

Двигатель

Научно-технический журнал

№ 6 (90 + 243) 2013



Инженеры...

стр. 20

Что сейчас запускают в России

стр. 24

По дороге в космос

стр. 30





Редакционный совет

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

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

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

Богуслаев В.А., д.т.н.,
Президент АО "МОТОР СИЧ"

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

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

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

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

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

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

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

Каторгин Б.И., академик РАН

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

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

Крымов В.В., д.т.н.

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

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

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

Новиков А.С., д.т.н.
зам. ген. директора ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"

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.,
президент, председатель совета директоров
ЗАО "Двигатели "ВК-МС"

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"

Троицкий Н.И., к.т.н.,
доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана

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

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

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

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор

Александр Иванович Бажанов
член-корреспондент

Международной инженерной академии

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.

Литературный редактор

Иван Петрович Сидоров

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.

dvigatell@yandex.ru

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 747 в общероссийском каталоге 2012 г.

Научно-технический журнал "Двигатель"© зарегистрирован в ГК РФ по печати.

Per. № 018414 от 11.01.1999 г.

15-й (107-й) год издания.

Отпечатано

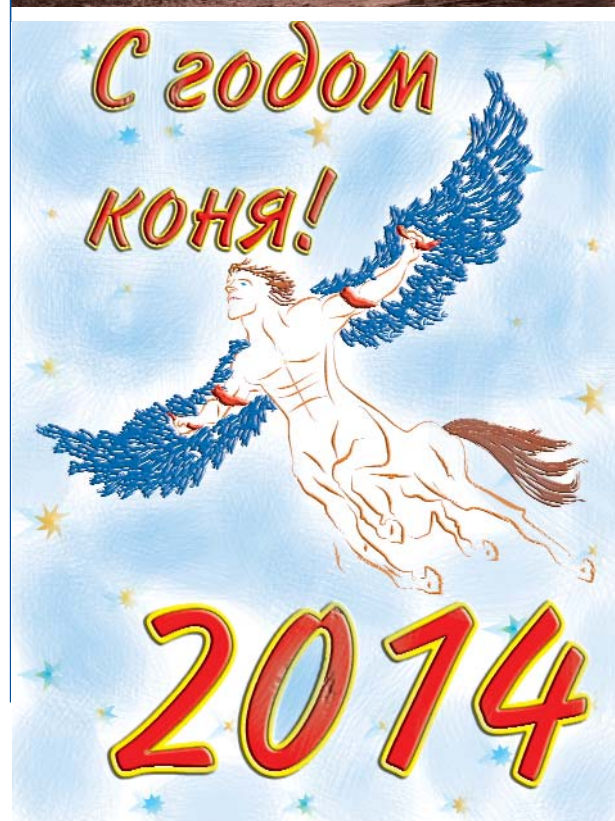
ЗАО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.

Тираж 5 000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ



2 Отраслевая наука в России:

XX лет АГНЦ

Д. Свойский

5 Моделирование и разработка новых жаропрочных сплавов

А.В. Лагунов, Ю.Н. Шмотин,
И.А. Лещенко, Р.Ю. Старков

8 Влияние химико-термической обработки на долговечность деталей ГТД

Л.П. Фомина

12 О камерах сгорания современных авиационных двигателей

О.Ю. Бондарев, Ю.А. Тарасенко

16 К юбилею первого в России аэродинамического института

Д.А. Боев

19 НИЦ ЦИАМ отпраздновал 60-летие

И.М. Иванова

20 Мастерство инженера

В.И. Гуров

22 Юбилей клуба авиастроителей

24 Долгожданный запуск

В.И. Гуров, И.М. Иванова

26 Турбулентность в пограничном слое

Ю.М. Кочетков

30 Проблематичное начало и драматический конец разработки ракеты-носителя Н1

В.Ф. Рахманин

38 Современные электронные образовательные ресурсы как инновационный инструмент для системы средней профессиональной школы

А.В. Невмержицкий

42 Техническая эстетика в аспекте видеокolorистического наблюдения

А.А. Логвинов

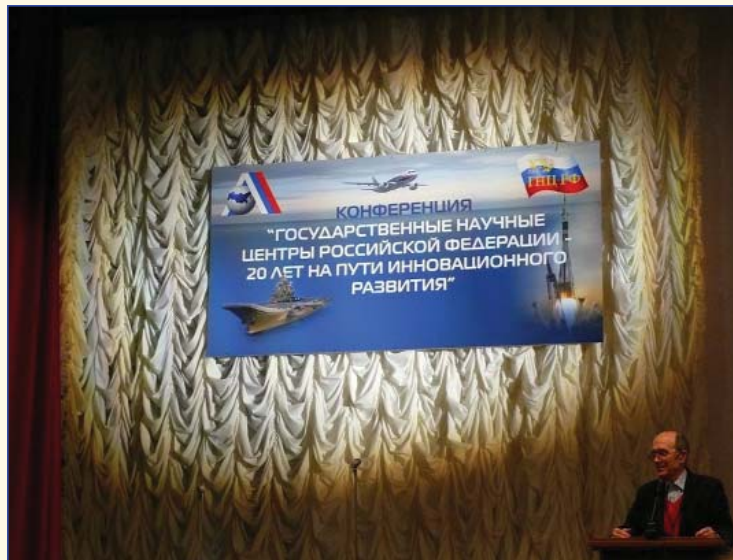
44 В кильватере за ледоколом.

Битва за Севморпуть

В.С. Шитарёв

ОТРАСЛЕВАЯ НАУКА В РОССИИ: XX ЛЕТ АГНЦ

Дмитрий Свойский



Недавно отмечавшееся двадцатилетие Ассоциации государственных научных центров России (АГНЦ) заставило немного порассуждать о роли науки в жизни общества. Нравится нам это или нет, но любое развитие в обществе может идти только в пределах того, чего допускает экономическое состояние этого общества, его техническое и научное развитие. И всё это в комплексе определяет границы возможных социальных состояний общества (что, конечно же, не является открытием). При этом, строго говоря, наука - "побочное дитя" практики, и в то же время её создатель. Иначе говоря, науку в серьёзном смысле этого слова можно развивать в тех направлениях, какие определяются используемыми техническими средствами и методами, а направления дальнейшей технической экспансии разума в мир непознанного определяются путями, проложенными наукой.

По этому поводу, деление научного сообщества на академическое и прикладное достаточно условно: практический результат могут дать любые научные исследования, а могут и не дать его - вне зависимости от наших взглядов на принадлежность научной лаборатории. Потому и судьба науки в обществе - общая.

Структура наших отечественных научных комплексов - закономерное следствие их исторического развития. В России прикладная наука развивалась из практической необходимости углуб-

ления знаний о природе процессов, которыми занимается данная отрасль (и эта система в полной мере реализовывалась и в СССР). Потому, совершенно закономерно, что отраслевые научные институты входили в те же министерства, которые руководили работой в конкретном сегменте промышленности - авиации, сельского хозяйства, машиностроения и других - получали производственное задание на научную про-

работку проблем отрасли, и давали свои практические рекомендации по их наилучшему решению. На этом было основано развитие и финансирование отраслевой науки. Потому, кстати, у всех научных институтов всегда были прочные "горизонтальные" связи с предприятиями отрасли (а зачастую - и смежных отраслей). Это позволяло достаточно оперативно ставить и благополучно ко всеобщему удовлетворению разрешать сложные проблемы. Министерство такие работы вводило в план и оплачивало, как научную помощь промышленности.

Сейчас многое изменилось. Нет единых, до мелочей курирующих (и финансирующих, кстати говоря) все вопросы министерств, нет и конкретного планирования работ по каждому жизненному вопросу. Предприятия обрели хозяйственную самостоятельность и, как следствие, собственные бюджеты. Потому, непосредственные связи научных учреждений с предприятиями отрасли (и любыми другими, кстати говоря) приобрели конкретную финансовую составляющую, все вопросы которой должны решаться между договаривающимися сторонами. Самостоятельный контроль расходов зачастую заставляет идти на не всегда оправданные ничем другим, кроме их снижения, шаги. В том числе - самостоятельная проработка вопросов, носящих явно не производственный, но научный характер; неполное использование возможного к применению научно-технического задела, а зачастую и попросту игнорированию вклада науки в разрабатываемый объект. И это касается не только предприятий, но и целых министерств. Так почти совсем сошли на нет заказы на научные исследования во многих отраслях от Министерства обороны РФ. Как следствие этого, например - более чем 10-кратное снижение заказа на испытания перспективных двигателей в НИЦ ЦИАМ.

Это порой ведёт к явной профанации вопроса и, на самом деле - к дополнительным финансовым издержкам в виде удлинения срока доводки новых изделий, невыхода на расчетные характеристики, потере научного уровня разработок. Отдельно взятый институт это положение изменить не может. Требуются какие-то синкретические действия всех причастных к делу организаций. А для того отраслевой науке нужны интегрирующие структуры.

Это было понятно ещё с середины 90-х годов, когда отраслевые научные центры благополучно приблизились к состоянию полного падения. Тогда руководством страны было выпущено Постановление Правительства от 29 марта 1994 г. № 247 по реализации Указа Президента РФ "О Государственных научных центрах Российской Федерации". Была создана система особо поддерживаемых правительством научных центров, деятельностью которых определяется уровень научного развития страны. Первоначально их было 62 - в самых различных отраслях промышленности. Так, статус ГНЦ был присвоен пяти ведущим институтам авиационной промышленности: ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского, ЦИАМ им. П.И. Баранова, ВИАМ, ГосНИИАС и ЛИИ имени М.М. Громова. Причисление к ГНЦ - не "награда за прошлые научные заслуги", но знак понимания стратегической важности сохранения и развития данной отрасли науки (в этом примере - авиационной) не только в обеспечении обороноспособности и экономической безопасности государства, но и как "локомотива" перевода экономики на инновационный путь развития. В настоящее время ГНЦ, обладающие высоким научным потенциалом, научными школами и уникальной экспериментальной базой, - единственная существующая система по созданию и переводу научных и инженерных достижений фундаментального и прикладного характера в конкурентоспособную инновационную продукцию при тесной кооперации с предприятиями отрасли. Сейчас, как было от-





мечено на собрании в ВИАМ, посвящённом 20-летию деятельности Ассоциации ГНЦ, таких научных предприятий в стране считается 48, в силу более строгого подхода к значимости организаций прикладной науки, их возможностей и перспектив.

Есть ещё один достаточно деликатный момент. В течение последних десятилетий учёных настойчиво заставляли заниматься такими видами деятельности, от каких они уже напрочь отвыкли за советское время. Это вопросы собственного финансирования работ.

Находясь на полном обеспечении государства, будучи частью его плановой системы, научным работникам не приходилось заботиться ни о средствах на исследования (тут всё было в "параметрах триггера": либо включена твоя работа в план финансирования и проводится, либо нет - и ничего с этим не поделаешь. Даже поисковые работы велись по такой же схеме), ни о внедрении (продаже) её результатов. По той же причине. И можно до хрипоты спорить - хорошо это или прямо наоборот, но все мы выросли именно в такой питательной среде.

Кстати, опыт показывает, что попадая в условия конкурентной среды, наш учёный, будучи специалистом высокого уровня на

Родине, оставался таковым и за рубежом, и обычно, достаточно быстро адаптировался к иным "условиям игры". Когда же у нас отношения внутри общества менялись, и от учёных требовали умения самим находить заказчика научных работ и продавать сделанное, выяснилось, что и это у них тоже неплохо получается. И к такому способу существования тоже привыкли.

Так что когда теперь пытаются заявлять об "освобождении научных работников от несвойственных им функций контроля за денежными потоками", это уже воспринимается как покушение на основные права и свободы и попытку закабаления. Поэтому, для того, чтобы любые вновь образуемые организующие структуры реально заработали, необходимо учитывать эту специфику отношения сотрудников науки к экономическим вопросам. В противном случае может получиться так, что не будет ни науки, ни сотрудников.



