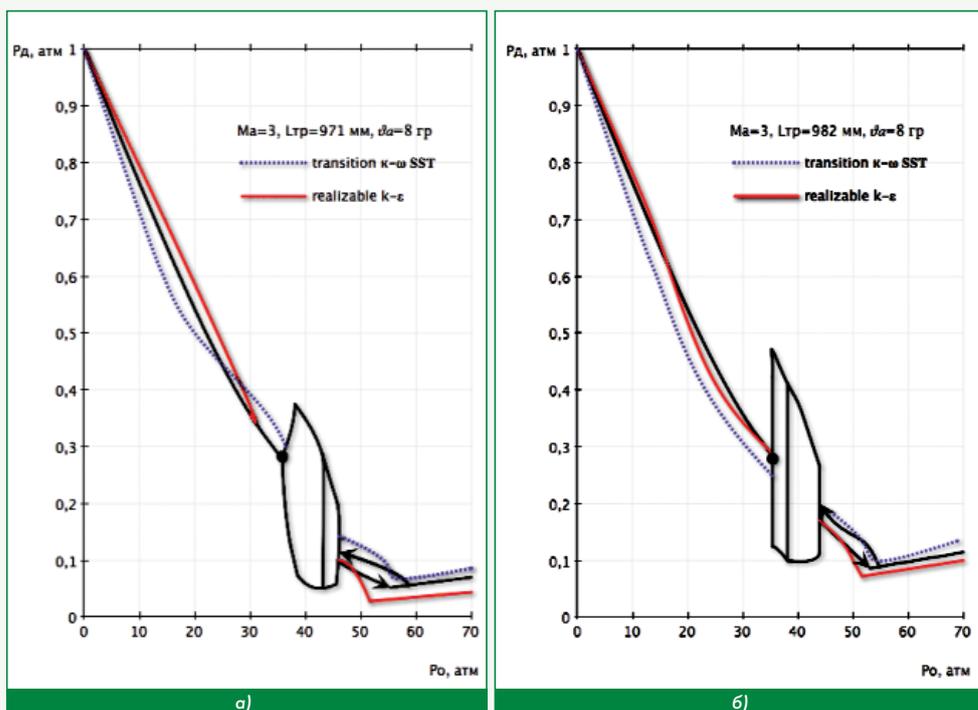


Рис. 5. Сравнение результатов расчета струи, истекающей в цилиндрический канал, с экспериментом (черная сплошная линия). $M_0 = 3$, $\theta_0 = 8^\circ$

возможность применения описанных выше моделей турбулентности для расчета таких колебаний требует дальнейшего исследования. **П**

Литература

1. Jeffrey M. Stricker Chief Engineer. Efficient/Adaptive Cycle Engines. AFRL-WS 07-0431. USAF Energy Forum. 2/28/2007.
2. H. Webber, A. Bond and M. Hempell, The sensitivity of pre-cooled air-breathing engine performance to heat exchanger design parameters, JBIS, Vol. 60, pp. 188-196, 2007.
3. Засухин О.Н., Булат П.В., Продан Н.В. История экспериментального исследования донного давления // Фундаментальные исследования. - 2011., №12. - С. 670-674.
4. Волков К.Н., Емельянов В.Н. Течение и теплообмен в каналах и вращающихся полостях. - М.: ФИЗМАЛИТ. 2010. - 488 с. - ISBN 978-5-9221-1182-9.
5. Снегирёв А.Ю. Высокопроизводительные вычисления в технической физике. Численное моделирование турбулентных течений: учеб. пособие / А.Ю. Снегирёв. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. - 143 с.

6. Моделирование турбулентных течений?: Учебное пособие / И.А. Белов, С.А. Исаев, Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2001. 108 с.

7. Bardina, J.E., Huang, P.G., Coakley, T.J. (1997), "Turbulence Modeling Validation, Testing, and Development", NASA Technical Memorandum 110446.

8. Yakhot, V., Orszag, S.A., Thangam, S., Gatski, T.B. & Speziale, C.G. (1992), "Development of turbulence models for shear flows by a double expansion technique", Physics of Fluids A, Vol. 4, No. 7, pp. 1510-1520.

9. Menter, F. R. (1993), "Zonal Two Equation k- ω Turbulence Models for Aerodynamic Flows", AIAA Paper 93-2906.

10. Seiner, J. M.; Dash, S. M.; and Wolf, D. E.: Analysis of Turbulent Underexpanded Jets, Part II: Shock Noise Features Using SCIPVIS. AIAA J., vol. 23, no. 5, May 1985, pp. 669--677.

11. Усков В.Н. и др. Интерференция стационарных газодинамических разрывов. - Новосибирск: ВО "Наука", 1995. 180 с.

Связь с авторами: kolinti@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ

28 января компания Джона Кармака Armadillo Aerospace запустила с территории космопорта "Америка" беспилотную ракету STIG A-3, достигающую высоты 82 км.

Armadillo Aerospace не думает ограничиваться субкосмическими "подлётами" на высоту в 100 км, её цель - летать на низкую околоземную орбиту. Беспилотный РН очень тонок - 38 см диаметре, а длина - несколько метров. Полномасштабный носитель планируется выполнить из таких же модулей, поставленных один на другой.

Именно радикальная конструкторская простота позволила компании провести ряд пусков, имея лишь семь сотрудников и затратив всего около \$4 млн. Разработчики уверяют, что носитель, составленный из одинаковых модулей по всей длине, по соотношению "эффективность - стоимость" является самым перспективным вариантом для грузовых и пассажирских полётов на низкие орбиты. **П**



Наземная отработка РН STIG A-3 и старт ракеты, состоявшийся 28 января 2012 г.

XI МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2012

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

20-23 НОЯБРЯ



Генеральные информационные партнеры:



Технический партнер:



ОРГАНИЗАТОР
Международный выставочный центр
ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:
Государственного агентства Украины по управлению государственными корпоративными правами и имуществом Украинской Национальной Компании "Укрстанкоинструмент"



Международный выставочный центр
Украина, 02660, Киев
Броварской пр-т, 15
М "Левобережная"
☎ (044) 201-11-65, 201-11-56
e-mail: lilia@iec-expo.com.ua
www.iec-expo.com.ua
www.tech-expo.com.ua

ЕПК ПРОИЗВОДИТ ПОДШИПНИКИ ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСЛЕДНЕГО ПОКОЛЕНИЯ

ЕПК обладает самым наукоемким производством подшипников в России: научную и опытно-конструкторскую деятельность корпорации координирует Центральное Специальное Конструкторское Бюро ЕПК, расположенное в Самаре, на базе Завода авиационных подшипников.

ЦСКБ ЕПК непрерывно совершенствует методики проектирования подшипников для авиационных двигателей последнего поколения. Так, в 2011 г. была завершена разработка программы расчета долговечности всех типов подшипников (с учетом поправочных коэффициентов на точность изготовления, качество материалов, условия смазывания и т.д.). Программа разработана на базе методики Центрального Института Авиационного Моторостроения, она используется для оценки динамической грузоподъемности подшипника.

Еще одна разработка ученых ЕПК - программа расчета высокоскоростного шарикового подшипника с арочным профилем дорожек качения, нагруженного радиальной нагрузкой, применительно к условиям работы в коробках приводов двигателей для самолета Superjet - 100. Программа составлена с учетом влияния неравномерности движения шариков по орбите подшипника, силы трения в контактах шариков с дорожками качения определяются на основе УГД - теории смазки с учетом нелинейного изменения профиля скорости скольжения по толщине смазочного слоя.

Ежегодно ЦСКБ разрабатывает около 40 новых типов подшипников и подшипниковых узлов. Основными направлениями работы являются опытно-конструкторские работы на проектирование и изготовление совмещенных (интегрированных в конструкцию двигателя) опор и так называемых гибридных подшипников (со стальными кольцами и телами качения из керамики, в частности из нитрида кремния Si_3N_4).

В 2011 г. по техническому заданию ОАО "МОТОР СИЧ" разработан технический проект интегрированного однорядного сферического роликоподшипника с наружным кольцом, совмещенным с шестерней для использования в качестве сателлита в редукторах вертолетных двигателей.

Применение Si_3N_4 для изготовления тел качения уменьшает нагрузки на дорожки качения наружных колец, требует меньшего количества смазки для охлаждения и смазывания подшипника,

уменьшает нагрузки, прикладываемые к подшипнику для предотвращения недопустимого проскальзывания. Малая плотность, высокие твердость и модуль упругости, низкий коэффициент линейного расширения, способность сохранять характеристики до температур порядка 1000 °С, наличие электроизоляционных свойств у Si_3N_4 позволяют получать подшипники с уникальными свойствами.

Так, по заданию ОАО ПКО "Теплообменник" (Нижний Новгород)

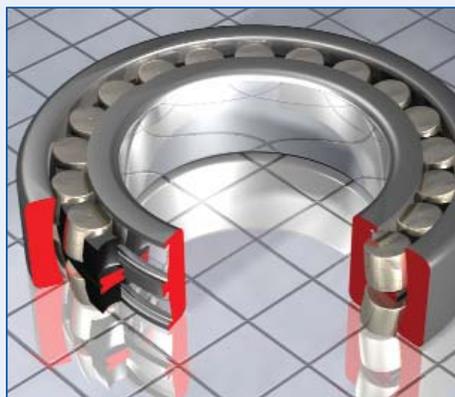
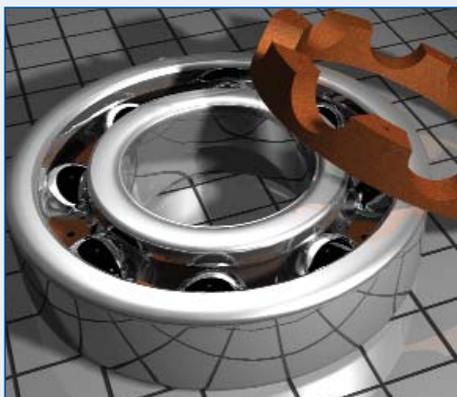
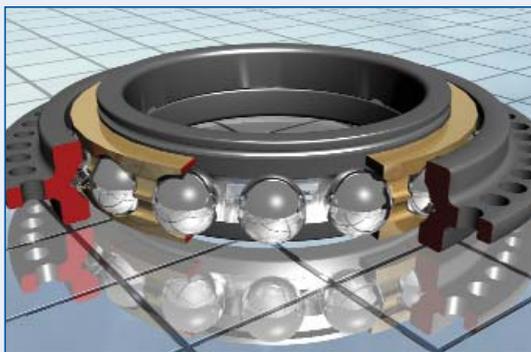
для применения в узлах опор агрегатов системы кондиционирования воздуха самолета была выпущена опытная партия гибридных шариковых подшипников для работы на высоких скоростях в условиях ограниченного смазывания и охлаждения. Опытная партия отгружена потребителю для проведения испытаний в составе изделия.

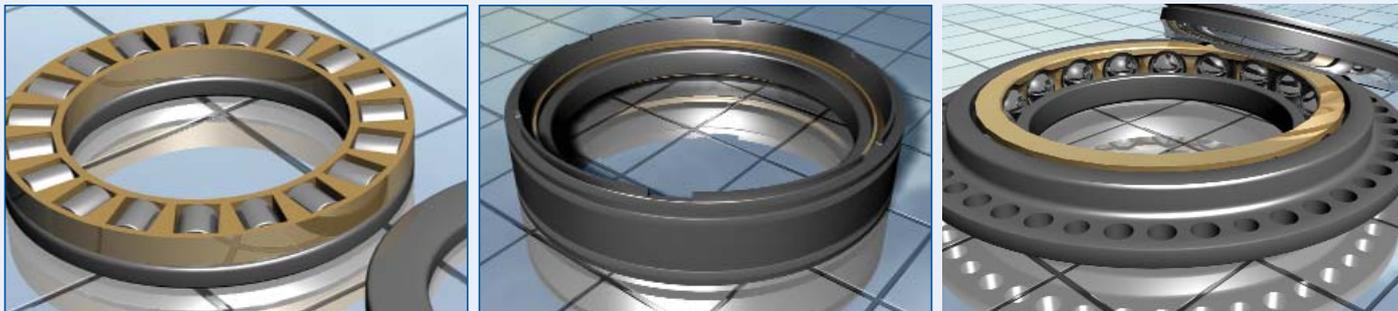
По заданию ОАО "НПО "Сатурн" изготовлена и поставлена потребителю опытная партия гибридных шариковых подшипников с фланцем на наружном

кольце. При разработке конструкции подшипника были выполнены работы по изменению способа подвода смазки, центрированию сепаратора, выполнены исследования по оптимизации параметров внутренней геометрии.

Разработка авиационных двигателей последнего поколения требует новых конструктивных решений. В частности, для борьбы с проскальзыванием в легконагруженных роликовых подшипниках опор применяется овализация дорожки качения наружного кольца. Так для опор перспективного ГТД разработки ОАО "Авиадвигатель" изготовлена опытная партия роликовых подшипников с овальным наружным кольцом. Внутреннее кольцо имеет конусные пазы на посадочной поверхности и отверстия для подвода смазки в галтель и к бортику под сепаратор. Подшипник комплектуется массивным стальным сепаратором с серебряным покрытием и роликами со шлифованными фасками.

Освоение новых материалов не ограничивается керамикой. Так, на стендах ЦСКБ проведены сравнительные испытания подшипников, изготовленных из стали ЭИ 347 и из французской стали (аналога М50) по серийной технологии ОАО "ЗАП". В настоящее время на основе результатов экспериментов производится уточнение коэффициентов, отражающих влияние хим. состава стали и технологии ее выплавки на контактную усталость роликовых подшипников.





Совместно с ОАО "ДСС" и ГП "УкрНИИСпецсталь" проведено комплекс работ по освоению производства теплостойкой стали В60-ШД (типа М50) для подшипников авиационных двигателей и газотурбинных приводов. Данная сталь обладает большей структурной однородностью, по сравнению с ЭИ 347 и потенциально может обеспечить больший срок службы подшипников. ОАО "ДСС" разработало технологию выплавки и изготовило первую партию новой стали. На ОАО "ЗАП"

ЕПК производит более 5000 наименований подшипников специального назначения всех конструктивных групп, включая шарнирные, которые применяются в широком спектре изделий военного и гражданского назначения: в самолетах, вертолетах, ракетах, подводных лодках, бронетехнике, наземных газотурбинных установках. Спецподшипники ЕПК стоят во всех авиационных двигателях отечественного производства.

На всех стадиях производственного процесса действует строгий контроль качества, основывающийся на развитой сети экспериментальных и исследовательских лабораторий. На заводе ЕПК в Самаре дислоцируется 1-й отдел военного представительства МО РФ № 5. Система менеджмента качества отвечает всем современным требованиям и сертифицирована на соответствие международным стандартам DIN EN ISO 9001:2008 и AS9100. Комплекты подшипников ЕПК для авиационных двигателей вошли в число лауреатов Всероссийского конкурса "100 лучших товаров России".

Управляющая компания ЕПК

115088, Москва, ул. Новоостاپовская, д. 5, стр. 14.

Тел.: +7 (495) 775-8120

**Дивизион специальных подшипников ЕПК
443068, Самара, ул. Мичурина 98 А.**

ДИРЕКЦИЯ

Тел.: +7(846) 335-5406, 312-2671;

Факс: +7(846) 312-2670;

e-mail: secretar@samzap.ru

ОТДЕЛ СБЫТА

Тел.: +7(846) 312-2928, 335 5601;

Факс: +7(846) 312 2608;

e-mail: sbit15@samzap.ru

проведено её предварительное исследование и начато изготовление опытных подшипников для испытаний.

Современный уровень развития авиационной техники требует новых технологических решений, поэтому ЕПК большое внимание уделяет глубокой модернизации производства, обновлению станочного парка. Всё это позволяет ЕПК стабильно удерживать долю рынка подшипников специального назначения в России и странах СНГ на уровне 74%. 



EPK bearing corporation is the leading manufacturer of special bearings including high precision bearings in the CIS region.

The corporation supplies all types of bearing products including hinge bearings. Among its key consumers are such industries as aerospace, military, shipbuilding, nuclear power engineering and high-precision machine-building.

EPK currently produces more than 5000 types of special ball, roller and tapered bearings including high-precision, low-noise bearings and bearings with ceramic rolling elements. The corporation specializes in producing bearings for aircraft and helicopter engines and gearboxes. Its bearings are also utilized in a wide range of other military and civil products, being important parts of space ships, tanks, submarines, vessels, gas-turbine power plants etc.

EPK incorporates the Central Special Designing Bureau. Its main research fields include designing of special bearings for aircraft engines of the new generation. Strict quality control is maintained at all stages of manufacturing process. EPK quality management system meets all the up-to-date demands and is certified according to DIN EN ISO 9001:2008 and AS9100 standards.

EPK Special Bearings Division

**98 A, Michurina str., Samara, Russia, 443068
ADMINISTRATION**

Phone: +7 846 312 26 71, +7 846 312 19 85;

Fax: +7 846 312 19 99;

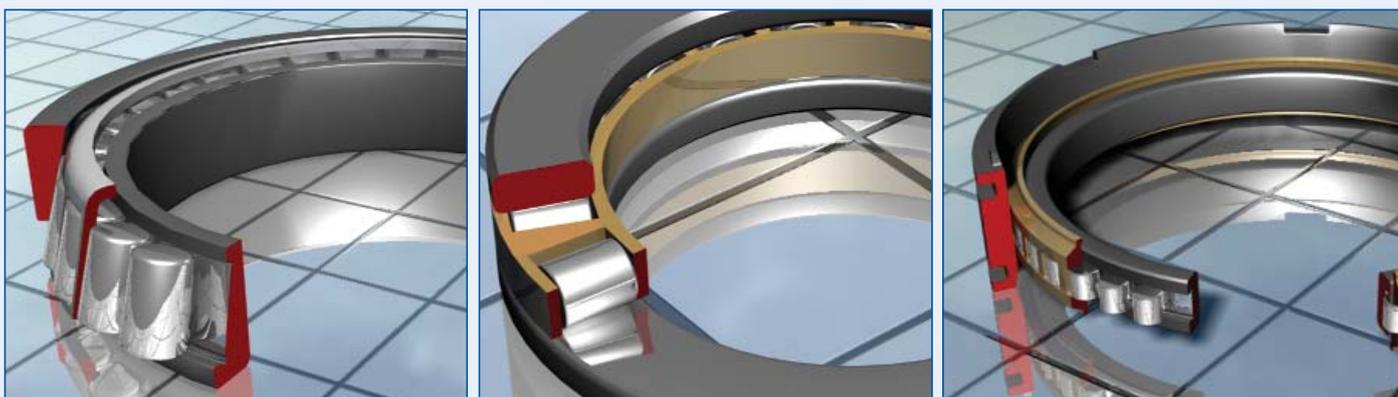
e-mail: zap@samzap.ru

SALES DEPARTMENT

Phone: +7 846 312 27 93, +7 846 312 19 60;

Fax: +7 846 312 28 22;

e-mail: sbit15@samzap.ru



СПОСОБ УСТРАНЕНИЯ РЕЗОНАНСА РОТОРА ТУРБОРЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ КРИТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЕ ЕГО ВРАЩЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ОВАЛИЗАЦИИ ДОРОЖКИ КАЧЕНИЯ НЕПОДВИЖНОГО КОЛЬЦА РОЛИКОВОГО ПОДШИПНИКА

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

Рассматривается возможность предотвращения потери устойчивости ротора газотурбинного двигателя при критической частоте его вращения с помощью оваллизации дорожки качения неподвижного кольца роликового подшипника на абсолютно жесткой опоре. Для реализации этого необходимо применение метода определения собственной частоты ротора при одной свободной опоре, на которой определенную часть периода вращения отсутствует реакция на опоре с овальной дорожкой качения и вал совершает свободное перемещение в пределах овальности кольца подшипника, который также рассмотрен в данной статье.

In this article the analysis of the possibility of prevention of the gas-turbine engine rotor buckling failure in case of critical revolution frequency is presented. It is suggested to ovalize the fixed rotor bearing race on the non-flexible support bearing. To carry out this process the method of the self-resonant frequency of the rotor on one swivel support bearing estimation is argued. The frequency is defined providing that there is no reaction on the support bearing with the oval bearing race for the definite period of the revolving and the bearing shaft turns freely in the ovality bearing race limits.

Ключевые слова: ротор, вал, опора ротора, роликовый подшипник, овальная дорожка качения кольца, критическая частота, собственная частота колебаний ротора.

Keywords: rotor, bearing shaft, rotor support bearing, roller bearing, oval bearing race, critical revolution frequency of the rotor, self-resonant frequency of the rotor.

Известные способы изменения критических частот вращения роторов по изгибной форме колебаний, при которых они теряют устойчивость (входят в резонанс) путём изменения массовых и геометрических характеристик, а также жесткости валов [1], затруднительны в реализации. Это обусловлено невозможностью изменять конструкцию существующих двигателей, а также тем, что у высокооборотных двигателей критические частоты находятся в рабочем диапазоне частоты вращения.

Наиболее простой способ управления критическими частотами путем изменения жесткостей опор применим только для скалочной формы колебаний, где он, безусловно, эффективен, но совершенно неприемлем для отстройки по изгибной форме колебаний.

Однако существует возможность устранения резонанса ротора при критической частоте его вращения с помощью оваллизации дорожки качения неподвижного кольца роликового подшипника на абсолютно жесткой опоре.

При овальных дорожках качения кольца подшипника круговое перемещение вектора центробежной силы от неуравновешенной массы ротора в зонах полукольца, где радиус-вектор контура кольца подшипника возрастает, приводит к тому, что реакция опоры будет отсутствовать, и вал под действием неуравновешенной центробежной силы получит ускорение.

При полном отсутствии реакции опоры за время, равное четверти периода собственных колебаний ротора, прогиб вала устраняется. Тем самым предотвращается потеря устойчивости ротора на критической частоте. Устранение прогиба вала происходит в двух четвертях оборота вала, когда радиус-вектор контура кольца возрастает.

В двух других четвертях реакция опоры восстановится, и в этот период ротор будет находиться в режиме, при котором возможна потеря устойчивости. Но из-за кратковременности этого режима, потери устойчивости ротора не происходит. Это подтверждается тем, что при пребывании роторов на критических оборотах при проходных режимах, в течение времени даже больше, чем четверть оборота, потери устойчивости роторов не происходит. Дос-

таточно, чтобы было обеспечено устранение прогиба вала в одной четверти оборота.

1. Максимальное перемещение вала ротора на опоре при вертикальном расположении овальной дорожки качения

Уравнение контура кольца овальной формы (рис. 1) опишем тригонометрической функцией

$$R = R_o + \Delta \sin(\omega t), \tag{1}$$

где R_o - радиус кольца подшипника по малой оси овала;

Δ - амплитуда (максимальное значение) отклонения контура кольца на большой оси овала относительно малой оси;

ω - круговая скорость вращения ротора.

Увеличение радиуса дорожки качения кольца при движении ротора в первом и третьем квадранте по круговой орбите устраняет реакцию опоры (рис. 1), а на вал ротора будет действовать неуравновешенная центробежная сила, направленная от центра.

Под действием статического дисбаланса ротора в первой и третьей четверти оборота ротора при отсутствии реакции опоры будет происходить радиальное перемещение вала на опоре с овальным кольцом подшипника. Под действием центробежной силы от неуравновешенной массы ротора (статический дисбаланс) без учета собственного веса ротора и его динамического дисбаланса перемещение будет максимальным при посадке вала ротора в т. В.

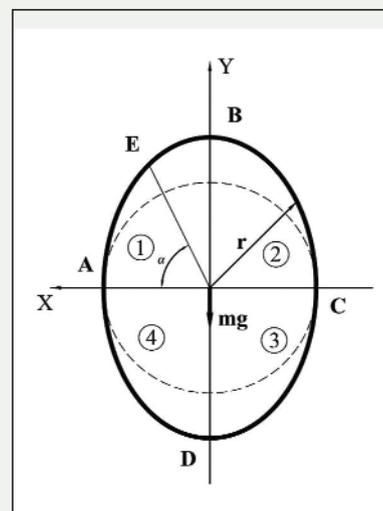


Рис. 1. Вертикальная овальная дорожка качения кольца подшипника

$$\Delta = \frac{1}{m} \int_0^{T/4} \delta \omega^2 t dt = \frac{\delta \omega^2}{m} \cdot \frac{t^2}{2} = \frac{\delta}{m} \cdot \frac{\pi^2}{8} = 1,2337 \frac{\delta}{m}, \quad (2)$$

где Δ - параметр овализации, $\Delta = (D_{\max} - D_{\min})/2$; δ - начальный статический дисбаланс ротора, приходящийся на опору с овальной дорожкой кольца подшипника; m - масса диска, приходящаяся на опору; $T/4 = \pi/2\omega$.

При радиальном перемещении вала ротора на опоре будет происходить увеличение его дисбаланса.

Определим радиальное перемещение ротора от статического дисбаланса при перемещении вектора центробежной силы от горизонтальной оси до вертикальной (от т. А до т. В) без учета его собственного веса.

Распределение перемещения конца вала ротора от статического дисбаланса в первом квадранте (рис. 1) во времени представим в виде полинома второй степени

$$\Delta = \frac{1}{m} \int \delta \omega^2 t dt = \frac{\delta \omega^2}{m} \cdot \frac{t^2}{2}. \quad (3)$$

Увеличение перемещения вала ротора в интервале времени от $t_1 = 0$ до $t_2 = T/4$ периода (3) от статического дисбаланса приведет к увеличению дисбаланса ротора. Максимальное перемещение от центробежной силы, возникающей от динамического дисбаланса, будет равно

$$\Delta' = \frac{1}{m} \int_0^{T/4} \delta \omega^2 m \cdot \frac{t^2}{2} dt = \frac{\delta}{m} \cdot \frac{t^4}{8} = 0,761 \frac{\delta}{m}. \quad (4)$$

Определим перемещение ротора от его веса при перемещении вектора центробежной силы от т. А до т. В

$$\Delta'' = \frac{1}{m} \int_0^{T/4} \pm mg \cdot \sin(\omega t) dt = \frac{\pm mg}{m} \cdot \frac{[-(\omega t) \cos(\omega t) + \sin(\omega t)]}{\omega^2} = \pm \frac{g}{\omega^2}. \quad (5)$$

Здесь знак минус принимается в первом квадранте, а знак плюс - в третьем.

Максимальное перемещение ротора с учетом статического и динамического дисбалансов, а также его веса определяет максимальное значение овала, когда устранение реакции на опоре будет максимально продолжительным и оно составит

$$\Delta_{\max} = \frac{\delta}{m} \left(\frac{\pi^2}{8} + 0,761 \right) + \frac{g}{\omega^2} = \frac{1,995\delta}{m} + \frac{g}{\omega^2}. \quad (6)$$

При устранении реакции на одной опоре вал ротора под действием потенциальной энергии изогнутого вала будет распрямляться. Устранение прогиба будет реализовываться в соответствии со своей собственной частотой колебаний за четверть периода. Собственная частота изгибных колебаний при отсутствии одной опоры, как будет показано ниже, будет всегда выше, чем на двух опорах, и даже может быть выше критической частоты вращения. В этом случае посадка вала ротора на опору и возникновение реакции на ней может быть раньше, чем в т. В (рис. 1), и угол посадки ротора может определяться из условия

$$\alpha = \frac{f_k}{f_c} \cdot \frac{\pi}{2}. \quad (7)$$

где f_k - критическая частота вращения ротора, при которой он теряет устойчивость; f_c - собственная частота колебаний ротора при устранении реакции на одной опоре.

Определим дополнительное перемещение ротора от неуравновешенной части центробежной силы, когда реакция опоры устраняется при угле α .

$$\Delta = \frac{1}{m} \int_0^{T\beta/4} \delta \omega^2 t dt = \frac{\delta \omega^2}{m} \cdot \frac{t^2}{2} \cdot \beta^2 = \frac{\delta}{m} \cdot \frac{\pi^2}{8} \cdot \beta^2, \quad (8)$$

где β - коэффициент, равный f_k/f_c .

Увеличение перемещения конца вала ротора на опоре с овальной дорожкой качения в интервале времени от $t = 0$ до $t_2 = T\beta/4$ периода (8) от статического дисбаланса приведет к увеличению дисбаланса ротора. Перемещение вала ротора от цент-

робежной силы, возникающей от динамического дисбаланса в интервале времени от $t = 0$ до $t_2 = T\beta/4$, составит

$$\begin{aligned} \Delta' &= \frac{1}{m} \int_0^{T\beta/4} \Delta m \omega^2 t dt = \frac{1}{m} \int_0^{T\beta/4} \frac{\delta \omega^2 m}{m} \cdot \frac{t^2 \beta^2}{2} dt = \\ &= \frac{\delta \omega^2 \beta^2}{m} \cdot \frac{t^4}{8} = 0,761 \frac{\delta \beta^2}{m}. \end{aligned} \quad (9)$$

Перемещение ротора с учетом его собственного веса определится из условия

$$\begin{aligned} \Delta'' &= \frac{1}{m} \int_0^{T\beta/4} \pm mg \cdot \sin(\omega t) dt = \frac{mg}{m} \cdot \frac{[-(\omega t) \cos(\omega t) + \sin(\omega t)]}{\omega^2} = \\ &= \pm g \frac{[-(\pi\beta/2) \cos(\pi\beta/2) + \sin(\pi\beta/2)]}{\omega^2}. \end{aligned} \quad (10)$$

Перемещение ротора с учетом статического и динамического дисбалансов, а также собственного веса при посадке в т. Е определим из выражения

$$\Delta_E = \frac{\delta}{m} \left[\frac{\pi^2 \beta^2}{8} + 0,761 \beta^2 \right] \pm \frac{\rho g}{\omega^2}, \quad (11)$$

где ρ - коэффициент, учитывающий уменьшение перемещения в т. Е по сравнению с посадкой в т. В ($\rho = 0,767$ при $\beta = 0,9$; $\rho = 0,563$ при $\beta = 0,8$ и $\rho = 0,392$ при $\beta = 0,7$).

Принимая уравнение овального контура кольца подшипника в виде (1)

$$\Delta_E = \Delta_{\min} \sin \alpha, \quad (12)$$

определим минимальное значение овала при посадке в т. Е, когда вал ротора полностью распрямится

$$\Delta_{\min} = \frac{\delta}{m} \left[\frac{\pi^2 \beta^2}{8} + 0,761 \beta^2 \right] / \sin \alpha \pm \frac{\rho g}{\sin \alpha \omega^2}. \quad (13)$$

2. Максимальное перемещение вала ротора на опоре при горизонтальном расположении овальной дорожки качения

При расположении овала в горизонтальном положении (рис. 2) перемещение от центробежных сил в направлении большой оси овала от т. А до т. В будет таким, как и при вертикальном положении овала.

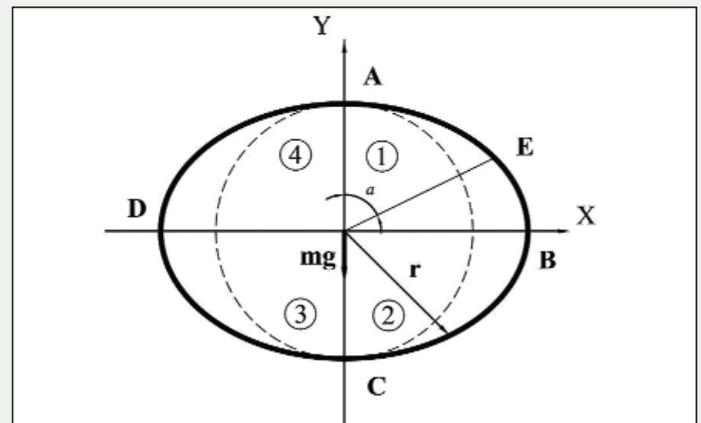


Рис. 2. Горизонтальная овальная дорожка качения кольца подшипника

Перемещение от собственного веса ротора при посадке его в т. В определим из выражения

$$\begin{aligned} \Delta'' &= \frac{1}{m} \int_0^{T/4} \pm mg \cdot \cos(\omega t) dt = \\ &= \frac{\pm mg}{m} \cdot \frac{(\omega t) \sin(\omega t) + \cos(\omega t)}{\omega^2} = \pm 0,5708 g / \omega^2. \end{aligned} \quad (14)$$

Здесь знак минус принимается в первом квадранте, а знак плюс - в третьем.

Максимальное перемещение ротора с учетом статического и динамического дисбалансов, а также веса ротора определяет максимальное значение овала, и оно составит

$$\Delta_{max} = \frac{1,995\delta}{m} \pm \frac{0,5708g}{\omega^2} \quad (15)$$

При устранении реакции на одной опоре один конец вала будет в свободном состоянии. При собственной частоте колебаний ротора при одной свободной опоре более высокой, чем критическая частота вращения ротора при круговых кольцах подшипника посадка ротора на опору и возникновение реакции на ней может быть раньше, чем в т. В (рис. 2), и угол посадки ротора может определяться из условия (7).

Перемещение ротора от неуравновешенной части центробежной силы, когда контакт вала ротора происходит при угле α , определится по формуле (8), а с учетом увеличения дисбаланса - (9).