10-й ЮБИЛЕЙНЫЙ МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ – ОСНОВА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ

20–22 мая '2014
Москва

ВВЦ №57

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ
ВЫСТАВКИ

MetrolExpo

Control&Diagnostic

ResMetering

LabEquipment

AutomaticSystem



СИМПОЗИУМ
«ТОЧНОСТЬ. КАЧЕСТВО.
БЕЗОПАСНОСТЬ»

ДИРЕКЦИЯ ФОРУМА

129223, Москва, а/я 35, ул. Сельскохозяйственная д. 35, стр. 182
Тел./Факс: +7 (495) 937-40-23 (многоканальный)

www.metrol.expoprom.ru E-mail: metrol@expoprom.ru

ОРГАНИЗАТОР

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии

СОДЕЙСТВИЕ

Аппарат Правительства Российской Федерации

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПАРТНЕРЫ

The International Bureau of Weight and Measures (BIPM)

International Organization of Legal Metrology (OIML)

The International Committee for Non-Destructive Testing (ICNDT)

С УЧАСТИЕМ

Минпромторг России, Минэнерго России, Российская академия наук, МВД России, Роскосмос, Ростехнадзор, Росздравнадзор, Фонд «Сколково», ГК «Росатом», ГК «Ростехнологии», ОАО «РОСНАНО», ОАО «РЖД», Торгово-промышленная палата РФ, Союз машиностроителей России, более 350 компаний из 11 стран мира

ЭКСПЕРТНАЯ КОМИССИЯ

ФБУ «Ростест-Москва»

УСТРОИТЕЛЬ И ВЫСТАВОЧНЫЙ ОПЕРАТОР

Компания «Вэстстрой Экспо»

ПРОГРАММА ФОРУМА

10-я Международная выставка средств измерений, испытательного оборудования и метрологического обеспечения «METROLEXPO-2014»

3-я Специализированная выставка средств неразрушающего контроля, технической диагностики, КИП и А «CONTROL&DIAGNOSTIC-2014»

3-я специализированная выставка коммерческого и технологического учета энергоресурсов «RESMETERING-2014»

2-я Специализированная выставка лабораторного оборудования «LABEQUIPMENT-2014»

2-я Специализированная выставка автоматизированных систем управления технологическими процессами «AUTOMATICSYSTEM-2014»

Московский Международный симпозиум

«ТОЧНОСТЬ. КАЧЕСТВО. БЕЗОПАСНОСТЬ», в рамках которого состоится Всероссийское совещание метрологов по вопросам нормативно-правового регулирования Всероссийская выставочно-конкурсная программа «ЗА ЕДИНСТВО ИЗМЕРЕНИЙ»

Стратегический партнер
форума



Генеральный партнер
симпозиума



Генеральный партнер
выставки



Международный форум двигателестроения **2014**

15 – 18 апреля
Москва

ВВЦ, павильон №57

Тематика «МФД-2014»

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 спортивного моделизма
двойные технологии
компьютерные разработки
станкостроение
металлургия
топлива, масла, смазки
перспективные научные и
инвестиционные проекты
ремонт и
сервисное обслуживание
подшипники



Устроитель Форума:

Ассоциация «Союз авиационного двигателестроения»
Россия, 105118, г. Москва, пр-т Буденного, 19
Тел.: (499) 785-80-48, 366-09-16; факс: (495) 366-45-88
E-mail: forum@assad.ru

www.assad.ru



МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ

ОАО "НПО "САТУРН":

Александр Вячеславович Логунов, главный специалист по материалам и технологиям, д.т.н., профессор

Юрий Николаевич Шмотин, генеральный конструктор, к.т.н.

Игорь Алексеевич Лещенко, ведущий инженер-конструктор, д.т.н., доцент

Роман Юрьевич Старков, главный конструктор, к.т.н.

Созданы новые литейные никелевые жаропрочные сплавы с монокристалльной структурой, имеющие наиболее высокие показатели жаропрочности, но при этом благодаря экономному легированию весьма дорогим рением и элементом платиновой группы рутением отличающиеся существенно более низкой (от 1,5...2 до 10 раз) стоимостью требуемых шихтовых материалов.

New cast nickel heat-resistant single-crystal alloys were created. They provide ultimate heat-resistance indices, being outstanding according to considerably lower (1.5...10 times) price of blend due to economical doping with extremely expensive rhenium and platinum group element ruthenium.

Ключевые слова: жаропрочность, суперсплав, безрутениевый, экономнолегированный, оптимизация, технология.

Keywords: heat-resistance, superalloy, without ruthenium, economically doped, optimization, technology.

Часть 2. Разработка новых сплавов

В части 1 настоящей работы была представлена технология определения оптимальных составов сплавов. Разработанная технология отличается двумя принципиальными особенностями:

1. Высокой точностью построения моделей, связывающих состав и свойства сплавов, получаемых с использованием дополнительных критериев предсказательной погрешности.

2. Автоматизированной процедурой поиска оптимальных составов по заданным требованиям.

Созданный компьютерный метод не имеет аналогов и был успешно использован при создании литейных жаропрочных никелевых сплавов с монокристалльной структурой для рабочих и сопловых лопаток ПТД - СЛЖС-1 [7] и СЛЖС-3 [8].

Принципиальное отличие этих материалов заключается в том, что они, имея наиболее высокий (каждый в своем классе) уровень жаропрочности, не содержат в своем составе элемент платиновой группы рутений. А сплав СЛЖС-1, кроме этого, не имеет в своем составе такой остродефицитный и отличающийся крайне высокой стоимостью металл, как рений.

Значения важнейших критериев, определяющих работоспособность сплава СЛЖС-1, приведены в таблице 3.

В этой таблице представлены параметры, характеризующие сплавы, а именно объемная доля γ' -фазы (количество γ'), величина "мисфита", уровень ($M(\bar{d})$), значение длительной прочности и т.д.

При этом, как уже отмечалось, в составе сплава отсутствуют дорогостоящие рений и рутений. Поэтому цена шихты нового сплава равна ~125 \$/кг, в то время как стоимость шихты сплава ЖС32У, имеющего тот же уровень жаропрочности, составляет величину порядка 800 \$/кг.

Создание экономнолегированного безрутениевого сплава СЛЖС-3

Целью настоящей работы являлось создание нового ЖС, получившего название СЛЖС-3, с длительной прочностью при температуре 1000 °C $\sigma_{1000}^{1000} = 320...340$ МПа, экономнолегированного рением, при этом в его составе отсутствует рутений. Выполненное с помощью разработанной программы исследование показало, что обеспечение уровня жаропрочности σ_{1000}^{1000} порядка 330 МПа возможно. При этом в сплаве не будут образовываться пластинчатые ТПУ-фазы, а также другие выделения, оказывающие отрицательное влияние на жаропрочность.

В составе сплава отсутствует элемент платиновой группы рутений, что заметно снижает его стоимость. Кроме этого с целью дополнительного уменьшения стоимости сплава без ухудшения его рабочих характеристик в сплаве снижено содержание рения (среднее значение концентрации этого элемента уменьшилось по сравнению с серийными аналогами и составляет ~5 %).

Для обеспечения высокого уровня жаропрочности общий интервал легирования сплава вольфрамом увеличен.

Выполненные аналитические исследования и расчеты суммарной концентрации электронных вакансий элементов, входящих в образующуюся γ -фазу, показали, что скорректированный состав сплава допускает повышенное суммарное содержание влияющих непосредственно на уровень жаропрочности элементов - вольфрама, тантала и рения без образования охрупчивающих ТПУ-фаз, однако при этом допустимые интервалы суммарной концентрации этих элементов, а также (хрома + кобальта), влияющих на механизм образования охрупчивающих фаз σ -, μ - и др., становятся существенно более узкими и должны находиться внутри определенных значений. Именно это обстоятельство явилось причиной введения в условия производства сплава следующих условий: $25,3 < (W + Re + Ta) < 27,0$ и $8,7 < (Cr + Co) < 10,1$, где концентрации указанных элементов приведены в мас. %.

В таблице 4 представлены сравнительные данные перспективных никелевых суперсплавов с монокристалльной структурой для охлаждаемых лопаток ПТД 2-го - 5-го поколений.

Таблица 3

Результаты компьютерного расчета параметров жаропрочного никелевого сплава СЛЖС-1	
Количество γ' , %	67,96
Мисфит, % · 100	0,0501
$M(\bar{d})$	0,9053
Сумма $W + Al + Ta + Re + Mo + Nb + Hf$	21,67203
σ_{1000}^{1000}	265,7
$T_{ГР}$, °C	1300
d , г/см ³	9,07

Видно, что сплав имеет положительный мисфит, в нем содержится около 68 % γ' -фазы, величина $M(\bar{d})$ значительно ниже теоретической (0,93) и равна 0,905. Сплав обладает длительной прочностью σ_{1000}^{1000} , равной ~266 МПа, что ставит его на один уровень со сплавами CMSX-4 ($\sigma_{1000}^{1000} = 255$ МПа), используемым в двигателе 5-го поколения истребителя F-22, а также ЖС32У (ВЖМЗ), длительная прочность которого равна 265 МПа.

Анализ результатов, приведенных в данной таблице, показывает, что сплав СЛЖС-3 обладает наиболее высокой жаропрочностью при 1000 °С и испытаниях длительностью 100 и 300 ч.

По параметру удельной длительной прочности (σ_{300}^{1000}/d , см $\cdot$ 10 $^{-1}$) этот сплав значительно лучше всех мировых аналогов, хотя стоимость его шихты в 1,4...2,0 раза ниже, чем у материалов-конкурентов.

Аналогичный уровень удельной длительной прочности имеет лишь последний сплав Японии TMS-196 [12], однако цена его легирующих элементов является самой высокой из всех представленных в настоящей работе сплавов и вдвое превышает стоимость шихты сплава СЛЖС-3.

Проблема повышения температурной работоспособности никелевых жаропрочных монокристаллических сплавов требует обсуждения вопроса увеличения удельного веса новых материалов.

Дело в том, что прочность сплава при высоких температурах обеспечивают легирующие элементы, имеющие наиболее высокую температуру плавления и наименьшую диффузионную подвижность, контролирующую процессы структурных изменений в материале (особенности диффузионного массопереноса при высоких температурах достаточно подробно обсуждались в [9, 10]). К этим элементам в первую очередь относятся W, Ta и Re, которые имеют весьма высокий удельный вес и легирование которыми приводит (наряду с заметным увеличением жаропрочности сплавов) к росту их плотности.

Таким образом, увеличение жаропрочности никелевых сплавов связано с ростом их удельного веса. Анализ данных по никелевым монокристаллическим сплавам от 1-го до 4-го поколений [11], показывает, что среднее значение удельного веса сплавов 1-го поколения составило 8,45 г/см 3 , для 2-го поколения 8,8 г/см 3 , для 3-го поколения 9,0 г/см 3 , и для 4-го поколения - 9,03 г/см 3 .

Однако при этом их удельная жаропрочность растет гораздо более высокими темпами, обеспечивая успешную эксплуатацию новых сплавов в газотурбинных двигателях. В частности, удельная жаропрочность (при длительности испытаний 300 ч) монокристаллических сплавов 1-го поколения CMSX-2 и ЖС-40 (σ_{300}^{1000}/d , см $\cdot$ 10 $^{-3}$) составила 20,9 и 22,6 соответственно, в то время как этот же показатель для монокристаллических сплавов 4-го поколения составляет величину 30...32 (таблица 4). Т.е. за 30 лет был совершен скачек примерно в 1,5 раза, что является весьма высоким показателем роста жаропрочности никелевых сплавов за все время их эксплуатации в ГТД.

Сплавы СЛЖС-3 и СЛЖС-1 имеют достаточно высокие значения удельного веса - 9,35 и 9,07 соответственно. Однако при этом они обеспечивают наибольшие (для своего класса) параметры удельной длительной жаропрочности.

Напомним, что в свое время сплав ЖС-32 также имел наи-

большой удельный вес среди сплавов-аналогов (8,8 г/см 3)*, отличаясь существенно более высокими показателями жаропрочности и удельной длительной прочности. Именно это обстоятельство побудило генеральных конструкторов А.М. Люльку, С.П. Изотова и других применять его в своих новых двигателях, и этот сплав спустя более чем 25 лет, является одним из наиболее надежных и востребованных промышленностью.