Перемещение ротора с учетом его собственного веса определяется из условия

$$\Delta'' = \frac{1}{m} \int_0^{\pi\beta/4} \pm mg \cdot \cos(\omega t) dt = \frac{\pm mg}{m} \cdot \frac{(\omega t) \sin(\omega t) + \cos(\omega t)}{\omega^2} = \pm g \frac{(\pi\beta/2) \sin(\pi\beta/2) + \cos(\pi\beta/2)}{\omega^2} \quad (16)$$

Перемещение ротора с учетом статического и динамического дисбалансов, а также собственного веса при посадке в т. E определяется из выражения (11), а минимальное значение овала при посадке в т. E - (13). При этом значения параметра ρ будут равны 0,5527, 0,5041 и 0,4337 при величинах β равных соответственно 0,9, 0,8 и 0,7.

При определении параметра ρ возможна линейная экстраполяция между значения параметра $\beta = 0,8$ и $\beta = 0,9$, а также между $\beta = 0,7$ и $\beta = 0,8$. Это применимо и при определении минимального значения овала при его вертикальном расположении.

3. Определение собственной частоты ротора при одной свободной опоре

При устранении прогиба вала при свободном перемещении его на опоре с овальной дорожкой качения на нем имеется неподвижная точка, относительно которой происходит перемещение дисков и вал переходит в прямолинейное положение.

Неподвижная точка определяется из условия равенства нулю суммы моментов инерционных сил дисков относительно неподвижной опоры с круговыми дорожками качения колец подшипника.

В этом случае собственную частоту колебаний ротора при одной свободной опоре можно вычислить стандартными методами теоретическим или численным при переносе свободной опоры в неподвижную точку.

Инерционные моменты дисков при угловых перемещениях и гироскопические моменты в расчет не принимаются, так как при плоских колебаниях вращающегося ротора они погашают друг друга [2-4].

Рассмотрим уравнения динамического равновесия инерционных и упругих сил вала одного диска при невращающемся роторе $m\ddot{y} + \alpha y - \delta v = 0$;

$$J_c \ddot{v} - \gamma v + \beta v = 0, \quad (17)$$

где α и γ - поперечная сила и момент от единичного прогиба вала; δ и β - поперечная сила и момент от единичного углового смещения; J_c - осевой момент инерции диска; u и v - поперечное перемещение и угол поворота диска.

Подставляя решение уравнений (17) в виде $y = y_o \cdot \cos \eta t$ и $v = v_o \cdot \cos \eta t$ будем иметь

$$\begin{aligned} -m\eta^2 y_o + \alpha y_o - \delta v_o &= 0; \\ J_c \eta^2 v_o - \gamma v_o + \beta v_o &= 0, \end{aligned} \quad (18)$$

где y_o и v_o - амплитуда поперечных и угловых перемещений плоских колебаний; η - частота плоских колебаний.

При плоских колебаниях вращающегося диска в системе координат связанной с ним (совершающей круговое движение с частотой ω) в уравнение (18) необходимо добавить центробежные силы и гироскопический момент

$$m\ddot{y} + m\omega^2 y + \alpha y - \delta v = 0;$$

$$J_c \ddot{v} - (J_c \lambda - J_p \omega) \cdot v \lambda - \gamma v + \beta v = 0, \quad (19)$$

где J_p - полярный момент инерции; λ - частота прецессии.

Во вращающейся системе координат ротора в плоскости, где происходят его колебания, будет происходить два вида движения диска.

Первое связано с колебаниями вала, а второе - с его круговым движением. Гироскопический момент диска в этом случае можно определить как при синхронной прецессии только при изменяющемся угле поворота диска в соответствии с фазой его колебаний.

Принимая частоту прецессии λ , равной угловой скорости вращения вала ω и полагая для тонких дисков $J_c = J_p/2$, получим значение гироскопического момента

$$M = (J_c \lambda - J_p \omega) \cdot v \lambda = -J_c v \omega^2. \quad (20)$$

Подставляя решение уравнений (19) в виде $y = y_o \cos \omega t$ и $v = v_o \cos \omega t$ и после упрощений (20), получим уравнение плоских колебаний вращающегося ротора

$$\begin{aligned} -2m\omega^2 y_o + \alpha y_o - \delta v_o &= 0; \\ -\gamma v_o + \beta v_o &= 0, \end{aligned} \quad (21)$$

где y_o и v_o - амплитуда поперечных и угловых перемещений плоских колебаний вращающегося ротора.

Как видно из уравнений (21), динамический момент диска при плоских колебаниях и гироскопический момент при вращении диска погашают друг друга.

Определим собственную частоту ротора при свободной одной опоре при отсутствии реакции на ней по изгибной форме колебаний. В качестве примера рассмотрим стальной вал с тремя дисками (рис. 3), два из которых расположены на удалении от опор на расстоянии $L/4$ и один - посередине вала. Длина вала L составляет 0,5 м, внешний и внутренний диаметры вала равны 80 мм и 60 мм. Массы каждого диска (m_1, m_2, m_3) одинаковы и равны 11,3 кг, диаметр $D = 300$ мм и толщина $t = 20$ мм.

Прогиб вала под действием центробежных сил от неуравновешенных масс при равных массах дисков и симметричном их положении относительно опор представим в виде

$$U = U_o \sin(x\pi/L). \quad (22)$$

При устранении реакции на одной из опор вал будет перемещаться с ускорением, и в этом случае центробежные силы не будут больше изгибать вал и вал будет свободен от нагрузки. Устранение прогиба будет происходить по гармоническому закону

$$U = U_o \cos(\omega_o t), \quad (23)$$

где U_o - амплитуда колебаний вала; ω_o - собственная частота колебаний вала с дисками при свободной одной опоре.

При этом движение дисков относительно неподвижной точки на валу будет происходить в разных направлениях. Неподвижная точка на валу будет определяться исходя из равенства моментов сил, действующих на диски относительно неподвижной опоры с круговыми дорожками качения колец.

Уравнение прямой линии вала, в которую вал перейдет после устранения прогиба, представим в виде

$$Y = \frac{U^*}{b} x, \quad (24)$$

где U^* и b - поперечное перемещение ротора при изогнутой оси вала в точке, относительно которой будет происходить перемещение дисков, и ее координата.

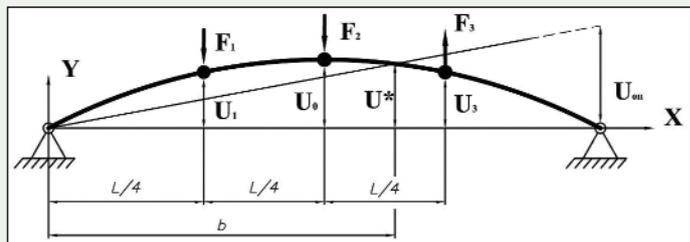


Рис. 3. Расчетная схема для определения неподвижной точки на валу

Силы, действующие на диски, будут равны

$$F = mU \cos(\pi/L). \quad (25)$$

Сумма моментов инерционных сил дисков относительно неподвижной опоры будет равна

$$m_1 \omega_c^2 \cdot (0,707 U_0 - U^* L/4b) \cdot L/4 + m_2 \omega_c^2 \cdot (U_0 - U^* L/2b) \cdot L/2 - m_3 \omega_c^2 \cdot (U^* 3L/4b - 0,707 U_0) \cdot 3L/4 = 0 \quad (26)$$

Условие (26) выполняется при значении $b = 0,648L$.

Как видно (рис. 3), при устранении прогиба вала крайняя точка вала будет совершать поперечное перемещение в соответствии с (24), и на эту величину овал должен быть больше.

При критической частоте вращения во втором и четвертом квадранте вал теряет устойчивость и происходит увеличение его прогиба при свободном перемещении дисков от статического и динамического дисбалансов, а также их собственного веса. Перемещения дисков при потере устойчивости вала определяется по тем же формулам, что и перемещения вала на опоре с овальным кольцом, так как соотношения δ/m самого диска и приходящегося на опору равны между собой. В этом случае максимальное значение поперечного перемещения конца вала на опоре определится из выражения

$$\xi = \vartheta \cdot \sin(b\pi/L) \cdot \frac{L}{b}, \quad (27)$$

где ϑ - максимальный прогиб вала, равный максимальному Δ_{\max} (при посадке в т. В) или минимальному Δ_{\min} (при посадке в т. Е) параметру овала; L и b - пролет и координата неподвижной точки на валу от опоры с круговыми кольцами.

При наличии одного диска выражение (27) принимает вид $\xi = \vartheta L/b$.

Для надежной реализации эффекта устранения критики ротора необходимо учесть увеличение параметра овала из-за выпрямления вала.

Для принятых исходных данных собственная частота колебаний вала с дисками на двух опорах составила $f_c = 291,4$ Гц, а критическая частота вращения вала - 315,6 Гц. Собственная частота колебаний вала при отсутствии одной опоры и задании массовых характеристик дисков точечными массами при отсутствии их осевого момента инерции составила 558,5 Гц. В этом случае посадка ротора на опору может происходить в т. Е, расположенной под углом к оси X (малая ось овала), равным $50,9^\circ$, и за время, которое центробежная сила от неуравновешенной массы ротора будет переме-

щаться от т. А до т. Е, вал полностью распрямится.

В случае несимметричного расположения дисков и разных их масс уравнение прогибов можно получить при моделировании прогиба вала ротора от центробежных сил при его вращении в программных комплексах Ansys или Patran при создании начального прогиба. Неподвижная точка будет определяться из условия равенства моментов всех сил относительно неподвижной опоры.

Для определения собственной частоты ротора при отсутствии реакции на одной из опор необходимо определить неподвижную точку на валу, относительно которой будут перемещаться диски, и перенести свободную опору в неподвижную точку на валу и определить собственную частоту при уменьшении пролета вала.

Кроме этого собственная частота колебаний ротора без одной опоры может быть определена экспериментально при вертикальном подвешивании ротора за один конец методом простукивания и фиксирования частоты колебаний.

Выводы

Устранение резонанса при критической частоте вращения ротора возможно при создании овальности дорожки качения, определяемой по рассмотренной методике и при удалении центра масс ротора не более половины пролета вала от опоры с овальной дорожкой качения подшипника. При этом определенные параметры овальности отстраивают ротор только для одной критической частоты. **П**

Литература

1. Хронин Д.В. Теория и расчет колебаний в двигателях летательных аппаратов/ Д.В. Хронин.- М.: Машиностроение, 1970. - 411 с.
2. Плоские колебания вращающихся роторов газотурбинных двигателей при ударных нагрузках на опорах. Ю.Б. Назаренко, Л.Ф. Светашова // Научно-технический конгресс по двигателестроению: сборник тезисов.- М., 2010. -С.117-120.
3. Назаренко Ю.Б., Светашова Л.Ф. Проблемы надежности межроторного подшипника при динамическом взаимодействии роторов двухвалных турбореактивных двигателей// Двигатель. №3, 2010. - С.32-34.
4. Назаренко Ю.Б., Светашова Л.Ф. Критические частоты роторов газотурбинных двигателей при ударных нагрузках на опорах// Вестник двигателестроения. - Запорожье. - 2010. №2. - С.146-149.

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

Новая книга В.А. Шерстянникова

В марте 2011 г. вышла из печати подготовленная нашей редакцией монография Валентина Алексеевича Шерстянникова, нашего постоянного автора, ветерана космонавтики России, учёного в области авиационных и ракетных двигателей, доктора технических наук, лауреата премии Н.Е. Жуковского, академика германской академии им. А. Гумбольдта.

Будучи высококвалифицированным специалистом по моделированию и натурной отработке динамических режимов ЖРД на огневых стендах и в составе ракет при ЛКИ, он на протяжении ряда лет работы в ЦИАМ им. П.И. Баранова, принимал активное участие и внёс существенный вклад в создание отечественных ЖРД для ракетных комплексов ОКБ С.П. Королева, В.Н. Челомея, П.Д. Грушина и др.

В 1960-1970 гг. возглавлял Межведомственные комиссии по наземной отработке и принятию в эксплуатацию двигателей и двигательных установок для ракет космического и оборонного назначения и для реализации международных космических программ "Союз-Аполлон" и "Союз-Салют-6". В 1980-е годы - замести-

тель начальника главного управления Министерства авиационной промышленности, член НТК отрасли по созданию космического корабля "Буран" для ракеты-носителя "Энергия", координировал работы, проводившиеся в ЦАГИ и ЦИАМ совместно с институтами АН СССР в рамках НИОКР по созданию новых магистральных пассажирских самолетов Ту-204 и Ил-96, член отраслевого бюро и руководитель рабочей группы по научно-техническому сотрудничеству стран - членов СЭВ в области создания авиационной техники. Он автор многих научных работ, включая три монографии и более 100 научных статей и докладов на международных аэрокосмических конгрессах, опубликованных в отечественных и зарубежных изданиях.

В книге описаны многих проблемы, которые имели место при создании отечественных ЖРД для ракетных комплексов ОКБ С.П. Королева, В.Н. Челомея, П.Д. Грушина и др, а также пути их решения, разработанные ЦИАМ совместно с ОКБ. Созданная ракетно-космическая техника обеспечила впервые в мире прорыв нашей страны в космическое пространство и повышение обороноспособности страны.

Книга предназначена для специалистов в области ЖРД и читателей, интересующихся историей создания ракетно-космической техники.

Книга издана на средства автора при поддержке редакции журнала "Двигатель".

Распространяется нашей редакцией. **П**



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)

За несколько лет совместной работы по ракетам Р-5, Р-7 и в процессе продолжающейся работы по ракете Р-9А у конструкторов ОКБ-456 Глушко сложились доброжелательные отношения с конструкторами и проектантами ОКБ -1 Королёва. И, работая над эскизным проектом ракеты Н1, работники ОКБ-1 не скрывали от своих коллег из ОКБ-456, что несмотря на выдачу ТЗ на двигатели на топливе АТ+НДМГ и O_2 +НДМГ, основные работы в ОКБ -1 ведутся по варианту использования топлива O_2 + керосин. На всём протяжении работ по Н1 кислородно-керосиновое топливо рассматривалось как основной и единственный вариант, а все работы по другим топливам являлись дополнительной работой, инициируемой Глушко при поддержке других членов Совета главных конструкторов. Обеспокоенный тем, что в ОКБ-1 в одностороннем порядке практически уже состоялся выбор топлива для Н1, Глушко 10 ноября 1961 г. лично пишет служебное письмо в адрес Королёва, в котором информирует о проводимых в ОКБ-456 работах по подготовке к изготовлению доводочных двигателей на топливе АТ+НДМГ в соответствии с полученным из ОКБ-1 техническим заданием. В письме, в частности, указывается: "Разработаны и спущены в опытное производство комплекты технической документации на двигатели и оснастку для их изготовления. В разной степени готовности находятся в производстве агрегаты двигателей (камеры сгорания, газогенераторы, насосы, турбины, автоматика). Готовы натурные макеты двигателя. Проведены экспериментальные исследования, позволившие решить задачу уменьшения надува баков ракеты путём установки на входе двигателей эжекторов вместо сложных и тяжёлых бустерных насосных установок. Ведётся стендовая холодная и огневая отработка экспериментальных агрегатов двигателя", а также приводятся результаты расчётной оценки полезной нагрузки носителя Н1 для вариантов использования на первой и второй ступенях топлива АТ+НДМГ или O_2 + керосин и показывается преимущества АТ+НДМГ. Далее приводятся доводы в пользу высококипящего топлива и по другим характеристикам. Укажем некоторые из них:

- криогенность жидкого кислорода усложняет эксплуатацию, его переохладение требует дополнительных затрат (использование холодильных машин, применение экранно-вакуумной изоляции и т. д.);

- в настоящее время стоимость топлива АТ+НДМГ больше стоимости топлива O_2 +керосин, но при увеличении его производства цена станет приемлемой и сопоставимой с затратами на переохладение кислорода;

- самовоспламенение топлива упрощает запуск и конструкцию двигателя, повышает устойчивость горения в камере и газогенераторе, сокращает сроки отработки двигателя;

- опыт работы с кислородными двигателями показывает, что в процессе их работы при попадании посторонних частиц в агрегаты, имеющие трущиеся металлические поверхности (кислородные насосы, клапаны) неоднократно наблюдались случаи возгорания в среде жидкого кислорода материала трущейся пары и последующего

взрыва агрегата, чего никогда не отмечалось при работе двигателя на высококипящем топливе;

- влияние токсичности топлива исключается мерами, уже разработанными на ракетах Р-14 и Р-16;

- в связи с вышеизложенным мощные двигатели на АТ+НДМГ более надёжны в эксплуатации, а их доводка может быть осуществлена с меньшими затратами и в более короткие сроки, чем кислородных двигателей.

На основании приведённых аргументов делается вывод о возможности принятия однозначного решения в пользу выбора топлива АТ+НДМГ для двух ступеней Н1.

В заключение Глушко пишет: "Имея известное Вам неоднократно, прямое, личное указание товарища Н.С. Хрущёва об ответственности ОКБ-456 за разработку мощных двигателей для носителя более тяжёлого, чем на базе Р-7 и учитывая необходимость всемерного форсирования крайне трудоёмких работ по разработке конструкции и подготовке серийного производства этих двигателей, прошу Вас не замедлить с выбором топлива для 1-ой и второй ступеней носителя Н1".

Надо сказать, что выбору топлива Глушко придавал одно из первостепенных значений в течение всей своей практической деятельности при создании ракетной техники. Эта позиция основывалась на результатах его экспериментальных исследований эффективности различных топлив, проведённых в начале 30-х годов в ГДЛ, а также на результатах теоретических расчётов, выполненных в последующие годы. Все это было им обобщено в монографии "Источники энергии и их использование в ракетных двигателях" (Воениздат, Москва, 1955 г.). Во второй части этой книги Глушко излагает свою концепцию: "Правильный выбор наиболее эффективных топлив для конкретных двигателей, предназначенных решать определённые задачи, т.е. для каждого конкретного случая применения является первым и обязательным условием успеха работ, направленных к созданию ракетного двигателя". Именно с таких позиций исходил Глушко в своём письме к Королёву 10 ноября 1961 г.

Выбор топлива определяет многое для ракетного комплекса, в том числе и величину полезной нагрузки, выводимой в космос. Учитывая разные результаты оценок массы выводимой нагрузки при использовании на первой и второй ступенях топлива АТ+НДМГ или O_2 +керосин, полученные в ОКБ-456 и ОКБ-1, Глушко в ноябре 1961 г. обратился в НИИ-4 Минобороны и отраслевой НИИ-88 с просьбой провести независимую экспертную оценку.

Расчёты в НИИ-4 показали возможность вывода одинаковой в пределах точности расчётов полезной нагрузки. В НИИ-88 расчёты проводились на условиях одинакового объёма топливных баков и одинаковой стартовой массы. В результате было получено, что для первого случая масса выводимой нагрузки при топливе АТ+НДМГ больше на 8 %, а для второго случая - она на 4 % меньше.

Захватив с собой письмо, Глушко 10 ноября 1961 г. выехал в ОКБ -1, где наедине с Королёвым обсуждал проблему выбора топ-

лива, от решения которого зависела дальнейшая совместная работа ОКБ-456 и ОКБ -1. Как шёл этот разговор - неизвестно. Но зная предысторию этой встречи, можно представить следующее: Глушко доказывал, что только применение высококипящего топлива позволит разработать двигатели с нужными характеристиками в указанные правительством сроки. Более того, в этом случае двигатели будут той опережающей сродки системой, которая заставит темп разработчиков остальных ракетных систем и стартовой позиции. Королёв же опасался катастрофических последствий в случае аварийного падения ракеты с огромным количеством токсичных компонентов ракетного топлива в баках и настаивал на применении считающимся безопасным кислородно-керосиновое топлива. Что же касается опасения Глушко о затылке отработки двигателей из-за возникновения высокочастотных колебаний, то в двигателях "замкнутой" схемы такой проблемы не возникнет. В результате этой практически последней у них встречи один на один каждый остался при своём мнении.

Предприняв этот шаг, Глушко, по всей вероятности, рассчитывал найти взаимоприемлемое решение. Но на что он мог надеяться? Переубедить Королёва? Разве он за многие годы общения с Королёвым не изучил его характер? В создавшейся ситуации точка возврата для Глушко была пройдена, он не мог на виду у всего ракетно-космического сообщества поступиться своими принципами и взяться за отработку кислородно-керосиновых двигателей после приводимых им доказательств в целесообразности применения высококипящего топлива. Уступить партнёру - значит признать свою неправоту, а это личное поражение в научно-техническом споре. Тем более, что в сложившейся ситуации Глушко искренне верил в правильность своего предложения. А зачем Королёву пересматривать свою позицию, что могло его заставить принять предложение Глушко вопреки многолетней практике не только использования кислородно-керосинового топлива, но и постоянной борьбы против применения азотнокислотного окислителя? В этом противостоянии события развивались в нужном Королёву направлении и менять свою позицию ему не было нужды, тем более, что он имел прочный тыл - разработку кислородно-керосиновых двигателей в ОКБ Кузнецова.

Эти события нельзя рассматривать в отрыве от других, происходивших в тот же период времени. Запуск первого спутника и последующие успехи в космосе создали Королёву огромный авторитет в высших партийно-государственных органах страны. Его имя как бы аккумулировало в себе достижения других главных конструкторов ракетно-космической техники. Это было несправедливо, но традиционно. Так уж сложилось, что главных авиационных конструкторов знала вся страна, по начальным буквам фамилий Туполева, Яковлева, Ильюшина, Лавочкина и др. назывались семейства самолётов, разработанных под их руководством. Фамилии конструкторов авиационных моторов были мало известны, а разработчиков авиационных приборов и вооружения знал только узкий круг специалистов. Так получилось и в космической отрасли. Получив известность в правительственных кругах, Королёв умело её использовал в создавшейся обстановке, чем приносил немало пользы как своему ОКБ, так и всей отрасли в целом. Однако такая ситуация потенциально чревата перегибами. Не избежал этой участи и Королёв. У него поя-



В.П. Глушко

вилась практика принимать решения и обращаться в высшие государственные инстанции по вопросам разработки ракетно-космических комплексов без согласования или предварительного, как это практиковалось ранее, обсуждения их с главными конструкторами ракетных систем, что вызывало закономерное неприятие и разрушало сложившуюся доброжелательную атмосферу творческого труда руководителей ведущих ОКБ ракетно-космической отрасли. Этому способствовали и средства массовой информации. Не имея возможности публиковать фамилии главных конструкторов ракетной техники, журналисты выработали некие безымянные псевдонимы. Так, Королёва в своих очерках именовали "Главный конструктор космонавтики", при этом о других Главных конструкторах ракетных систем не упоминали вообще. Этим у общественности формировалось мнение, что существует единственный "Главный", который и обеспечивает все наши успехи в космонавтике. Такое возвеличивание Королёва, хотя и анонимное, задевало самолюбие других членов Совета Главных конструкторов. В.П. Бармин, по воспоминаниям Н.П. Каманина, по этому поводу однажды раздражённо заметил: "Мы дружно работали, когда были все главные, а теперь появился один Главный".

Характерным примером единоличного подхода к решению организационных вопросов, затрагивающих интересы других Главных конструкторов, стал конфликт между Королёвым и Глушко, связанный с попыткой Королёва в конце 1959-го года с помощью ЦК КПСС, вопреки имеющемуся правительственному Постановлению, передать разработку двигателя для первой ступени ракеты Р-9А в ОКБ Н.Д. Кузнецова. Тогда межведомственная комиссия во главе с председателем ГКОТ К.Н. Рудневым, разбирая техническую составляющую конфликта, приняла решение продолжить разработку двигателей в ОКБ Глушко.

Отношения между давними партнёрами обострились, чему немало способствовали результаты параллельной отработки двигателей для ракет Р-9А и Р-16 для М.К. Янгеля в ОКБ-456. Доводка двигателей для Р-9А шла тяжело, двигатели разрушались от высокочастотных колебаний давления газов в камере сгорания, в то время как испытания двигателей на азотнокислотном топливе для Р-16, которая являлась "конкуренткой" для Р-9А, шли успешно. Эти обстоятельства ещё больше укрепляли мнение Глушко в правильности его позиции по выбору высококипящего топлива для Н1. Не получив понимания у Королёва при разговоре 10 ноября 1961 г и посчитав, что всё это время его, попросту говоря, "водили за нос", Глушко незамедлительно, уже 14 ноября 1961 г., обратился к Председателю ВПК Д.Ф. Устинову, Председателю ГКОТ Л.В. Смирнову, Главкому РВСН К.С. Москаленко, директору ГИПХ В.С. Шпаку, начальнику ГУРВО А.И. Семёнову, главным конструкторам В.П. Бармину и М.К. Янгелю, направив им копии своего письма к Королёву от 10 ноября и просил содействовать ускорению принятия решения по выбору топлива. Несколько позже, в период с 25 по 29 ноября 1961 г., Глушко направил аналогичные письма Президенту АН СССР М.В. Келдышу, заведующему Отделом оборонной промышленности ЦК КПСС И.Д. Сербину и директору НИИ ТП В.Я. Лихущину. В письме к Сербину, наряду с изложением позиции ОКБ-456 по перспективе использования различных ракетных топлив, Глушко подчёркивает: "Выбранное ОКБ-456 новое направление - азоттетроксидные двигатели - является оптимальным по энергетическим и эксплуатационным свойствам для обеспечения двигателями 1-ой и второй ступеней тяжёлой ракеты-носителя Н1".

К.С. Москаленко, Д.Ф. Устинов, М.К. Янгель, М.В. Келдыш, В.П. Бармин, Л.В. Смирнов



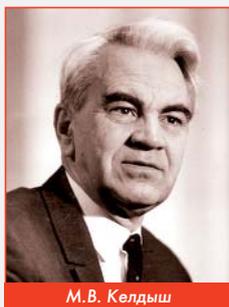
К.С. Москаленко



Д.Ф. Устинов



М.К. Янгель



М.В. Келдыш



В.П. Бармин



Л.В. Смирнов

Обращаясь с письмами в ноябре 1961 г, к видным руководителям в ракетно-космической отрасли с просьбой ускорить выбор топлива, Глушко одновременно информировал их в направленной копии письма от 10 ноября о своих доводах в пользу применения топлива АТ+НДМГ. Скорее всего, именно эта часть письма, а не ускорение сроков принятия решения, было главной целью обращения Глушко. Однако, не очень рассчитывая на помощь избранных им "авторитетов", Глушко 24.11.61 г. направил письмо В.Н. Челомею со сведениями по выбору двигателя и топлива для ракеты Н1 с припиской: "Сведения могут представлять для Вас интерес".

Как видно из перечня адресатов, Глушко боролся за своё участие в проекте РН Н1 с использованием предлагаемого им ракетного топлива до конца, подключая всех "сильных мира сего", кто, по его мнению, был способен оказать ему помощь.

Как и следовало ожидать, адресаты не выразили желания вмешиваться в научно-технический спор двух академиков, во всяком случае реакции на это обращение Глушко не последовало. Только Л.В. Смирнов в силу занимаемой им должности был вынужден отреагировать на письмо Глушко и 2.12.61 г. подписать приказ об организации Государственной экспертной комиссии под председательством Президента АН СССР М.В. Келдыша (по согласованию) "с целью определения дальнейшего направления в разработке двигателей" для Н1. Комиссии предписывалось представить своё заключение по эскизному проекту РН Н1, выполненному в ОКБ-1.

Продолжая отстаивать свою позицию по отношению к использованию высококипящего топлива, Глушко 1 марта 1962 г. в письме начальнику Главка ГКОТ Б.А. Комиссарову пишет: "Мнение ОКБ-1 о нецелесообразности использования самовоспламеняющихся высококипящих топлив типа АК-27+ НДМГ и АТ+НДМГ известно и опровергается фактами. Утверждение в общем виде о низких энергетических характеристиках этих топлив необъективно, так как известно, что в многоступенчатых ракетах применение этих топлив на нижних ступенях может дать по энергетике больший эффект, чем кислородно-керосиновое топливо [...] Высокая токсичность НДМГ не приводит к неприятным последствиям при условии соблюдения инструкций по эксплуатации, а цена его снижается из года в год. [...] Однако использование этих высококипящих азотнокислотных топлив позволяет проще решать вопросы хранения и эксплуатации в связи с их стабильностью, позволяет создать более надёжные конструкции двигателей в отношении устойчивости рабочего процесса, не требующие зажигательных устройств и систем вакуумного запуска, они менее взрывоопасны и т.п."

В свою очередь, Королёв, ещё до начала работы комиссии Келдыша, в докладной записке от 5 марта 1962 г. в адрес Д.Ф. Устинова, Р.Я. Малиновского, Л.В. Смирнова и др. сообщает о проведении отработки первой ступени Н1 с двигателем НК-15 разработки ОКБ Кузнецова как об уже окончательно решённом вопросе по выбору двигателя и его разработчика.

Излагая историю начальной стадии разработки РН Н1, нельзя не сказать и о других работах того времени в ракетно-космической отрасли. Начало 60-х годов характерно бурным развитием отечественного ракетостроения. Главные конструкторы ракетных ОКБ М.К. Янгель и В.Н. Челомей генерировали новые технические идеи и свои предложения лоббировали в ВПК и Минобороны. Так, в начале 60-х годов М.К. Янгель получил разрешение Правительства на разработку эскиз-

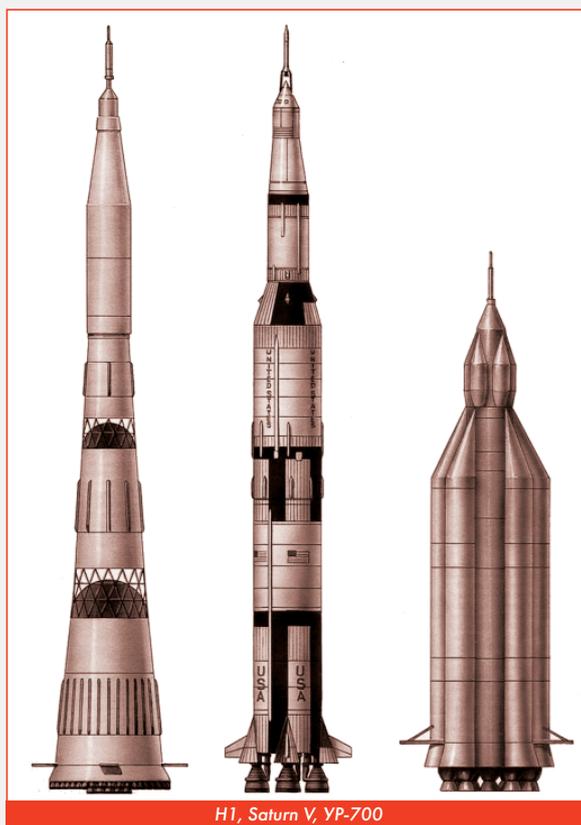
ного проекта тяжёлой многоцелевой двухступенчатой ракеты Р-56, оснащённой двигателями ОКБ Глушко. В процессе разработки проекта для первой и второй ступеней были использованы двигатели 11Д43 и 11Д44 на топливе АТ+НДМГ (из эскизного проекта ОКБ Глушко для РН Н1). При установке орбитальной или космической (улётной) третьей ступени стартовая масса ракеты Р-56 составляла 1700 т, ракета обеспечивала вывод на круговую околоземную орбиту высотой 200 км груза массой до 49 т, на стационарную орбиту - 6,5 т, на орбиту вокруг Луны - до 7 т, доставку на поверхность Луны космической станции массой до 2,8 т. В задачу станции входила трансляция на Землю в автоматическом режиме показаний приборов с лунной поверхности. В процессе разработки этого проекта были продуманы пути и способы доставки водным и автомобильным транспортом собранных на заводе "Южмаш" блоков ракеты на один из космодромов: Капустин Яр или Байконур для окончательного монтажа.

Очевидно, что проект ракеты Р-56 в значительной мере дублировал проект РН Н1, но в тот период развития отечественной ракетной техники Н.С. Хрущёв осознанно инициировал конкуренцию между ракетными ОКБ. Тем более, что подготовка и выпуск эскизных проектов не требовали больших финансовых затрат, в то же время мобилизовали научные силы ОКБ на разработку качественно новых ракетных комплексов. Однако международная политическая обстановка того времени не позволяла отвлечения двух основных ракетных ОКБ от работ по боевой ракетной технике. Чтобы там ни говорили главные конструкторы в обоснование военной значимости своих новых проектов, для Минобороны Н1 и Р-56 не представляли большого интереса. Учитывая это обстоятельство, правительство СССР приняло решение сосредоточить промышленные ресурсы ведущих ракетных ОКБ для создания боевых ракетных комплексов, решающих военно-политические задачи ближайшего времени. Так появилось Постановление от 16 апреля 1962 г.: "О важнейших разработках межконтинентальных баллистических и глобальных ракет и носителей космических объектов". Этим постановлением поручалось ОКБ Челомея разработать мощную универсальную ракету УР-500 для доставки к поражаемой цели в баллистическом варианте сверхмощного боезаряда и вывод на орбиту космических объектов военного назначения массой 12...13 т;

ОКБ Янгеля поручалось разработать тяжёлую боевую ракету Р-36 в баллистическом варианте на межконтинентальную дальность, а также в глобальном варианте.