Сплав СЛЖС-3 обладает высокой структурной стабильностью - температура полного растворения γ' -фазы в нем составляет ~1340 °С, а доля упрочняющей γ' -фазы находится на уровне 66 % по массе.

На рис. 8 представлена микроструктура сплава СЛЖС-3 (x30), типичная для монокристаллического строения материала в виде "малтийского креста".

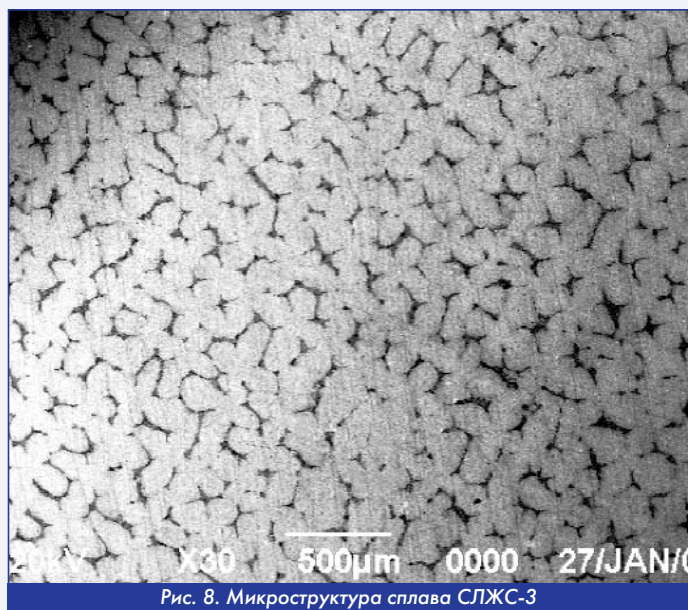


Рис. 8. Микроструктура сплава СЛЖС-3

Микроструктура этого же сплава при увеличении (x10 000) после закалки показана на рис. 9, а и после "закалки + старения" - на рис. 9, б. Видно, что после закалки средний размер precipitates γ' -фазы кубической формы составляет 0,25 мкм, а после старения равномерность распределения выделений упрочняющей γ' -фазы кубической формы сохраняется, но при этом ее средний размер увеличивается до 0,5 мкм. ТПУ- и α -фаз в микроструктуре сплава не обнаружено.

* - В то время успешно эксплуатировался и сплав ЖС-16 с удельным весом ~9,0 г/см 3 , однако он применялся для изготовления сопловых лопаток ГТД.

Перспективные никелевые суперсплавы с монокристаллической структурой для охлаждаемых лопаток ГТД (2 - 5 поколений) [11, 12]

Сплав, страна	Особенности легирования	Свойства при 20 °С			Свойства при 1000 °С		Стоимость шихты, \$/кг	Удельная длительная прочность $\sigma_{300ч}^{1000\text{ }^{\circ}\text{C}}/d, \text{ см} \cdot 10^{-3}$	$d, \text{ г/см}^3$
		$\delta_B, \text{ МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{ МПа}$	$\delta, \%$	$\sigma_{100}, \text{ МПа}$	$\sigma_{1000}, \text{ МПа}$			
3-е - 5-е поколения									
СЛЖС-3, Россия	4.8 % Re, без Ru	1170	980	8,0	347	300 ($\tau = 300 \text{ ч}$)	483,6	31,8	9,35
TMS-196, Япония	6,4 % Re, 5 % Ru	-	-	-	320	235	953,6	31,4	9,01
TMS-162, Япония	5 % Re, 6 % Ru	-	-	-	320	230	881,8	31,0	9,1
ЕРМ-102, США	6 % Re, 3 % Ru	-	-	-	325	200	788,7	28,9	9,2
ВЖМ-1, Россия	9 % Re	1190	945	21	330	215	862,4	31,2	9,1
ВЖМ-4, Россия	6,5 % Re, 4 % Ru	1220	865	20	315	200	848,4	28,7	8,9
ВЖМ-6, Россия	Re + Ru = 11 %	-	-	-	-	220	913,7	30,7	9,04
МС-NG, Франция	4 % Re, 4 % Ru	-	-	-	275	190	662,6	26,8	8,75
CMSX-10 (RR3000), США, Великобритания	6 % Re	1190	985	21	290	185	584,2	27,2	9,05
2-е поколения									
СЛЖС-1, Россия	Без Re, без Ru	-	-	-	265	-	123,0	24,7	9,07
CMSX-4, США	3 % Re	-	-	-	255	-	360,0	24,8	8,73
ЖС-32, Россия	4 % Re	-	-	-	245	-	452,0	22,7	8,8

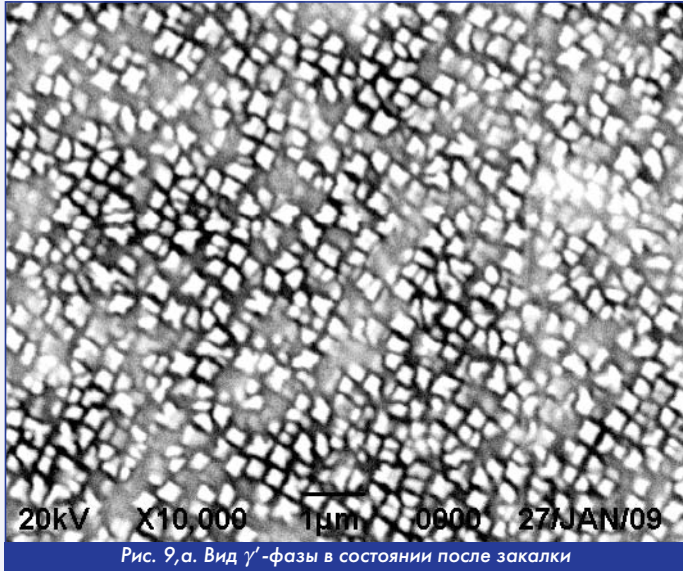


Рис. 9,а. Вид γ' -фазы в состоянии после закалки

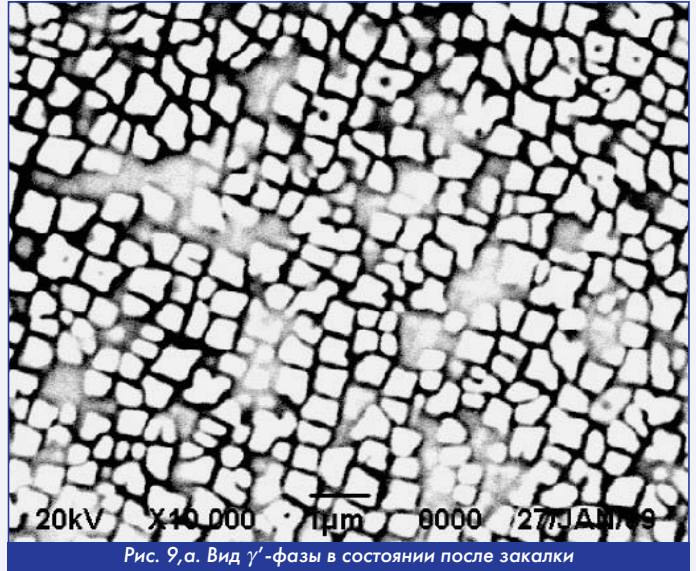


Рис. 9,а. Вид γ' -фазы в состоянии после закалки

Из сплава СЛЖС-3 отлиты опытные экземпляры рабочих охлаждаемых лопаток, которые в настоящее время готовятся к испытаниям.

Литература

7. А.В. Логунов, М.Л. Кузменко, Ю.Н. Шмотин, С.А. Гришихин
"Жаропрочный литейный сплав на основе никеля", Патент РФ
№ 499185, 2012.

8. А.В. Логунов, М.Л. Кузменко, Ю.Н. Шмотин, С.А. Гришихин
"Литейный никелевый жаропрочный сплав", Патент РФ № 2446221,
2012.

9. Б.Е. Патон, С.Т. Кишкин, С.З. Бокштейн, А.В. Логунов и др.
"Жаропрочность литейных никелевых сплавов и защита их от

окисления", Киев, Наукова думка, 1987. - 256 с.

10. С.З. Бокштейн Диффузия и структура металлов. - М.: Металлургия, 1973. - 1-208 с.

11. Литейные жаропрочные сплавы. Эффект С.Т. Кишкина, Сборник статей. М., "Наука", 2006, 232 с.

12. Akihiro SATO, Hiroshi HARADA, An-Chou YEH, Kyoko KAWAGISHI, Toshiharu KOBAYASHI, Yutaka KOIZUMI, Tadaharu YOKOKAWA, and J-X.ZHANG. "A 5th Generation SC Superalloy With Balanced High Temperature Properties and Processability". Superalloys 2008, Pennsylvania USA, a publication of TMS, p.p. 131-138.

Связь с автором: 8-495-683-99-31

**ХII МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2013**
МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

**19 - 22
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
® "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



ВЛИЯНИЕ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ГТД

Людмила Петровна Фомина, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана, к.т.н.

Проведена экспериментальная оценка эксплуатационных свойств теплостойкой стали ВКС-5, по критериям выносливости зубьев при изгибе, после упрочнения по технологии основанной на газовой цементации и цементации при пониженном давлении. Показано, что более высокое сопротивление усталости после вакуумной цементации связано с более высоким качеством цементированного слоя. Определены характеристики цементированного слоя и режимы вакуумной цементации, отвечающие высокой циклической долговечности.

The experimental assessment of operational properties temperature constancy steel VKS-5, by criteria of endurance teeth is lead at a bend, after hardening on technology based on gas cementation and cementation at low blood pressure. It is shown, that higher resistance of weariness after vacuum cementation is connected with higher quality cementation a layer. Characteristics of cemented layers and modes, vacuum carburizing high cyclic durability.

Ключевые слова: зубчатые колеса, вакуумная и газовая цементация, цементированный слой, усталостные испытания, предел выносливости, циклическая долговечность.

Keywords: gear wheels, acetylene vacuum cementation and gas cementation, cementation a layer, fatigue tests, a limit of endurance, cyclic durability.

Зубчатые колеса авиационного ГТД размещаются в передней и задней коробках приводов и осуществляют привод к различным агрегатам двигателя (топливным и масляным насосам, генераторам и др.), а также обслуживают работу отдельных узлов самолета - поворачивают сопла, передают движение на закрылки, выполняют другие функции [1]. Долговечность цементированных зубчатых колес определяется в первую очередь их свойствами: выносливостью зубьев при изгибе, контактной выносливостью, износостойкостью, обеспечивающих надежность работы в зависимости от эксплуатационных, конструктивных и технологических факторов. Только в случае их достаточности для условий эксплуатации, зубчатые колеса будут успешно сопротивляться рабочим напряжениям, возникающим в зацеплении [2-3].

Одним из основных условий работоспособности зубчатых колес авиационных двигателей является высокая выносливость зубьев при изгибе. При передаче зубчатым колесом крутящего момента в зацеплении действует окружная сила. Под действием этой силы у основания зуба возникают напряжения изгиба, которые изменяются по пульсирующему циклу. Действие циклических нагрузок провоцирует развитие усталостного разрушения основания зуба. Для его предупреждения авиационные зубчатые колеса изготавливают с нешлифованным основанием зубьев [2]. Перед ХТО зубчатые колеса нарезают специальной фрезой, обеспечивающей подрезание ножки зуба на величину припуска при шлифовании. При снятии припуска обеспечивается плавный переход шлифованного профиля зуба к нешлифованному основанию. В этом случае у основания зуба сохраняются остаточные напряжения сжатия, величина которых по данным работы [2] может составлять 300...400 МПа.

Важнейшим направлением повышения выносливости зубьев при изгибе и улучшение работоспособности по другим критериям является применение вакуумных и ионных процессов цементации взамен технологий, основанных на процессе газовой цементации в шахтных печах. В процессе газовой цементации в шахтных печах упрочнение зубчатых колес проходит в окислительной атмосфере, что сопровождается поверхностным окислением, развитием внутреннего окисления легирующих элементов [3] и обезуглероживанием. В работе [4] показано, что развитие этих процессов сопровождается заметным снижением выносливости зубьев при изгибе. С учетом этого обстоятельства были проведены испытания, по результатам которых предстояло оценить, насколько можно повысить циклическую прочность при использовании вакуумной цементации.