Наряду с поручением вести новые разработки, этим же постановлением работы по тяжёлым ракетам Н1 и Р-56 в 1962 г. ограничивались стадией выпуска эскизного проекта с проведением оценки стоимости разрабатываемого ракетного комплекса, при этом было поручено ВПК провести предварительную техническую экспертизу проектов и свои предложения о дальнейшей работе доложить ЦК КПСС.

Буквально через две недели, 29.04.1962 г., вышло следующее постановление, которым ОКБ Челомея поручалась разработка тяжёлой баллистической ракеты УР-500 со стартовой массой 600 т и массой головной части до 20 т. Тяга первой ступени составляла 900 тс (6 двигателей 11Д43 тягой 150 тс каждый, топливо - АТ+НДМГ). Эта же ракета предназначалась и для тяжёлых спутников военного назначения, которые



N1, Saturn V, UR-700

могут быть использованы и для исследования космического пространства в научных целях.

После успешной защиты эскизного проекта РН Н1 руководство страны сделало ставку на разработку Н1 и приняло решение дальнейшие работы по ракете Р-56 прекратить. В преддверии принятия этого решения председатель ВПК Д.Ф. Устинов пригласил к себе М.К. Янгеля и "позолотил" горькую пилюлю: "Зачем тебе Космос? Разве тебе мало боевой тематики? Пока мы будем жить в капиталистическом окружении, эта тематика всегда будет востребована". И ОКБ Янгеля сосредоточилось на разработке межконтинентальных баллистических ракет (МБР) шахтного базирования. После Карибского кризиса в 1962 г. политическое руководство и военное командование в СССР уяснили, что США не допустят размещения советских боевых ракет вблизи своих границ. Поэтому всё внимание уделялось разработке МБР, стартовые позиции которых располагались на территории СССР. Так в 60-х гг. появилось семейство боевых ракет Р-36 ОКБ Янгеля и семейство УР-100 ОКБ Челомея. Но космическая тематика продолжала манить главных конструкторов ракетных ОКБ. Конечно, сдача в эксплуатацию боевого ракетного комплекса сопровождается награждениями и доставляет моральное удовлетворение коллективу ОКБ и его главному конструктору, но это событие скрыто покровом секретности, а регулярные сообщения в СМИ об очередном пуске космической ракеты пробуждают дополнительную гордость у её создателей. И спустя несколько лет одна из МБР семейства Р-36 стала базовой конструкцией космической ракеты "Циклон", а изначально разрабатываемая как боевая ракета УР-500 была переквалифицирована в космический носитель "Протон". Это стало следствием того, что после экспериментального взрыва на Новой Земле боезаряда в 50 мегатонн, который по определению астрофизиков привёл хотя и к малому, но всё-таки смещению Земной оси, от применения столь мощных боезарядов отказались.

Сделав этот краткий обзор работ в ОКБ Янгеля и ОКБ Челомея, вернёмся к основной теме статьи - работы по носителю Н1 и его двигателям первой ступени.

В мае 1962 г. эскизный проект РН Н1 был завершён и 16 мая Королёв его утвердил. В проекте была представлена трёхступенчатая ракета со стартовой массой 2200 т с 24-я, восемью и четырьмя двигателями на первой, второй и третьей ступенях. Она должна была выводить на 300-километровую круговую околоземную орбиту полезный груз массой 75 т. Выбирая тягу единичного двигателя первой ступени в 150 тс, руководствовались следующим: двигатель такой размерности можно изготавливать и испытывать на существующей производственной и стендовой базе. Для разработки более крупных двигателей - тягой 600...800 тс - потребуется техническое перевооружение производства и реконструкция стендов, что существенно увеличит сроки и стоимость создания ракетного комплекса. С целью повышения надёжности ракеты применялась система КОРД (контроль работы и отключение ракетного двигателя), обеспечивающая выведение полезного груза даже в случае возникновения аварийной ситуации в работе не более двух двигателей с немедленным их выключением и одновременным выключением двух диаметрально им расположенных на первой ступени. Такая же система с меньшим количеством отключаемых двигателей использовалась и на второй, и на третьей ступенях. К техническим новинкам следует отнести и сферические подвесные баки, подобная конструкция основных ракетных баков ни до Н1, ни после не использовались в ракетной технике.

В проекте был изложен широкий перечень космических задач, которые предполагалось решать с использованием РН Н1. Приведём главные из них: выведение тяжёлых космических аппаратов на околоземные и высокие орбиты для мониторинга Земли и ретран-



В.Н. Челомей

сляции передач телевидения и радио, а также выведение тяжёлых автоматических и пилотируемых станций военного назначения. Кроме использования околоземного космического пространства, предполагались полёты в дальний Космос, в процессе которых намечалось последовательное выполнение экипажами космонавтов облётов вокруг Луны, Марса и Венеры, высадка космонавтов на поверхность Луны, Марса и Венеры с возвращением на Землю; создание исследовательских баз на Луне и Марсе; осуществление транспортных связей между Землёй, Луной и планетами.

Однако все цели и задачи были только продекларированы, ни одного проекта конкретного полезного груза или его разработчика названо не было. В то же время в проекте был представлен ряд оригинальных конструкторских решений, представляющих технический интерес. Но не будем на них останавливаться, т.к. нас интересует основное - разногласие между Глушко и Королёвым в выборе ракетного топлива.

Государственная экспертная комиссия в период со 2-го по 16-е июля 1962 г. принимала защиту эскизного проекта Н1, выполненного ОКБ-1 (29 основных томов и 8 томов приложений к ним). В проекте были представлены два варианта двигателей первой и второй ступеней на топливах АТ+НДМГ и O_2 +керосин. Второй вариант двигателей был представлен на основе материалов ОКБ Кузнецова. Как и ожидалось, ОКБ-1 в эскизном проекте отдало предпочтение кислородно-керосиновому топливу.

На защите проекта с докладом выступил Королёв. Приоритетность в выборе топлива он обосновал следующим образом:

- кислородное топливо имеет более высокий удельный импульс тяги;

- высококипящее топливо имеет узкий температурный диапазон эксплуатации;

- затраты на создание ракеты существенно меньше по сравнению с реализацией предложений Глушко, так как:

а) стоимость кислорода и керосина значительно ниже стоимости АТ и НДМГ;

б) применение топлива O_2 +керосин позволяет использовать имеющийся старт с минимальными доработками. (Зачем же в таком случае несколько лет строили два гигантских старта? - В.Р.) В варианте высококипящего топлива старт, системы хранения, заправки, а также нейтрализации сливаемого топлива нужно делать заново;

- применение замкнутой схемы позволяет предотвратить неустойчивое горение в камере. По этому поводу Королёв заявил: "Вся аргументация о трудностях отработки кислородно-керосиновых двигателей построена на опыте ОКБ Глушко по разработке ЖРД с открытой незамкнутой схемой, в которой окислитель (кислород или азотный тетроксид) подаётся в камеру в жидком и холодном состоянии. Следует особо подчеркнуть, что те трудности, на которые ссылается Глушко, не имеют никакого отношения к двигателям с принятой для ракеты Н1 "замкнутой" схемой, в которой окислитель (кислород) поступает в камеру сгорания в горячем и газообразном состоянии...";

- самовоспламеняемость и токсичность высококипящего топлива увеличивает опасность для обслуживающего персонала при регламентных работах и в случае аварийной работы агрегатов и ракетных систем.

Последнее соображение имело большое эмоциональное воз-



В.П. Макеев и В.Н. Челомей

действие. Некоторые члены экспортной комиссии были свидетелями катастрофы ракеты Р-16 на стартовой позиции 24 октября 1960 г., остальные были хорошо осведомлены об этой трагедии. В результате аварии в общей сложности погибло 125 человек. Объективно говоря, причины этой аварии не были связаны с родом топлива и будь это кислородно-керосиновая ракета, последствия могли быть даже более катастрофическими, т.к. произошёл бы грандиозный взрыв, что и подтвердилось при втором пуске Н1. Но это из области предположений, а факт - море огня и облако токсичных паров привели к гибели людей. И хотя причиной гибели такого количества людей явились грубейшие нарушения всех писаных и неписаных правил техники безопасности и просто здравого смысла, применение высококипящего топлива вызывало в умах людей негативное к нему отношение. И это при том, что у всех разрабатываемых в ОКБ Челомея, Янгеля, Макеева боевых и космических ракетах двигатели работали на топливе АТ+НДМГ. Конечно, нельзя не учитывать, что количество топлива в ракете Н1 на порядок больше.

Однако вернёмся к докладу Королёва. В его доводах по сравнению с ранее обсуждаемыми на СГК вопросами практически ничего нового не было. По всем пунктам Глушко представлял развёрнутые обоснованные как возможности, так и преимущества применения высококипящего топлива, в том числе и по сокращению длительности отработки двигателей, но они не были приняты во внимание. Королёв отставив изначально предложенный им вариант топлива и двигатели на нём, представленные в эскизном проекте ОКБ Кузнецова. Это позволяло ему твёрдо стоять на своих позициях и идти вперёд по выбранному им пути.

Экспертная комиссия положительно оценила представленный ОКБ-1 эскизный проект, включая выбор топлива O_2 + керосин. В своём заключении комиссия указала: *"В проекте обоснована правильность выбора принципиальной компоновочной схемы ракеты, её двигателей, компонентов топлива... методик эксплуатации и экспериментальной отработки ракеты. В целом, проектные материалы... могут быть положены в основу для разработки рабочей документации"*. Комиссия отметила также, что *"ракетный комплекс Н1 способен обеспечить решение научно-прикладных исследований Луны и ближайших планет Солнечной системы"*.

Авторитет ракетчика Королёва взял верх над доводами двигателялиста Глушко. Да и было бы странным, если бы авторитетные, но не принимающие конкретного участия в разработке и поэтому всё-таки посторонние люди обязали бы ОКБ-1, не считаясь с убеждениями его главного конструктора и проделанной работой, представленной в эскизном проекте, менять технические взгляды коллектива конструкторов на диаметрально противоположные. Такое решение поставило бы в чрезвычайно сложное положение разработчиков ракеты и в большой мере сняло бы с них ответственность за успешное завершение работы. И тем не менее, некоторые члены экспертной комиссии, среди них В.П. Бармин, М.С. Рязанский, А.Г. Мрыкин высказались за участие ОКБ-456 в разработке двигателей.

Вот так Глушко оказался вне престижной разработки, а предложение вести параллельную разработку, по сути страховочный вариант, он посчитал экономически весьма затратным и не счёл возможным участвовать на этих условиях в проекте Н1. Думается, в душе он понимал, что в создавшейся обстановке Королёв примет все доступные ему меры, чтобы настоять на своём и не допустить Глушко участвовать в разработке двигателей для Н1.

В некоторых мемуарах, в основном бывших работников ОКБ-1, высказывается мысль, что вместо обсуждений и предложений нужно было "власть употребить" и принудить Глушко разрабатывать нужные Королёву двигатели. Видимо предполагалось использовать административный ресурс или партийную дисциплину: "Нет? Партбилет на стол!". При этом не рассматривается, согласен ли был Королёв с таким вариантом. А может быть, нужно было принять доводы Глушко и понудить Королёва изменить его отношение к высококипящему топливу? Я не предлагаю обсуждать этот вопрос в наше время, я только предложил возможный взгляд на спорную ситуацию с противоположной стороны. □

(Продолжение следует.)

8-и осевая микро-электроэрозионная установка для высокоскоростной прошивки отверстий

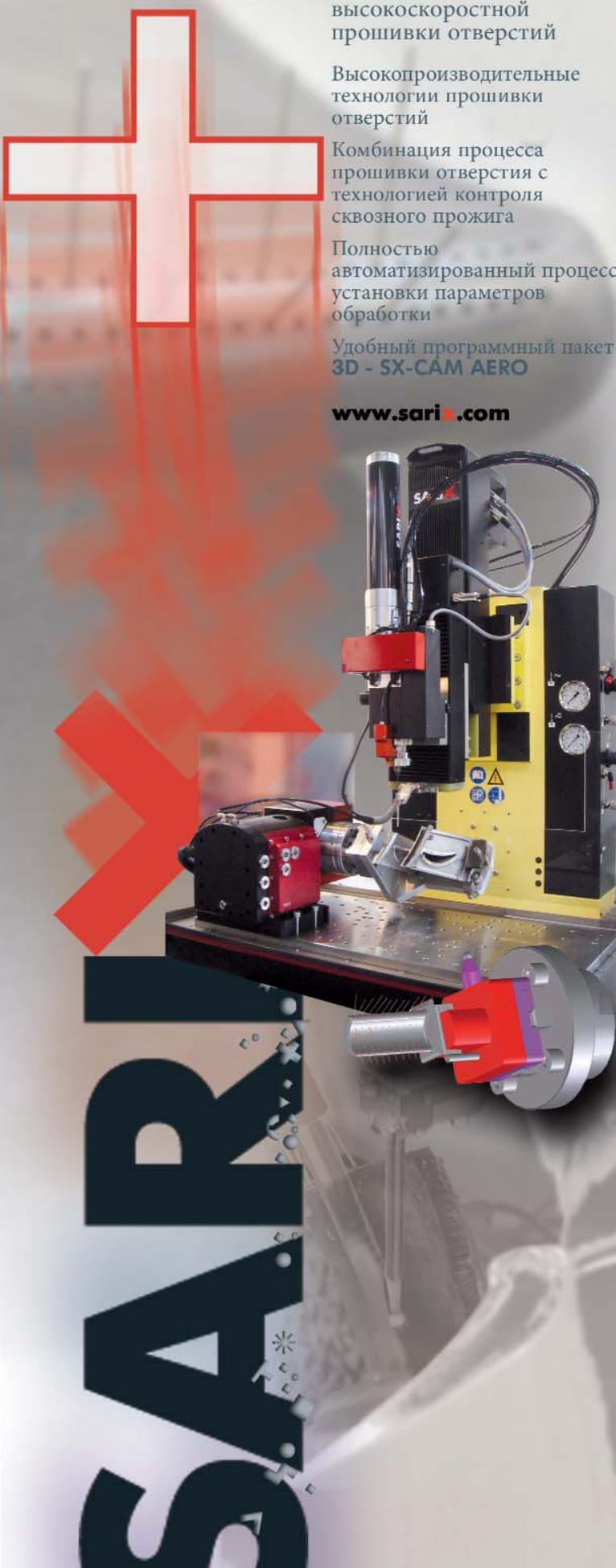
Высокопроизводительные технологии прошивки отверстий

Комбинация процесса прошивки отверстия с технологией контроля сквозного прожига

Полностью автоматизированный процесс установки параметров обработки

Удобный программный пакет 3D - SX-CAM AERO

www.sari.com



ВЫСОКАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БЛАГОДАРЯ МИКРОЭРОЗИИ

Вопреки распространённому мнению микроэрозионная обработка используется не только для научно-исследовательских работ и производства инструментов, но и является весьма эффективным способом обработки для решения специфических производственных задач.

В то время как продолжительность цикла обработки является вопросом конкурентоспособности, а в большинстве случаев микроэрозии приходится конкурировать с традиционными процессами обработки, фирма **SARIX**, мировой лидер в производстве микроэрозионных станков, и наш передовой конструкторский коллектив продолжают развивать и добавлять специальные технологические решения для удовлетворения потребностей заказчиков, выпускающих большие объёмы продукции.

SARIX предлагает преимущества обработки с отсутствием сквозных прожогов, без изменения материала, с высоким качеством финишной отделки, недостижимой точности геометрии и повторяемости процесса. Высокопроизводительный микроэрозионный станок **SARIX** является технически и экономически жизнеспособным станком для производства больших объёмов продукции, удовлетворяющим самые высокие требования, предъявляемые автомобильной и авиационной промышленностью.

SARIX ПРЕДЛАГАЕТ КОМПЛЕКСНОЕ СЕМЕЙСТВО ТЕХНИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ

High Pulse Shape генератор микроимпульсов

Ось **W** для позиционирования направляющих электродов

A/B индексирующие оси

Автоматический шпиндель подачи электродов

Автоматическое устройство смены электродов

Устройство для обнаружения сквозного прожига

Высокопроизводительный фильтровальный бак и промывка под высоким давлением

Программный пакет **CAM AERO**

СОДЕРЖАНИЕ

Высокая производительность благодаря микроэрозии

Обзор высокопроизводительных устройств

Устройство автоматической смены электродов

Практический пример:
Сверление объёмных фигурных отверстий (**3D shaped hole**)
SNECMA Франция

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К МИКРОЭРОЗИОННОМУ ОБОРУДОВАНИЮ

SARIX разрабатывает большое количество продуктов в соответствии с пожеланиями заказчиков. Высокопроизводительные микроэрозионные станки **SARIX** были созданы совместно с различными партнёрами в ответ на растущую потребность в рентабельной обработке изделий с большим количеством отверстий. Основные требования к станкам для крупносерийного производства включают в себя:

высокую степень автоматизации

увеличение автономии

гибкость в эксплуатации

За последние годы **SARIX** разработала большое семейство устройств, предлагающих разнообразные решения для удовлетворения этих потребностей. Используя надлежащее оснащение, **SARIX** по заказу может предложить индивидуальное решение для высокопроизводительной обработки сверлением. Таким образом каждый станок имеет конфигурацию, гарантирующую максимальный выпуск продукции с минимальными затратами на деталь.

ОБРАБОТКА НЕОГРАНИЧЕННОГО КОЛИЧЕСТВА ОТВЕРСТИЙ



Технология микроэрозионной обработки **SARIX** отличается высокой надёжностью и повторяемостью процесса. Производственный станок **SARIX** используется главным образом для обработки отверстий размером от 50 микрон до 3 мм.

В дополнение к круглым и цилиндрическим отверстиям **SARIX** предлагает возможность усовершенствованных контуров отверстий для областей применения с повышенными требованиями. Об этом свидетельствуют приведённые здесь типичные примеры обработки фигурных и цилиндрических отверстий сверлением (см. практический пример)

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫСОКОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Нижеследующая иллюстрация демонстрирует, основные технические устройства, которые интегрируются в станок в целях повышения производительности

ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ	ПРЕИМУЩЕСТВА
Генератор микроимпульсов SX-HPS	<ul style="list-style-type: none"> Высокая скорость сверления Более высокая производительность
Ось W для позиционирования в системе координат (имеется для SX-200)	<ul style="list-style-type: none"> Направляющие электродов для максимальной точности Позволяет располагать отверстия на разной высоте
Индексирующая ось A/B SX-AB 100C	<ul style="list-style-type: none"> Обеспечивает A/B вращение заготовки в 2 осях
Автоматический шпиндель подачи электродов SX-344	<ul style="list-style-type: none"> Высокая степень автоматизации Высокая производительность
Автоматическое устройство смены электродов SX-Revolver	<ul style="list-style-type: none"> Более высокая степень автоматизации Повышение производительности
Устройство для обнаружения сквозного прожига SX-BTD	<ul style="list-style-type: none"> Безупречный контроль в точке выхода электрода Отсутствие воздействия на заднюю стенку
Высокопроизводительный фильтровальный бак SX-DA и промывка под высоким давлением	<ul style="list-style-type: none"> Эффективная фильтрация и охлаждение Более высокая стабильность процесса
SX-CAM Aero (для программирования отверстий сложной геометрической формы)	<ul style="list-style-type: none"> Уменьшает время программирования Превосходная стабильность сверления

Выбор любого специального устройства, включая держатель для рабочей детали, зависит от индивидуальных потребностей заказчиков, которые обсуждаются совместно. После этого определяется конфигурация станка, наиболее подходящая для данной сферы применения.

ГЕНЕРАТОР МИКРОИМПУЛЬСОВ

Высокопроизводительный генератор микроимпульсов **SX-HPS** позволяет увеличивать съём материала. Он является основным элементом, позволяющим достигать высокой скорости сверления, а также удалять большое количество материала.



ОСЬ W ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ НАПРАВЛЯЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОДА

Станок **SX-200** предлагает возможность интегрирования дополнительной вертикальной оси (W) для программирования высоты направляющей электрода. Пользователи получают преимущество обрабатывать сложные детали на разных высотах расположения отверстия.



ИНДЕКСИРУЮЩАЯ ОСЬ A/B

Двойная индексирующая ось A/B **SX-100** с автоматическим устройством крепления деталей 3R или EROWA позволяет позиционировать заготовку по 5 осям.



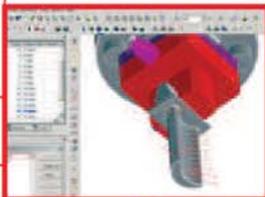
АВТОМАТИЧЕСКИЙ ШПИНДЕЛЬ ДЛЯ ПОДАЧИ ЭЛЕКТРОДОВ

Серия ротационных шпинделей **SX-344** включает систему автоматической подачи электрода для компенсации износа электрода. В комбинации с устройством **SX-Revolver** она представляет собой незаменимое приспособление для обеспечения непрерывного процесса сверления.



THE BEST MICRO EROSION
TECHNOLOGY
SARIX
3D Micro - Milling

За дополнительной информацией о продукции обращайтесь на SARIX +41 91 785 81 71 или посетите наш сайт WWW.SARIX.COM



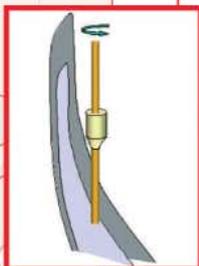
SX – CAM – AERO

Интегрированный модуль для объёмного моделирования **SX – CAM – AERO** является частью программного обеспечения **SX – μEDM –Milling- CAM**. Он очень удобен для позиционирования рядов отверстий вдоль сложных кривых линий контура. Содержит различные функции, которые позволяют заказчику значительно уменьшить время программирования, а также обеспечивают точное расположение отверстий.



ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЙ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫЙ БАК И ВЫСОКОЕ ДАВЛЕНИЕ

Диэлектрический агрегат **SX – DA** является ключевой особенностью микроэрозионного процесса. Во время как для создания прототипов и мелкосерийного производства используется бак небольшого размера, для крупносерийного производства добавляется высокопроизводительный бак в целях повышения производительности фильтрации и получения оптимального охлаждающего эффекта. Схема промывки под высоким давлением используется обычно для оптимизации времени цикла обработки.



УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СКВОЗНОГО ПРОЖИГА

Устройство **SX-BTD** для обнаружения сквозного прожига с высокой точностью определяет и контролирует положение электрода, при котором может произойти сквозной прожиг во время фазы сверления. Особенно целесообразно использовать его в случае разброса толщины стенки, а также во избежание любого соприкосновения с задней стенкой. **SX-BTD** гарантирует сверление в полости рабочей детали без соприкосновения с задней стенкой.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО СМЕНЫ ЭЛЕКТРОДОВ

Устройство **SX-Revolver** обеспечивает автоматическую подачу электродов. Оно увеличивает операционную автономию, которая помогает совершенствовать операции сверления и повышать производительность станка.

Это позволяет заполнять держатель новыми электродами за пределами станка, там, где имеется лучший доступ. Использование двух комплектов картриджей уменьшает время простоя станка и значительно улучшает производительность. Преимущества устройства **SX-Revolver** особенно очевидны в тех случаях, когда требуется высокая производительность сверлильной обработки.

SX-REVOLVER ДЛЯ РАСШИРЕННОЙ ОБРАБОТКИ

Оптимальное преимущество устройства смены электродов реализуется при использовании второго комплекта картриджей. Это позволяет заполнять держатель новыми электродами за пределами станка, там, где имеется лучший доступ. Использование двух комплектов картриджей уменьшает время простоя станка и значительно улучшает производительность. Преимущества устройства **SX-Revolver** особенно очевидны в тех случаях, когда требуется высокая производительность сверлильной обработки.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО СМЕНЫ ЭЛЕКТРОДОВ

SX-Revolver является полностью автоматизированным устройством смены электродов, обеспечивающим увеличение автономии операций и высокую степень автоматизации. В комбинации с автоматической системой подачи электродов, встроенной в серию станков SX-340, данное устройство позволяет осуществлять автоматическую подачу новых электродов без остановки станка. Это отвечает требованиям среднесерийного и крупносерийного производства и позволяет осуществлять непрерывный процесс без постоянного присутствия оператора.

Устройство **SX-Revolver** включает механическое индексирующее приспособление и картридж на 8 электродов. Поскольку картридж содержит электроды-инструменты, то индексирующее приспособление автоматически позиционирует картридж таким образом, что новый электрод подаётся на ротационный шпиндель, обеспечивая непрерывность операций.



ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА

Увеличение автономии операций

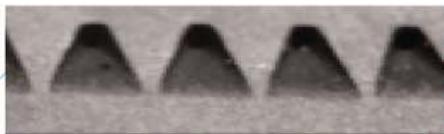
Стержневые и трубчатые электроды

Быстрая и простая наладка

Полная интеграция

SX-Revolver модель	стандартная	удлинённая
длина электрода	300мм	600мм
диаметр электрода	0,05 ... 1,7 мм	0,5 ... 1,7мм
количество электродов	макс. 8	
тип электрода	стержневой/трубчатый	
материал, из которого	латунь/медь/твёрдый сплав	
промывка	высокое давление, деионизированная вода/масло	

ПРАКТИЧЕСКИЙ ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДВИГАТЕЛЕЙ



ЭКОНОМИЧНОСТЬ МИКРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ (μ EDM)

ВВЕДЕНИЕ

Рентабельность и производительность предъявляют особые требования к фирмам, производящим высококачественные компоненты крупными сериями. Фирма SNECMA исследовала оптимизацию обработки турбинных лопаток статора в двигателях гражданского назначения, используя технологию микроэрозии SARIX. Эта технология была применена специально для обработки цилиндрических охлаждающих отверстий и главным образом для обработки «Share» – отверстий или «диффузоров».

«Share» – отверстия характеризуются конической частью на входе турбинных лопаток и цилиндрической частью внутри лопатки. Для улучшения охлаждающего эффекта на турбинных лопатках эти специальные трёхмерные формы на поверхности лопатки всё более усложняются. Технология микрообработки фрезерованием SARIX в комбинации с микроэрозионным сверлением представляет идеальное решение для этого применения.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В этом проекте вызов состоял в том, чтобы в первую очередь уменьшить количество отдельных шагов обработки для «Share» – отверстий. Использование ключевой технологии SARIX в комбинации со способом микрообработки фрезерованием и применением электрода единого типа показало выдающиеся результаты. Кроме этого, новое решение SARIX по сравнению с традиционными методами сверления и прошивки имеет преимущество, состоящее в том, что обеспечивается более точное количество охлаждающего воздуха, так как коническая часть отверстий может обрабатываться точно концентрично цилиндрической части.

ВЫБРАННОЕ РЕШЕНИЕ

7-осевая установка SX-200 демонстрирует замечательную стабильность процесса микроэрозионной обработки прежде всего при сверлении конических отверстий.

Уже после первых опытов было принято решение в пользу технологии SARIX, так как геометрическая консистенция отверстий, тончайшее качество поверхности и прежде всего точное количество охлаждающего воздуха соблюдались наилучшим образом.

Эта стабильность процесса и воспроизводимость результатов включены сегодня в процесс изготовления и расширены для сверления всех отверстий различного диаметра на одной и той же детали, причём с единым типом электрода.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Диаметр применённого электрода для обработки цилиндрических отверстий в диапазоне 0,2... 0,80 мм. Ширина зазора составляет 0,03 мм. Коническая геометрия была достигнута благодаря использованию того же электрода, что и для цилиндрических отверстий, причём решение было принято в пользу способа микрофрезерования SARIX, включая автоматическую компенсацию износа электрода.

Расположение различных геометрий отверстий, обеспечивающих лучший охлаждающий эффект, было разработано с помощью пакета программного обеспечения SX- μ EDM CAM AERO.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

Для серийного изготовления этих высококачественных деталей машина была оснащена автоматическим сменщиком электродов; тем самым был обеспечен непрерывный процесс с минимальным временем переналадки.

Также использование единого типа электрода для обработки всех отверстий значительно уменьшило стоимость расходного материала, что ещё больше снижает производственные расходы.

Количество отдельных рабочих шагов было уменьшено, к тому же дополнительная обработка деталей стала излишней. Благодаря этому могут быть упрощены отдельные технологические операции во всём процессе производства. Экономичность этой микрообработки была очень положительно воспринята заказчиком, так что в конечном счёте была дана чёткая рекомендация использовать этот же метод и для обработки охлаждающих отверстий лопаток роторной части высокого давления двигателя.



Ввиду растущего спроса на производственные станки для обработки серийных отверстий SARIX предлагает выполненные на заказ готовые технологические решения по микроэрозионной обработке (μ EDM) для удовлетворения индивидуальных потребностей заказчика. При сравнении с традиционным способом обработки эта микроэлектроэрозионная установка с высокой степенью автоматизации оказывается абсолютно конкурентоспособной, прежде всего, если учитывать все преимущества микроэрозии.

Каждая машина оснащена так, что общее время обработки сводится к минимуму; таким образом могут быть обеспечены такие решающие критерии, как производительность и рентабельность.

Благодаря высокопроизводительным установкам SARIX присутствие техника у станка становится излишним. После определения и ввода технологической обработки отверстий, типа электрода, а также геометрий и расположения отверстий машина может совершенно автономно контролировать производственный цикл. Отпадает необходимость в дорогостоящих доводочных обработках и заготовки могут быть непосредственно интегрированы в последующие циклы процесса.

ФИРМА SARIX S.A.

Фирма разрабатывает, производит и реализует высокоэффективные микроэлектроэрозионные установки, которые применяются главным образом в следующих отраслях промышленности: производство штампов, микроэлектроника, медицина, часовая промышленность, автомобильная промышленность, аэрокосмическая отрасль, а также в исследовательских центрах и университетах.

Производственные линии SARIX SX-100 и SX-200 используются в различных областях микроэрозионной обработки, таких, как микроэрозионная обработка отверстий, микроэрозионная прошивка и микрообработка фрезерованием и предлагают пользователю максимальную гибкость.

THE BEST MICRO EROSION
TECHNOLOGY

SARIX

3D Micro - Milling

Если Вам требуется высокопроизводительная техника для микрообработки методом электроэрозионной прошивки, обращайтесь на фирму

SARIX + 41 91 785 81 71
или посетите наш сайт
www.sarix.com



SNECMA - Site de Gennevilliers
France - 92702 Colombes
Tel: + 33 1 47 60 72 06



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



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



"АВИАДВИГАТЕЛЬ" К ИСПЫТАНИЯМ НА ПРОЧНОСТЬ ГОТОВ

Ольга Осипова

Испытательная лаборатория прочности материалов и деталей авиационных двигателей пермского КБ получила Аттестат аккредитации, удостоверяющий ее техническую компетентность. Аттестат выдан ОАО "Авиадвигатель" Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии и Межгосударственным Авиационным Комитетом. Срок действия документа – 5 лет.



Лаборатория создана для проведения экспериментальных исследований прочностных характеристик материалов основных деталей двигателя в рамках Программы создания семейства двигателей на базе унифицированного газогенератора. Основная цель экспериментальных исследований – создание банка данных о конструкционной прочности материалов. Это необходимо для перехода на Третью стратегию управления ресурсом, позволяющую рассчитывать величину прогнозируемого назначенного ресурса основных деталей двигателя без проведения ресурсных испытаний. За основу берутся результаты экспериментально обоснованных расчетов и сведения из банка данных о конструкционной прочности материалов.

Испытательный комплекс лаборатории состоит из девяти установок фирмы Walter+Bai AG (Швейцария):

- четыре электромеханические машины серии LFMZ для проведения испытаний на малоцикловую усталость, длительную

прочность, ползучесть, а также для определения кратковременных характеристик металлов и сплавов;

- сервогидравлическая машина серии LFM 100 для исследования циклической трещиностойкости при осевом нагружении;

- электромеханическая установка серии LFM 100 для определения характеристик полимерных материалов в условиях растяжения, сжатия, изгиба и сдвига при различных температурах и влажности;

- электромеханическая машина серии LFMZ 50 для проверки на термомеханическую усталость;

- сервогидравлическая установка серии LFM 6 для испытаний микрообразцов на малоцикловую усталость и циклическую трещиностойкость при осевом нагружении.

Кроме того, лаборатория оснащена высокочастотной электрорезонансной установкой серии Testronic 100 фирмы Rumul для проверки образцов на многоцикловую усталость и циклическую трещиностойкость.

Все установки укомплектованы оснасткой, позволяющей исследовать образцы при повышенных температурах, и универсальными программными пакетами, гарантирующими достоверность результатов испытаний.

Испытательный комплекс способен работать автономно, бесперебойно, в круглосуточном режиме. В текущем году планируется приобретение еще одной высокочастотной электрорезонансной испытательной установки.

Работа испытательного комплекса позволила:

- существенно сократить сроки и снизить затраты на испытания благодаря исключению потребности в опережающей циклической наработке для большинства основных деталей;

- освоить современные технологии проектирования и доводки двигателя;

- обеспечить верификацию расчетных моделей, создание новых и совершенствование существующих разработок деталей и узлов газотурбинных двигателей авиационного и промышленного назначения.

Испытания материалов и деталей проводятся как в соответствии с отечественными ГОСТами, так и в соответствии с американскими стандартами ASTM, что расширяет возможности использования результатов лаборатории.

Создание испытательного комплекса на базе ОАО "Авиадвигатель" имеет большое значение как для пермского КБ, так и для предприятий отечественного авиапрома. "Авиадвигатель" наряду с ведущими отраслевыми институтами "ЦИАМом" и "ВИАМом" создает уникальный банк данных, которым в дальнейшем смогут воспользоваться предприятия ОДК, ОАК и др.





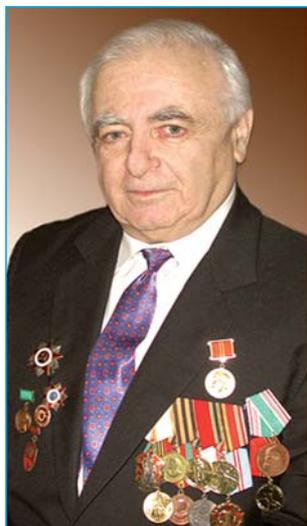
ЕДИНСТВО ВО МНОЖЕСТВЕ



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



10 февраля исполнилось 90 лет со дня рождения и 65 лет научной деятельности Льва Иосифовича Соркина одного из старейших сотрудников ЦИАМ



Лев Иосифович - участник Великой Отечественной войны, кандидат технических наук, доцент, автор большого числа научных трудов и патентов.

Он пришёл на работу в ЦИАМ из НИИ-1 (тогда - филиала ЦИАМ) в 1952 г. в момент образования лаборатории № 4 и в последующие годы прошёл путь от рядового сотрудника до её руководителя. При его непосредственном участии, в этом коллективе под руководством Г.Г. Чёрного и Г.Н. Абрамовича сформировалась широко известная теперь газодинамическая школа ЦИАМ, заслужившая уважение и признание специалистов смежных институтов и ОКБ.

Лев Иосифович многое сделал для развития уникальной экспериментальной базы института. Созданные в лаборатории № 4 в 1950-60-е гг. газодинамические стенды до сих пор верно служат при проведении тонких экспериментальных исследований.

Лев Иосифович - известный учёный, специалист в области проблем взаимодействия пограничного слоя со скачками уплотнения применительно к входным диффузорам и соплам реактивных двигателей, а также в вопросах, касающихся шума выхлопных струй. Многие из его разработок актуальны и в настоящее время.

Он принимал непосредственное участие в работах по доводке силовых установок объектов генеральных конструкторов

А.И. Микояна, П.О. Сухого, А.Н. Туполева, в результате которых были получены важные рекомендации по улучшению характеристик воздухозаборников и систем их автоматического регулирования.

В 1959 г. Льву Иосифовичу за проведённые ещё в НИИ-1 под руководством Г.И. Петрова исследования взаимодействия скачков уплотнения с пограничным слоем была присуждена премия им. Н.Е. Жуковского. В 1966 г. за научные и практические успехи он был награждён орденом "Знак Почёта".

Известна также педагогическая деятельность Льва Иосифовича. Он имеет звание доцента и многие годы передавал свои знания студентам МФТИ и МАИ. Под его руководством аспирантами ЦИАМ выполнен ряд диссертационных работ.

Последние годы Лев Иосифович посвятил научно-информационной деятельности, способствуя повышению конкурентоспособности проводимых в институте работ и исследований. С 1997 по 1999 год он возглавлял информационный отдел института - отдел № 016, а в настоящее время является ведущим научным сотрудником и бессменным ответственным редактором всех последних выпусков широко известного справочника "Иностранные авиационные двигатели". Он также активно участвует в выпуске и редактировании популярного периодического издания ЦИАМ "Обозрение. Авиационное двигателестроение". Лев Иосифович - один из самых активных и читаемых циамовских авторов журнала "Двигатель", который сердечно поздравляет своего автора с юбилеем. □

Здоровья Вам, Лев Иосифович, творческих успехов, любви и понимания родных, близких и коллег по работе и жизни!



Редакция журнала имеет честь поздравить своих читателей, авторов и всех сотрудничающих с нами со 105-летием со дня выхода первого номера журнала "Двигатель", случившегося 12 марта 1907 года. Интересно, что первый выход нашего журнала в современном виде имел место быть в те же 12 марта, но 1999 года.

И, честное слово: мы не подгадывали день выхода: так получилось. Иначе говоря, мы открываем 14-й год существования журнала в современной ипостаси. С чем Вас и поздравляем.

Читайте "Двигатель". Пишите нам.

Со следующего номера начнёт своё существование "журнал в журнале" Центрального института авиационного моторостроения.

Надеемся, этот опыт будет удачным и плодотворным.

Всегда Ваши: главный редактор журнала А.И. Бажанов, генеральный директор издательства Д.А. Боев



6-я международная специализированная выставка

Авиа
Космические
Технологии, современные
Оборудование материалы и



Казань

14-17
августа, 2012



**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**

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОЙ КОРПОРАЦИИ “ДЕЛЬТА-ТЕСТ”

Специалисты НПК “Дельта-Тест” приступили к разработке нового специального электроэрозионного прошивочного станка АРТА А30 Микро. Изначально работа ведется в рамках задачи координатной прошивки микро-отверстий в проводящих материалах электродом диаметром 100 мкм (0,1 мм) и менее. Предварительные технологические испытания прошивки отверстий вольфрамовыми электродами диаметром 140 мкм в заготовках из различных металлических материалов показали приемлемые результаты по скорости прошивки, качеству обработки и износу электрода. В настоящее время ведется прорисовка конструктива модуля, доработка генератора технологического тока. Выпуск первого опытного образца запланирован на первую половину 2012 г. В базовом исполнении станок имеет три управляемые координаты ХхYхZ (60х60х110 мм); дискретность рабочих перемещений по осям составляет 0,1 мкм, повторяемость позиционирования ±1 мкм. Для осуществления оператором визуального контроля процесса и производства выверочных операций будет применена оптическая система обзора зоны обработки с выводом на экран ЧПУ. В дальнейшем планируется дополнить опциональную возможность оснащения станка поворотным столом с управлением от ЧПУ одновременно по 4-м координатам (сейчас идет разработка такого устройства для оснащения проволочно-вырезных станков АРТА).

По серийным проволочно-вырезным станкам НПК “Дельта-Тест” в феврале 2012 г. приняла решение о прекращении приема заявок на модели АРТА 020/120 Компакт, АРТА 151 Компакт, АРТА 320. Производство данного оборудования в настоящее время осуществляется только по ранее заключенным договорам. Это связано с выходом в конце 2010 г. новой серии станков для малогабаритной обработки АРТА 123/ АРТА 153 с существенно доработанной механической частью. Практика эксплуатации новых моделей показала отличные результаты по точностным и эксплуатационным характеристикам. Основным преимуществом является уход от конструкции исполнительных механизмов, реализованной в 020/120/151/320 серии, с использованием пары шлифованный винт – разрезная (бронзовая) гайка. Аналогичное решение ранее применялась в отечественном электроэрозионном оборудовании – А207, СВЭИ и др. Слабым местом исполнительных механизмов типа винт-гайка является недостаточная жесткость (и как следствие меньшая повторяемость, ограниченная долговечность). Кроме этого, новые станки могут опционально оснащаться генератором АРТА-5М прямоточного типа с повышенной в 1,5 раза производительностью и лучшей чистотой обработки (Ra). Впервые новый генератор был представлен специалистам в 2011 г.

НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ **ДЕЛЬТА-ТЕСТ** РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ



ЭЛЕКТРОИСКРОВЫЕ СТАНКИ И ТЕХНОЛОГИИ



Электроэрозионные (электроискровые) станки **АРТА** для высокоточной 2-х - 6-ти координатной обработки

▶ **ШИРОКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ:**

- изготовление штампов и пресс-форм, инструмента
- резка нестандартных материалов (графиты, магниты, РСД)
- микрообработка (проволокой-электродом от 10мкм): нанодетали, СВЧ-техника

▶ **КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ МИРОВОГО УРОВНЯ:**

- жесткая конструкция
- прецизионные безлюфтовые ШВП, линейные направляющие (Япония)
- система ЧПУ в промышленном исполнении
- генератор технологического тока на базе мощных транзисторов с микропроцессорным управлением и отслеживанием единичных импульсов

▶ **ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ СЕРВИСА:**

- пусконаладка, обучение, гарантийное и послегарантийное обслуживание
- разработка специальных технологий обработки
- относительно невысокая стоимость расходных материалов и изнашиваемых частей (в сравнении с импортным оборудованием)



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



ФСВТС России



Генеральный устроитель: ОАО «ТВК «Россия»



Генеральный партнер: Союз машиностроителей России



ДИЗЕЛЬ - ГЕНЕРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДГУ5-П27.5-ВМ1



Дизель-генераторная установка ДГУ5-П27.5-ВМ1 с дизелем ТМЗ-520Д, имеющим дополнительную масляную систему охлаждения, предназначена для обеспечения электроэнергией постоянного тока бортовой сети различных машин при неработающем основном двигателе. Качество напряжения по ГОСТ В 21999-86. Обеспечивает работоспособность средств связи, комплекса вооружения, работу фильтровентиляционной установки, прицелов и приборов механика-водителя, зарядку аккумуляторных батарей. Дизель-генераторная

установка может эксплуатироваться в ограниченном объеме (отсеке) при температуре окружающей среды от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$, влажности 98% и запыленности окружающей среды до 3 г/м^3 , длительность непрерывной работы - не менее 24 часов. Время запуска ДГУ при температуре окружающей среды до -40°C с использованием системы предпускового подогрева топлива и масла в картере дизеля - регламентировано и не превышает 20 мин.

СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ДИЗЕЛЯ:

- воздушная от центробежного вентилятора, имеется масляный радиатор.

СИСТЕМА ПУСКА ДИЗЕЛЯ:

- основная - электростартером (24В) от аккумуляторных батарей;
Резервная - механический ручной запуск с помощью пускового шкива и шнура.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование параметра	Величина параметра
Электрическая мощность, кВт, не менее	5
Напряжение, В	$27,5 \pm 1$
Тип генератора	Постоянного тока, бесконтактный, одноопорный
Двигатель	одноцилиндровый четырехтактный дизель ТМЗ-520Д/30.24У-1 с воздушным охлаждением, с уравнивающим валом и непосредственным впрыском топлива
Расход топлива на номинальном режиме, л/ч	2,2
Диапазон рабочих температур окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$	$-50 \dots +50$
Ресурс до капитального ремонта, моточас	2000
Масса без пульта управления и блока управления, кг	125



ОДНОЦИЛИНДРОВЫЕ ДИЗЕЛИ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ



Одноцилиндровые дизели ТМЗ-450Д и ТМЗ-520Д предназначены для привода различной дорожно-строительной, коммунальной и сельскохозяйственной техники, насосных установок и автономных электроагрегатов. Возможно их применение в качестве стационарных двигателей малотоннажных судов. Дизели могут эксплуатироваться в различных климатических и географических условиях в диапазоне температур окружающей среды от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$, на высокогорье, при повышенной влажности и запыленности. В конструкции дизелей применены высокопрочные материалы, которые гарантируют высокую надежность и позволяют снизить массу. Дизели имеют низкий расход топлива и в любых условиях всегда готовы к пуску. Имеются все необходимые сертификаты соответствия. Дизели ТМЗ-520Д унифицированы с дизелем ТМЗ-450Д на 90%, имеют увеличенный рабочий объем и, соответственно, более высокую мощность, такие же габаритные и присоединительные размеры. Дизели ТМЗ-520Д могут использоваться для привода минитракторов и транспортных средств малой грузоподъемности.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДИЗЕЛЕЙ:

- воздушное охлаждение;
- встроенный генератор мощностью 400 Вт и реле-регулятор;
- подкачивающий насос, позволяющий подавать топливо из отдельного низко расположенного бака;
- ряд узлов и деталей (стартер, подкачивающий насос, вкладыши, сухари, масляный фильтр и др.) унифицированы с деталями двигателей автомобилей ВАЗ;
- запуск электростартером или ручным пусковым устройством;
- специальная свеча подогрева воздуха на впуске обеспечивает надежный запуск дизеля в условиях низких температур (до -20°C) без применения дополнительных вспомогательных средств;
- уравнивающий вал позволяет снизить уровень вибрации, что важно при использовании дизеля на транспортных средствах малой грузоподъемности;
- встроенный регулятор оборотов поддерживает любой заданный скоростной режим независимо от снимаемой с дизеля мощности и автоматически обеспечивает пусковую подачу топлива в момент запуска;
- смазка коренных и шатунных подшипников скольжения осуществляется под давлением от масляного шестеренчатого насоса;
- возможна установка защитного кожуха шкива.

Дизели могут иметь вертикальное и наклонное (30° к горизонту) расположение оси цилиндра и поставляться в различной комплектации (встроенный генератор, электростартер, фильтр очистки воздуха, глушитель, соединительная полумуфта).



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование параметра	Величина параметра	
	ТМЗ-450Д	ТМЗ-520Д
Число цилиндров	1	
Диаметр цилиндра	85	
Рабочий объем, см ³	454	520
Номинальная мощность, кВт (л.с.) при частоте вращения коленчатого вала, мин:		
- 3000	7,0 (9,5)	8,5 (12,0)
- 3600	8,0 (11,0)	9,5 (13,0)
Удельный расход топлива г/кВтч на номинальной мощности при частоте вращения коленчатого вала, мин ⁻¹ :		
- 3000	285	
- 3600	280	
Максимальный крутящий момент, Н·м (кгс·м)	22 (2,2)	25,5 (2,55)
Масса сухая без навесных агрегатов, кг	59	60



ПЕРСПЕКТИВЫ ТОРИЕВОГО ЦИКЛА

МФПУ "Синергия":

Андрей Иванович Касьян, доцент, к.т.н.

Равгат Явдатович Хамидуллин, доцент, к.т.н.

Авария на японской АЭС стимулировала исследования в области более безопасной ядерной энергетики. Вообще, каждый способ производства и преобразования энергии оказывает влияние на окружающую среду и несет определенные риски. Ядерная энергетика не является исключением. На практике существует два ядерных топливных цикла: урановый (уран-плутониевый) и ториевый (уран-ториевый). На заре атомной эры ториевая энергетика не выдержала конкуренции с урановой, поскольку не позволяла получать плутоний, используемый в ядерном оружии. Но, может быть, теперь настало время для реванша? Современная ядерная энергетика оказалась заложницей гигантских государственных вложений в первое направление, что и позволило ей сравнительно быстро появиться на свет и развиваться. Возникает естественный вопрос: могут ли ее структуры эволюционировать дальше в условиях сложных конкурентных рыночных отношений без новых огромных вложений?

Во время кризисных явлений следует отталкиваться, прежде всего, от экономической составляющей, особое внимание обращая на системообразующую проблему энергетической безопасности России. В январе 2012 г. на заседании Совбеза президент Дмитрий Медведев поручил правительству разработать Доктрину энергетической безопасности. В прошлом году была одобрена Энергетическая стратегия до 2030 года (ЭС-2030). Ясно, что энергобезопасность - одна из ключевых гарантий суверенного развития нашей страны, прямо влияющая на решение социально-экономических задач, конкурентоспособность России на глобальных рынках и рост её международного авторитета.

Применительно к экономике России можно прямо назвать наиболее вероятные серьезные угрозы в средне- и долгосрочной перспективе: неопределенность запасов важнейшего углеводородного сырья и, прежде всего, запасов нефти и природного газа, а также нерациональное использование этих запасов, чему в небольшой степени способствуют высокие цены, неумещающийся экспорт. Следует отметить высокую энергоёмкость нашего валового внутреннего продукта, низкие темпы роста энергосбережения и многое другое.

Ни у кого не вызывает сомнения, что проблемы, стоящие перед топливно-энергетическим комплексом, тесно связаны с атомной энергетикой. В некоторых странах мира (Франция, Бельгия) ядерный сектор вносит существенный вклад в энергетический баланс. Причина продуктивной работы атомных электростанций (АЭС) на конкурентном рынке кроется в низких издержках. Если, например, ориентироваться на среднюю рыночную цену 1 кг ядерного топлива, то при средней глубине выгорания 45 МВт сут/кг этого количества топлива хватит на производство 360 МВт ч электроэнергии стоимостью 0,04 евроцента за 1 кВт ч. [Глубина выгорания топлива определяется как отношение выработанной энергии (МВт) за определенное время (сут) к начальной загрузке (кг) всех тяжелых ядер.] Рыночная стоимость энергии, выработанной АЭС, различается в зависимости от типа станции, государственной политики, месторасположения и т.д.

Важно отметить, что ядерная энергетика включается в "стандарт "чистой" энергетики", решающей серьезные экологические

проблемы [1]. У нас развитие неуглеродной энергетики - атомной, гидроэнергетики, ветровой, солнечной - является одной из важных стратегических инициатив ЭС-2030. В специально созданной при Президенте РФ комиссии по модернизации экономики основными (приоритетными) направлениями объявлены повышение энергоэффективности, ядерные технологии, суперкомпьютеры, космические технологии и др. Следует отметить, что в реализации федеральной программы по инновационным ядерным технологиям роль науки должна быть определяющей. Президент РФ поставил перед учеными и инженерами три конкретные задачи: существенно оптимизировать эксплуатационные характеристики водо-водяных реакторов типа ВВЭР, сформировать новую технологическую базу атомной энергетики на основе замкнутого топливного цикла с реакторными установками на быстрых нейтронах и выйти, в долгосрочной перспективе, на управляемый термоядерный синтез.

И ещё: реальное положение в энергетике таково, что её основой сегодня, к сожалению, является углеводородное топливо. Это в известной мере определяет экономику и политику. Но переработка углеводородов в топливо (в итоге - сжигание), и нецелесообразна, и может привести к серьезным социальным и экологическим последствиям даже в масштабах планеты, т.к. имеет дело с невозобновляемым источником, сопровождается парниковым эффектом и т.д. (Правда, относительно нефти, существует так называемая абиотическая теория её происхождения, основанная на идеях русского ученого Николая Кудрявцева. Их суть заключается в том, что на планете Земля существуют углеводороды абсолютно неорганической природы, которые из глубин поднимаются вверх по сети изломов и трещин в породе и т.д. Эта гипотеза принимается лишь ограниченным числом ученых). Дефицит углеводородов (в первую очередь нефти) по пессимистическим прогнозам станет весьма ощутимым уже к 2030 г. По некоторым сценариям в ближайшие 10-20 лет нефти в мире просто не будет хватать, и цены на неё вырастут во много раз, но нам уже возможно нечего будет продавать, и более того, самим придётся покупать нефть...

В наступившем десятилетии, тем не менее, углеводородная энергетика будет оставаться, несомненно, преобладающей, хотя многие государства понимают, что дальнейшая нещадная эксплу-

атация недр - тупиковый путь, и необходимо развивать альтернативные источники энергии, в том числе, ядерные. После того, как страхи о масштабных последствиях аварии АЭС в Японии улеглись, многие заявили о намерении присоединиться к мировому атомному энергетическому клубу. К 2030-2040 годам примерно три десятка стран собираются ввести в действие до 40 атомных реакторов суммарной мощностью приблизительно 1000 ГВт. Многие из них будут построены по российским технологиям, которые во всем мире признаны передовыми. Россия готова (вместе с МАГАТЭ) заниматься вопросами обеспечения их безопасности и т.п. Международное энергетическое агентство прогнозирует, что доля атомной энергетики в общемировой выработке электроэнергии вырастет до 2035 г. на 70 %. В настоящее время в России эксплуатируется 32 ядерных энергоблока. По итогам прошлого года выработано рекордное количество электричества - 172,4 млрд кВт·ч. Атомная отрасль - одна из передовых у нас. Она включает в себя и добычу урановой руды, и производство ядерного горючего, и эксплуатацию АЭС и многое другое. В настоящее время создаются реакторы нового поколения. Правительство выделило более 100 млрд рублей на программы научных исследований в атомной отрасли и т.д. В отрасли планируется до 2020 г. ввести около 32 ГВт генерирующих мощностей, в результате чего установленная мощность АЭС России должна превысить 53 ГВт. По оценкам специалистов, выполнение программы позволит к 2020 г. увеличить долю производства электроэнергии на АЭС до 20...30 % в целом по стране и до 30...40 % в европейской части России. На международной арене государственная корпорация "Росатом" нарастила почти вдвое количество контрактов на строительство энергоблоков. Кроме энергореакторов, российские атомщики открыли Китаю дверь в клуб владельцев технологии быстрых реакторов, введя в строй экспериментальный реактор на быстрых нейтронах CEFR. Процессы, происходящие в отрасли, достойны рассмотрения, но - это тема другой статьи. Особое внимание мы уделим проблеме "чистой" и "безопасной" энергии.

Ядерный топливный цикл - это совокупность всех технологических операций по добыче руды, изготовлению топлива, использованию топлива в реакторах, переработке отработанного топлива (ОЯТ), обращению с радиоактивными отходами (РАО). Различают два вида топливного цикла: открытый и закрытый (замкнутый). В открытом цикле отработанное топливо считается радиоактивными отходами и вместе с остальными отходами исключается из дальнейшего использования. В закрытом, в отличие от открытого, осуществляется переработка ОЯТ. Поэтому открытый цикл характеризуется низкой эффективностью использования делящихся материалов (единицы процентов). Если быть более точным, то замкнутый урановый цикл подразделяется на цикл с регенерацией урана и с регенерацией урана и плутония. Последний предполагает развитие производства смешанного уран-плутониевого топлива. За прошедшие 30 лет проводилась частичная радиохимическая переработка отработанного ядерного топлива с флотских реакторов, реакторов ВВЭР-440 и некоторых других. Но, в целом, можно констатировать, что для российской ядерной энергетики характерен разомкнутый урановый топливный цикл. Переработка ОЯТ во много раз расширяет сырьевую базу отрасли.

Единственный альтернативный источник энергии определенно не органического происхождения, находящийся в земной коре, - это атомы некоторых элементов (урана, тория), которые сформировались задолго до появления Солнечной системы. Что касается урана, то почти 95 % мировой его добычи идет сегодня в производство электроэнергии. Разведанные запасы оцениваются в 6 млн т (и более 20 млн т в фосфатных месторождениях). К перспективным ресурсам относят уран, содержащийся в морской воде (40 млрд т). По распространенности уран можно сравнить с цинком. В земной коре его примерно 1,5 трлн т. Эти оценки расходятся, но более важен вопрос о способности добывающей промышленности удовлетворить потребности экономики. Самого урана по совокупной массе, более-менее доступного, на Земле хватит примерно на полстолетие. Если же построить замкнутый цикл (реализация которого свя-

зана с реакторами на быстрых нейтронах) - то может хватить на 10 000 лет.

В СССР и России за прошедший период добыто более полутора млн т природного урана. После распада СССР у нас осталось чуть больше одной трети урансодержащих руд. Россия в прошедшем году обеспечила себе объем добычи природного урана свыше 7 тыс. т, что на 35,7 % больше, чем в 2010 г. Но на территории самой России добывается меньше - 4 тыс. т. Конечно мы можем увеличить добычу у себя. Но "Росатом" поступил по-другому и осуществил скупку урановых месторождений за пределами евразийского континента. Самая известная сделка - покупка контроля над канадским добытчиком урана Uranium One, имеющим лицензии на добычу этого элемента во многих странах. В июне прошедшего года "Росатом" приобрел австралийскую Mantra Resources, флагманским проектом которой является освоение месторождения в Танзании. Более того, известно, что ряд ураносодержащих участков в Африке купили и несколько не связанных с "Росатомом" крупных российских компаний. Очевидно, что на фоне очередной "волны" нестабильности в мировой экономике "Росатом" постарается еще более увеличить свои запасы урана за пределами России. В российской корпорации считают, что это даст ей несомненное преимущество перед другими крупнейшими компаниями мира, прежде всего перед канадской Cameco и французской Areva. *"Крупнейшие мировые компании Cameco и Areva после 2024 года ждет спад производства из-за истощения крупнейших рудников "Макартур Ривер", "Сигар-Лэйк", "Акута". Остаточные запасы составят 38 % от первоначальных"*, - считает заместитель генерального директора АРМЗ Александр Бойцов. Наши фирмы стали крупнейшими мировыми поставщиками низкообогащенного урана, поставляя его не только в почти всю Юго-Восточную Азию и Европу, но и в США. (В скобках заметим, что примерно половина топлива на американских атомных электростанциях - это топливо из бывших советских ядерных боеприпасов). В итоге, наша страна сейчас вышла на второе место в мире по запасам урана. Причем мы получили в собственность почти 20 % запасов урана на территории США. Получается, что наши современные суммарные запасы превосходят миллион тонн (плюс несколько миллионов тонн с низким содержанием и трудно извлекаемые). Урановым топливом мы, по-видимому, обеспечили себя на многие годы. Если продолжить эту тему, то нельзя утверждать, что у нас проблема с ураном закрыта, т.к. кроме энергетики уран может потребоваться для транспортных реакторов, космических систем и т.д. К 2020 г. годовая потребность в природном уране у нас оценивается экспертами вплоть до уровня приблизительно в 30 тыс. т и даже больше. Ожидается, что истощение углеводородных источников и другие факторы к середине века в конечном итоге приведут не только к удорожанию энергии и т.п., но и к различным международным конфликтам. Современный урановый рынок сложен и во всем мире является ареной жестких конкурентных столкновений. С этой точки зрения хорошо, что Германия уходит отсюда. Но такие страны как, например, Индия, Китай, наоборот, стремятся на рынок, что стимулирует спрос на уран. Ки-



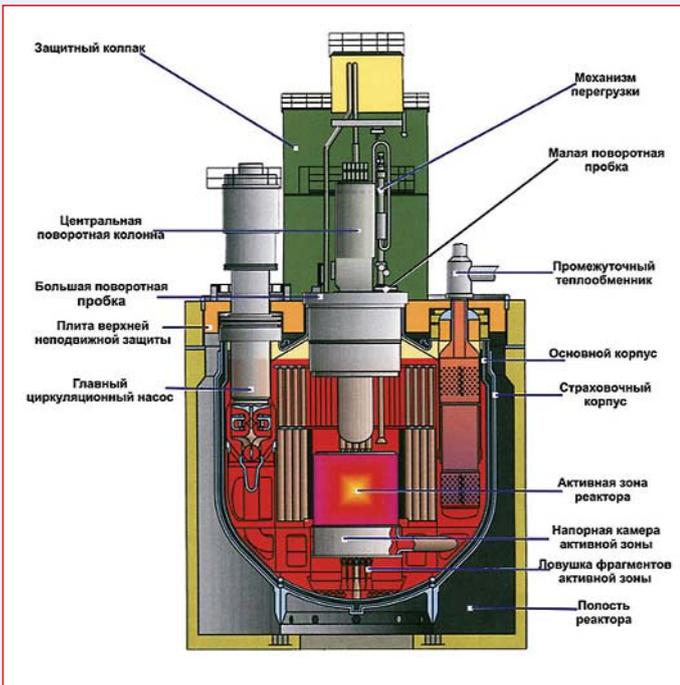


тай планирует четырехкратное увеличение потребления урана к 2020 г. Ему, по мнению экспертов, возможно, предстоит "сложная работа с будущим урановым картелем, созданным по типу ОПЕК на основе казахских и монгольских запасов и во главе с Россией". Особое место здесь занимает Казахстан, против которого начинается сложная политическая игра. Казахстан обладает прекрасными месторождениями (не только урана). На его долю приходится примерно третья часть поставок урана на глобальный рынок. Исторически так сложилось, что значительный объем урана обычно добывался в Казахстане, но перерабатывался в России. В плане обогащения урана Казахстан зависит от России, на долю которой приходится чуть меньше половины всех мировых мощностей по обогащению урана (завод по переработке в Казахстане сейчас строится). Западные эксперты полагают, что Россия и Казахстан стремятся вместе занять такое положение, которое позволит им доминировать на глобальном урановом рынке. Почему же "мировой страж порядка" не противодействует этим тенденциям? Америку, по-видимому, в первую очередь беспокоит вход в атомный клуб новых стран. Впрочем, предпринимаются меры для сдерживания Китая, России и Ирана, создается группировка, куда втягивают такие страны как Узбекистан и Таджикистан. Что же касается непосредственно Казахстана, то, здесь наблюдается странная корреляция "независимых" событий. В прошедшем году в г. Актобе произошел первый из серии теракт. Сразу после этого подписывается соглашение о воздушном транзите военных грузов в Афганистан. За несколько часов до встречи Назарбаева и Лукашенко в Астане взрывается смертник. После того как Президент Нурсултан Назарбаев заявил о стремлении развивать отношения с Россией, вступить в таможенный союз и т.д., террористы опять подняли головы и теракты продолжились. Западная пресса начала кампанию о религиозных притеснениях в Казахстане, о недемократических выборах, о несоблюдении прав и свобод и т.д. А недавно организована попытка дестабилизации в нефтедобывающем регионе Казахстана. Можно предположить, что Жанаозеном дело не ограничится... Обстановка не простая. По мысли западных борцов за демократию "народ Казахстана должен выступить против диктатуры...". Все это должно произойти по образу "демократических преобразований" в Ливии. Не надо думать, что России это не касается. В Казахстане проживает большой процент русскоязычного населения (около 3 млн). Сейчас наблюдается "вторая волна эмиграции" из Казахстана. Если там начнутся междоусобные войны, то и Китай и Россия наверняка будут отрезаны от энергоресурсов, у них появятся серьезные проблемы на границах. Результатом всех этих процессов может стать окончательное вытеснение из Центральной Азии всего русского: и населения, и языка, и культуры. Поэтому надо внимательно присмотреться кому все это выгодно. Что же касается ряда других стран, то мы видим, что они, без оглядки на Америку, стремятся проводить свою собственную политику, в том числе и по урану. Так, например, Иран желает самостоятельно проводить обогащение урана. Но западными средствами информации это преподносится, как разработка ядерного оружия. По этому поводу можно предположить, что если Иран все же де-факто вступит в атомный клуб, то обязательно за ним потянутся и другие. Это в итоге приведет к дальнейшему обострению.

Вернемся в Россию. Из сказанного ясно, что Россия имеет хорошие перспективы для того, чтобы стать ведущим игроком в коммерческой атомной отрасли в XXI веке. Исходным пунктом в этой истории является добыча руды и производство уранового концентрата. Еще во времена СССР для добычи и переработки урана вблизи разведанных месторождений были построены горнодобывающие и перерабатывающие предприятия. Добыча производилась и открытым способом (карьеры) и в рудниках. Все эти предприятия, к сожалению, оказывали неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Заметим, что любое предприятие, добывающее полезные ископаемые, оказывает негативные воздействия. (Так, например, в Канско-Ачинском угольном бассейне 6 тыс. га сельскохозяйственных угодий выведены из оборота). Основными источниками загрязнения являются карьеры и "хвостохранилища" (складированные отвалы переработанной руды и отходы). Лермонтовское ПО "Алмаз" и Новотроицкое рудоуправление осуществляли добычу и обогащение ториевых руд рассыпных месторождений. Здесь также обнаружено загрязнение почвы, подземных и поверхностных вод (причем торий "обгоняет" уран). Из семи крупных уранодобывающих комбинатов Союза в России остался сейчас только один - Приаргунский горно-химический комбинат, находящийся в Читинской области. Открытый (карьерный) метод в России сейчас не применяется, а месторождения разрабатываются шахтным методом (глубина порядка километра). В настоящее время разработаны новые, более совершенные экологически эффективные технологии и операции. Разрабатываются схемы обогащения руды, когда процесс осуществляется на глубине до подъема горной массы на поверхность. Разработаны такие технологии как, например, автоклавное выщелачивание руды в крупных закрытых резервуарах с нагревом, что приводит к превращению серы сульфидов в серную кислоту и т.д. В "Росатоме" не скрывают, что концентрация урана в российских месторождениях крайне низка (порядка 0,3 % и даже ниже, тогда как, например, в Канаде 3...4 %.) а многие месторождения "трудно извлекаемые", однако потребность в сырье не исключает их разработку. На внешних запасах урана "Росатом", видимо, будет держаться до той поры, пока себестоимость их добычи будет ниже российских.

Обогащением урана у нас занимаются четыре предприятия (Ангарский электролизный химический комбинат, ПО "Электрохимический завод", Уральский электрохимический комбинат, Сибирский химический комбинат) которые объединены в компанию "ТВЭЛ" госкорпорации "Росатом". Надо отметить, что в рамках компании консолидированы мощности всего топливного цикла - от обогащения урана до производства ядерного топлива. Предприятия расположены по всей стране: от Санкт-Петербурга до Ангарска, на них занято около 40 тыс. человек. Обогащение осуществляется в газовых центрифугах, где газ (гексафторид урана) раскручивается с огромной скоростью - 1500 оборотов в секунду. При этом более тяжелый изотоп (уран-238) "отжимается" к стенке, тогда как более легкий (уран-235) остается у оси вращения. Таким образом, удается разделить изотопы. Если соединить десятки тысяч центрифуг, то можно добиться высокой производительности.