Также были проведены испытания, позволяющие определить характеристики цементированного слоя и режимы вакуумной цементации, отвечающие высокой циклической долговечности.

Учитывая, что сопротивление усталостному разрушению зависит от большого числа факторов [5] форма образцов и методика испытаний, были приближены к условиям, характерным для основания зуба колеса. Образцы из стали 16ХЗНВФМБ-Ш (ВКС-5) (0,18 % C, 2,82 % Cr, 1,43 % Ni, 1,34 % W, 0,43 % V, 0,56 % Mo, 0,17 % Nb, 0,88 % Si, 0,67 % Mn) в месте возможного разрушения имели закругление радиусом 3 мм, что имитирует ножку зуба колеса $m = 3$ мм, $z = 35$, $\alpha = 25^\circ$ (рис. 1) [2]. Испытания проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 25.502-79, на установке ИС5116 [6]. Образцы при консольном закреплении (как и зуб колеса) подвергали знакопеременному изгибу. Отличие состояло в том, что использовали не пульсирующий, а симметричный - наиболее жесткий цикл нагружения. Напряжения амплитуды цикла изменяли от 700 до 1200 МПа. Для сердцевины, имеющей $\sigma_b = 1300$ МПа, амплитуды напряжений цикла составляли (0,54...0,92) σ_b , для цементированного слоя при $\sigma_b = 2200$ МПа - (0,32...0,54) σ_b .

Испытывали образцы после газовой и вакуумной цементации (4 партии по 16 шт. каждая). Перед цементацией поверхность радиусной части образца, в которой развивается процесс усталостного разрушения, подвергали механической полировке. Удаляли грубые риски и царапины - технологические концентраторы напряжений. Газовую цементацию образцов проводили в шахтной печи, с садкой зубчатых колес на эффективную толщину слоя 0,6...0,9 мм и 1,05...1,30 мм с последующей термической обработкой.

Вакуумную цементацию образцов проводили на универсальной лабораторной установке, а последующую термическую обработку (высокий отпуск, закалку, обработку холодом и низкий

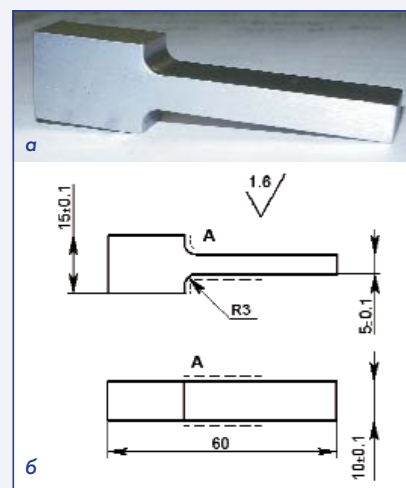


Рис. 1 Внешний вид (а) и чертеж (б) образца для усталостных испытаний [2]

отпуск) - с использованием вакуумного оборудования фирмы Ipsen. При разработке режимов вакуумной цементации исходили из следующих задач: 1) сравнение циклической прочности при вакуумной и газовой цементации; 2) оценка влияния на циклическую долговечность характеристик цементированного слоя после вакуумной цементации - концентрации углерода на поверхности и эффективной толщины слоя.

Результаты усталостных испытаний после вакуумной и газовой цементации соотносили с микроструктурой цементированного слоя и сердцевины, характеристиками слоя, распределением твердости. В 1-й партии образцов после газовой цементации эффективная толщина цементированного слоя составляла 0,7 мм, а концентрация углерода на поверхности - 0,86 %. Во 2-й партии образцов эффективная толщина слоя была равной 1,3 мм, а поверхностная концентрация 1,33 % С (табл. 1). Вакуумную цементацию проводили по специально разработанным режимам для обеспечения сравнимых характеристик цементированного слоя. В 3-й партии образцов была обеспечена эффективная толщина слоя 0,7 мм с концентрацией углерода на поверхности 1,07 %. В 4-й партии образцов - эффективная толщина слоя равна 1,35 мм, а поверхностная концентрация углерода 1,45 % (табл. 1).

Эффективная толщина слоя, которую определяли по кривым микротвердости после полной ХТО, была обеспечена практически одинаковой для образцов сравниваемых способов науглероживания (табл. 1). Значения концентрации углерода на поверхности оказались достаточно близкими, однако, при металлографическом анализе было установлено значительное обезуглероживание поверхностного слоя образцов после газовой цементации. Измерение концентрации углерода после удаления слоя толщиной примерно 0,05 мм показало, что на образцах 1-й партии с $h_{эф} = 0,7$ мм концентрация углерода составляла 0,96 %, а на образцах 2-й партии с $h_{эф} = 1,3$ мм - 1,67 %.

Исследование микроструктуры приповерхностной зоны цементированного слоя образцов после газовой цементации показало, что на образцах обеих партий наблюдается зона обезуглероживания. У образцов 2-й партии (с $h_{эф} = 1,3$ мм) имеется пере насыщение частицами карбидной фазы поверхностной зоны, что и обусловило повышенную (1,67 %) концентрацию углерода за зоной обезуглероживания. Обезуглероживание практически не отражается на уровне твердости по Роквеллу, однако, проявляется в снижении микротвердости в приповерхностной области (рис. 2).

Кривые усталости на базе $5 \cdot 10^6$ циклов (рис. 3) отражают более высокое сопротивление усталости образцов после вакуумной цементации. Предел выносливости σ_{-1} при эффективной толщине слоя 0,7 мм составил 980 МПа при вакуумной цементации и 800 МПа при газовой цементации (табл. 1). Эффект от применения вакуумной цементации составляет примерно 22 %. При эффективной толщине слоя 1,3 мм различие в неразрушающем напряжении еще больше - 26 % (σ_{-1} : 910 и 720 МПа соответственно) [6].

Следствием более низкой циклической прочности при газовой цементации является развитие процессов окисления в тонком поверхностном слое. Эти процессы подробно исследованы в работах И.Я. Архипова [4] и В.М. Зинченко [3]. Положительный эффект от применения вакуумной цементации обусловлен более высоким качеством цементированного слоя.

Для определения характеристик цементированного слоя и режимов вакуумной цементации отвечающих высокой цикличес-

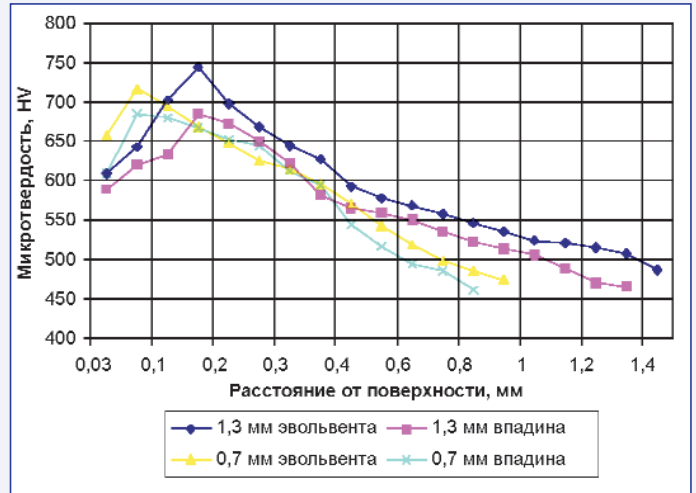


Рис. 2 Распределение микротвердости по толщине диффузионного слоя после газовой цементации образцов с эффективной толщиной слоя 1,3 мм и 0,7 мм [6]

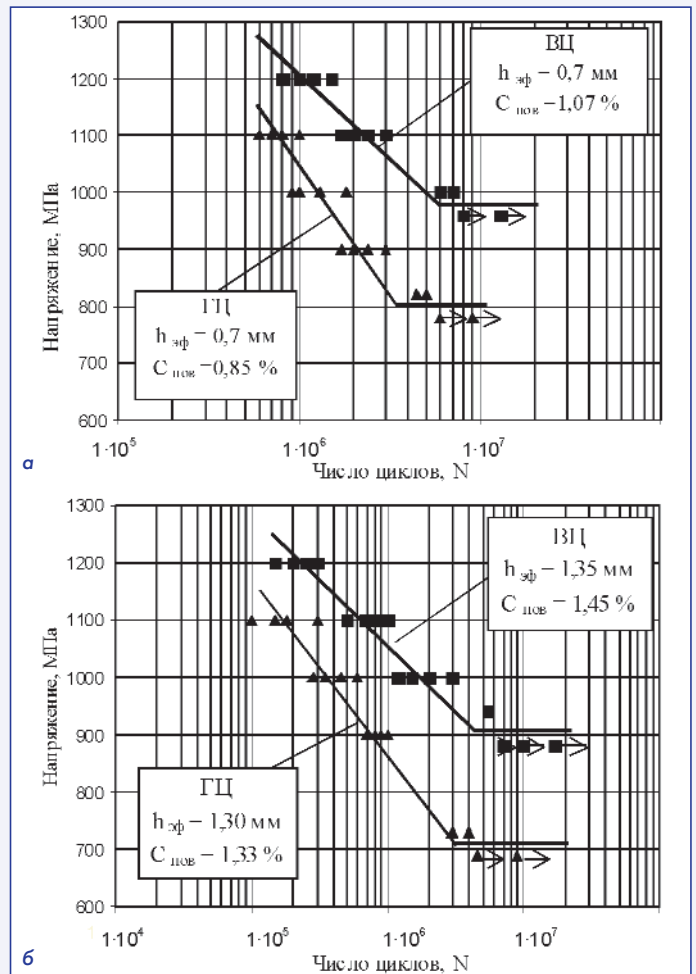


Рис. 3 Кривые усталости образцов стали ВКС5 после газовой (ГЦ) и вакуумной (ВЦ) цементации для эффективной толщины слоя 0,7 мм (а) и 1,3 мм (б) [6]

кой долговечности, испытывались образцы с различной концентрацией углерода на поверхности равной: 0,7; 1,0; 1,2 %, при постоянной эффективной толщине слоя $\sim 1,0$ мм; и образцы с постоянной концентрацией углерода на поверхности $\sim 1,0$ % и разной эффективной толщиной слоя: 0,7; 1,0 и 1,4 мм. Испытания на усталость [6] проводили при напряжении амплитуды цикла σ_a , равной 1100 МПа. На каждый режим обработки испытывали по 7 образцов. Определяли среднее значение долговечности пяти образцов; верхнее и нижнее значения не учитывали.