В итоге мы приходим к тому, что для "заправки" реакторов атомных электростанций используется уран, но не простой, а обогащенный (несколько процентов). Без обогащения уран можно использовать в реакторах на тяжелой воде. В ядерном реакторе протекает управляемая цепная ядерная реакция, сопровождающаяся выделением энергии. А что представляют собой атомные электростанции? По сути - это тепловые электростанции. Выделяемая ядерная энергия (другими словами, тепло) преобразуется в электрическую. Кардинальным отличием от тепловых электростанций, работающих на органическом топливе, является то обстоятельство, что АЭС работает на ядерном горючем (в основном, U-235, Pu-239, но не исключено и применение U-233). При делении 1 г изотопов урана или плутония высвобождается примерно 22 500 кВт ч, что эквивалентно энергии, содержащейся в 2800 кг условного топлива. Классификация АЭС такова (по типу реактора): 1) ВВЭР (PWR) - корпусные водо-водяные реакторы под давлением; 2) BWR (ABWR) - кипящие реакторы; 3) PHWR (CANDU) - реакторы на тяжелой воде; 4) GCR, AGR - газоохлаждаемые реакторы; 5) РБМК - реакторы большой мощности канальные; 6) БН (FBR) - реакторы на быстрых нейтронах; 7) НТР - высокотемпературные. Подавляющее большинство эксплуатируемых реакторов - это реакторы на тепловых нейтронах водо-водяного типа ВВЭР (PWR). Они используют обычную воду в качестве замедлителя и теплоносителя. До Чернобыльской катастрофы наши ученые говорили о том, что в атомной энергетике будут в основном работать реакторы двух классических типов (медленные). Один из них, ВВЭР - водо-водяной энергетический реактор, а другой - РБМК - реактор большой мощности канальный (ЧАЭС). Далее, если в реакторе образуется новый делящийся материал, отличный от выгорающего, то реактор называется конвертором. Если вторичный нуклид совпадает с первичным, то реактор называется бридером.

Для того, чтобы поподробнее рассмотреть вопросы, связанные с безопасностью, рассмотрим как получается "атомная энергия". Еще раз отметим, что она концентрирована в необычайной степени. При самом экономном использовании угля один килограмм может дать только 7 кВт ч электроэнергии. Для газа в два раза больше. Но с одного килограмма уранового топлива можно получить до 360 МВт ч электроэнергии. Физика процесса основана на цепной реакции деления.

В цепной реакции, происходящей в активной зоне, тяжелые ядра (например, урана) делятся и при этом возникают новые нейтроны, что дает предпосылки к дальнейшим делениям. Эту картину можно представить наподобие биллиарда. Множество маленьких шариков (нейтроны) налетают на более крупные шары (это ядра тя-

желых атомов). При попадании нейтроны рассеиваются как шары, но иногда (с некоторой вероятностью) происходит деление ядер. Если ядро тяжелого атома разделилось, то выделяется энергия и в среднем возникает около двух-трех новых нейтронов. Часть родившихся нейтронов может попасть в соседние ядра и снова вызвать деление. Такой лавинообразный процесс называется цепной реакцией. Самоподдерживающаяся цепная реакция деления идет в реакторе, точнее в среде (активной зоне), в которой обеспечен процесс размножения нейтронов. Нейтроны являются тем "философским камнем", с помощью которого и энергию может выделить и золото получить. Но здесь не обойтись ретортой и горелкой. "Горелка" должна представлять собой фундаментальное сооружение - шедевр человеческой мысли, обеспечивающее успешный процесс. С другой стороны, поскольку цепная реакция обладает определенной "самостоятельностью", нельзя исключить вероятности выхода ее из-под контроля, когда энергии выделится "слишком много". В этом кроется основная проблема безопасности современных реакторов. Сразу нужно отметить, что ядерного взрыва в реакторе невозможно осуществить. Конструкция активной зоны такова, что нейтроны теряют значительную часть своей энергии (даже в случае быстрых реакторов - на порядок). Поэтому аварийный разгон реактора следует рассматривать как неуправляемую вспышку делений. Например, в катастрофической чернобыльской аварии в реакторе 4 блока произошло не более 8 1020 актов делений, что составило в тротиловом эквиваленте около 5 т тринитротолуола. Получается, что для нагрева до испарения активной зоны требуется разделить всего лишь несколько миллиграмм тяжелых ядер, в то время как при ядерном взрыве делится килограмм и более. Катастрофические последствия аварии связаны с выбросом радиоактивности в окружающую среду.

Рассматривая принципы, положенные в основу функционирования реактора, сразу сделаем некоторые замечания. Из материалов, пригодных для применения на практике (уран-235, уран-233, плутоний-239) только уран-235 существует, как мы знаем, в окружающем нас мире: он составляет примерно 0,7 % природного урана. Указанные тяжелые ядра актиноидов делятся любыми нейтронами (с некоторой вероятностью), лишь бы только произошло "попадание" нейтрона в ядро. Поэтому указанные ядра носят название делящихся. Их участие "в игре" обусловлено только одним обстоятельством - доступностью. Некоторые другие ядра также являются делящимися, но они малодоступны. Забегая вперед, скажем, что ядерные реакции с огромным энерговыделением могут происходить и в результате синтеза (слияния) легких ядер, например изотопов водорода - дейтерия и трития. Эти реакции - основа термоядерного синтеза.

Из природного урана чистый радионуклид - уран-235 может быть получен "отделением" от других изотопов, в первую очередь урана-238. В настоящее время наиболее практичным способом разделения изотопов является газоцентрифужный метод. Плутоний-239 и уран-233 в природе не существуют. Они могут быть получены в реакторах в результате захвата нейтронов ядрами того же урана-238 (получается плутоний) или ядрами тория-232 (уран-233). Заметим, что плутоний и уран-233 будут образовываться в любом реакторе, если там содержится уран-238 или торий. В связи с этим ядра урана-238 и тория-232 могут быть косвенно "использованы" в качестве горючего и их называют сырьевыми.

В итоге получаем, что наряду с уран-плутониевым существует еще один цикл - уран-ториевый. Здесь уран упоминается по той причине, что для запуска реакций должен сначала использоваться уран-235, а потом в процессе реакций из тория-232 синтезируется делящийся изотоп урана-233. (Более выгодно для стартовых загрузок использовать плутоний. Особенно это будет сказываться в случае замыкания топливного цикла). К уран-ториевому циклу периодически вспыхивает значительный интерес. Опыт использования в энергетике уран-плутониевого цикла выявил ряд негативных моментов, заставляющих время от времени вспоминать об альтернативах.

(Продолжение следует.)

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ И АФЧХ

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.



Юрий Львович Беренс, физик-экспериментатор, специалист по проблемам неустойчивости в ЖРД

Торсионно-волновая парадигма турбулентности базируется на феноменологическом векторном уравнении Навье-Стокса, которое в замкнутой форме описывает одновременно пространственный и временной аспекты течения подвижных сред. На основании этого уравнения возможно исследовать все виды элементарных движений: волнового, поступательного, вращательного и торсионного. Большое значение для практики ЖРД играет волновое движение, которое является основой теории нелинейной неустойчивости процессов. С помощью этого уравнения возможно определять основные рабочие характеристики и проектные параметры камеры сгорания и сопла. Наиболее важной характеристикой является амплитудно-фазово-частотная, которая уже на стадии проектирования нового перспективного двигателя может гарантировать его надежную работу.



Ольга Михайловна Меньшикова, физик-теоретик, специалист по проблемам неустойчивости в ЖРД

В соответствии с [1] торсионно-волновая парадигма турбулентности может быть трактована как две взаимосвязанные науки. Это - наука о линиях тока (турбулентность в традиционном ее понимании) и наука о колебаниях подвижной среды (для ЖРД и прочих двигателей - наука о неустойчивости). В практической деятельности эти две науки необходимо рассматривать одновременно. Общим уравнением, лежащим в их теоретической базе, является феноменологическое уравнение Навье - Стокса. Анализ этого уравнения с безусловным сопоставлением его результатов с экспериментальными фактами есть гарантия познания истинных положений парадигмы и источник методических инструментов в практической деятельности. Далее будут рассмотрены некоторые преобразования данного уравнения с целью получения в дальнейшем рабочих соотношений, необходимых для определения амплитудно-фазово-частотных характеристик (АФЧХ) при анализе возможных аварийных ситуаций ЖРД в условиях реализации неустойчивых процессов при его работе.

Векторные преобразования уравнения Навье-Стокса

В общем виде уравнение движения Навье-Стокса для сжимаемой текущей среды записывается как

$$\frac{d\bar{V}}{d\tau} + \text{grad}\left(\frac{p}{\rho} + \frac{\bar{V}^2}{2} - \frac{v}{3} \text{div } \bar{V}\right) + [\text{rot } \bar{V} \times \bar{V}] - v \Delta \bar{V} = 0.$$

Привлечем для преобразований уравнение неразрывности и применительно к камерам ЖРД получим

$$\text{div } \bar{V} = - \frac{dp}{\rho} \frac{v_k}{d\tau} = - \frac{dm}{\rho v_k d\tau} = - \frac{p F_{кр} k}{\rho \beta v_k k} = - \alpha^2 \frac{\pi_{кр} F_{кр}}{k V_{кр} v_k}.$$

Здесь p и ρ - статическое давление и плотность;
 v_k и $F_{кр}$ - объем камеры и площадь критического сечения;
 $\beta = \alpha_{кр} / \pi_{кр} k$ - расходный комплекс;
 $\alpha^2 = k\rho/\rho$;

$\alpha_{кр}$, $\pi_{кр}$ и k - скорость звука в критическом сечении, газодинамическая функция давления в критическом сечении и показатель адиабаты Пуассона.

Вводя понятие эффективной длины $L_{эф,кр} = V_k / F_{кр}$ и учитывая, что в диапазоне $k = 1,12...1,2$ величина $k/\pi_{кр} \approx 2$, окончательно запишем

$$\frac{v}{3} \text{div } \bar{V} = - \alpha^2 \frac{1}{3 \frac{k}{\pi_{кр}} \cdot \frac{V_{кр} L_{эф,кр}}{v}} \approx - \frac{\alpha^2}{6 Re_{эф,кр}}.$$

Тогда общая запись под градиентом будет выглядеть следующим образом

$$\alpha^2 \left(\frac{1}{k} + \frac{M^2}{2} + \frac{1}{6 Re_{эф,кр}} \right).$$

Численно сравнивая сумму двух первых членов этого соотношения с третьим можно показать, что последний намного меньше двух предыдущих и им можно пренебречь. Тогда

$$\text{grad}\left(\frac{p}{\rho} + \frac{\bar{V}^2}{2} + \frac{\alpha^2}{6 Re_{эф,кр}}\right) \approx \text{grad}\left(\frac{p}{\rho} + \frac{\bar{V}^2}{2}\right).$$

Анализ экспериментальных результатов натуральных двигателей различных размерностей, проведенный К.И. Светушкиным [2] показал, что изменение полного давления по длине камеры сгорания не превышает 1%. Это означает, что величина градиента в уравнении практически равна нулю, а уравнение для сжимаемой среды применительно к камерам ЖРД может быть записано в виде

$$\frac{d\bar{V}}{d\tau} + [\text{rot } \bar{V} \times \bar{V}] - v \Delta \bar{V} = 0.$$

Сделаем еще одно замечание. В предыдущей работе [1] была доказана теорема 1 об элементарных движениях текущей среды. Запись через общий градиент позволяет трактовать эту теорему как справедливую для сжимаемой жидкости, а наличие общего градиента не меняет его смысла элементарного поступательного движения. Все остальные члены, характеризующие элементарные движения остаются неизменными.

Безразмерная форма уравнения автоколебательной системы

Главное газодинамическое уравнение автоколебательного звена [1] запишем в виде

$$\frac{d^2 p}{d\tau^2} + \frac{4}{R^2} \frac{dp}{d\tau} + \mu V \frac{d\Delta V}{d\tau} = 0.$$

Преобразуем третий член данного уравнения (k - показатель адиабаты, p - давление, M - число Маха)

$$\mu V \frac{d\Delta V}{d\tau} = v \frac{\rho}{\rho_{кр}} \cdot \kappa V \frac{d\Delta V}{d\tau} \rho = v \frac{\kappa M^2}{V} \frac{d\Delta V}{d\tau} \rho.$$

Для условий камеры сгорания ЖРД и в соответствии с теоремой 2 [1]

$$\Delta V = -\text{rot rot } V = 4\omega^2/V = 4\omega/R,$$

получим

$$\mu V \frac{d\Delta V}{d\tau} = -4v \frac{\kappa M^2}{V} \frac{d}{d\tau} \frac{\omega}{R} \rho.$$

После взятия производной от отношения ω/R получим

$$\mu V \frac{d\Delta V}{d\tau} = 4v \frac{\kappa M^2}{R^2} \frac{d \ln \frac{R}{\omega}}{d\tau} \rho.$$

Далее главное уравнение колебательного звена приведем к безразмерному виду. Для этого функцию статического давления p поделим на полное давление в камере сгорания ρ_0 , а время

представим в безразмерном виде, отнеся его к периоду колебательной функции

$$\pi = p/p_0 \text{ и } \bar{\tau} = \omega_0 \tau / 2\pi.$$

Здесь ω_0 - собственная частота системы, заменившая период, $\pi = 3,14...$ Тогда уравнение принимает следующий вид

$$\frac{d^2\pi}{d\bar{\tau}^2} + \frac{8\pi v}{R^2\omega_0} \frac{d\pi}{d\bar{\tau}} + \frac{8\pi v}{R^2\omega_0} \cdot \kappa M^2 \frac{d \ln \frac{R}{\omega}}{d\bar{\tau}} \pi = 0.$$

Видно, что перед искомой функцией и её первой производной стоят безразмерные комплексы (критерии). Если для краткости их обозначить соответственно как

$$Be = v/R^2\omega_0 \text{ и}$$

$$Me = \kappa M^2 \frac{d \ln \frac{R}{\omega}}{d\bar{\tau}}.$$

то последнее уравнение превратится в следующее

$$\frac{d^2\pi}{d\bar{\tau}^2} + 8\pi Be \frac{d\pi}{d\bar{\tau}} + 8\pi Be \cdot Me \cdot \pi = 0.$$

Полученное уравнение для главного колебательного звена является уравнением Навье-Стокса, записанным применительно к колебательным процессам в автоколебательном контуре. Оно является универсальным и в самом общем виде может характеризовать различные колебания систем ЖРД (камеру, систему подачи и т.п.). С математической точки зрения его можно рассматривать как обобщающее уравнение многих специальных функций. Так, например, если критерии постоянны, то данное уравнение может быть отнесено к уравнению линейного осциллятора. Если критерии могут быть представлены через индексы функции Бесселя, то уравнение становится уравнением Бесселя и может быть использовано при описании процессов в конструкциях с осесимметричной конфигурацией. В случае сферической симметрии конструкции, уравнение может быть превращено в уравнение Лежандра. В общем случае, при соответствующем подборе параметров, уравнение может превратиться в уравнения Римана, Гаусса Куммера, Лагерра, Эрмита и др.

Амплитудно-фазово-частотные характеристики

Амплитудно-фазово-частотными характеристиками (АФЧХ) называется функциональная взаимосвязь всех трех из названных параметров: амплитуды - максимального значения отклонения давления от точки равновесия при возникновении автомодельных колебаний, в условиях неустойчивой работы ЖРД, частоты этих колебаний и фазы. Наиболее наглядно эта взаимосвязь проявляется при анализе главного уравнения колебательного звена

$$\frac{d^2p}{d\bar{\tau}^2} + \frac{4v}{R^2} \frac{dp}{d\bar{\tau}} + \frac{4v}{R^2} \cdot \kappa M^2 \frac{d \ln \frac{R}{\omega}}{d\bar{\tau}} p = 0.$$

Поскольку статическое давление системы, определяет в случае начала неустойчивой работы ЖРД общий газодинамический аспект и колебательный аспект, для удобства его можно разложить на сумму некоего среднего давления и колебательной его составляющей $p = \bar{p} + \tilde{p}$.

В отличие от рейнольдсова подхода, где так называемому распульсированию были подвергнуты, в том числе и векторная величина скорости турбулентного потока, данная операция является математически строгой, так как давление представляет собой скалярную функцию и не требуется заботиться о её направлении. После чего главное газодинамическое уравнение колебательного звена может быть представлено в виде

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

Уравнение превратилось в нелинейное уравнение второго порядка относительно колебательной составляющей давления. Следует отметить, что если неустойчивость не возникает, точнее, если не возникает хотя бы колебаний относительно некоего среднего постоянного по величине статического давления, то уравнение

превращается в уравнение с нулевыми членами и тогда для газодинамических расчетов можно пользоваться главным газодинамическим уравнением системы. Для условий ЖРД, когда $\bar{p} = \text{const}$, то уравнение можно записать в безразмерном виде, полагая

$$\pi^0 = \tilde{p}/\bar{p};$$

$$\frac{d^2\pi^0}{d\bar{\tau}^2} + 4 \frac{v}{R^2} \frac{d\pi^0}{d\bar{\tau}} + 4 \frac{v}{R^2} \frac{d\pi^0}{d\bar{\tau}} \cdot \kappa M^2 \frac{d \ln \frac{R}{\omega}}{d\bar{\tau}} \pi^0 = 4 \frac{v}{R^2} \kappa M^2 \frac{d \ln \frac{R}{\omega}}{d\bar{\tau}}.$$

В случае постоянства коэффициентов в левой части уравнение, соответствует вынужденным колебаниям. При этом после введения обозначений

$$2\delta = 4v/R^2,$$

где δ - коэффициент затухания;

$$\omega_0^2 = 4 \frac{v}{R^2} \kappa M^2 \frac{d \ln \frac{R}{\omega}}{d\bar{\tau}}.$$

ω_0 - собственная частота колебательной системы;

$$F = 4 \frac{v}{R^2} \kappa M^2 \frac{d \ln \frac{R}{\omega}}{d\bar{\tau}} = F_B \sin \omega_B \cdot \bar{\tau},$$

где F - вынуждающая сила, уравнение принимает вид

$$\frac{d^2\pi^0}{d\bar{\tau}^2} + 2\delta \frac{d\pi^0}{d\bar{\tau}} + 4 \omega_0^2 \pi^0 = F_B \sin \omega_B \cdot \bar{\tau}.$$

Отметим, что коэффициент перед третьим членом в левой части и правая часть являются функциями сжимаемости, так как они содержат число Маха. Это означает, что именно эти функции определяют упругость колебательной системы и именно они формируют частотные характеристики колеблющейся среды. Общее решение такого дифференциального уравнения с правой частью есть сумма общего решения уравнения без правой части и частного решения данного уравнения

$$\pi^0 = \pi_{\text{max}}^0 e^{-\delta\bar{\tau}} \cos(\omega_0\bar{\tau} - \varphi) + A \sin \omega_B \bar{\tau} + B \cos \omega_B \bar{\tau}.$$

Здесь коэффициенты A и B определяются путем повторного дифференцирования общего решения и последующего приравнивания коэффициентов при синусах и косинусах. Максимальное значение π_{max}^0 и величина сдвига фаз φ определяется на основании начальных условий

$$\pi_{\text{max}}^0 = \frac{F_B}{\omega_B^2} \sqrt{\left(1 - \frac{\omega_B^2}{\omega_0^2}\right)^2 + 2 \frac{\delta^2}{\omega_0^2} \frac{\omega_B^2}{\omega_0^2}}, \quad \varphi = \arctg \frac{2 \frac{\delta}{\omega_0} \frac{\omega_B}{\omega_0}}{1 - \frac{\omega_B^4}{\omega_0^4}},$$

где $\delta_{\text{кр}}$ - коэффициент критического затухания, то есть та граница, при которой дискриминант характеристического уравнения становится отрицательным и решение теряет смысл. Анализ показывает, что при равенстве частот ω_0 и ω_B значение амплитуды π_{max}^0 - наибольшее. При таком равенстве может наступить резонанс и реализуется вторая потеря устойчивости работы ЖРД. Но даже в случае резонанса конструкция может остаться работоспособной, если будет достаточно циклической прочности материала. При $\omega_0 = \omega_B$ величина сдвига фаз становится равной 90 градусам. На рис. 1 и 2 в виде иллюстраций представлены наиболее типичные амплитудно-частотные и фазово-частотные характеристики.

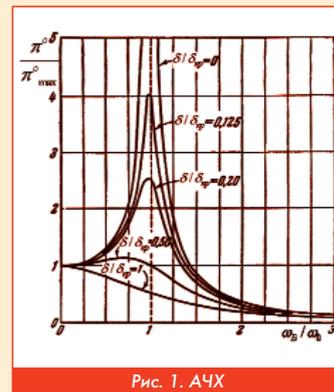


Рис. 1. АЧХ

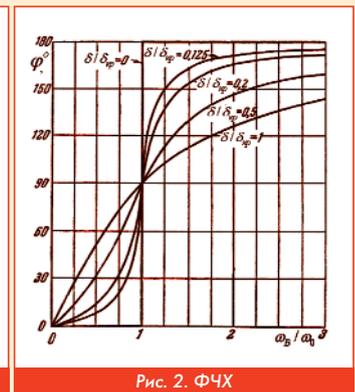


Рис. 2. ФЧХ

Формирование начальных условий задачи

Для того чтобы конкретизировать начальные условия рассмотрим подробно каждое из них. Условие $\pi^0(\tau = 0) = \pi_0$ равносильно заданию статического давления p в начальный момент времени. Второе условие равносильно заданию производной от статического давления $dp/d\tau$ также в начальный момент времени. Преобразуем последнее выражение следующим образом

$$\frac{dp}{d\tau} = \alpha^2 \frac{dp}{d\tau} = \frac{\alpha^2}{v_k} G.$$

Второе начальное условие, по существу, превратилось в условие по расходу $G(\tau = 0) = G_0$.

Выражая расход через скорость фронта горения u , получим $G = \rho u F_k$. Связь скорости фронта горения со скоростью горения найдем используя теорию Я.Б. Зельдовича и Д.А. Франк-Каменецкого [3], из которой следует, что $u \sim \sqrt{Wa}$, где W - скорость горения; α - коэффициент температуропроводности.

В итоге получаем, что, поскольку $G \sim \sqrt{W}$, начальное условие преобразуется к виду $W(\tau = 0) = W_0$.

Как было показано ранее величину скорости химических преобразований (горения) W можно рассчитать, зная статическое давление в камере и число Дамкеллера. Но! Известно, что величина скорости горения существенным образом зависит от коэффициента соотношения компонентов K_m . Тогда приходим к следующему практически важному выводу. Второе начальное условие можно сформулировать как $K_m(\tau = 0) = K_{m0}$.

Такая запись делает определенным задание граничных условий с точки зрения положений ГОСТ на разработку технического задания на ЖРД [4]. В ГОСТе декларируется уровень рабочих и гарантийных пределов изменения условий и режимов работы двигателя при отработке и контрольных испытаниях. Другими словами ГОСТом определяется **рабочий квадрат**, ограниченный параметрами давления в камере (P_k^{min} и P_k^{max}) и соотношением компонентов топлива (K_m^{min} и K_m^{max}). Кроме того, ГОСТом определяются рабочие и гарантийные пределы, а также диапазоны при обработке, КТИ, КВИ и СИ. В результате постоянные интегрирования могут быть выражены как функции $C_1 = C_1(P_k)$ и $C_2 = C_2(K_m)$. **!**

Литература

1. Кочетков Ю.М. Турбулентность и неустойчивость в ЖРД.// Двигатель № 6, 2011 г.
2. Светушкин К.И. об анализе энергетических характеристик камер ЖРД. Ракетно-космическая техника, М. НИИТП, 1986 г. (в кн. Рабочие процессы в жидкостном ракетном двигателе и их моделирование, авт. Лебединский Е.В., Беренс Ю.Л., Меньшикова О.М. и др. М. Машиностроение, 2008 г.
3. Хитрин Л.Н. Физика горения и взрыва. М. Изд. Московского университета, 1952 г.
4. ГОСТ В 21262-75 Двигатели ракетные жидкостные. Обеспечение и контроль надежности.

ИНФОРМАЦИЯ

Доводим до сведения наших читателей, что издатели журнала "Двигатель" решили ознаменовать четырнадцатый год своего существования вступлением в Ассоциацию "Союз авиационного двигателестроения" (АССАД).

Наш журнал с самого начала издания в своём теперешнем виде весьма плотно сотрудничает с АССАД. Руководители и самой Ассоциации, и входящих в неё организаций входят в наш Редакционный совет и активно печатаются на наших страницах.

Так что произошедшее событие - скорее констатация факта и свидетельство времени, чем что-то небывалое, признак того, что для совместной работы надо собираться вместе. Особенно в свете предстоящих задач. **!**

ИНФОРМАЦИЯ

В последние годы всё настойчивее в авиационном сообществе обсуждается проблема создания беспилотных летательных аппаратов для удовлетворения запросов военных. Они связаны прежде всего с диапазоном требований, причем, как правило, противоречивых: максимальная дальность и наибольшее время полета, в состав полезной нагрузки помимо разведывательной аппаратуры должно входить вооружение - ракеты, торпеды и т.д. и т.п. Все проблемы в одночасье снять невозможно, поэтому конструкторы, технологи, инженеры и ученые подходят к решению задач постепенно, по мере их поступления. Возникло желание иметь сверхзвуковой беспилотник, пожалуйста: ученые приступили к разработке двигателя, позволяющего создавать компактные и дешевые сверхзвуковые беспилотники.

Так, компания Starkey Aerospace (Starcor) начала разрабатывать высокоэффективный турбореактивный двигатель, работающий без смазки, который можно будет использовать на беспилотных летательных аппаратах и крылатых ракетах. Предполагается, что двигатель L-FX00 будет иметь небольшой вес, высокую топливную эффективность, большие ресурс и интервал между капитальными ремонтами.

Конструкторы намечают создать несколько модификаций L-FX00, некоторые из которых будут использовать управляемый вектор тяги и форсажную камеру.

На основе этого двигателя эта же компания разработала проекты сверхзвуковых беспилотных летательных аппаратов, развивающих скорость 1,4 и 1,7 Маха. Вполне возможно, что стоимость этих сверхзвуковых беспилотников не будет чрезмерной и, как

уверяют разработчики, будет в пределах \$50...100 тыс. за один самолет.

Первым компактным сверхзвуковым БПЛА станет GOJETT. Для его создания будут привлечены современные IT-технологии проектирования и испытаний.

Для него разрабатывается двигатель с тягой 90 кгс. Считается, что он станет сердцем компактных (массой около 50 кг) и дешевых сверхзвуковых БПЛА, уже на основе которого будут разработаны более тяжелые сверхзвуковые боевые беспилотные машины.

В этом году планируется построить прототип, развивающий скорость 1,4 М, затем будет изготовлен более скоростной аппарат - до 1,7 М. GOJETT будет иметь треугольные крылья размахом 1,27 м с элевонами. Его длина будет составлять 1,76 м. **!**

ИНФОРМАЦИЯ

В Научно-испытательном центре ракетно-космической промышленности продолжается подготовка к двум холодным и огневому испытанию первой ступени ракеты-носителя (РН) "Союз-2.1в". Она уже установлена на испытательный стенд ИС-102. Специалисты НИЦ РКП выполняют цикл подготовительных работ.

Двухступенчатая ракета-носитель "Союз-2" этапа модернизации 1в предназначена для запуска космических аппаратов со стартовых комплексов РН "Союз-2". Ракета-носитель разрабатывается на базе РН "Союз-2" этапа 1б, со снятием боковых блоков, установкой на центральном блоке двигателя НК-33А и рулевого двига-

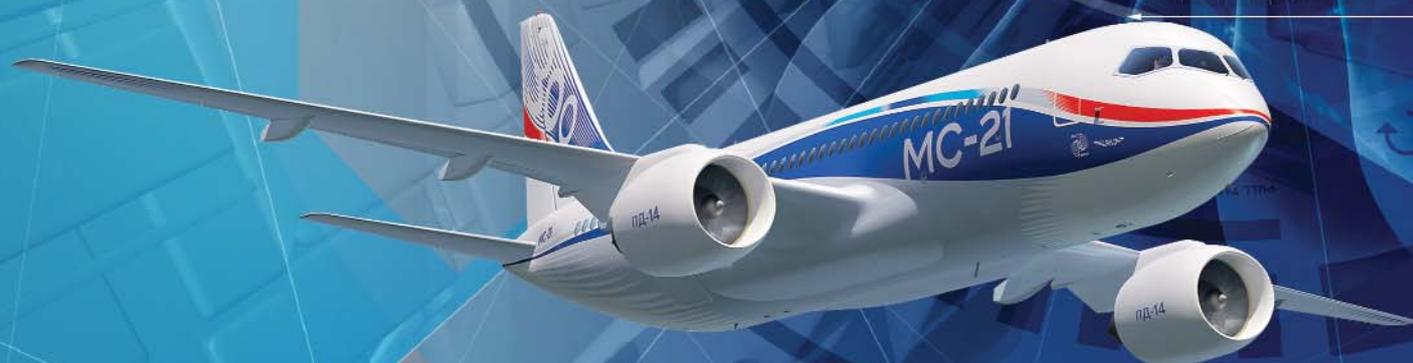
теля РД0110Р. Блок второй ступени заимствуется с доработкой с блока 3-й ступени РН "Союз-2" этапа 1б.

Использование существующих технического и стартового комплексов, позволит снизить затраты на разработку, эксплуатацию и запуск. **!**



ПД-14: ИННОВАЦИИ для будущего России

Создание семейства двигателей
на базе унифицированного газогенератора –
главный проект авиационного
и промышленного моторостроения России
на ближайшие десятилетия



www.avid.ru

ОАО «Авиадвигатель»
РФ, г. Пермь, 614990, ГСП, Комсомольский проспект, 93
Тел.: + 7 342 281 39 07. Факс: +7 342 281 54 77
E-mail: office@avid.ru

АНАЛИЗ МНОГОУРОВНЕВЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

Олег Олегович Мартынов

Цель данной статьи заключается в анализе межуровневых взаимодействий, существующих в сложных системах управления. Рассматривается влияние нарушений иерархии построения структуры на многоуровневые системы управления. In this article describes the principles of building of such systems on the example of integrating object model DCOM and Globe with a view to ensuring the effectiveness of the processing of information for making management decisions.

Ключевые слова: управление, система, структура, элемент, иерархия, автоматизация.

Keywords: management, system, structure, element, hierarchy, automation.

Современное промышленное предприятие - сложная система, порождающая множество финансовых, материальных и информационных потоков, управление которыми требует использования всего инструментария современного менеджмента, в том числе и возможностей, предоставляемых компьютерными информационными технологиями. Все большее распространение получают системы, автоматизирующие процесс ввода и обработки информационных потоков. В данной статье рассматриваются принципы построения таких систем на примере интегрирующих объектных моделей DCOM и Globe с целью обеспечения эффективности обработки информации для принятия управленческого решения.

Принятие решений, так же как и обмен информацией, - составная часть любой управленческой функции. Необходимость принятия решений возникает на всех этапах процесса управления и связана со всеми участками управленческой деятельности. Качеством управленческого решения является степень соответствия параметров выбранной альтернативы решения определенной системе характеристик, удовлетворяющая его разработчиков и потребителей и обеспечивающая возможность эффективной реализации.

В качестве критериев для сравнения распределенных систем рассмотрим: цели разработки, взаимосвязь объектных решений, организацию управления процессами, синхронизацию и репликацию данных, а также реализацию контроля доступа и аутентификации.

DCOM и Globe - две разные системы объектов со своими преимуществами и недостатками. Их сравнение правильной будет начать с целей, которые ставились при разработке каждой системы.

Основной целью разработки DCOM было расширение функциональных возможностей при сохранении совместимости с существующими версиями, включенными в ранние системы Windows. Система Globe представляет собой типичный образец исследовательской работы и цель её разработки - обеспечение масштабируемости.

Главные различия объектных моделей, поддерживаемых двумя системами, заключаются в следующем. Модель DCOM значительно проще многих распределенных моделей. Объекты в DCOM нерезидентны, не имеют глобальных идентификаторов и в некоторых случаях, как предполагается, не имеют состояния. Эта модель нарушает многие принципы, лежащие в основе технологии распределенных объектов.

Система Globe поддерживает правильные объекты. Особенность ее объектной модели состоит в том, что объекты в Globe могут быть реально реплицированы и распределены по нескольким машинам. Более того, объект определяет, как можно выполнять распределение и репликацию его состояния, т.е. инкапсулирует собственные правила распределения и реализации. Кроме того, он может также содержать правила и реализации защиты, обработки ошибок и т. д.

При сравнении служб этих систем, также видны серьезные различия. DCOM предлагает смесь собственных служб со служ-

бами окружения, такими как службы именования и каталогов. В Globe реализован только абсолютный минимум служб - простейшая служба именования и расширенная служба локализации. Это соответствует философии построения Globe, однако совершенно ясно, что для превращения Globe в действительно работоспособную распределенную систему общего назначения ей необходимо иметь множество дополнительных служб.

Системы DCOM и Globe поддерживают бинарные интерфейсы. При подобном подходе интерфейсы объектов определяются независимо от языка программирования. И в DCOM и в Globe достоинства бинарных интерфейсов проявляются на примере многочисленных приложений, написанных на смеси таких языков, как C, Java и VisualBasic.

Рассмотрим, как реализована связь в системах. Модель DCOM обеспечивает синхронное обращение к удаленным методам разнообразными (причем несовместимыми) механизмами обратного вызова. Она также поддерживает работу с сообщениями.

Globe допускает только синхронные обращения к методам. В этой системе нет ни событий, ни обратных вызовов, ни сообщений. Поскольку объекты Globe могут быть реплицированными, объект не может обратиться к другому объекту.

Каждая из двух систем предлагает собственный вариант сервера объектов, совершенно непохожий на другие. Серверы объектов DCOM - это ответ Microsoft на необходимость разработки распределенных объектов. Они не такие гибкие, как во многих распределенных системах, управление объектами и обращением к методам в основном жестко закодировано в исполняющей системе. Кроме того, когда дело доходит до поддержки потоков выполнения, разработчики объектов до некоторой степени уже не властны над ними.

Сервер объектов Globe несколько примитивнее, но его функциональность сравнима с адаптером POA системы CORBA. Эта функциональность в основном является следствием того факта, что объекты могут иметь свою собственную реализацию подобъекта управления и подобъекта репликации.

Основная разница между DCOM и Globe проявляется при сравнении служб именования этих систем. Модель DCOM сама по себе не имеет службы именования, а пользуется существующими службами своего окружения, такой как ActiveDirectory. Если подобная служба недоступна, найти объект по его имени не представляется возможным.

Подход, принятый в Globe, в корне отличается от подхода DCOM с жестким разделением между именованием и адресацией объектов. Использование в системе Globe независимых от местоположения долгоживущих идентификаторов объектов позволяет изменить имя объекта, не нарушая отображения имени на адрес, которое хранится в традиционной службе именования. Изменение адреса также не оказывает влияния на отображение имени на адрес. Основной его недостаток состоит в необходимости выделенной и хорошо масштабируемой службы локализации.

Механизмы синхронизации, имеющие вид традиционных служб блокировки и транзакций, реализованы только в DCOM.

Globe таких механизмов не имеет, если не считать средств обеспечения синхронизации между объектами, которые реализуются подобъектами репликации.

В механизмах кэширования и репликации этих систем имеются серьезные различия. В DCOM нет поддержки кэширования и репликации. Эти вопросы приложения должны решать для себя сами. В Globe каждый локальный объект распределенного разделяемого объекта содержит подобъект репликации. Поскольку интерфейс подобъекта репликации стандартизирован, объекту могут быть с легкостью приписаны различные реализации разных стратегий репликации. В результате мы получаем значительно более высокую гибкость репликации. Тот же самый механизм можно использовать и для создания механизмов кэширования.

Хотя Globe и предоставляет универсальный механизм поддержки репликации в объектах, в настоящее время для нее не существует большого набора реализаций подобъектов репликации. В настоящее время разработчик часто должен создавать свою собственную реализацию стратегии репликации.

DCOM обеспечивает отказоустойчивость системы сходным образом, при помощи автоматических транзакций, которые поддерживаются выделенным координатором транзакций. Globe не поддерживает транзакций, а обеспечение отказоустойчивости базируется только на репликации. Существует не слишком много способов восстановления после сбоев, сводящихся в конечном итоге к сохранению состояния в локальном долговременном хранилище.

Результаты сравнения систем DCOM и Globe представлены в таблице.

Среда функционирования современных предприятий требует от руководителей быстрого и качественного реагирования на изменения конъюнктуры рынка, принятия грамотных, адекватных решений, основанных на современных экономических методах управления, а не на интуиции. Как показывают исследования, затраты на управление производством составляют 1...2 процента от суммарных издержек предприятия. В то же время управлять крупным предприятием с максимальной отдачей невозможно без создания полноценной управленческой информационной системы (УИС).

Важным вопросом становится оценка экономического эффекта от внедрения УИС и разработка модели информационного обеспечения предприятия в целом. Руководство организации должно понимать, какую выгоду принесёт внедрение УИС предприятию, насколько эффективно с экономической точки зрения изменится производственный процесс при использовании системы. Наиболее остро выбор УИС затрагивает предприятия с территориально распределённой структурой (ТРС).

Оценка экономической эффективности IT-проекта является обязательной составляющей его технико-экономического обоснования.

Можно выделить три основные группы методов, позволяющих определить эффект от внедрения: финансовые (они же количественные), качественные и вероятностные. У каждого метода, финансового или не финансового, есть свои минусы. Автоматизация - тонкий процесс, и далеко не в каждом бизнес-процессе можно оценить финансовую составляющую эффекта от нее. Чтобы более полно проиллюстрировать конечный эффект от внедрения IT-систем, помимо финансовых методов используются методы нефинансового анализа. Применение всех трех групп методов приводит к верной оценке эффективности IT-систем.

Их много, но чаще всего применяются три основных финансовых метода определения инвестиций в IT:

NPV (Netpresentvalue) - чистый приведенный доход или чистая приведенная стоимость.

IRR (Internalrateofreturn) - внутренняя норма доходности или внутренняя норма рентабельности.

Payback - срок окупаемости инвестиций.

Чаще всего встречающийся финансовый метод - это NPV. В нем доход от IT-проекта приведен на данный момент, а не на суммы в будущем. NPV позволяет принять решение по проекту. Если полученный показатель NPV больше нуля, значит, деньги (приведенные) проект принесет. Он отвечает на один из главных вопросов - насколько будущие поступления оправдают сегодняшние затраты на IT -проект.

IRR определяет процентную ставку от реализации проекта, а потом сравнивает эту ставку со ставкой окупаемости с учетом рисков. Если рассчитанная окупаемость превышает окупаемость с учетом рисков, то инвестиции имеют смысл. В отличие от NPV, IRR - это абсолютный показатель, который позволяет не только принимать решения по каким-то конкретным проектам, но и сравнивать проекты с абсолютно разным уровнем финансирования, с абсолютно разными бюджетами.

Третий финансовый показатель - это анализ возврата средств исходя из принятых в компании максимальных сроков окупаемости вложений.

Каждый из этих методов не свободен от недостатков. Потому только расчет всех трех показателей вместе дает полное понимание о деньгах проекта, о прибыли и экономическом эффекте, которые можно получить от IT-проекта.

Литература

1. Ременников В.Б. Разработка управленческого решения: Учеб. пособие для вузов. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. - 140с.
2. Технический обзор DCOM по материалам Microsoft <http://www.interface.ru/magazine/tcs/Archive/198/DCOM/dcom.htm>
3. Э. Таненбаум, М. ванСтеен. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. -СПб.: Питер, 2003. - 877с.

Связь с автором: 8-917-565-9805

Сравнение DCOM и Globe		
Критерий	DCOM	Globe
Цели разработки	Функциональность	Масштабируемость
Объектная модель	Удаленные объекты	Распределенные объекты
Службы	Собственные и окружения	Минимум служб
Интерфейсы	Бинарные	Бинарные
Синхронная связь	Да	Да
Асинхронная связь	Да	Нет
Обратные вызовы	Да	Нет
События	Да	Нет
Сообщения	Да	Нет
Сервер объектов	Жестко кодированный	Определяемый объектами
Служба каталогов	Да	Нет
Служба обмена	Нет	Нет
Служба именованя	Да	Да
Служба локализации	Нет	Да
Ссылки на объекты	Указатели на интерфейс	Правильный идентификатор
Синхронизация	Транзакции	Только между объектами
Поддержка репликации	Отсутствует	Выделенный подобъект
Транзакции	Да	Нет
Отказоустойчивость	Посредством транзакций	Посредством репликации
Поддержка восстановления	Посредством транзакций	Нет
Защита	Различные механизмы	Требует доработки

ДЕТЕРМИНАНТЫ ЭТНОКОЛОРИСТИЧЕСКОГО ИНТЕРВЬЮ

Елена Викторовна Невмержицкая,

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

Анализ ключевых понятий метода этноколористического интервью представлен с позиций его участников. Респонденты, как правило, воспринимают его как живую, частную и достаточно непринужденную, в силу анонимности, беседу. Для интервьюера это заранее запланированный до деталей опрос. Для стоящего за интервьюером исследователя – максимально унифицированная экспериментальная ситуация, рассчитанная на получение знаний об этноколористике и реакцию опрашиваемых.

Analysis of key notions of the ethnocoloristic interview method is presented from the points of view of its participants. Usually respondents consider it as an active, private and quite informal (because of anonymity) conversation. For the interviewer this is an inquiry, planned beforehand with details. For the researcher behind the interviewer it is highly unified experimental information intended to getting knowledge about ethnocoloristics and reaction of the interviewees.

Ключевые слова: этноколористика, этноколористическое интервью, метод сбора первичной этнокультурной информации, особенности выборки респондентов, этносоциологический эксперимент.

Keywords: ethnocoloristics, ethnocoloristic interview, method of gathering of primary ethnocultural information, particularities of selection of respondents, ethnosociological experiment.

Этноколористика рассматривает цвет во всей его широте и объеме в аспекте традиций народной художественной культуры, что необходимо для целостной подготовки будущих специалистов, например, декоративно-прикладного искусства, поскольку роль цвета в их деятельности очень велика: средствами цвета выполняется круг творческих задач, а также формального, информального и неформального образования.

Согласно авторской концепции, основная задача изучения новационной дисциплины Этноколористика нацелена на реализацию профессионально-ориентированной подготовки специалиста XXI века, согласно которой юноши и девушки должны быть достойными представителями своего народа, культурными членами мирового сообщества, осознающими космизм явлений жизни и человека. Магистральный путь достижения этих целей видится в оптимальной реализации механизма социальной наследственности, осознания человеком значения наследуемых ценностей и их усвоения, т.е. включение в свою непосредственную деятельность уже имеющегося массива культуры, погружение в бытие этнокультуры [1, с. 41 - 44].

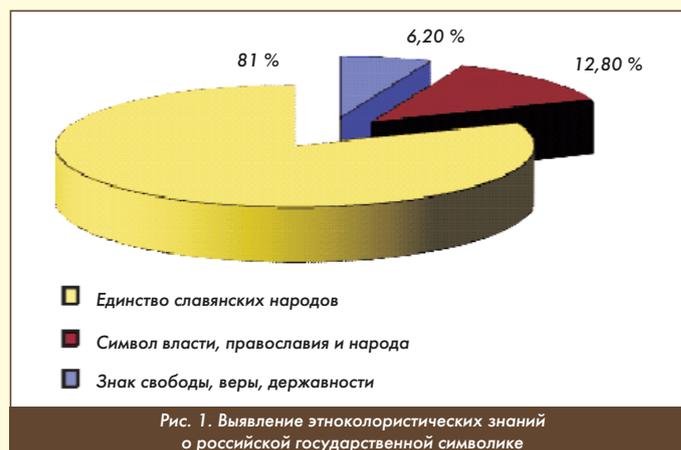
Суть этноколористического интервью как метода сбора первичной этнокультурной информации заключается в непосредственном общении опрашиваемого с респондентом, в процессе которого интервьюер получает необходимую этноколористическую информацию в форме ответов. Таким образом, этноколористическое интервью, являясь методом сбора социологической информации, предполагает проведение беседы (по определенному плану) с респондентом, которая основана на непосредственном, его личном контакте с опрашиваемым. Специфика этноколористического интервью по сравнению с другими видами опроса заключается в способе общения интервьюера и респондента.

В процессе проведения интервью особое внимание следует уделять роли, которую выполняет интервьюер, проявлению его креативности и инициативы. В данном случае контакт между ним и опрашиваемым осуществляется именно интервьюером, который задает вопросы, организует интервью и ведет беседу, направляет ее, фиксирует полученные ответы. Например, в ходе интервью о лидирующем цвете в культуре этноса, которую представляет респондент, при ответе на вопрос: "С каким цветом ассоциируются Ваша этническая принадлежность?", представители славянских народов называли красный и синий (русские, белорусы, украинцы), красный, синий, желтый (украинцы); поляки и датчане - белый, красный; немцы - синий (на юге Германии - зеленый), англичане - красный, зеленый, реже - черный и т.д. [2]. При этом большее желание участвовать в интервью обычно выражают респонденты Западной Европы и Соединенных Штатов Америки, в отличие от

российских граждан. В данном аспекте примечателен факт, свидетельствующий о том, что с начала 2000-х гг. готовность участвовать в интервью, отвечать на вопросы несколько снизилась по сравнению с концом 1990-х гг., в связи с чем следует согласиться с результатами наблюдений доктора философских и экономических наук Э. Ноаль-Нойманн, подтверждающие, что в среднем отказ от интервью бывает лишь в каждом пятом случае [3].

Особенности выборки респондентов заключаются, прежде всего, в этнической принадлежности опрашиваемых. Поскольку определение этого фактора происходит субъективно, т.е. на основе самоидентификации респондента, то в выборку могут попасть лица, которые фактически не принадлежат исследуемой совокупности, и наоборот. По этим же причинам выборка не может быть сформирована с помощью математических расчетов, поэтому наравне с методом этноколористического интервью целесообразно применять такие, как, например, метод фильтра, метод снежного кома, метод отбора по косвенным признакам.

Метод этноколористического интервью как разновидность опроса при этносоциологических исследованиях, который предполагает личную беседу исследователя и респондента, бывает формализованным (по заранее составленному вопроснику), полужормализованным и открытым, когда заранее намечаются лишь основные темы предстоящей беседы. Качество информации, получаемой в процессе этноколористического интервью, зависит от программы опроса и от взаимодействия исследователя и респондента. При этносоциологическом изучении этнических предпочтений, ориентаций и т.п. большую роль играет, например, соотношение национальной принадлежности исследователя и респондента.



При подготовке к проведению этноколористического интервью нужно найти такие вопросы или задания, которые побудили бы интервьюируемых выразить свою точку зрения. Параллельно с этим следует отметить и просветительский, этнокультурно-образовательный характер, который могут содержать в себе вопросы интервью, т.е. большое значение имеет находчивость интервьюера, которая определяет - решается ли исследовательская задача. Например, при анализе знаний о символике трех цветовых полос российского флага, отражающих культурную традицию, был сформулирован вопрос: "Три цветовые полосы государственного флага России отражают три славянских народа: белый - белорусов, голубой - украинцев, красный - русских или отражают три сословия российского общества: белый - дворянство, синий или голубой - мещан / разночинцев, а красный - крестьян / народ?" Если бы интервьюеру по окончании опроса не надо было записать данные о национальной принадлежности опрашиваемого к русской, украинской, белоруской или иной этнической группе, то не удалось бы, например, выяснить, что более 80 % респондентов считают цветовую символику флага отражением трех славянских народов, более 10 % - символом единения православия (белый), царской власти (синий) и русского народа (крас-

ный), около 6 % воспринимают белый цвет как символ свободы и веры; синий - цвет Богородицы, покровительницы земли русской, и надежды; красный - символ державности и любви (рис. 1).

Эффективность сочетания своеобразных и элементарных форм получения сведений от респондента можно измерить только на выходе, оценивая то, что выявил вопрос проведенного интервью. Таким образом, этноколористическое интервью можно охарактеризовать как составляющую этносоциологического эксперимента. **□**

Литература

1. Nevmerzhijskya E.V. Role of ethnocoloristics as the novational discipline in realization of the specialist human training concept // Сб. науч. тр. по мат. межд. науч.-практ. конф. - Т. 6. - Одесса: Черноморье, 2010.
2. Невмержицкая Е.В. Этноколористическое интервью: уч.-практич. пособие. - М.: Граница, 2012.
3. Ноэль-Нойманн Э., Петерсен Т. Все, но не каждый. Введение в методы демоскопии / Пер. с нем. Л.Н. Рыбаковой, Е.В. Невмержицкой. - М.: МГУКИ, 2007.

Связь с автором: alenalena03@mail.ru

УДК 308

СОЦИОКУЛЬТУРНЫЕ ФУНКЦИИ ШАХМАТ

Ельвира Энзировна Уманская,
директор ГБОУ СОШ № 267, Москва

На примере шахматного искусства анализируются социокультурные функции традиционной интеллектуальной игры. By the example of the chess art are analyzed sociocultural functions of traditional intellectual game.

Ключевые слова: шахматы, игра, элемент искусства, социокультурные функции, формирование положительных качеств личности.

Keywords: chess, game, element of art, sociocultural functions, formation of positive characters of a person.

Шахматы (от персидского: шах и мат, т.е. властитель (шах) побежден) - настольная логическая игра со специальными фигурами на 64-клеточной доске, в которой принимают непосредственное участие два соперника. В шахматы могут играть также группы игроков - так называемые консультанты, друг против друга или против одного игрока. История шахмат - древней интеллектуальной игры, имеет многовековую историю и сегодня является одной из наиболее распространенных настольных игр. Многоплановость ее функциональной составляющей заключается, прежде всего, в сочетании элементов искусства (в части шахматной композиции), науки, а также спорта.

Назначение воспитательной функции шахмат - становление личности, образовательной - обучение человека любого возраста логически мыслить и планировать свои действия, развивающей - концентрация внимания, усидчивости.

Этимология слова *функция* восходит к латинскому языку (functio) и обозначает внешнее проявление свойств какого-либо объекта в данной системе отношений. На современном этапе под дефиницией "функция" принято понимать роль, которую выполняет определенный социальный институт или процесс по отношению к целому. В этом смысле среди различных социальных институтов решающее влияние на приобщение человека к игре в шахматы оказывают семья или образовательное учреждение: здесь закладываются основы характера человека, его отношение к материальным и духовным ценностям, постижение которых осуществляется, в частности, посредством изучения шахматного искусства, что имеет большое воспитательное значение для развития личности [1].

В аспекте обоснования развивающей функции, которая присуща шахматам, следует выделить три основных фактора игры, характеризующиеся:

1. Интеллектуальной задачей, когда при полностью определенной начальной ситуации и ограниченном количестве формальных правил развитие игры не поддается точному расчету, и от игрока требуется умение правильно выбрать определенный вариант решения, исходя из общих оценок позиции. При этом стоит отметить так называемый интеллектуальный шахматный ресурс, не позволяющий компьютерным (электронным) программам получить право главенства при игре с человеком.

2. Необходимостью принятия решения при временном ограничении, что, во-первых, свидетельствует о соперничестве воли между игроками, во-вторых, развитии навыков принятия управленческих решений при наличии ограниченных ресурсов времени, а также учете действий соперников.

3. Межкультурными коммуникативными связями, так как приобщение к шахматному искусству - это приобщение к части общечеловеческой культуры и общемировой истории.



При игре в шахматы проявляются лучшие качества личности, которые отечественные и зарубежные ученые используют в качестве модели научных исследований в психологии, педагогике, социологии и др.

Инкультурационная функция шахмат имеет богатый социокультурный потенциал и издавна оказывала положительное влияние на процесс историко-культурного формирования личности. Так, способствуя развитию, преобразованию человека посредством включения шахмат в различные типы культур - европейскую, мусульманскую, индийскую, где каждая культура оставила свой след в их истории, реализуется этнокультурная направленность инкультурационной функции.

Проявление таких качеств личности как самодисциплина, инициатива, учет особенностей конкретного человека (соперника), развитие внимания - все это формирует активную личность с высоким уровнем самоконтроля и является проявлением социальной функции шахмат. Положительные качества, которые последовательно и целенаправленно формируются в процессе обучения игре в шахматы, являются выражением нормативной функции традиционной игры, с помощью которой для юной личности создается система средств организации коллективной жизни.

Коммуникативная составляющая шахматного искусства приобрела в настоящее время особую актуальность. Современная социальная инфраструктура, включающая в себя систему сообществ игроков, турниров, соревнований, шахматную периодику и т.д. в определенной степени зависит от современных информационных и коммуникационных технологий. В данном случае коммуникативная функция находит свое отражение в ставшей популярной с начала 2000-х гг. игре в шахматы посредством Интернета в режиме on-line, многочисленных шахматных сайтах, компьютерных игровых программах и т.п.

Эстетическая функция шахматного искусства заключается в проявлении эстетических категорий красоты (шахматы из слоновой кости, деревянные и т.д.), изящества, парадоксальности.

Гносеологическая функция шахмат имеет богатый социокультурный потенциал и оказывает положительное влияние на процесс историко-культурного формирования личности. Так, в известном трактате о шахматной игре ("Книга об обязанностях и нравах знати, или о шахматной игре" / "Liber de moribus et officium nobilium, sive de ludo schaccario"), написанном доминиканским монахом Якопо ди Чессоли во 2-й половине XIII в., содержится подробный рассказ о том, как была изобретена шахматная игра, описываются формы благородных шахматных фигур, повествуется о восьми пешках, которые олицетворяют разные профессии простолудинов и т.п. Таким образом, гносеологическая функция заключается в том, что она, ориентируя познавательное отношение человека на окружающие нас предметы, обогащает людей знанием о мире, о человеке [2, с. 48 - 52].

Примером номинативной функции является использование в речи измененных названий шахматных фигур. Так, адаптируясь к русским реалиям, самая сильная фигура игры "рух", напоминая в абстрактном виде лодку, с веками трансформировалась в понятную и близкую славянам "ладью".

Таким образом, через призму постижения шахматного искусства осуществляется развитие личности человека, способствующее созданию им собственной картины мира, что находит выражение в таких социокультурных функциях, как воспитательно-образовательная, гносеологическая, инкультурационная, коммуникативная, развивающая и другие, способствующие развитию у человека лучших его качеств. □

Литература

1. Невмержицкая Е.В. Педагогический потенциал языковой культуры: сущность и этнопедагогические функции: монография. - М.: Граница, 2009.
2. Уманская Э.Э. От компетенции учителя шахмат - к шахматизации образования // Неформальное образование. - 2011. №2.

Связь с автором: elvird@yandex.ru

УДК 338.02 (075) ББК 65.29

ПОСЛЕДСТВИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ДЛЯ СОЦИАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ КИТАЙСКОГО ОБЩЕСТВА

Чу Яньхун,

аспирантка кафедры социологии, психологии и педагогики МГТУ "Станкин"

В статье дается обзор значительных изменений в системе управления и в социальной структуре китайского общества, вызванных стремительным воплощением в жизнь курса на модернизацию Китая.

The article provides an overview of significant changes in the management system and social structure of Chinese society due to rapid embodiment of the life course of the modernization of China.

Ключевые слова: социальная структура, модернизация, дифференциация социальных групп, организационный ресурс, культурный ресурс, социальные страты, социальный статус.

Keywords: social structure, modernization, differentiation of social groups, organizational resources, cultural resources, social strata, social status.

В ходе модернизации Китая происходят глубокие изменения в социальной структуре китайского общества, выражающиеся в дифференциации прежних социальных групп и появлении новых. На смену старому механизму дифференциации, основанному на политическом статусе, прописке и административном статусе, приходит новый механизм, базирующийся на профессиональной принадлежности. Сегодня для анализа социальных проблем современного Китая, без сомнения, недостаточно просто по трафарету использовать теорию классового анализа, выдвинутую Марксом применительно к раннему европейскому капитализму XIX в., или теорию классового анализа, выдвинутую Мао Цзэдуном применительно к Китаю 20-30-х годов XX [1].

В настоящее время исследователи отказываются от использования самого понятия "класс", с тем, что бы уйти от тесно связанных с ним концепций классовых конфликтов. Отношение к средствам

производства, по их мнению, не может быть единственным критерием выделения социальных страт. Необходимо учитывать и два других критерия: организационный (властный) ресурс и культурный (технический) ресурс. При этом организационному ресурсу придается решающее значение, поскольку он дает возможность, опираясь на государственную власть и партийную систему, распоряжаться всеми другими ресурсами общества (материальными и человеческими).

Структура китайского общества имеет пирамидальную форму, при которой абсолютное большинство людей сосредоточено в нижних слоях. Такая структура несколько видоизменяется в экономически более развитых городах и районах, где несколько больше людей тяготеют к средним слоям, но и здесь она пока далека от конфигурации, свойственной развитым странам [2].

Страта государственных и общественных руководителей характеризуется как ведущая в социальной структуре. Она выступает

как главный инициатор и организатор социально-экономического развития и рыночных реформ.

Страта управленческих работников складывается из трех основных источников: 1) бывшие кадровые работники государственных и коллективных предприятий; 2) бывшие владельцы или основатели сравнительно крупных частных предприятий и высокотехнологичных народных предприятий; 3) менеджеры среднего и высшего звена предприятий с иностранным и смешанным капиталом. Настоящие менеджеры, в современном понимании этого слова, стали появляться только с началом реформ, особенно с 90-х годов, в результате модернизации государственных предприятий и развития частных предприятий.

Несмотря на то, что удельный вес этой страты составляет всего 1,5 %, эта страта квалифицируется как наиболее активная движущая сила рыночных реформ и как носитель институциональных новаций. Они фактически распоряжаются средствами производства и экономическими ресурсами многих крупных и средних предприятий, относящихся к государственному сектору или не имеющих четко выраженной имущественной принадлежности. Ведущие элементы этой страты имеют тесные связи с государственной властью и иностранным капиталом. Страта управленческих работников оказывает большое влияние на экономическую и политическую жизнь общества, особенно на формулирование правительственного курса в экономике. И это влияние продолжает возрастать.

Страта частных предпринимателей первоначально формировалась из городских и сельских низов. После 1992 г. в нее стали в большом количестве вливаться располагающие общеобразовательными и специальными знаниями управленческие работники бывших государственных и коллективных предприятий, технические специалисты и кадровые работники различных организаций, что значительно повысило ее социальный имидж и социальный статус. Однако традиционные идеологические взгляды препятствуют тому, чтобы политический статус страты частных предпринимателей соответствовал экономическому статусу, и сильно ограничивают ее участие в естественно-политической жизни.

Страта специалистов и технического персонала составляет основу среднего класса, обеспечивает социальную стабильность, способствует научно-техническому и социальному прогрессу и распространению понятий рыночной экономики.

Страта индивидуальных промышленников и работников торговли, обладающих сравнительно небольшим частным капиталом (включая недвижимость), живущих благодаря экономической деятельности в сферах производства, обращения, обслуживания или на фондовом рынке. Эти люди, широко распространенные в Китае до 1949 г., почти совершенно исчезли в результате преобразований, проведенных в 50-е годы, но вновь возродились в годы реформ сначала в деревне, а потом в городе. В 80-х годах страта формировалась в основном из крестьян и городских безработных (особенно из числа возвратившейся в города "образованной молодежи"). В 90-х годах с началом реформы государственных предприятий и урегулированием производственной структуры ее пополняли работники этих предприятий и горожане. В настоящее время основной резерв для увеличения численности страты - уволенные работники госпредприятий, безработные и мигрирующие в город крестьяне.

Страта производственных рабочих неоднородна. Относительно самостоятельной частью этой страты являются "рабочие-крестьяне", которые по роду своей деятельности не отличаются от городских рабочих, но остаются крестьянами по своему социальному происхождению и прописке и естественно ущемлены в заработной плате, охране труда и социальном стечении. Существенная дифференциация связана и с отраслевой принадлежностью предприятий.

Социально-экономический статус производственных рабочих за годы реформ определенно понизился, что привело к коренным переменам в их структуре. До реформ и в первое десятилетие реформистской политики этот слой занимал срединное положение в экономической иерархии, но за последнее десятилетие оно существенно ухудшилось и продолжает снижаться по мере увеличения разрыва между работниками физического и нефизического труда, меж-

ду теми, кто располагает техническим ресурсом, и теми, кто им не располагает. Серьезное давление на занятость еще более осложнило позиции производственных рабочих на рынке рабочей силы. Часть рабочих, пройдя обучение для взрослых и техническую переподготовку, перешла в страты, более высокие по социально-экономическому статусу. Реформа государственных предприятий, развернувшаяся во второй половине 90-х годов, покончила с системой пожизненного найма и привела к увольнению большого числа рабочих. Одновременно ряды производственных рабочих пополнили выходцы из деревни. В целом удельный вес страты составляет 22,6 %, около 30 % ее приходится на долю крестьян-рабочих [3].

Страта работников сельского хозяйства практически не наделена организационным ресурсом и часто в значительно меньшей степени, чем уже перечисленные страты, обладает культурным и экономическим ресурсом. В современных условиях в социальной стратификационной структуре эта страта должна расслоиться и уменьшиться, но современная политика с не соответствующей социально-экономической системой и уровнем развития общества препятствуют расслоению и уменьшению (например: прописка по месту жительства). Несомненно, по сравнению с началом реформы значительно уменьшилось и число крестьян, и процентное отношение чистых сельскохозяйственных трудящихся и крестьян ко всему населению.

В первое десятилетие реформ очень быстро росли доходы простых крестьян и производственных рабочих. Доходы индивидуальных домохозяйств, частных предпринимателей и нуворишей превышали средние доходы в 3...5 раз или более. А доходы управленческого персонала (кадровых работников) и технических специалистов увеличивались сравнительно медленно. Экономическая дифференциация происходила довольно беспорядочно. В настоящее время она в основном движется к упорядоченной дифференциации профессиональных функций индустриального общества, направляемой законами рынка, несмотря на сохранение немалой нерациональности в распределительном механизме. Эту будущую тенденцию хорошо иллюстрирует пример Шэньчжэня, где наивысшие доходы получают менеджеры и частные предприниматели, за которыми следуют технические специалисты.

С 90-х годов все более повышается экономическая отдача образования. Каждый год, добавляемый к образованию, увеличивает доход на 6...7 %, что приближает Китай к странам Европы и США, но еще отстает от некоторых стран Восточной Азии. С образовательным цензом более тесно связывается социальный статус и социальный престиж. А экономический статус все более сближается со статусом социальным, а соответственно - и с образовательным. Однако то обстоятельство, что государственные отрасли и некоторые чиновники монопольно распоряжаются ресурсами, серьезно мешают нормальному, рациональному функционированию распределительного механизма рыночной политической фактор, хотя его значение по сравнению с прошлым существенно снизилось.

Образовательный ресурс все более концентрируется у тех, кто располагает наибольшим экономическим ресурсом. Особенно явно это проявляется в страте частных предпринимателей, чей образовательный уровень в развитых районах растет особенно быстро. Это способствует улучшению прежнего социального образа данной страты и постепенно повышает ее социальный статус, хотя и нельзя сказать еще, что они соответствуют превосходящим экономическим позициям частных предпринимателей.

Объективные показатели статуса не всегда совпадают с самооценкой, которая у представителей как более высоких, так более низких страт тяготеет к середине, что объясняется традицией и социальной психологией. Те, кто находится наверху, часто не желают это признавать, а те, чей статус понизился, не хотят с этим смириться. Это в определенной мере маскирует социальную дифференциацию, создает психологические барьеры на пути направленной вверх вертикальной мобильности, препятствует рационализации и стабилизации процесса социально-экономической дифференциации [4].

Наиболее очевидно повысилась самооценка частных предпринимателей. Они чаще, чем руководящие кадровые работники, отно-

сят себя к высшему слою или к среднему высшему слою. Наряду с материальным богатством они стремятся обрести общественное признание и уважение. В большей или меньшей степени им свойственна неудовлетворенность своим социальным статусом. Руководящие кадровые работники, крайне редко соглашаясь признать себя верхним слоем, тем не менее, отвергают предположение, что статус частных предпринимателей может быть выше, чем у них.

Определенную роль в социальной стратификации продолжает играть политический фактор, хотя его значение по сравнению с прошлым существенно снизилось. Снизилась величина партийно-комсомольской прослойки среди производственных рабочих, это имеет определенную связь с их дифференциацией: некоторые партийные рабочие ушли на пенсию, другие повысили свой статус, третьи были уволены и стали безработными. Главное же пополнение составляют крестьяне-рабочие, которые в основном беспартийные и практически не принимаются в партию. Особенно наглядно эта тенденция заметна в Шэньчжэне, где среди опрошенных производственных рабочих не оказалось ни одного коммуниста. Исследова-

ния показывают также, что нынешние рабочие очень слабо связаны с партийными организациями. Они очень мало интересуются жизнью партийной организации и партийной пропагандой. Этому способствует снижение политического статуса рабочих, что входит в противоречие с провозглашаемым тезисом о том, что рабочий класс является классовой основой коммунистической партии. □

Литература

1. Ван Сяоди. Десять китайских социальных страт // Теория практика общественного развития. - 2011.
2. Лу Сюэи, Чен Гуанцзинь. Дандай Чжунгуо шехуэй цзегоу "Социальная структура в современном Китае". - Пекин, Изд-во АОН Китая, 2010.
3. Отчет об исследовании социальной стратификации современного Китая. Дандай Чжунгуо шэхуэй: яньцзю баогао / Гл. ред. Лу Сюэи. - Пекин, 2002, - 411 с, (кит. яз.)
4. Сунь Лунци. Чжунгуо вэньхуа ды шэньцзэн цзегоу (Глубинная структура китайской культуры), 2005.

Связь с автором: chuyanhong@mail.ru

УДК 316.356.2 ББК 60.561.51

ЛИЦА, ЛИШЁННЫЕ РОДИТЕЛЬСКИХ ПРАВ, КТО ОНИ?