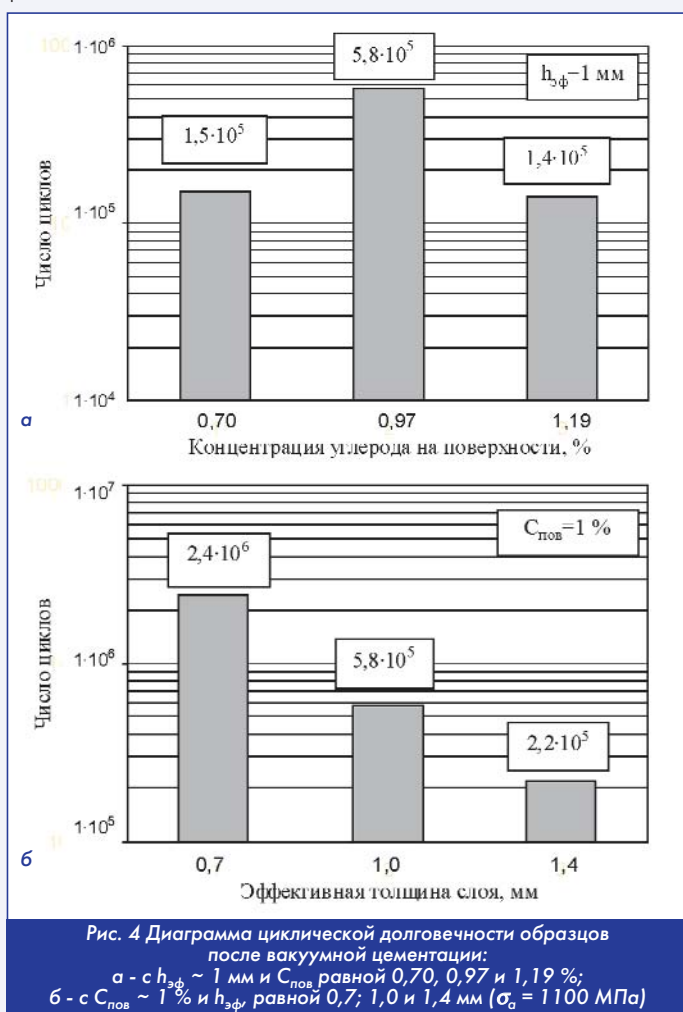
Таблица 1

Характеристики цементированного слоя экспериментальных образцов и пределы циклической прочности стали ВКС5							
Способ цементации	№ партии	Характеристики цементированного слоя			Толщина обезуглероженного слоя, мкм	HRC	σ_{-1} , МПа
		$h_{эф}$, мм	$C_{пов}$, %	$C_{0,05}$, %			
Газовая	1	0,70	0,86	0,96	10	58,0	800
	2	1,30	1,33	1,67	20	63,5	720
Вакуумная	3	0,70	1,07	1,07	0	59,0	980
	4	1,35	1,45	1,45	0	63,0	910

Циклическая долговечность образцов после вакуумной цементации при $\sigma_a = 1100$ МПа			
№ образца	Характеристики слоя		Число циклов
	$h_{эф}$, мм	$C_{пов}$, %	
1	0,95	0,70	$1,5 \cdot 10^5$
2	1,00	0,97	$5,8 \cdot 10^5$
3	0,95	1,19	$1,4 \cdot 10^5$
4	0,70	1,07	$2,4 \cdot 10^6$
5	1,40	1,04	$2,2 \cdot 10^5$

Концентрация углерода на поверхности заметно влияет на циклическую долговечность (табл. 2, рис. 4,а). Наиболее высокой выносливостью отвечает концентрация углерода близкая к 1 %. При такой концентрации в приповерхностной части цементованного слоя образуются мелкие дисперсные карбиды цементитного типа и частицы специальных карбидов. Вероятно, что такое строение не сопровождается развитием излишней хрупкости, обеспечивает высокое сопротивление как зарождению, так и развитию трещины усталости. При концентрации углерода 0,7 % карбидная фаза в слое практически отсутствует, что отражается на уровне его упрочнения (650 НВ). При концентрации углерода на поверхности ~ 1,2 % образуется достаточно развитая активная карбидная зона толщиной порядка 0,15 мм, приводящая к снижению пластичности, облегчению развития трещины усталости.

Полученный результат согласуется с литературными данными [3]. Для низколегированных сталей рекомендуется обеспечивать концентрацию углерода в пределах 0,8...1,0 %. Для теплоустойчивой комплексно-легированной стали ВКС5, склонной к пересыщению, концентрация углерода 0,9...1,0 % с у основания зуба колеса может быть принята за оптимальную, при условии ограниченной объемной доли карбидной фазы и высокой дисперсности ее частиц.



Оценка влияния эффективной толщины слоя показала снижение циклической долговечности при увеличении толщины слоя свыше 0,7 мм (табл. 2, рис. 4,б). Увеличение толщины слоя до 1,4 мм снижает долговечность в 10 раз. Необходимость ограничения толщины слоя у основания зуба подтверждена в ряде работ [2-3]. Основной причиной снижения сопротивления усталости при увеличении толщины слоя свыше 0,7 мм считают [2] уменьшение в поверхностной зоне уровня остаточных напряжений сжатия из-за неблагоприятного их распределения.

Выводы

На основе результатов сравнительных испытаний на усталость образцов, имитирующих условия работы основания зуба зубчатого колеса, установлено более высокое сопротивление усталостному разрушению стали ВКС5, упрочненной по технологии вакуумной цементации. По сравнению с газовой цементацией предел выносливости (σ_{-1}) выше примерно на 22 % при эффективной толщине диффузионного слоя 0,7 мм и на 26 % при толщине 1,3 мм.

Установлено влияние характеристик цементированного слоя на циклическую долговечность, наибольшее значение которой соответствует концентрации углерода на поверхности 0,9...1,0 % и эффективной толщине цементированного слоя у основания зуба равной 0,7 мм. Полученные результаты согласуются с известными показателями, установленными ранее для сталей, упрочняемых газовой цементацией.

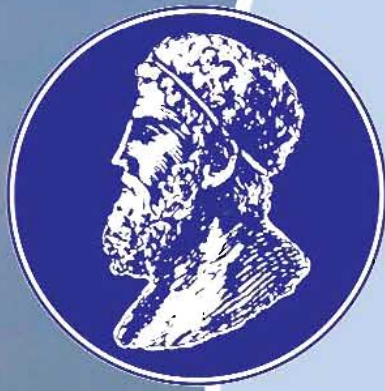
Результаты исследований показали, что вакуумная цементация открывает перспективу увеличения несущей способности и долговечности зубчатых колес. Её применение дает возможность в достаточно широком диапазоне изменять характеристики диффузионных слоев - их насыщенность, структурное состояние, фазовый состав и, как следствие, механические свойства. Для эффективного использования нового процесса поверхностного упрочнения разработаны режимы вакуумной цементации [6], обеспечивающие характеристики диффузионных слоев, отвечающие основным критериям работоспособности зубчатых колес - циклической прочности при изгибе, износостойкости, контактной выносливости.

Литература

1. Производство зубчатых колес газотурбинных двигателей / Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов, И.П. Нежурин и др. - М.: Высшая школа, 2001. - 493 с.
2. Повышение надежности тяжело нагруженных зубчатых передач / М.Д. Генкин, М.А. Рыжов, Н.М. Рыжов. - М.: Машиностроение, 1981. - 232 с.
3. Зинченко В.М. Инженерия поверхности зубчатых колес методами химико-термической обработки. - М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. - 303 с.
4. Архипов И.Я., Батырев В.А., Полоцкий М.С. Внутреннее окисление в цементованных слоях легированных сталей // Металлург. 1972. - № 6. - С. 40-44.
5. Херцбергер Р.В. Деформация и механика разрушения конструкционных материалов: Пер. с англ. - М.: Металлургия, 1989. - 576 с.
6. Фомина Л.П. Разработка и анализ технологии ионной и вакуумной цементации зубчатых колес авиационных двигателей / Дисс. канд. техн. наук. - М. - 2009. - 342 с.

Связь с автором: fominalp@yandex.ru





XVII Московский международный Салон
изобретений и инновационных технологий

АРХИМЕД

1 - 4 апреля 2014 г.

Москва, Россия,

Конгрессно-выставочный центр «Сокольники»,
павильон №4



Организаторы Салона:

ООО «ИнновЭкспо»

Департамент науки, промышленной политики и
предпринимательства города Москвы

При поддержке:

Администрации Президента РФ;

Правительства города Москвы;

Всемирной организации интеллектуальной собственности.

Соорганизаторы и партнеры:

Министерство обороны РФ;

Министерство образования и науки РФ;

Федеральная служба по интеллектуальной собственности;

Российская академия наук; ТПП РФ, МТПП;

Союз машиностроителей России; ООО «Союзпатент»;

Всероссийское общество изобретателей и
рационализаторов;

Международный инновационный клуб «Архимед»

- изобретения
- полезные модели
- промышленные образцы
- инновационные проекты
- товарные знаки
- Всемирный форум изобретателей
- Международная научно-практическая конференция по правовой охране результатов интеллектуальной деятельности
- Международный университет изобретателя



Заявки на участие в 17 Московском
международном Салоне изобретений и
инновационных технологий «Архимед-2014»
принимаются до 25 февраля 2014 г. по адресу:
105187, г. Москва, ул. Щербаковская, д.53, к.В,
ООО «ИнновЭкспо».

Тел./факс: +7(495) 366-1465, +7(495) 366-0344

www.archimedes.ru, www.innovexpo.ru

E-mail: mail@archimedes.ru, mail@mosvoir.ru

О КАМЕРАХ СГОРАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ



Олег Юрьевич Бондарев, специалист II уровня по визуальному и измерительному контролю, президент Промышленной ассоциации "МЕГА" в области технической диагностики

Юрий Александрович Тарасенко, специалист инженерно-авиационной службы ВВС



(Окончание. Начало в № 5 - 2013)

Кое-что о зажигании

Во время работы камеры сгорания ПД постоянного принудительного зажигания топливо-воздушной смеси не требуется. Жара вокруг итак достаточно. Однако пусковое воспламенение, как и любому двигателю, необходимо.

Источником пламени в этом случае служит высокотемпературный электрический разряд запальной свечи, похожей на свечу обычного бензинового двигателя внутреннего сгорания. Но только похожего, потому что в ДВС применяются обычные электрические высоковольтные искровые свечи. У них мощность разряда зависит от давления в камере сгорания, и чем оно ниже, тем ниже мощность. В сервисной аппаратуре при проверке таких свечей его даже специально накачивают.

Это невыгодно для авиадвигателя, особенно, к примеру, для высотного запуска. Поэтому на всех современных авиационных ПД

сейчас применяют так называемые низковольтные полупроводниковые свечи поверхностного разряда, на которые внешнее давление влияния не оказывает.

Собственно поджиг топливно-воздушной смеси может происходить непосредственно от свечи зажигания или же с применением специальных топливных воспламенителей. Последнее на современных двигателях применяется чаще.

Воспламенитель представляет собой, по

сути дела, миниатюрную камеру сгорания, к которой смонтирована чаще всего простая одноступенчатая центробежная форсунка и свеча зажигания для непосредственного розжига. Для осуществления надежного высотного запуска обычно имеется подпитка кислородом.

Пусковое топливо подается в камеру воспламенителя по специальному закону регулирования топливоподдачи, отличному от основной камеры сгорания для обеспечения надежного и устойчивого запуска.

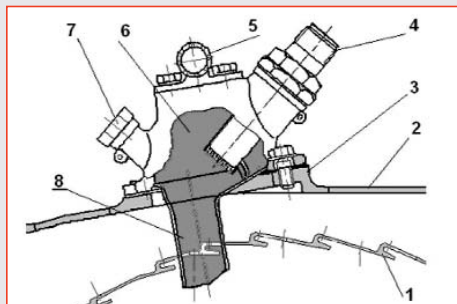


Рис. 34. Установка воспламенителя на камеру сгорания

менителя введен в жаровую трубу, непосредственно в зону горения, для подачи туда факела пламени. Таких воспламенителей для надежного розжига бывает обычно больше одного (два или три), особенно это актуально для трубчатых и трубчато-кольцевых камер сгорания.

О материалах

Для обеспечения достаточного ресурса жаровых труб в двигателе они никогда не находятся под силовой нагрузкой, то есть не включены в силовую схему двигателя. При этом материалы, из которых они изготавливаются, имеют высокие характеристики жаростойкости и жаропрочности. Кроме того, такие материалы удобны в обработке, стойки к газовой коррозии и вибрациям.

Обычно это специализированные хромоникелевые сплавы. Для российской металлургии это типы Х20Н80Т, ХН60В, ХН70Ю, ХН38ВТ, Х24Н25Т. Если камеры сгорания работают при температурах до 900 °С, то могут применяться сплавы типа Х20Н80Т, ХН38ВТ, ХН75МВТЮ. А для температур 950...1100 °С - сплав ХН60В.

Сами жаровые трубы собираются при помощи сварки отдельных частей - секций. Во избежание температурных напряжений между секциями связь между ними выполняется с "малой жесткостью", то есть делается упругой. С этой целью выполняются многочисленные разрезы вдоль образующей линии секции с отверстиями большого диаметра на конце для уменьшения концентрации напряжений. Это так называемые "температурные швы".