Андрей Сергеевич Иванов,

аспирант кафедры теории и истории социологии МГПУ

Лица лишённые родительских прав, как правило, воспитываются в неблагополучных семьях. Создав свою семью, они переносят образец первичной семьи и в результате их лишают родительских прав.

Persons deprived of their parental rights are usually brought up in dysfunctional families. By creating a family, they carry a sample of primary family and as a result they are deprived of parental rights.

Ключевые слова: социальное сиротство, дети-сироты, проблемные семьи, лица лишённые родительских прав.

Keywords: a social orphanhood, children-orphans, problem families, persons deprived of their parental rights.

Автор этой статьи провёл исследование, цель которого - выяснить как факторы формирования лиц, лишённых родительских прав, в "первичной" семье, так и их поведение в своей семье и отношение к своим детям.

Социологическое исследование по методике "Формализованное интервью", разработанной Т.З.Козловой, было проведено в сентябре 2009 г. с помощью органа опеки и попечительства г. Фрязино. В том же году в этом городе было создано 9 таких семей. В настоящее время здесь насчитывается 64 опекунских семьи.

В городе нет детского дома. Есть дом малютки, где дети-сироты находятся до пяти лет. Если им не найдут замещающую семью, то их помещают в детский дом московской области.

Семья - один из важнейших социальных институтов общества. Она претерпела значительную трансформацию за последние 20 лет. Стала в значительной степени менее традиционной. Отечественные исследователи современной семьи (О.М. Здравомыслова) считают, что современная российская семья является "постсовременной".

Основная характеристика "постсовременной" семьи - изменение традиционных отношений между супругами (смена романтических отношений эмоционально-интимными).

Вместе с тем исследователи отечественной семьи отмечают, что примерно треть российских семей придерживаются: "Норм поведения, соответствующих семье традиционного типа, в которой главенство мужчины-кормильца является чертой гендерной градации. ... В соответствии с нормой традиционной семьи жена слушается мужа во всем ... Охотно берет на себя все обязанности по дому и это доставляет ей удовольствие".

Все множество проблем, связанных с современной семье, можно разделить на следующие группы: социально-экономические; социально-бытовые; социально-психологические; проблемы рождаемости и планирования семьи; проблемы семейного воспитания; специфические проблемы семей "группы риска". Социально-экономические проблемы - в этой группе можно отнести к

проблемам, связанным с пониманием жизни семьи, ее бюджетом (в том числе потребительским бюджетом средней семьи), удельным весом в структуре общества малообеспеченных семей и семей, живущих ниже черты бедности, со специфическими нуждами и потребностями многодетных и молодых семей, государственной системой материальной помощи.

В процессе социализации, если родители недостаточно уделяют внимания детям, они могут уйти из под их контроля и попасть под влияние "дурной" компании, начать употреблять спиртное, показывая дурной пример детям. Как результат этого - употребление детьми спиртного или даже наркотиков с юношеского возраста. Кроме того, как показало наше исследование, в некоторых семьях родители сами употребляли спиртное, показывая дурной пример детям.

Анализ опросов, проведенных среди опекунов г. Фрязино, позволил сделать нетривиальные выводы и рекомендации.

На наш вопрос "Употреблял ли ваш ребёнок спиртное и если да, то с какого возраста?" ответы распределились следующим образом: дети пяти опрошенных начали употреблять спиртное в возрасте до 15 лет: "Да, часто, с 15 лет была замечена в употреблении пива". У 12 респондентов дети стали употреблять спиртное до 20 лет: "Да, лет с 17, но по праздникам, которых было много - дни рождения подруг, например", и только у одного в возрасте 20-24 года "Курить начал рано, а выпить - лет в 20". Однако никто из опрошенных и словом не обмолвился о причине этого явления. Конечно, многие иногда, вскользь упоминали о плохом влиянии социума (улицы, школы, дурной компании и т. д.), но точно определить причину никому так и не удалось.

Причинами лишения родительских прав являются такие: раннее употребление алкоголя, плохая учёба и раннее вступление брак (зачастую в гражданский), часто от "нечего делать". Далее раннее рождение детей-сирот. А также то, что на фоне общего сокращения рождаемости происходит рост количества внебрачных детей - сегодня родители почти каждого пятого ребенка в нашей стране не состоят в зарегистрированном браке. Отчасти это можно объяснить

ослаблением моральных норм и более либеральным отношением к вне брачным детям.

В наших условиях такое явление можно также интерпретировать, как стремление минимизировать семью в условиях кризиса: мужчины не считают себя обязанными связывать свою жизнь с женщиной и своим ребенком, хотя порой официально признают себя отцами и более или менее длительное время оказывают материальную помощь ребенку и его матери. Нередко женщины, рождающие вне брака, также не желают связывать себя семейными обязательствами, либо, вообще отказываются от участия в воспитание детей.

На вопрос *"Состояла ли ваша дочь (сын) в браке?"* положительно ответили 9 респондентов, а отрицательно 11. На вопрос о причинах такого нежелания или невозможности их детей вступить в брак один респондент дал ответ: *"Не хотела (хотел) пока заводить семью, считала (считал), что рано"*, два - *"Её (его) оставил жених (невеста)"*, три - *"Никого не любила (не любил)"* и 6 упоминали другие причины. Можно заметить, что больше половины состава опрошиваемых не хотели взять на себя ответственность за партнёра, пойти по пути помощи и поддержки ближнего, создания с ним брачного союза. Таким образом, можно выделить еще один фактор нестабильности семьи - стремление молодежи к такому образу жизни, который позволяет молодым людям (одиноким) жить в свое удовольствие и тратить на собственные развлечения гораздо большие суммы денег, чем людям, имеющим семью. Подобное существование допускает возможность создания брачных союзов (зарегистрированных или гражданских) двух индивидов, однако, решительно исключает только один компонент семейной жизни - наличие детей. Так как забота о последних предполагает отказ родителей от некоторых привычек и занятий из "прошлой жизни".

В то же время, к сожалению, у трети молодых людей складываются сложные, конфликтные отношения с родителями. Сами родители, рассказывая об этом, упоминают причины негативного характера отношений: *"Молодые не работали"*, *"Не было денег, он не работал"*, *"Употребляли алкоголь в больших количествах"*, *"Жили у матери, деньги пропивались"*. В характере молодых людей развились негативные личностные качества, их поведение было неуважительным, потребительским, а часто и агрессивным по отношению к родителям *"отношения были напряженные из-за выпивки алкоголя, сын употреблял спиртное с женой"*. В одном случае причиной негативного характера отношений называют то, что молодые не работали, в трех - что пили, в остальных шесть негативные личностные качества или плохое поведение.

На вопрос *"На момент лишения вашего ребёнка (дочери, сына) родительских прав была ли у него полная семья?"* положительный ответ дали два а отрицательный 17 респондентов.

Ответы на вопрос: *"Если "Нет", то почему их брак распался?"* распределились следующим образом: *"Муж (жена) нашёл другую женщину и ушёл"* - семь респондентов, *"Мужа посадили"* - два респондента, *"Умер муж или жена"* - два респондента, пять респондентов назвали иные причины.

В ответах на вопрос: *"Занималась ли она (мать или сын) своим ребёнком (питание, одежда, воспитание и т.д.)?"* все респонденты единодушны во мнении, что даже если родители и занимались своим ребенком, то лучше бы они этого не делали. Так как на вопрос: *"Если мать занималась с ребёнком, то почему её лишили родительских прав?"* были даны следующие ответы: *"Гуляла"* - два респондента, *"Пила"* - пять, другое - 10.

При этом ответы на вопрос *"Если мать (отец) не занималась ребёнком (вашим внуком), то почему?"* самым популярным оказался ответ: *"Вела (вёл) образ жизни, несовместимый с воспитанием ребёнка"* (16 человек), в то время как: *"Любила (любил) только себя"*, *"Это был несвоевременный ребёнок"*, *"Ушла из-за обиды на мужа (он ушёл к другой)"*, другое, назвал всего по одному человеку.

Распределение ответов на вопрос *"Платит ли он алименты на содержание внука, если внук живёт с Вами?"* таково: *"Да"* ответил один респондент, *"Нет"* ответили 15 респондентов.

На основании всего вышеизложенного можно выделить несколько ряд действий, направленных на предотвращение или про-

филактику проблем, которые могут нарушить нормальную жизнь семьи, либо, если она уже нарушена, усугубить положение и навредить детям. Необходимо, в первую очередь, помогать супругам сохранять нормальные отношения в семье, и это, как правило, могут сделать родители. Также необходимо уметь взаимодействовать с членами семьи, строить отношения в семье, а при отсутствии одного из членов семьи (отца, матери), брать на себя ответственность за нормальную жизнь семьи. В случае развода, если между бывшими супругами сохраняются более-менее нормальные отношения, стоит по возможности позволять покинувшему семью родителю, видется с ребенком (детьми). И, разумеется, нельзя переоценить, значение бабушки и дедушки, как носителей семейных традиций и мудрости. Соблюдение этих простых рекомендаций поможет ребенку научиться правильно строить отношения в своей будущей семье.

Анализ показал, что между родителями, лишенными родительских прав, и их детьми были негативные отношения (бросали, не заботились, пили), за что их и лишили родительских прав.

Кроме того, анализ данных исследования также позволил нам сделать выводы о негативных факторах формирования личности лиц лишенных родительских прав:

1. Неблагополучная семья. Как мы писали выше, дети из неблагополучных семей переносят образец их поведения в свою собственную семью, отсюда появляются неблагополучные семьи детей опекунов. К сожалению, в настоящее время поменялась социальная роль женщины, если раньше, в традиционной семье, мужчина пил, то женщина - мать ребенка, могла его воспитать сама. Женщины в некоторых семьях превратились из хранительниц очага в его разрушительниц. Отсюда распад семей, лишение родительских прав, появление детей-сирот.

2. Благополучная семья не является гарантом того, что ее дети, создав свою семью, не будут лишены родительских прав. В некоторых благополучных семьях наблюдаются такие крайности поведения родителей по отношению к детям: им дается или слишком много свободы (неконтролируемой), или родители уделяют мало внимания их воспитанию.

3. Влияние на формирование личности индивида оказывает общество и конкретный социум, окружающий его. Негативное влияние событий 90-х годов на судьбу своих детей отмечают многие респонденты. Негативное влияние непосредственного окружения может привести к плачевному результату: подросток начинает пить, совершать противоправные действия.

4. Ранее было отмечено, что некоторые молодые люди не хотят обременять себя семьей. Некоторые наши респонденты подчеркивали, что их дочь начала пить, будучи оставленной отцом ребенка, когда была беременна. Алкоголизм такой женщины и острая обида на отца ребенка определили ее негативное отношение к рождению ребенка. В результате она была лишена родительских прав. 

Литература

1. Здравомыслова О.М. Семья и общество: гендерное измерение российской трансформации. М.: Едиториал УРСС, 2003.
2. Козлова Т.З. Опекунская семья // Аспект пресс. - М., 2009
3. Климантова Г.И. Государственная семейная политика современной России- М., 2004 г.
4. О положении детей в Российской Федерации. Государственный доклад - М., 2008 г.
5. Ослон В.Н. Жизнеустройство детей-сирот: профессиональная замещающая семья: монография. - М., Генезис, 2006 г.
6. Ослон, В.Н. Проблемы сопровождающей замещающей семьи // Детский дом. - М., 2008. - №3.
7. Ослон В.Н. Проект негосударственного реабилитационного комплекса для детей сирот и детей оставшихся без попечения родителей, находящихся в социально опасном положении // Детский дом. - М., 2007. - №4
8. Ослон В.Н. Научное сопровождение практики деинституализации детей-сирот. // Детский дом. - М., 2007. - №3.

Связь с автором: enwalker@bk.ru

СОЦИАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ РЕГИОНА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ (НА ПРИМЕРЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ)

Анна Алексеевна Басовская, старший преподаватель ФГБОУ ВПО МГТУ "СТАНКИН"

В статье рассмотрены вопросы повышения результативности региональной управленческой деятельности Архангельской области на основе внедрения социально-управленческих технологий и ресурсов, учета кадровой политики, значимости мониторинга социальных кадровых ресурсов.

The article deals with the problems of improving the results of the management approaches of the Arkhangelsk region. The author assumes that the system of better management should be based on implementation of new technologies and resources, and monitoring of social personnel resources.

Ключевые слова: социальные ресурсы, демографические ресурсы, качество жизни, механизмы регионального управления, социальное управление.

Keyword: social resources, demographic resources, quality of life, mechanisms of regional management, social management.

Каждый регион обладает ресурсами многостороннего развития (социального, политического, интеллектуального, культурно-духовного, концептуального, информационно-аналитического и т.п.). Объединенный многообразными и реальными связями (производственно-трудовыми, социально-экономическими, политическими, духовно-культурными, этническими и т.п.), регион не только расчленяется на различные подсистемы, но и выступает как определенная целостность. Здесь неизбежно возникают промежуточные зоны, взаимодополняющие процессы и интеграционные функции управления.

Без понимания целостности трудно представить регион как объект технологизации. Возрастает необходимость исследования происходящих в регионах процессов (экономических, социальных, политических, духовно-культурных), трезвая оценка интегральной ситуации, в том числе и управленческой, и на этой основе необходимость обновления, изменения функций регионального управления. Это позволяет предложить оптимальные структуры и механизмы регионального управления, саморазвития регионального социума.

Регион Крайнего Севера располагает ограниченными собственными возможностями внутреннего рынка и способен динамично развиваться, удовлетворять свои потребности только в рамках единого для всей страны социально-экономического пространства, с учетом сложившейся специализации.

Принимая во внимание особенности социально-управленческих источников развития региона, социально-управленческая технология призвана учитывать все подходы к достижению социально-экономического результата и повышения качества жизни северян.

Сама управленческая практика настоятельно ставит проблемы исследования качественной специфики как социальных систем, так и процессов управления ими, т.е. изучения их внутренних механизмов самоорганизации и саморегулирования, ресурсов их обеспечивающих.

Ресурсами, обеспечивающими устойчивое функционирование и развитие региона как цельной социально-экономической системы являются социальные. Данные ресурсы относятся к гражданам региона, определяют их жизнедеятельность [1].

Состояние социальных ресурсов рассматриваемого региона характеризуется следующими основными видами: демографическими, трудовыми, кадровыми, образовательными.

Современная демографическая ситуация в Архангельской области обладает рядом особенностей. К их числу относятся:

- устойчивая депопуляция (естественная и общая убыль жителей) и постарение населения;
- низкий уровень рождаемости, не обеспечивающий простого воспроизводства населения;
- сверхсмертность жителей трудоспособного возраста, высокая младенческая смертность, неблагоприятная динамика показателей здоровья и средней ожидаемой продолжительности жизни населения;
- миграционная убыль населения.

Наблюдается устойчивый миграционный отток населения, вследствие которого уже в ближайшем будущем возникнет вопрос о сохранении всех достижений предыдущих поколений россиян, трудившихся в Архангельской области. Данные тенденции демографического разви-

тия не отвечают стратегическим интересам региона и страны в целом.

Существует устойчивый дефицит квалифицированных кадров. Эта проблема обусловлена рядом причин:

- действующая в области система подготовки кадров не позволяет готовить специалистов, в полной мере отвечающих требованиям современных предприятий. Качество образовательных программ требует существенного пересмотра и улучшения;
- наблюдается значительный отток квалифицированных кадров в другие регионы России ввиду отсутствия в области достаточного количества рабочих мест с высоким уровнем оплаты труда, а также из-за относительно неблагоприятных условий для жизни в регионе.

Хотя область располагает конкурентоспособными трудовыми ресурсами, готовящимися непосредственно в регионе, а также развитой системой подготовки кадров по различным направлениям и специальностям, но в данный момент эта система не ориентирована на работодателя.

Прием в образовательные учреждения высшего профессионального образования в 2011 г. сократился по сравнению с 2010 г. на 21,4 %, в том числе в государственные - на 19,8 %, в негосударственные - на 29,9 % [2].

Для оценки качества жизни населения необходим комплекс методов исследования: статистических, социологических, экономико-математических. Анализ полученной в ходе исследования информации позволяет получить более детальную картину функционирования социальных служб, оказывающих непосредственное влияние на жизнь российского населения, что бы через частные мнения и суждения населения определить болевые точки в социальной инфраструктуре, наметить пути их преодоления, проанализировать экономические явления в тесной взаимосвязи с социальными процессами, построить модель (образ реального процесса или явления), т.е. рассмотреть возможность изучения реального процесса не непосредственно, а через рассмотрение подобного ему и более доступного [3].

Социальные ресурсы являются основой всей системы ресурсов, без их использования невозможно получить эффективные результаты от реализации любых видов ресурсов - материальных, хозяйственных, природных и т.д.

В этой связи исследование региональной модели управления на обеспеченность социальными ресурсами непосредственно связанной с анализом общих тенденций, закономерностей развития и самоорганизацией, саморегулированием, позволяющих получать прогнозируемый и максимально возможный социальный результат, является остро актуальным. □

Литература

1. Матвеев Д.Ю. Оптимальное использование социальных ресурсов региона // Труд и социальные отношения. № 3. - М., 2008. - С. 141-147.
2. Данные Госкомстата по Архангельской области на конец 2011 г.
3. Мироедов А.А. Качество жизни в статистических показателях социально-экономического развития. - М.: Вопросы статистики, 2008. - 125 с.

Связь с автором: basovskaya@yandex.ru

ЮБИЛЕЙ БОЛЬШОГО УЧЁНОГО В КОНСТРУКЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ



Б.Ф. Балашов

Анатолий Николаевич Петухов,
начальник сектора ЦИАМ, профессор, д.т.н.

Научная общественность ЦИАМ и сотрудничающих с ним организаций отметили 25 января 2012 г. 90 летие со дня рождения Бориса Фёдоровича Балашова, доктора технических наук, профессора, лауреата премии Совета Министров СССР, главного научного специалиста отделения "Динамики и прочности ГТД" ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова".

Вся творческая научная деятельность Б.Ф. Балашова прошла в ЦИАМ, где в 1945 г. после окончания Московского авиационного технологического института он начал свой трудовой путь. Его наставником и научным руководителем оказался выдающийся учёный-энциклопедист, академик АН УССР Сергей Владимирович Серенсен основатель научного направления - конструкционная прочность в нашей стране.

Первая квалификационная работа Б.Ф. Балашова была посвящена исследованию актуальнейшей прикладной и научной проблеме - изучению механизма повышения прочности азотированных деталей, в частности авиационных коленчатых валов.

Результаты этих исследований вошли во многие справочники и монографии для расчётчиков и конструкторов. По словам начальника лаборатории "Динамики и прочности" и заместителя начальника ЦИАМ профессора Р.С. Кинасошвили, внедрение их в промышленность вполне окупил на много лет вперёд существование всей лаборатории.

Конец 40-х и начало 50-х годов явились для ЦИАМ и для лаборатории прочности поворотными в изменении тематики, связанной с интенсивным развитием в СССР воздушных реактивных и ракетных двигателей. Это потребовало срочного создания принципиально новой экспериментальной техники. Б.Ф. Балашов принял активное участие в реконструкции и переоснащении экспериментальной базы лаборатории прочности.

В ЦИАМ по инициативе научного руководителя отдела конструкционной прочности С.В. Серенсена были разработаны и изготовлены электродинамические вибростенды. Б.Ф. Балашов внес большой вклад в разработку, создание и освоение этих стендов и особенно в создание методик испытаний, внедрение их в промышленность. Примечательно, что таких стендов, предназначенных для испытаний на усталость и длительную прочность замковых соединений лопаток ГТД, известные зарубежные фирмы не имеют и подобными методами испытаний не владеют.

В 60-е годы особенно интенсивно разрабатывались и внедрялись новые конструкционные материалы: теплостойкие нержавеющие стали, жаропрочные никелевые сплавы, титановые сплавы. Однако, при незнании процессов, происходящих в материале, это могло принести не только большие экономические потери, но и потери человеческих жизней. К заслуге Б.Ф. Балашова следует отнести стремление к всестороннему и глубокому исследованию конструкционной прочности новых материалов перед их внедрением на двигатели. Именно он указал на особые свойства титановых сплавов, весьма чувствительных к технологическим и конструктивным особенностям деталей, изготовленных из них, и на необходимость проведения глубоких исследований конструкционной прочности этих сплавов. Как показывает мировой опыт применения этого материала, Борис Фёдорович был прав: титан до сих пор преподносит сюрпризы металлургам, технологам, конструкторам, расчётчикам и эксплуатационникам.

Особенностью деятельности Б.Ф. Балашова являлась тесная связь с промышленностью. При его активном участии созданы практически все отечественные газотурбинные двигатели.

Б.Ф. Балашова знали все генеральные и главные конструкторы, директора и главные инженеры серийных заводов. Нередко, приезжая в ЦИАМ, они, минуя официальных руководителей, приходили сначала в кабинет начальника отдела, чтобы обсудить с Б.Ф. Балашовым существо технической проблемы или новые разработки, наметить новые исследования.

Ещё чаще приходилось Б.Ф. Балашову самому выезжать, не взирая на выходные и даже праздничные дни, в ОКБ, на заводы, чтобы до появления высокого руководства разобраться в проблемах и подготовить проект технического решения.

Борису Фёдоровичу довольно часто удавалось "схватить за хвост" причину возникновения дефекта. Например, обнаружить явление пульсационного горения, приводившего к колебаниям ротора и разрушению вала на двигателе Р11Ф-300, причину "пения" лопаток III ступени компрессора на двигателе Д20-П и много других. Нередко для имитации условий возникновения разрушений и разработки конструктивных и технологических мероприятий Борис Фёдорович ставил специальные, а зачастую уникальные исследования не только в ЦИАМ, но и прямо в ОКБ или на заводе, принимая самостоятельное решение, не прячась за чью-то спину.

Под руководством Б.Ф. Балашова была создана методика по определению и нормированию остаточных напряжений в деталях ГТД. Выпущен ряд ОСТов: по методам испытаний на усталость; по периодическому контролю на усталость лопаток ГТД; и др. Особого внимания заслуживают методики нормирования допустимых эксплуатационных повреждений лопаток ГТД. Эта работа дала и даёт колоссальную экономию промышленности и эксплуатирующим организациям, она по существу стала пионерской в развитии принципа эксплуатации по техническому состоянию в нашей стране.

В течение почти четверти века Б.Ф. Балашов, после ухода из ЦИАМ С.В. Серенсена, возглавлял самый большой и наиболее сложный в отделении 200 отдел конструкционной прочности. Здесь, под научным руководством Б.Ф. Балашова было проведено много фундаментальных исследований, а по числу защищенных сотрудниками отдела докторских и кандидатских диссертаций, научным руководителем которых он был, отдел превзошёл все вместе взятые отделы института.

Авторитет у Бориса Фёдоровича в институте, а также вне его стен был очень большой, значимость его подписи или визы в "доперестроечные" времена для работников промышленности, отраслевых институтов, в министерстве и у "заказчика" ценилась очень высоко.

25 января в ЦИАМ состоялся семинар, посвященный памяти Б.Ф. Балашова, на котором приняли участие ведущие специалисты отрасли и сотрудники института.



ПАРОВОЗЫ КОЛОМЕНСКОГО ЗАВОДА

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

(Продолжение. Начало в № 6 - 2011)

Владикавказская железная дорога совместно с Коломенским заводом для своей главной линии разработала тип пассажирского двухцилиндрового компаунд-паровоза 2-3-0 с давлением от оси в 13 тс и с колесами диаметром 1830 мм. Эти паровозы были построены Коломенским заводом в 1892 г., оказались удачными и в значительном количестве были выпущены для многих казенных и частных железных дорогах. Кроме Коломенского завода их строили Сормовский, Харьковский и Луганский заводы, и они даже закупались за границей, где строились по чертежам Коломенского завода. Первые паровозы Коломенского завода, тип 47, имели кулису Джоя, и им была присвоена серия А, а последующие, начиная с 1896 г., - кулису Гейзингера. В соответствии с системой кулисы этим паровозам были присвоены серии А^Д и А^В.



Пассажирский компаунд-паровоз (2-3-0, тип 47)

Московско-Казанская железная дорога в 1896 г. создала для своих линий тип пассажирского компаунд-паровоза 2-3-0, диаметр движущих колес составлял 1700 мм. Первые паровозы были привезены из-за границы, а последующие (тип 82 и 99) в 1900-1905 гг. строил в том числе Коломенский завод. Этим паровозам была присвоена серия Ж. Давление от движущих осей на рельсы у них доходило до 14 тс, цилиндры имели диаметр 500 и 730 мм, была применена кулиса Гейзингера. Локомотивы получили распростра-

нение на казенных и некоторых частных железных дорогах.

В 1907 г. Коломенский завод построил пассажирские компаунд-паровозы 1-3-0, тип 110, приблизительно той же массы для румынских государственных железных дорог с шириной колеи 1435 мм, успешно конкурируя при этом с германскими заводами.

Коломенский завод продолжал строить паровозы, тип 90, серия Н для казенных железных дорог. Позже для совершенствования конструкции диаметр цилиндров у них был увеличен с 480 и 720 мм до 500 и 730 мм, давление пара было поднято с 11,5 до 12 атм. и поставлена кулиса Гейзингера, а передняя радиальная ось Адамса была заменена тележкой Бисселя. Таким паровозам была присвоена серия Н^В.

Для дорог с подъемами в 8 и 10 % пассажирский паровоз се-

рии Н с колесами диаметром 1900 мм был маломощным. Поэтому, используя опыт эксплуатации Московско-Казанской железной дорогой паровозов серии Ж, было решено уменьшить у паровозов серии Н диаметр колес до 1700 мм, сохранив все остальные размеры без изменений. Такой паровоз, тип 93, был построен в 1903 г., давление от оси на рельсы составляло 14,5 тс, и получился новый тип пассажирского паровоза 1-3-0, достаточно мощного, удобного и быстрого. Он получил серию Н, к которой прибавился индекс "в" малое как обозначение кулисы Вальсхерта и малых колес. Пассажирский компаунд-паровоз типа 1-3-0 серии Н^В был самым распространенным типом пассажирского паровоза почти на всех русских железных дорогах. Его строили на Коломенском и других заводах, и работал он на дровах, угле и нефти. Многие паровозы серии Н^В имели четырехосные тендеры.

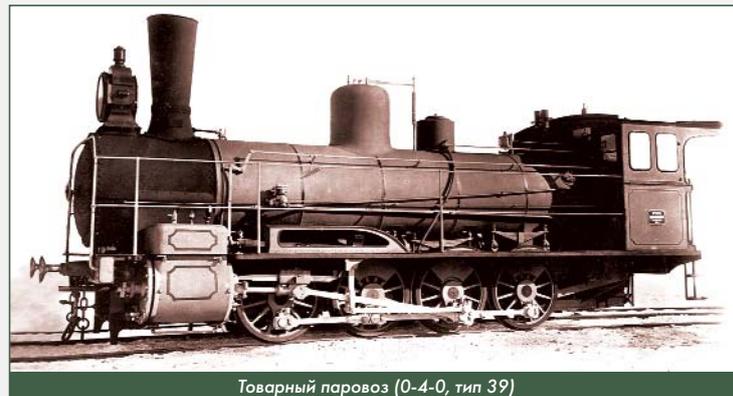
Паровозы серии Н, как наиболее распространенные в пассажирском движении, в 1893-1908 гг. составляли основной рабочий парк пассажирских паровозов казенных железных дорог. В зависи-



Пассажирский паровоз (1-3-0, тип 93)

мости от переделок они имели несколько вариантов конструктивного исполнения. Переделка на перегрев и простую машину в значительной мере затронула эти паровозы, причем были переделаны паровозы с большими и малыми колесами и усиленные. Диаметр цилиндров был принят 540 мм, поверхность нагрева котла снизилась со 143 до 126 м², а поверхность перегревателя увеличилась до 39 м². Давление пара не изменилось. Все паровозы серии Н с добавочными индексами после переделки на перегрев получили одну объединенную серию Н^П. С незначительными отличиями этот тип паровозов строился для Московско-Виндаво-Рыбинской железной дороги как компаунд с работой насыщенным паром и как компаунд с перегревом. На нескольких паровозах была установлена прямоточная машина Штумфа и на некоторых поставлено парораспределение Гейзингера с изменениями, сделанными Коломенским заводом. В зависимости от того или иного изменения конструкции основная серия паровозов Н имела следующие разновидности: Н^а, Н^б, Н^у, Н^у, Н^п, Н^ч, Н^р, Н^ш, Н^щ, НД, - всего 10 серий без основной. Перечисленные варианты не охватывают всех разновидностей паровозов серии Н.

Удовлетворительный опыт эксплуатации товарных компаунд-паровозов Маллета 0-3-0+0-3-0 с колесами диаметром 1200 мм послужил толчком к постройке пассажирских компаунд-паровозов 1-2-0+0-2-0 с колесами диаметром 1350 мм и давлением от оси на рельсы 13 тс, построенных в 1903-1904 гг. Коломенским заводом, типы 84, 85 и 98 для Сибирских железных дорог. Эти паровозы были построены для работы с пассажирскими поездами на перевальном участке Сибирских железных дорог с тяжелым профилем. Па-



Товарный паровоз (0-4-0, тип 39)

В 1890 г. Владикавказская железная дорога заказала Коломенскому заводу по совместно разработанному проекту 30 товарных четырехосных компаунд-паровозов 0-4-0, тип 39. За основу был принят тип паровоза "правительственного запаса", у которого был полностью заимствован котел, а ходовая часть получила незначительные изменения. Паровая машина была выполнена двухцилиндровой по системе компаунд. Диаметры цилиндров составляли 500 и 710 мм, давление пара поднято с 9 до 11 атм., парораспределительный механизм был принят наружной системы Джоя. К 12 паровозам впервые на русских железных дорогах после опыта Петербурго-Московской дороги были заказаны четырехосные тендеры совершенного нового типа, выпущенные заводом в 1891 г.

В 1893 г. Московско-Казанская железная дорога выдала заказ



Пассажирский компаунд-паровоз (1-2-0+0-2-0, тип 84)

Коломенскому заводу на постройку 9 товарных четырехосных компаунд-паровозов, тип 40, по проекту, разработанному совместно с заводом, причем за основу был принят так же, как и для Владикавказской дороги, паровоз "правительственного запаса". Цилиндры имели диаметр 500 и 730 мм, а давление пара в котле составляло 11 атм. Парораспределительный механизм был поставлен внутренней системы Стефенсона. Давление от оси паровозов на рельсы было ограничено величиной 13 тс в рабочем состоянии. Превышение предельной нагрузки до 13 тс вызывало сложности в приемке паровозов на заводе и эксплуатации их на дорогах. Почти у всех перечисленных паровозов

давление от оси на рельсы превышало 13 тс и доходило до 14 тс.

Под влиянием такой инициативы частных железных дорог и необходимости заказа паровозов для казенных железных дорог Министерство путей сообщения выбрало товарный компаунд-паровоз Владикавказской дороги, как образец, и по этому типу первые компаунд-паровозы были заказаны Коломенскому заводу, но с трехосными тендерами. Несколько десятков паровозов поступило в 1892-1893 годах на Курско-Харьково-Азовскую и Екатерининскую железные дороги.



Пассажирский компаунд-паровоз (1-2-0+0-2-0, тип 98)

Нормальные паровозы серии О были самым распространенным типом товарных паровозов в парке русских железных дорог. В период с 1898 по 1915 г. их работа тщательно изучалась. Испытаниям были подвергнуты паровозы серии О^а, О^д, О^в и О^о, а также другие серии русских пассажирских и товарных паровозов.

Нормальный паровоз серии О за время своего существования, т.е. в течение 25 лет, пережил четыре этапа своего развития (тип 50, 88, 89, 125, 125а - 1891, 1893, 1897, 1901 гг.) и был построен в восьми сериях (О, О^а, О^д, О^о, О^в, О^п, О^к и О^ч). Если же добавить сюда изменения в уравновешивании золотников, подвеске кулис, приборе отправления, модераторе тяги и др., то число серий паровозов О с разными индексами должно бы быть намного больше. Совер-



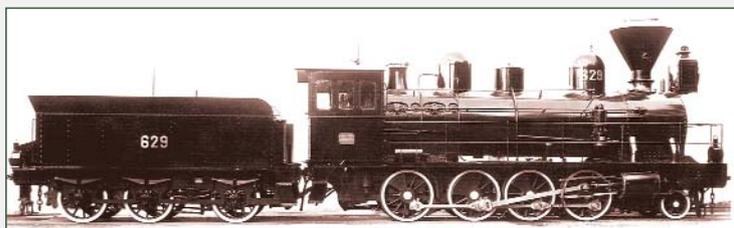
Товарный компаунд-паровоз серии О (0-4-0, тип 89)

шенно неизменным в нормальном паровозе остался один котел, за исключением единственного случая, тип 66, когда Коломенский завод по просьбе дороги поднял котел над рамой и "усилил" паровоз. В этой неудачной попытке "усиление" коснулось увеличения диаметра цилиндров с 500 и 730 мм до 510 и 740 мм. Однако одновременно была уменьшена длина труб котла на 300 мм, что уменьшило поверхность нагрева.