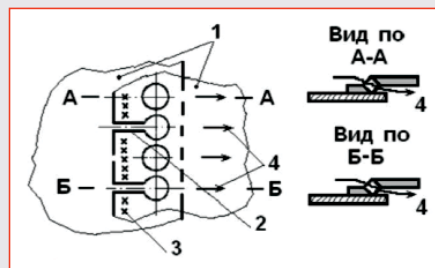


Рис. 35. Соединение секций камеры сгорания (упругое)

Кроме того, элементы жаровых труб изнутри покрываются специальными жаростойкими эмалями, или иначе - стеклоэмальевыми покрытиями. У этих покрытий двойная функция. Из-за низкой теплопроводности они вносят свой вклад в предохранение стенок жаровой трубы от перегрева. Такое покрытие толщиной в 1 мм с низким коэффициентом теплопроводности может обеспечить снижение температуры стенки почти на 100 °С.

Помимо этого, эмаль служит хорошей защитой от газовой коррозии, то есть окисления материала элементов ЖТ имеющимся в составе газа свободным кислородом. В процессе эксплуатации эмаль из-за эрозийных явлений постепенно изнашивается и утончается, но может быть восстановлена при плановом ремонте двигателя. Эма-



Рис. 36. Защитная стеклоэмаль на кольцевой КС

ли повышают сопротивляемость коррозии в 6...8 раз. Работают при температурах 600...1200 °С (в зависимости от типа).

Одна из самых распространенных эмалей на двигателях российского производства (больше для "старых" двигателей) - ЭВ-55, используемая, в частности, со сплавом 1Х18Н9Т. Она, кстати, имеет характерный зеленый цвет из-за присутствия в ее составе хрома в виде диоксида.

Другая распространенная эмаль, ЭВК-103, может длительно работать при температурах до 1000 °С и применяется для сплавов типа ХН60ВТ (ВЖ98).

Для перспективных сплавов, таких как ВЖ145 (рабочая температура до 1100 °С, ВЖ155/171 (рабочая температура до 1200 °С) разрабатываются специальные добавки для улучшения свойств серийных стеклоэмалей типа ЭВК.

Кроме того, используются композитные материалы и керамика, значительно повышающие эксплуатационные возможности перспективной техники (композитный керамический состав ВМК-3/ВМК-3). Становится возможной разработка деталей, которые работоспособны при температурах до 1500 °С. Практика применения керамики для производства некоторых элементов уже опробована на двигателях военного предназначения, теперь пришел черед двигателей коммерческих.

О контроле состояния элементов

Постоянно растущие температура и давление процесса горения в камерах сгорания ГТД требуют современных методов контроля за состоянием элементов конструкции. В этом плане есть, так сказать, и предмет, и средства. Практически все существующие и перспективные камеры сгорания имеют достаточно хорошую контролепригодность, особенно что касается визуальных осмотров.



Рис. 37. Эндоскопы XLG0 (а) и XLG3 (б)

Применение специальных бороскопических устройств делает визуальный осмотр и контроль внутренних полостей достаточно несложным делом. Наиболее широко (и удобно) применяемые в этом плане аппараты - это видеоэндоскопы типа XLG0 (Everest XLG0) или более "серьезный" технический эндоскоп XLG3 VideoProbe от GE InspectionTechnologies.

Для осмотра внешней поверхности жаровых труб обычно могут быть использованы два подхода. На всех современных двигателях во внешнем корпусе камеры сгорания имеются специально предназначенные для бороскопических инспекций отверстия (порты), закрытые легкосъемными пробками.

Через такие порты щуп бороскопа может достать практически любую точку под внешним корпусом камеры сгорания ГТД. Если у бороскопа длинный гибкий щуп с хорошей артикуляцией (тот же XLG0, например), то эта задача упрощается многократно, и состояние практически любого подозрительного места может быть хорошо проверено и проанализировано, в том числе с применением 3D

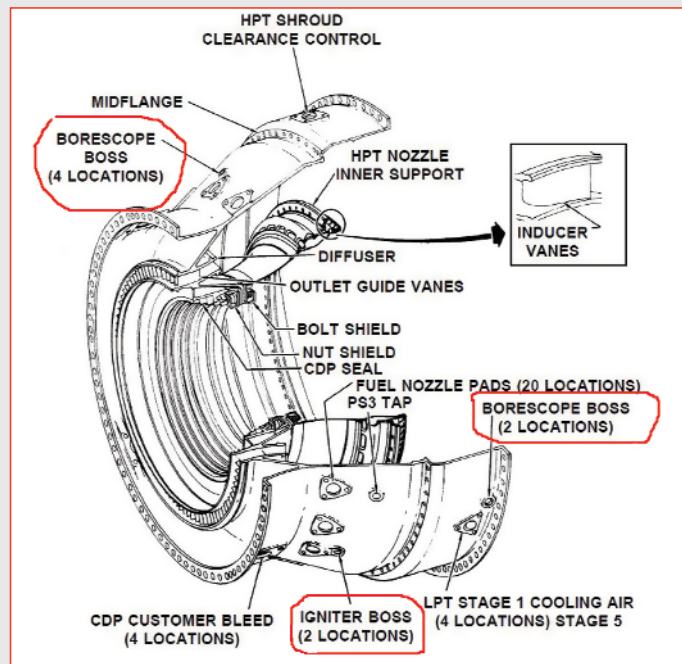


Рис. 38. Пример расположения точек доступа для бороскопической инспекции камеры сгорания. Двигатель CFM56-3

анализа и выполнением качественных снимков и видеозаписей.

Точно также (второй способ) можно произвести осмотр и через отверстие на месте снятого пускового воспламенителя. Демонтаж-монтаж воспламенителя обычно не является сложной операцией. В этом случае можно произвести осмотр как наружных, так и внутренних полостей камеры сгорания ГТД.

Кроме того, фронтные устройства и диффузор КС можно осмотреть через бороскопические порты для последней ступени компрессора (для ТРДД и ТВРД это компрессор низкого давления). Таким же образом осматривается газосборник жаровой трубы (как, впрочем, и вся жаровая труба изнутри) через бороскопические порты на сопловом аппарате первой ступени турбины.



Рис. 39. Снимок внутренних поверхностей камеры сгорания, сделанный при помощи XLG0



Рис. 40. Внутренние полости КС на экране видеоэндоскопа

Такого рода порты (как на компрессоре, так и на турбине) есть практически на всех современных ГТД. Эти работы не требуют демонтажа двигателя и других каких-либо сложных демонтажно-монтажных работ.

Экологические нюансы

В современных условиях мирового роста объема авиационных перевозок, как пассажирских, так и грузовых все большее значение приобретает, можно сказать, "культура применения" авиационных двигателей. То есть человеку становятся безразличны не только высокие тяговые характеристики авиационного газотурбинного двигателя, но также его экономичность и экологичность. Экологичность напрямую связана с вредными выбросами двигателя в атмосферу. К их количеству при создании современных двигателей (а значит, и камер сгорания ГТД) предъявляются сейчас довольно жесткие требования. Это заставляет создателей и конструкторов камер сгорания использовать новые, нетрадиционные приемы.

В чем суть этих приемов и что, собственно, представляют из себя вредные выбросы?

Фундаментальная формула горения (окисления) топлива (керосина) в камере сгорания ПТД имеет примерно такой вид: $C_{12}H_{23} + 17,75 O_2 = 12 CO_2 + 11,5 H_2O$.

То есть два основных продукта, получающихся в результате горения топлива, - это вода и углекислый газ.

В газах, покидающих камеру сгорания ПТД, в наибольших количествах содержатся: кислород O_2 , азот N_2 и получающиеся в результате горения углекислота и вода. Кроме того, присутствуют продукты неполного окисления типа CO , несгоревшие углеводороды HC (типа CH_4 , C_2H_4), а также продукты распада, получившиеся в результате высокотемпературной диссоциации.

В меньшем количестве представлены вещества типа SO (обычно как результат окисления серы, содержащейся в топливе), оксиды азота NO_x , различные амины, цианиды, альдегиды и полициклические ароматические углеводороды (в небольших количествах). Кроме того, присутствует углерод в виде сажи и дыма как результат термического разложения топлива в зонах его переизбытка.

Из всего этого списка только первые четыре продукта не обладают токсичными свойствами и не оказывают неблагоприятного влияния на атмосферу (хотя насчет CO_2 это относительно). Остальные так или иначе вредны для атмосферы, живых организмов и человека. Некоторые особо опасны.

К таким относятся окислы азота NO_x (в особенности NO и NO_2), монооксид углерода CO (угарный газ), углеводороды CH различного состава (канцерогены, широко известен бензопирен $C_{20}H_{12}$) и углерод в виде сажи или дыма (адсорбирует на себе токсины и при попадании в организм не выводится из него).

Выброс этих веществ авиационными двигателями в атмосферу (эмиссия) сейчас регламентируется достаточно жесткими специальными правилами ICAO (последний обновленный свод норм CAEP 8 от 2010 года).

Основная часть окислов азота (до 90 %) образуется в камере сгорания ПТД по так называемому термическому механизму, когда атмосферный азот окисляется кислородом при высокой температуре. То есть, для того чтобы NO_x было меньше, нужна, во-первых, меньшая температура горения и, во-вторых, меньшая концентрация кислорода, хотя влияние второго фактора менее существенно.

Максимальная температура горения достигается при стехиометрическом составе ТВС (то есть когда воздуха есть ровно столько, сколько нужно для полного сгорания имеющегося количества топлива). Параметр, характеризующий состав топливно-воздушной смеси, - это упоминавшийся уже коэффициент избытка воздуха (α), и он в таком случае равен единице.

Однако при T_{max} будут идеальные условия для еще большего образования окислов азота. Поэтому с точки зрения уменьшения их количества камера сгорания ПТД должна работать подальше от зоны $\alpha = 1$, то есть ТВС не должна быть стехиометрической. Либо обогащенной, либо обедненной. Плюс к этому хорошо перемешанная топливно-воздушная смесь (ТВС) не должна долго находиться в зоне с высокими температурами, что подразумевает меньшие осевые размеры камеры сгорания.

CO - это результат неполного сгорания топлива, когда кислорода для завершения реакции окисления не хватает. Это бывает в зоне с богатой смесью. Если же смесь бедная или близкая к стехиометрической, то CO образуется в результате диссоциации. Поэтому способ борьбы с его образованием - это хорошее перемешивание ТВС и улучшение полноты сгорания.

В чем суть этих приемов и что, собственно, представляют из себя вредные выбросы?

Фундаментальная формула горения (окисления) топлива (керосина) в камере сгорания ПТД имеет примерно такой вид: $C_{12}H_{23} + 17,75 O_2 = 12 CO_2 + 11,5 H_2O$.

То есть два основных продукта, получающихся в результате горения топлива, - это вода и углекислый газ.

В газах, покидающих камеру сгорания ПТД, в наибольших количествах содержатся: кислород O_2 , азот N_2 и получающиеся в результате горения углекислота и вода. Кроме того, присутствуют продукты неполного окисления типа CO , несгоревшие углеводороды HC (типа CH_4 , C_2H_4), а также продукты распада, получившиеся в результате высокотемпературной диссоциации.

В меньшем количестве представлены вещества типа SO (обычно как результат окисления серы, содержащейся в топливе), оксиды азота NO_x , различные амины, цианиды, альдегиды и полициклические ароматические углеводороды (в небольших количествах). Кроме того, присутствует углерод в виде сажи и дыма как результат термического разложения топлива в зонах его переизбытка.

Из всего этого списка только первые четыре продукта не обладают токсичными свойствами и не оказывают неблагоприятного влияния на атмосферу (хотя насчет CO_2 это относительно). Остальные так или иначе вредны для атмосферы, живых организмов и человека. Некоторые особо опасны.

К таким относятся окислы азота NO_x (в особенности NO и NO_2), монооксид углерода CO (угарный газ), углеводороды CH различного состава (канцерогены, широко известен бензопирен $C_{20}H_{12}$) и углерод в виде сажи или дыма (адсорбирует на себе токсины и при попадании в организм не выводится из него).

Выброс этих веществ авиационными двигателями в атмосферу (эмиссия) сейчас регламентируется достаточно жесткими специальными правилами ICAO (последний обновленный свод норм CAEP 8 от 2010 года).

Основная часть окислов азота (до 90 %) образуется в камере сгорания ПТД по так называемому термическому механизму, когда атмосферный азот окисляется кислородом при высокой температуре. То есть, для того чтобы NO_x было меньше, нужна, во-первых, меньшая температура горения и, во-вторых, меньшая концентрация кислорода, хотя влияние второго фактора менее существенно.

Максимальная температура горения достигается при стехиометрическом составе ТВС (то есть когда воздуха есть ровно столько, сколько нужно для полного сгорания имеющегося количества топлива). Параметр, характеризующий состав топливно-воздушной смеси, - это упоминавшийся уже коэффициент избытка воздуха (α), и он в таком случае равен единице.

Однако при T_{max} будут идеальные условия для еще большего образования окислов азота. Поэтому с точки зрения уменьшения их количества камера сгорания ПТД должна работать подальше от зоны $\alpha = 1$, то есть ТВС не должна быть стехиометрической. Либо обогащенной, либо обедненной. Плюс к этому хорошо перемешанная топливно-воздушная смесь (ТВС) не должна долго находиться в зоне с высокими температурами, что подразумевает меньшие осевые размеры камеры сгорания.

CO - это результат неполного сгорания топлива, когда кислорода для завершения реакции окисления не хватает. Это бывает в зоне с богатой смесью. Если же смесь бедная или близкая к стехиометрической, то CO образуется в результате диссоциации. Поэтому способ борьбы с его образованием - это хорошее перемешивание ТВС и улучшение полноты сгорания.

CH - углеводороды, присутствующие в газе в результате термического разложения топлива на более простые составляющие и его неполного сгорания из-за некачественного перемешивания. Способ борьбы - все то же хорошее перемешивание ТВС, плюс более длительное нахождение ее в зоне горения.

Сажа (углерод). Ее образование зависит от состава топлива, качества перемешивания смеси и распыливания топлива. При повышении давления в КС сажеобразование увеличивается.

Традиционные камеры сгорания "старых" двигателей, имеющие консервативную конструкцию и работающие на смесях оклостехиометрического состава ($\alpha = 1$), не позволяют ощутимо снизить количество вредных выбросов. На режимах малой тяги с пониженной полнотой сгорания (до 88...93 %) растут выбросы CO и HC , а при повышении нагрузки растет температура и, соответственно, выбросы NO_x .

Поэтому ведущими мировыми производителями ПТД для решения этой задачи и достижения соответствия требованиям CAEP разрабатываются новые низкоэмиссионные КС с применением инновационных технологий.

Работа эта очень непростая из-за сложности и чувствительности процессов, проходящих в КС. Зачастую факторы, влияющие на образование вредных эмиссионных составляющих (NO_x , CO , CH , сажа), могут находиться в определенном противоречии друг с другом и с такими параметрами двигателя, как тяговая эффективность и экономичность.

Например. Работа камеры сгорания в зоне с богатой ТВС уменьшает возможность образования NO_x , но значительно повышает выбросы углерода в виде сажи. Работа в зоне с обедненной смесью уменьшает количество окислов азота и сажи, но при этом появляется тенденция к росту количества CO и CH . К тому же обедненная смесь не обеспечивает стабильность розжига и работы на режимах малой тяги.

Уменьшение осевых размеров камеры сгорания ПТД, как уже было сказано, тоже снижает количество образуемых NO_x , но при этом опять появляется тенденция к росту образования CO и CH . Уменьшаются возможности высотного запуска таких камер.

В общем, для достижения какого-либо приемлемого решения в том, какой путь выбрать, без компромисса не обойтись. В последние два десятилетия довольно четко обрисовались два основных направления в создании перспективных камер сгорания для современных двигателей с высокой степенью повышения давления в компрессоре.

Первое направление развития КС. КС, работающие на расчетном режиме (большая тяга) на обедненной топливно-воздушной смеси. В таких камерах на основном режиме достигается хорошее предварительное перемешивание ТВС и качественное испарение топлива. Однако такая камера не может самостоятельно обеспечить хороший розжиг и горение на режимах малой тяги.

Решение проблемы выливается обычно в создание двух зон горения: пилотной зоны для запуска и режимов малой мощности, которая работает на богатой смеси и оптимизирована под низкое выделение CO и CH , и основной зоны для расчетных режимов большой тяги, работающей на обедненной ТВС.



Рис. 42. Двухзонная камера сгорания

Такие двухзонные камеры (а также двухъярусные) достаточно сложны по конструкции, имеют большую массу и стоимость. Для их изготовления из-за больших тепловых напряжений (по сравнению с традиционными камерами) была разработана новая, так называемая сегментная технология.

Каждая кольцевая секция, из которых состоит жаровая труба, разрезана на отдельные сегменты, которые при помощи специальных крючков и пластин (шпонок) крепятся к общей силовой раме. Получается такая "плавающая" или "дышащая" конструкция, без

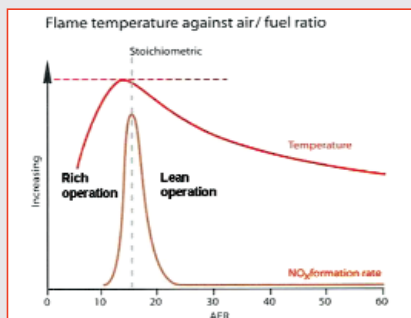


Рис. 41. Влияние температуры и состава смеси на образование окислов азота

напряжений реагирующая на термические нагрузки. Это позволяет повысить надежность и ресурс жаровой трубы.

Сегменты делают возможным применение более эффективно-го охлаждения. В охлаждающих каналах организуется параллельно-противоположное течение воздуха (конвекция), плюс последующее заградительное охлаждение поверхности.

Кроме того, сегментная конструкция делает возможным применение керамики при изготовлении элементов камеры сгорания.

Примером эксплуатационного использования камеры такого типа может служить КС CFM56 DAC (Dual Annular Combustor), устанавливаемая на двигателях CFM56-5B/7B. Показатели ее видны на диаграмме. А также камера DAC на двигателях GE90-94B/115B. На всех этих двигателях камера сгорания типа DAC устанавливается как дополнительная опция, то есть по желанию заказчика.

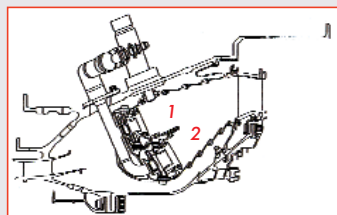


Рис. 43. Камера сгорания типа DAC для двигателей CFM56:
1 - пилотная зона, 2 - основная зона

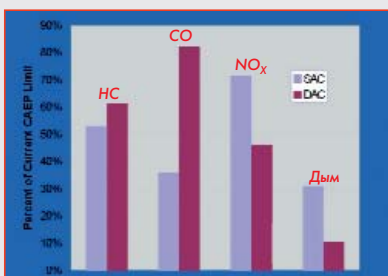


Рис. 44. Отличия в количестве вредных выбросов Dual Annular Combustor и Single Annular Combustor

В качестве перспективных технологий и камер сгорания, создаваемых на их основе и работающих на обедненной смеси, которые в принципе предназначены для замены камер типа DAC, можно назвать технологию ANTLE (Affordable Near Term Low Emissions) фирмы Rolls-Royce (а также еще более далекая перспектива - CLEAN) и технологию TAPS (Twin Annular Premixing Swirler) от фирмы General Electric.

Камеры сгорания такого типа работают на основе принципа так называемого предварительного смешивания. Проще говоря, здесь определенной конструкции аэрофорсушки помещены в блок специальных воздушных завихрителей. Сама предварительная турбулизация (закручивание) воздуха начинается, по сути дела, еще до входа в жаровую трубу.

Такая конструкция значительно улучшает условия и надежность горения. Зоны горения расположены здесь последовательно. Пилотная зона для устойчивого запуска и работы на малой тяге тоже есть.

Такие камеры имеют укороченный осевой размер и практически не имеют отверстий в жаровой трубе для прохода вторичного воздуха. Камеры сгорания TAPS превосходят по показателям количества выбросов (NO_x, CO, CH) камеры DAC. Такие КС планируются к использованию на двигателях CFM-56-7B.

Второе направление развития КС. Это технология RQL. Аббревиатура расшифровывается следующим образом: Rich-Burn, Quick-Mix, Lean-Burn Combustor, то есть горение богатой смеси, быстрое смешение и горение бедной смеси. В этом, собственно, и состоит весь принцип.

Камера RQL - это, по сути дела, двухзонная КС с последовательным расположением зон горения. Первая - зона с богатой ТВС (на рисунке коэффициент избытка воздуха 1,8). Здесь имеет место устойчивое горение при относительно невысокой температуре и малом количестве кислорода. Поэтому количество образующихся окислов азота тоже мало. Но при этом образуется достаточно много горючих веществ типа CO, простейших углеводородов CH, водорода H₂, а также углерода (сажи). Эти вещества нельзя выпускать



Рис. 46. Принцип технологии RQL

в атмосферу, поэтому организуется вторая зона горения.

Через специальные отверстия в стенках жаровой трубы (смеситель) подводится дополнительный воздух так, чтобы смесь стала бедной ($\alpha = 0,6$). Далее происходит горение обедненной смеси, при которой образование NO_x также мало, и сгорают CO, CH, H₂, поступившие из "богатой" зоны. В итоге газ выходит из камеры сгорания, имея вполне приемлемый состав компонентов (в идеале).

Главный "фокус" и проблема такой технологии - это обеспечение быстрого и качественного перемешивания газового потока на промежуточном этапе (Quick-Mix), с тем чтобы не допустить формирования смеси стехиометрического состава (практически), что может вызвать резкое повышение температуры потока с нежелательными последствиями, как в плане вредных выбросов, так и в плане надежности работы элементов конструкции.

Крупнейшие мировые производители двигателей имеют свои разработки с применением технологии RQL. Одна из самых известных - разработка фирмы Pratt&Whitney, камера сгорания типа TALON (Technology for Advanced Low Nox). Один из последних вариантов - TALON II для двигателей PW4158/4168 и PW6000. Как близкая к завершению перспектива - следующий вариант TALON X.

Rolls-Royce в этом плане имеет свою разработку - камеру сгорания "Tiled Phase 5", устанавливаемую на двигатели Trent 500/800/900/1000. Фирма GE - камеру сгорания, выполненную по технологии LEC (The Low Emission Combustor).

Все вышеперечисленные образцы, как, впрочем, и находящиеся в эксплуатации современные и вполне надежные камеры сгорания ГТД, в той или иной степени не идеальны. Добиться значительного улучшения в этом плане не так-то легко. Сложный и во многом даже тяжелый процесс создания новых КС, преодолевающий препоны конструктивного консерватизма, продвигается через множество инженерных и технических компромиссов.

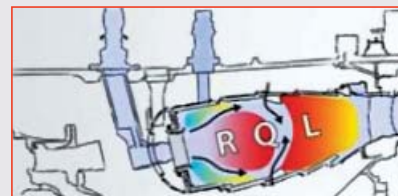


Рис. 47. Камера сгорания, работающая по принципу RQL

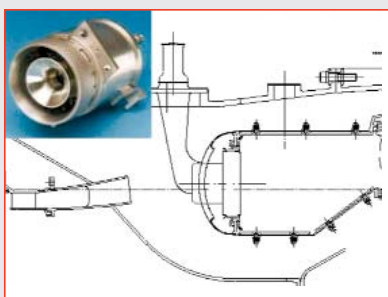


Рис. 45. Перспективная камера сгорания по технологии ANTLE

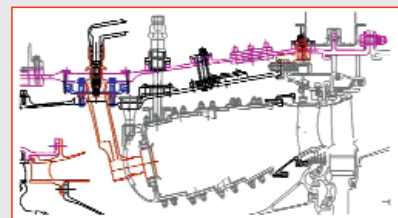


Рис. 48. Перспективная КС фирмы Rolls-Royce

**Официальный поставщик
технических видеоэндоскопов XLG0+ и XLG3 в России,
дистрибьютор компании General Electric
по направлению визуально-измерительного контроля**

ООО "Мега Инжиниринг":

Москва, 129343, Проезд Серебрякова, д. 2/1

Многоканальный телефон: 8 (495) 600-36-42

Факс: 8 (495) 600-36-43

Бесплатный телефон по России: 8 (800) 555-31-42

Срочные вопросы: 8 (985) 970-97-19

Интернет: www.mega-ndt.ru, www.xlg3.ru

E-mail: info@mega-ndt.ru

К ЮБИЛЕЮ ПЕРВОГО В РОССИИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Дмитрий Александрович Боев, помощник генерального директора ГНЦ ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова"



А.Н. Туполев в аэродинамической лаборатории Кучино вместе с Н.Е. Жуковским и коллегами. 1919 г.