Московско-Виндаво-Рыбинская железная дорога в 1899 г. спроектировала товарный четырехцилиндровый тандем-компаунд-паровоз с четырьмя спаренными осями и передней бегунковой осью. Поршни обоих цилиндров каждой стороны состояли из общего штока и насаженных на него двух поршневых дисков, каждый из которых помещался в своем цилиндре. Распределение пара производилось плоскими отдельными золотниками, которые приводились в движение внутренним кулисным механизмом Стефенсона. Этот паровозам 1-4-0 была присвоена серия Р.

Четырехцилиндровые товарные паровозы Московско-Виндаво-Рыбинской дороги были простыми по конструкции, мощными, достаточно быстроходными, но расход топлива у них был большим. Строили их, тип 73, Коломенский и другие заводы в 1898-1902 гг., а часть была заказана за границей. В последующие годы, вплоть до 1910 г., их заказывали в значительном количестве, кроме Московско-Виндаво-Рыбинской, и другие частные дороги: Московско-Киево-Воронежская, Рязано-Уральская и Юго-Восточные. На казенных дорогах паровозы серии Р применения не получили.

Министерство путей сообщения поручило создать Харьковскому заводу товарный двухцилиндровый компаунд-паровоз типа 1-4-0 для казенных железных дорог. В 1906 г. начался массовый выпуск этих паровозов, в том числе, и на Коломенском заводе, тип 139. Этому паровозу была присвоена серия Щ.



Товарный паровоз серии Р (1-4-0, тип 736)



Товарный компаунд-паровоз серии Щ (1-4-0, тип 139)

Армавир-Туапсинская железная дорога в 1909 г. спроектировала товарный двухцилиндровый компаунд-паровоз типа 0-4-0 с давлением от оси на рельсы 15 тс и общей массой 60 т в рабочем состоянии. Этот паровоз, тип 117, был построен Коломенским заводом в 1910 г., ему была присвоена серия Ы. База паровоза серии Ы была 3890 мм, так как колеса имели одинаковый диаметр, но цилиндры были больше, чем у паровоза серии Щ. Поэтому для уменьшения влияния на паровозе серий Ы были поставлены так называемые "водила", применявшиеся на русских трехосных паровозах в конце XIX века для этой же цели. Водила при помощи горизонтальных пружин упруго соединяли заднюю часть рамы паровоза с рамой тендера и тем ослабляли влияние паровоза на горизонтальной плоскости. Паровозы серии Ы получили широкое распространение на новых частных дорогах небольшой протяженности, возникших в 1908-1914 гг., таких как Армавир-Туапсинская, Алтайская, Кольчугинская, Восточно-Уральская, Кахетинская, Троицкая и др. Эти дороги были рассчитаны на незначительное движение и имели верхнее строение пути из легких рельсов. Поэтому паровоз серии Ы был принят ими как типовой товарный паровоз. Паровозы данной серии с незначительными изменениями строились до конца Первой мировой войны, но на казенных железных дорогах распространения не получили.

Паровоз 0-4-0, типа 146, серии Ы, построенный по системе компаунд, как усиление нормального паровоза серии О^В, при прекращении постройки компаунд-паровозов, также был переделан на перегрев с оставлением компаунд-машины. Поверхность нагрева котла при этом была снижена со 185 до 147 м², а перегреватель поставлен с поверхностью нагрева 43 м². В соответствии с требованиями некоторых дорог компаунд-паровозы серии Ы были построены для работы также с перегретым паром и однократным расширением и получили обозначение Ы^Г.



Товарный компаунд-паровоз серии Ы (0-4-0, тип 117)



Паровоз серии Ы (0-4-0, тип 146)

Некоторые дороги сохранили принцип компаунд с одновременным применением перегрева, что привело к обозначению таких паровозов, тип 131, согласно принятой системе серией Ы^Ч. Была также удлинена база паровозов серии Ы для некоторых дорог с незначительным усилением конструкции паровоза, тип 140, что привело к появлению новой серии Ы^У, не имевшей заметных внешних отличий от основного паровоза серии Ы. Необходимо отметить, что паровоз серии Ы^Ч был самым экономичным из всех русских паровозов.



Приемка паровоза для ВПЖД (0-3-0, тип 77)

В 1906-1909 гг. - период распространения компаунд-паровозов - Коломенский завод строил товарные паровозы, тип 113, для железных дорог с общеевропейской колеёй 1435 мм, как например, товарный компаунд-паровоз для главной линии Варшаво-Венской железной дороги с давлением от оси на рельсы 15 тс.

Паровозы системы Маллета типа 0-3-0+0-3-0, тип 95, появились на Московско-Рязанской железной дороге. Первые паровозы построил Коломенский завод в 1897 г. Паровоз системы Маллета имел один котел и четыре паровые машины, расположенные на двух тележках, которые могли поворачиваться независимо друг от друга. Появление паровозов системы Маллета было вызвано необходимостью усиления мощности паровозов для тех участков дороги, на которых увеличилась интенсивность движения, и четырехосные товарные паровозы были недостаточно мощными. Слабое верхнее строение пути не позволяло увеличить давление от оси на рельсы. Чтобы не укладывать более тяжелые рельсы, было решено на паровозах этого типа увеличить число спаренных осей, сохранив предельно допустимое давление от оси на рельсы 13,5 тс.

Для этой цели был выбран тип шестиосного паровоза с размещением осей в двух тележках. На каждой тележке все три оси были спарены и приводились в движение двумя паровыми машинами с каждой стороны; задняя тележка имела цилиндры малого диаметра, передняя - большого. Товарным паровозам системы Маллета была присвоена серия θ (фита).

При сцепной массе паровоза системы Маллета постройки 1899 г., достигшей 80 т, сила тяги составляла 16 тс, что превышало допустимое усилие (12 тс) для того времени. Поэтому, для уменьше-

ния усилий в сцепных приборах первых вагонов в поезде с 16 до 12 тс на четырехосных тендерах паровозов системы Маллета была устроена "припряжка". Она состояла из проволочного каната с лебедкой на каждой стороне тендера.

Паровозы системы Маллета успешно решили поставленную задачу в эксплуатации - усилить провозную способность дороги со слабым верхним строением пути, но по сравнению с четырехосными товарными паровозами ремонт их был очень дорогим и сложным, они потребляли намного больше топлива, чем другие паровозы. Тем не менее, необходимость иметь более мощные, чем серия О, паровозы заставила казенные дороги заказать такие же паровозы, тип 101, системы Маллета в 1903 г. для Сибирских железных дорог. На этих дорогах, построенных в 1897-1898 гг., нормальные паровозы 0-4-0 оказались недостаточно мощными, а слабое верхнее строение пути не позволяло эксплуатировать паровозы с повышенным давлением от оси на рельсы. Товарные паровозы 0-3-0+0-3-0, несмотря на присущие им недостатки, были настолько выгодны в эксплуатационном отношении, что изготовление новых паровозов продолжалось до 1923 г. Интересно, что нагрузка на рельсы от движущих осей у них увеличивалась: если у первых паровозов, тип 95, она составляла 13,3 тс, то у паровозов для Сибирских железных дорог, тип 101, стала 14 тс, а у заказанных в 1910 г., тип 103, уже превысила 15 тс. У этих паровозов цилиндры были поставлены посередине рамы, рядом друг с другом. Было внесено много других конструктивных изменений, но, к сожалению, от этого паровозы не стали экономичнее. □

(Продолжение следует.)



Товарный паровоз системы Маллета (0-3-0+0-3-0, тип 101)



всероссийский форум малой авиации

2012

Ростов-на-Дону

31 МАЯ - 3 ИЮНЯ

ОРГАНИЗАТОР:



Н КП «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,
Аксацкий район, ст. Ольгинская (7 км от Ростова-на-Дону)
тел.: +7 (863) 263-41-46, www.dnebo.ru, dnebo@mail.ru

XIX
ОЛДАЙМЕР-ГАЛЕРЕЯ
Улицы Саракина



8-11 Марта

Крокус Экспо

**ВЫСТАВКА СТАРИННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ
И АНТИКВАРИАТА**



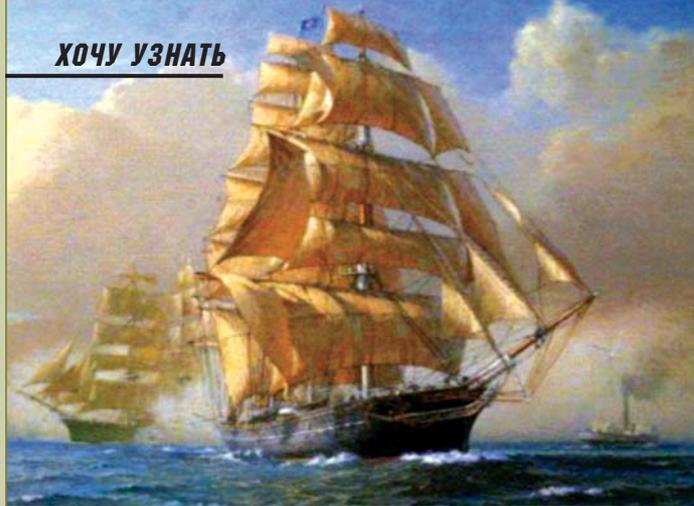
www.oldtimer.ru



BOSCH

Разработано для жизни

Генеральный спонсор



Cuttysark - один из последних "выжимателей ветра". На горизонте виден паролод, он идет на смену парусникам, но...

НЕМНОГО О РЕКОРДАХ (Б Ы С Т Р Е Е В Е Т Р А)

Виктор Сергеевич Шитарёв,
капитан дальнего плавания

К сожалению, отошли в историю "пенители моря" чайные клипера и виндjamмеры. Но представители парусного спорта - яхты прочно утвердились на морских просторах. Они обладают хорошей мореходностью и скоростью хода. Но неуёмная натура яхтсменов жаждет чего-то нового, неизведанного. Начнём с сёрферов - досок для катания на гребне морской волны, когда-то его называли "спорт богов и героев". Уже наши современники установили на сёрфер мачту с парусом, так появился винд-сёрфер. Этот вид спорта - катание на доске под парусом в настоящее время весьма популярен и имеет большую армию поклонников, одержимых идеей перегнуть ветер. Надо сказать, что их попытки были не безуспешны. Так, например в 1991 г. французский виндсёрферист Тьерри Билек установил мировой рекорд на виндсёрфере, развил скорость хода 44,66 узла (82,71 км/ч) при скорости ветра около 50 узлов (92,6 км/ч; 25,72 м/с; заметим, что скорость ураганного ветра по Шкале Бофорта - более 29 м/с). Видимо, для виндсёрферистов эта скорость весьма близка к пределу человеческих возможностей: при 50-узловом ветре на скорости 45...46 узлов и выше от спортсмена требуется особо тонкая регулировка положения паруса и тела, что осуществить на практике чрезвычайно сложно. Ну а над конструкциями яхт ещё есть возможность поработать.

Так, в Австралии, в помощь яхтсменам, был создан спонсорский Синдикат YPE, что в переводе с английского означает "Попытка "Жёлтых страниц". Заметим, что "Жёлтые страницы" - название, ставшее международным, удобного телефонного справочника. В данном случае - название издательской фирмы, ставшей основным спонсором проекта. Итак, 21 августа 1992 г. в мельбурнском Центре мировой торговли синдикат YPE открыл присутствующим все свои тщательно охранявшиеся до того времени секреты: знаменитый австралийский яхтсмен Бертран представил доброй сотне присутствующих журналистов совершенно необычное экспериментальное парусное судно, а также его конструктора - Линдсея Канингхэма и шкипера - Саймона МакКеана.

Об авторе проекта YPE было известно, что он бывший инженер мельбурнской телефонной компании и уже пенсионер. В кругу яхтсменов он числился как опытный моряк-гонщик, некогда выступавший на яхтах олимпийского класса, а также как конструктор катамаранов. Что же касается шкипера, то это был 36-летний бизнесмен не нуждавшийся в представлении: моряки его хорошо знали как участника подготовки и установления рекорда скорости яхт в классе В, рулевого катамарана класса С, выступавшего за Австралию в гонках на Малый кубок Америки. Представленное ими судно вызвало у присутствующих неподдельный интерес.

Посмотрим, каковы основные пути к созданию надёжного, сверхскоростного, рекордного судна. Основные проблемы здесь не новы, с ними не раз сталкивались корабельщики при проектировании скоростных судов. Главная проблема - это свести к минимуму сопротивление воды - сопротивление трения, волновое сопротивление и т.д. - в общем всё знакомо, вопрос только в том - как этого добиться? Чтобы свести к минимуму сопротивление воды, конструкторы для движения своего судна избрали режим глиссирования, чтобы его корпус скользил по водной поверхности. Можно было пойти и другим путём - поднять корпус судна над водой с помощью подводных крыльев, которые были хорошо изучены в Советском Союзе.

Нам не известен ход мысли Канингхэма. Ясно одно, что вдохновлённый успехами рекордсменов-виндсёрфингистов, на тот момент обладателей абсолютного рекорда скорости, он всё же сделал основную ставку на глиссирование. И дело тут не только в сложности расчёта и создания лёгкой и надёжной крыльевой системы. Достаточно вспомнить, как выглядел "Трифойлер" с его сигарообразными корпусами, двумя "полужёсткими" парусами, двумя L-образными основными подводными крыльями, кормовым поворотным крылом-рулём (воздушный руль) и двумя выстреленными вперёд носовыми поплавками - "сенсорами". Хуже оказалось другое - "Трифойлер" не способен развивать скорость хода, существенно превышающую скорость ветра, так как лучше всего идёт при курсе относительно ветра бакштаг-галфвинд. А это значит, что для стоящего на "повестке дня" шторм 50-узловый барьер скорости хода судна, будет необходимо дожидаться ветра со скоростью 55 узлов (101,86 км/ч; 28,29 м/с), то есть урагана. Поэтому вопрос о том, как на такой ураганной волне будет вести себя парусник - пока остаётся открытым.

Действительно перспективный экстремальный парусник должен быть способен вдвое - втрое превысить скорость истинного ветра, а для этого есть только один способ - заставить его развивать максимальную скорость на курсе бейдевинд. Из основ теории движения под парусами известно, что только на этом курсе парусника относительно ветра происходит благоприятное сложение векторов скоростей ветра истинного и ветра выпелельного, фактически действующего на паруса и создающего силу тяги. Здесь на парус действует не разность скоростей, как на бакш-



В продажу поступили парусники, конструкция которых аналогична яхте «Трифойлер» американца Г. Кеттермана. В 1992 г. эта яхта достигла скорости 80,6 км/ч. Её длина - 6,3 м, общая ширина - 5,5 м, масса 95 кг, площадь двух парусов от виндсёрфера - 13,9 м². Производством яхты с 1993 г. занимается немецкая фирма «Трифойлер»



таге или галфвинде, а их сумма, что равнозначно существенному усилению истинного ветра при неизменной его фактической скорости. Именно благодаря этому скорость парусника может в два-три раза превышать скорость истинного ветра, а неизменный профиль тщательно спроектированного жёсткого паруса-крыла с высоким удлинением (около 8,5) - обеспечивает максимальную эффективность на курсе бейдевинд в заданном диапазоне скоростей.

Поскольку YPE проектировался для установления рекорда, высокая маневренность ему не требовалась. Его сделали для движения только на одном галсе. Вывод судна на старт для разгона и прохождения мерной дистанции длиной 500 м осуществлялся на буксире судна с механическим двигателем.

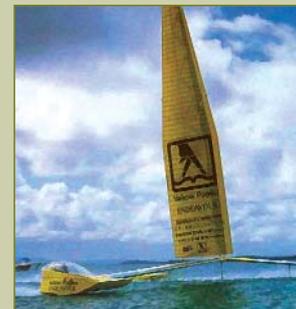
Теперь обратим внимание на то, что при курсе относительно ветра "бейдевинд" возникает необходимость предельно уменьшить величину ветрового дрейфа. Известно, что практически достижимая скорость рекордного буера, поставленного на коньки и скользящего по зеркальной глади ледяного поля, или, поставленной на ролики, пляжной яхты намного больше, чем любого плавающего парусного судна. Там речь идёт о скоростях в 2...3 раза превышающих скорость морского парусника. Благодаря тому, что коньки буера и ролики пляжной яхты хорошо сопротивляются возникновению дрейфа, а сопротивление воды движению судна вперёд полностью отсутствует, остаётся лишь аэродинамическое сопротивление и сопротивление трения (например, трение коньков о ледяную поверхность), удаётся существенно увеличить скорость хода судна.

Расчёты показывают, что для специально спроектированного буера на льду, на котором обычный парус заменён жёстким крылом, реально достижение скорости хода 200...260 км/ч при ветре силой всего лишь 10...12 м/с, который по Шкале Бофорта определяется как "сильный" или ветер силой 6 баллов. Именно при таком ветре в США в конце 70-х гг. был преодолен на лёгком буере с жёстким парусом площадью 6 м² рекордный барьер скорости 200 км/ч (любопытно, что расчётная скорость "вымпельного ветра" составила при этом около 198 км/ч).

Таким образом, Канингхэму предстояло решить две задачи: максимально уменьшить площадь корпуса судна смачиваемую водой; а также быстрый и лёгкий переход судна на ходу в режим глиссирования. Далее, предстояло максимально снизить величину угла дрейфа, своего судна во время хода под парусом. В результате кропотливых поисков была получена конструкция лёгкого "трёхточечного" судна, которое, с некоторой натяжкой, можно было отнести к тримаранам. Плавуемость судну обеспечивали 3 поплавка, которые шли по воде в режиме глиссирования. Максимально снизить величину дрейфа должны были 9 высокоэффективных узких профилированных швертов. При выходе судна на расчётный режим глиссирования один из поплавков и три его шверта должны были выйти из воды, что, в свою очередь, должно было значительно снизить сопротивление воды движению судна, а следовательно и увеличить скорость хода. Следующей стала проблема обеспечения рекордсмену достаточной остойчивости, чтобы не случился поворот "оверкиль". Скажем прямо - задача не простая, особенно при проектировании парусного судна. Катамаранная схема хорошо изучена и испытана на практике, но сопротивление воды движению парусника с двумя корпусами доста-

точно велико, желательно как-то исключить сопротивление движению хотя бы одного из корпусов, так как возить лишний вес, который равен почти половине водоизмещения, явно нецелесообразно. То, что "YPE" с самого начала рассчитывался на движение одним галсом, позволило применить другую не менее известную схему - проа с наветренным откренивающим аутригером.

Здесь Канингхэм заимствовал идею англичанина Макальпин - Дауни, спроектировавшего знаменитый "Арбалет" - "Кроссбай". Это был самый первый парусник - "рекордсмен", установивший свой рекорд в 1972 г., с которого началась официальная регистрация рекордов скорости IYRU. "Кроссбай" на дистанции показал скорость хода 26,3 узла (48,7 км/ч) при скорости ветра 19 узлов = 35,2 км/ч = 9,77 м/с или ветер силой в 5 баллов. Его весьма узкий водоизмещающий основной корпус имел по КВЛ длину 15,24 м и ширину 0,56 м, то есть длина в 28 раз была больше ширины. Боковое сопротивление этого корпуса и имеющийся на нём шверт обеспечили значительное уменьшение дрейфа. А величину откренивающего (восстанавливающего) момента в пределах 680 кгм создавался массой членов экипажа, которые при необходимости перемещались на короткий четырёхметровый поплавок. Длина наибольшего поплавка-аутригера составляла 18,3 м. Он отстоял от диаметральной плоскости (ДП) проа на 7,5 м и на ходу полностью выходил из воды (подобно наветренному корпусу "Торнадо" или "лапе" буера).



Yellow Pages Endeavor - первый парусник Канингхэма

Macquarie Innovation - новый парусник Канингхэма



Пожалуй, надо ещё сказать, что Канингхэму были известны работы проф. Х. Баркла, который ещё в 50-е годы испытывал свой "трискаф" - глиссирующую парусную "трёхточку", и Б. Смита, который экспериментировал с "трёхточкой" - аэрогидрокрылом, на котором три водоизмещающих корпуса одновременно играли роль подводных крыльев. Надо сказать, что разработками проа с наклонными швертами-крыльями и откренивающим "жилым крылом" аутригером занимались и советские корабельщики. В результате появилась яхта "Центаурус-2", на которой рижанин Алдис Эглайс достиг скорости хода 27 узлов (50,004 км/ч) на курсе галфвинд при пятибалльном ветре. Эта же схема и воспроизведена на YPE, где откренивающий двухместный поплавок вынесен на ветер на 10 м от мачты. Новшеством Канингхэма было то, что он заменил большой и тяжёлый поплавок, который использовался на "Кроссбай", заменив его двумя расположенными один за другим, очень короткими глиссирующими поплавками.

Другим новшеством было то, что для уменьшения ветрового кренящего момента степс мачты отно-



Macquarie Innovation - крах очередной попытки

сительно ДП был сдвинут на ветер. Парус-крыло имел жёсткую конструкцию. Положение степса совпадало с положением точки, где сходились 3 луча - три балки аэродинамического сечения, отформованные из особопрочного армированного пластика, с поплавками на внешних концах. Точка опоры мачты, примерно на метр с небольшим, была поднята над палубами поплавков. Это дало возможность повысить общую прочность судна системой подбалочных расчалок и стяжек с талрепами, которая уравновешивала нагрузку от стоячего такелажа - штагов и вантов. На презентации судна цифр было мало. Сказали лишь, что новое рекордное судно, классифицируя его и тримараном, и проа, и три проа, и "трёхточкой", рассчитан на скорость хода превышающую 44,66 узла (82,7 км/ч) и официально будет выступать в классе С, так как площадь его жёсткого паруса-крыла высотой 12 м лишь на какие-то дюймы менее верхнего предела, установленного для этого класса (300 кв. футов или 27,88 м²).

Собственная масса YPE достигала всего 150 кг; полностью же снаряженного - 180 кг и это при том, что в открывающейся капсуле под прозрачным колпаком размещались два члена экипажа, масса которых достигала 147 кг. Были заметны проведённые в капсулу тросы управления судовым рулём. Шверты носового поплавка использовались в качестве рулей и ветровыми рулями для настройки паруса-крыла. Три шверта, расположенные на самой капсуле, после выхода судна на режим глиссирования, сбрасывались за борт. На всех поплавках имелись реданы для вывода их в режим глиссирования и скеги. На каждом из остальных, двух поплавков, располагались по три шверта. Добавим, что окраске нового рекордсмена преобладал фирменный жёлтый цвет, а на парусе-крыле красовалась эмблема - логотип спонсора.

"Детские болезни" YPE и его первые пробеги на "мерной миле". В качестве напарника МакКеана был утверждён 24-летний студент ф-та психологии Тим Даддо. YPE был спущен на воду 2 сентября 1992 г. на акватории Национального Водного Спортивного Центра в Мельбурне. Ветер в тот день был слабый и не позволял совершать рекордные пробеги. Поэтому выход на режим глиссирования обеспечивался буксировкой яхты за моторным катером. Эти пробеги были успешны, что позволило синдикату планировать даты заездов на установление рекордов и вызвать полномочных представителей WSSRC, которые должны представить для последующей регистрации рекорда все необходимые материалы, включая видеозаписи заездов, акты, удостоверяющие точность произведённых замеров скорости и т.д.

Пробеги были назначены: первая серия - на неделю с 5 по 12 октября; вторая - на 4 - 11 ноября 1992 г. Надо сказать, что к этому моменту уже был утверждён рекорд "Трифойлера", вплотную подобравшегося к абсолютному виндсёрфенгиста Тьеру Билека: лондонские инспекторы зафиксировали разницу между их достижениями всего лишь в 0,006 узла. Другая сложность возникла с подбором места проведения пробегов на "мерной миле", "мерная миля" - может быть громко сказано, на таком отрезке измеряется скорость для обычных судов, для рекордсменов же эта дистанция уменьшена до 500 м, но отдадим должное морской терминологии. Мерную милю требовалось расположить на акватории, где можно рассчитывать на ровный и сильный ветер при

отсутствии волнения моря. Так было решено, что для первой серии пробегов был избран район Санди-Пойнт, что в 160 км к Зюйд-Осту от Мельбурна, вблизи полуострова Вилсон-Промонтари. Здесь в Басовом проливе, нашли место, практически, со всех сторон защищённое от океанского наката (прибоя).

Итак, 5 октября на буксире за катером был введен YPE на подходящее для старта и разгона место. Однако экипаж яхты не спешил занять свои места; дувший в то время бриз был слишком слаб. Такая "нелётная" погода продержалась 6 дней, и только в самый последний день оказалось возможным приступить к испытаниям яхты - на несколько часов скорость ветра возросла. Об этих пробегах Саймон МакКеан рассказывал: "За три часа подходящих условий мы смогли совершить 6 заездов и каждый раз лодка увеличивала свою скорость, до тех пор, пока в последнем заезде не достигла 60 км/ч".

Канингхэм так отзывался о проведённых пробегах: "Пока у нас не будет устойчивой хорошей погоды, мы ничего не сможем сказать о скорости, которую в состоянии развить. Тем не менее, приятно, что мы уже смогли достичь скорости 60 км/ч за несколько минут по-настоящему эффективного заезда". Однако, ни в октябре, ни в ноябре серьёзная попытка добиться рекордных скоростей так и не состоялась.

Весной следующего года была сделана ещё одна и снова неудачная серия заездов. Неожиданно, при скорости ветра не более 20...22 узлов (37,04...40,744 км/ч), парус - крыло упал и YPE развалился на несколько частей. К счастью, ни серьёзных поломок самих частей, ни травм экипаж не получил.

Рулевой так сказал об этом случае: "Заезд начался многообещающе. Фронт, который прошёл через нас, принёс нужный ветер, что позволило выйти на устойчивое глиссирование значительно раньше, чем предполагалось. Мы пересекли стартовую линию действительно на рекордной скорости, превышающей 50 узлов (92,6 км в час), но буквально через 100 метров пройденной дистанции стальная связка между капсулой экипажа и передним корпусом лопнула, крыло повалилось и лодка начала рассыпаться. Капсула на высокой скорости так ударилась о поверхность воды, что нас обоих выкинуло, будто мы катапультировались".

Тем временем, появившийся здесь же, в Санди-Пойнт, Тьеру Билек сумел на 0,68 узла улучшить свой мировой рекорд, который с февраля 1993 г. стал равен 45,34 узла, это 83,96968 км/ч. Как говорится, "подлил масла в огонь".

Однако, не прекращая ремонта YPE, Канингхэм продумывал все варианты увеличения его прочности и достижимой судном скорости. Официально было сообщено только то, что площадь паруса-крыла увеличили, надставив его внизу неповоротной частью высотой около метра. Таким образом судно "покинуло" класс С и перешло в "неограниченный" класс. Однако, по немногим, имеющимся в нашем распоряжении сведениям, журнальным фотографиям, подверглась серьёзным переделкам и капсула экипажа. Чтобы компенсировать некоторое утяжеление судна её удлинили примерно на метр в корму; теперь на ней появились два редана с невысокими скегами. Установка второго редана позволило удвоить образующуюся на поплавке подъёмную силу и сократить время выхода на режим глиссирования.

К середине года все подготовительные работы были завершены. Судно отбуксировали на новое место. "Мерная миля" была определена в зоне приливной отмели в узком морском заливе Шеллоу - на 20 километров подалее от Мельбурна в том же направлении. На этот раз ждать нужной погоды пришлось два месяца. Все попытки вывести судно при малых ветрах в режим глиссирования оказались безуспешны. И только где-то около середины октября задул ровный 18...20 узловой ветер (33,3...37,04 км/ч). И при первом же пробеге МакКеан и Даддо разогнали судно до скорости, превышающей скорость Тьерри, показанную им на виндсерфере. В этот день YPE разогнался до скорости 46,02 узла (85,229 км/ч).

День 26 октября можно считать историческим, в этот день судно-рекордсмен било трижды мировой рекорд скорости показав результаты - 45,52 узла (84,3 км/ч); 46,37 узла (85,88 км/ч) и 46,52 узла (86,16 км/ч). Время пробегов было передано в Лондон для регистрации. Следует отметить, что в рекордном заезде откренивающая капсула всё же пару раз коснулась поверхности моря, а скорость ветра не превышала 20 узлов (37,04 км/ч, и несмотря на это YPE устойчиво шёл, обгоняя ветер в два с лишним раза.

После рекордного заезда МакКеан сказал: "Это невероятно, это ужасающе, но мы можем двигаться на много быстрее! Ощущение - словно скользишь по льду, и в то же время чувство контакта с водой не исчезает. Наша лодка имеет огромный потенциал. Во время рекордных заездов нет времени на эксперименты, все усилия направлены на то, чтобы лодка шла строго по прямой и не теряла наивысшей скорости, а эксперименты нужны!" Тим Даддо добавил: "Я очень рад, что мы сделали это. Мы долго этого ждали, так волновались! Я надеюсь, что на этой лодке мы сможем преодолеть и 50-узловой барьер".

В средствах массовой информации 1996 г. появились снимки нового рекордного судна, подготов-



Рекорд скорости плавания под парусом остаётся у американского кайтсёрфера Роба Дугласа. Он установлен в Намибии на 500-метровой дистанции и равен 55,65 узлам (104 км/ч)



ленного к штурму 50-узловой барьера скорости по проекту "Экстрем-50". Он создан в Австралии тем же Линдсеем Канингхэмом, и, судя по фотографиям, его осваивают и доводят те же Саймон МакКеан и Тим Даддо. Это дальнейшее развитие YPE.

По объяснению Канингхэма, новое судно несколько длиннее и легче своего предшественника, но общая смоченная поверхность поплавков стала меньше. Судя по всему, главным изменениям подверглось парус-крыло. Теперь оно сделано с несимметричным управляемым профилем, то есть теоретически судно сможет, в какой-то степени, маневрировать. Изменились размеры и профили швертов-рулей. Усовершенствована система управления. В общем, австралийцы уверены в успехе.

Австралийский виндсёрфер Пол Ларсен, также стремится побить принадлежащий Робу Дугласу рекорд скорости плавания под парусом. Свою попытку он намеревается совершить на парусном судне Vestas Sailrocket 2 в водах Намибии у побережья Африки.

Используя современные достижения в сфере высоких технологий, Ларсен разработал гибридное судно-глиссер. Ему уже удавалось разогнать Sailrocket 2 до 55,4 узлов, однако для установления рекорда необходимо удерживать соответствующую среднюю скорость на 500-метровой дистанции



Одна из самых быстрых яхт на свете - Hydroptere. Её скорость достигает 50 узлов (93 км/ч)

23-25
МАЯ 2012
Москва
Гостиный Двор



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

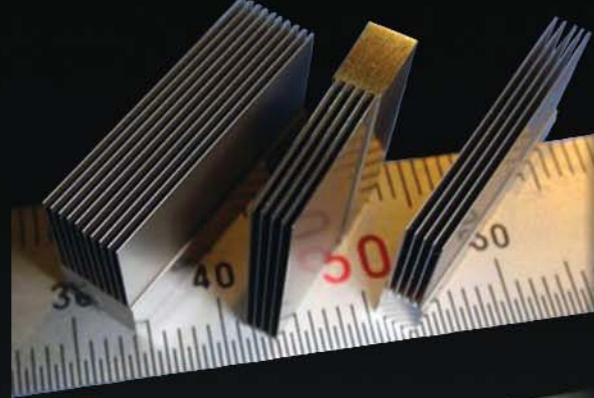
Официальная поддержка и организаторы



Медиа партнеры:



Nano&Solution



НАНОШЕРОХОВАТОСТЬ

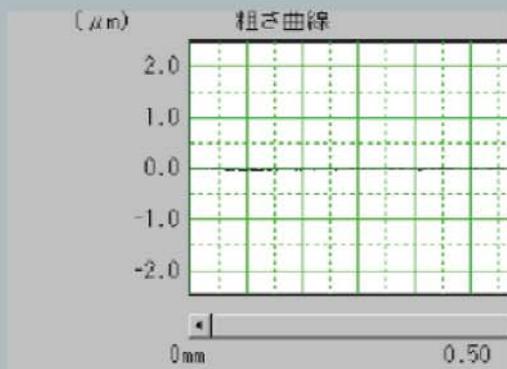
Шероховатость Ra=0,006 мкм
(Rz=50 нано = 14-й класс!)

на серийном линейном
вырезном станке в масле!

РЕКОРД ОТРАСЛИ!



AP250L



パラメータ名	値	単位
Ra	0.0061	μm
Ra(1)	0.0072	μm
Ra(2)	0.0088	μm
Ra(3)	0.0062	μm
Ra(4)	0.0060	μm
Ra(5)	0.0043	μm
Rz	0.0578	μm
Rz(1)	0.0600	μm
Rz(2)	0.0440	μm

Рекордное зеркальное выхаживание до уровня Rz=50 нанометров

Сверхточная вырезка твердых сплавов без выпадения кобальта

Прецизионная вырезка тонкой проволокой высоких пуансонов

**ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ В МАСЛЕ =
= ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ В ВОДЕ**

Sodick

**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**