Есть изрядное количество разного рода мнений, которые за давностью их многократного повторения стали восприниматься чуть ли не аксиомами. И, мало того, находятся свидетели подтверждающие неизбежность утверждаемого постулата. Среди таких, достойное место занимает хорошо прижившаяся во мнениях "газетная утка", что ЦАГИ-де, наш первый научный институт в области аэродинамики. Задумали и создали его в Москве, а в Жуковском он размещён именно потому, что там у Николая Егоровича Жуковского было имение, в котором он родился и вырос. И там же, мол, изначально и организовал известный учёный на свой страх и риск научный центр - Аэродинамический институт.

И, поскольку это не затрагивает интересов почти никого из ныне живущих, а как были по словам Пушкина "мы ленивы и нелюбопытны" и двести, и сто лет назад, так и остаёмся - эта версия имеет хождение чуть ли не в ранге истины. Хотя и многие знают, что всё было совсем не так.

Люди знакомые с темой, уже, наверное в курсе, что я хочу здесь немного рассказать о Кучинском институте Рябушинского. О том, который для современного, даже и грамотного человека, звучит как лёгкое эхо чего-то когда-то случившегося в предреволюционное время. Полужнакомое и трудно воспринимаемое. Кто Рябушинский? Почему говорят "братья Рябушинские" - кто это, сколько их и почему мы должны о них что-то знать?..

Попробуем разобраться.

Дед братьев Рябушинских, Михаил Яковлев (1787-1858 г.), уроженец Ребушинской слободы Калужской губернии, прошел путь от безземельного крестьянина до купца второй гильдии. У Михаила Яковлева была железная воля, соединенная с мировоззрением хозяйственного мужика: "Все для дела - ничего для себя", - любит повторять он, и это станет девизом рода Рябушинских. В 1820 году он подает прошение об изменении фамилии Яковлев на фамилию Ребушинский, позже ставшую Рябушинский.

Его сыновья, братья Рябушинские - Павел и Василий уже перво-гильдейские купцы - получили право использовать на вывесках и изданиях герб Российской империи, а еще через два года им было присвоено почетное потомственное гражданство. Вот об их-то потомках, детях Павла Михайловича я и вел речь.

Итак - братья Рябушинские.

Тех, о которых пишу, было восемь. Напористых, грамотных, разнообразно талантливых, оставивших неизгладимый след в истории русской промышленности, экономики, меценатства: воистину государственных людей. Известные в России и за рубежом как предприниматели с железной хваткой, купцы, заводчики, банкиры, учёные. По старшинству: Павел, Сергей, Владимир, Степан, Владимир, Михаил, Дмитрий, Фёдор. И ещё в семье отца, - после смерти которого каждый из братьев получил наследство в размере 400 тысяч рублей ассигнациями и ценными бумагами - было пятеро дочерей.

Роли братьев в семейном бизнесе были четко разделены. Главным считался старший брат Павел, фабричными делами занимались Сергей и Степан, банковскими и финансовыми вопросами заведовали Владимир и Михаил. Причём Михаил - известный в мире искусствовед, коллекция картин и икон которого, переданная в дар России спорилась по важности с собранием Третьякова. Также не бедного купца, кстати говоря. Дмитрий приобрёл международную известность как учёный - и именно о нём я и пишу здесь. Николай, которого в семье звали не иначе как "беспутный Николашка" - успешно проматывал наследство с певичей из кафе-шантана (в семье не без...). Младший, Фёдор рано умер от туберкулеза - в 1911 г., успев, однако, снарядить научную экспедицию на Камчатку.

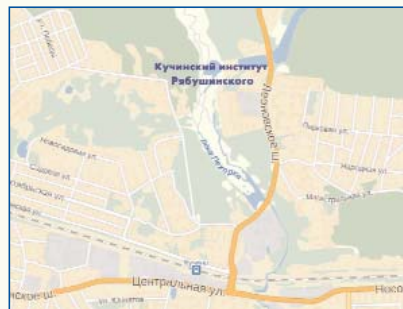
Дмитрию Павловичу Рябушинскому, седьмому по старшинству, в 1898 году было отписано имение Кучино. Сейчас это - железнодорожная платформа Горьковского направления МЖД в микрорайоне Кучино, в который превратился посёлок, вошедший в состав города Железнодорожный Московской области (до 1939 года - станция "Обираловка": если вспомните, то именно до Обираловки взяла билет Анна Каренина, и именно на этой станции она и совершила свой роковой поступок).

Как и все братья Рябушинские,

Дмитрий учился в Московской практической академии коммерческих наук. Занятия здесь вели незаурядные ученые. Так курс теоретической механики преподавал Н.Е. Жуковский, который во многом оказал влияние на судьбу Дмитрия. В 1901 г. Дмитрий окончил академию. По всем предметам он показал отличные познания и был удостоен звания кандидата коммерции и награжден золотой медалью для ношения в петлице на Анненской ленте. Вслед за старшим братом Владимиром, 19-летний Дмитрий отправился в Гейдельбергский университет в Германии, где слушал курсы физики, органической химии, философии и зоологии.

После Гейдельберга Дмитрий отправляется в кругосветное путешествие. Красивая ли легенда, или правда, но говорят, что впоследствии он сам часто вспоминал эпизод, который определил его судьбу. В порту Аден, во время наблюдения за чайками, планировавшими на сильном встречном ветре, пришла в голову ясная мысль: то, что доступно птице, наверняка под силу человеку. И он решает основать на свои средства большую лабораторию, чтобы исследовать это. К тому подтолкнул и первый в мире полет братьев Райт в декабре 1903 года.

С этой идеей он обратился весной 1904 года к Николаю Егоровичу Жуковскому, которого знал и почитал ещё по практической академии коммерческих наук. Рябушинский вложил средства в строительство и оборудование для исследований в области аэродинамики, а также свою усадьбу Кушино - как базу для организации таких исследований. Это было необходимо, так как исследования Н.Е. Жуковского в тогдашней университетской лаборатории не давали материалов, достаточных для начала работ над аэропланом. В июле 1904 года Д.П. Рябушинский начал строительство лаборатории в Кушино. Здание проектировали Е.А. Есипов и Э.Ф. Радзиевский. К ноябрю были построены двухэтажное главное здание с большим залом и четырехугольной деревянной сквозной башней высотой 20 метров, машинное здание с паровой машиной, мастерские (слесарная, механическая и столярная), помещения для измерительных приборов и жилые дома для обслуживающего персонала и рабочих. Все оборудование аэродинамической лабора-



Дмитрий Павлович Рябушинский

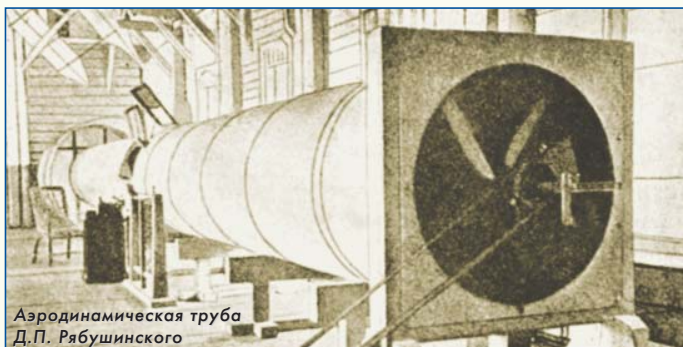


Воздухоплавательная лаборатория Д.П. Рябушинского



Экспериментальный зал Д.П. Рябушинского

всех опытов ежегодно расходовать 36 тыс. рублей, подчеркивая при этом, "что институт носит совершенно частный характер". И, **обратите внимание: этому институту скоро 110 лет!**



Аэродинамическая труба Д.П. Рябушинского

Первоначальная программа Института включала экспериментальное изучение аэродинамического сопротивления, практические аспекты аэродинамики вертолетов и аэропланов, а также наблюдение различных слоев атмосферы. С осени 1904 года в лаборатории начались экспериментальные исследования. Исследовалась аэродинамика винтов, с начала 1905 года запускались шары-зонды, строились и запускались коробчатые змеи конструкции С.С. Неждановского. Многие аэродинамические измерительные приборы конструируются и изготавливаются здесь же, по рекомендации Н.Е. Жуковского. На речке Пехорке, протекающей возле института, в 1911 году, была построена гидравлическая лаборатория, где проводились опыты по гидродинамике. Ведутся метеорологические исследования, которыми руководил профессор В.В. Кузнецов.

В 1906 году результаты исследований института Рябушинского получили международный отклик. Дмитрий Павлович получил приглашение выступить с докладом во Французском Аэроклубе в Париже. Доклад получает признание научной общественности. Во время этой памятной поездки он знакомится с Верой Сергеевной Зыбиной - музыкантом и музыкальным критиком. После месячного знакомства молодые люди обвенчались в православном соборе Александра Невского в Париже и в середине лета 1906 года вернулись в Россию. С этого же года Дмитрий Павлович начинает издавать свои "Бюллетени Кучинского института", выходившие на французском языке. К 1914 году их вышло пять выпусков. Результаты исследований становились известны всему научному миру. В сентябре 1906 года в Милане состоялась международная аэродинамическая выставка, которая



Библиотека лаборатории Д.П. Рябушинского

тории было произведено Л.С. Лейбензоном по указаниям Н.Е. Жуковского. Была построена аэродинамическая труба длиной 14,5 метров. На все постройки, машины и содержание института до 1 января 1905 г. было израсходовано около 100 тыс. рублей. Дмитрий Павлович определил на содержание института и производство

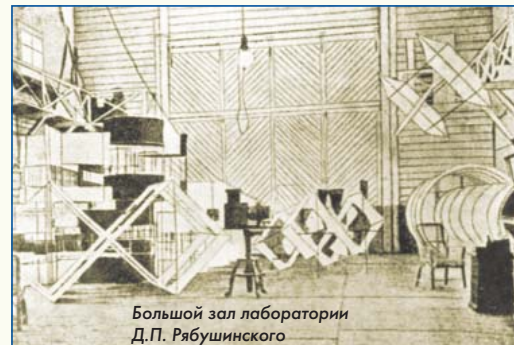
первых моделей вертолета.

К сожалению, в этом же году институт вследствие разногласий покидают Н.Е. Жуковский и С.С. Неждановский. При этом в прессе много говорилось о заслугах этих ученых и принималась роль самого Дмитрия Павловича. Но он продолжает работу.

В 1908 году 26-летний Дмитрий Рябушинский подает прошение на имя ректора Московского университета о зачислении его на математическое отделение. Он был принят при кафедре теоретической и практической механики, возглавлявшейся Н.Е. Жуковским (хорошие отношения с которым сохранились), "для приготовления к профессорскому званию". Четыре года обучения в университете идут параллельно с исследовательской работой. В 1916 году Рябушинский выдержал экзамен на степень магистра и стал приват-доцентом университета. По окончании университета вчерашний студент, кандидат коммерции и выпускник Гейдельбергского университета приглашается в качестве приват-доцента для чтения курсов по аэродинамике и теории упругости.

В 1912 году в Москве проходил съезд воздухоплатователей. Один из дней посвятили осмотру "аэродинамической станции Д.П. Рябушинского". Было отмечено, что станция превратилась в значительный научный институт, который по богатству приборов должен быть признан едва ли не первым в России.

27 апреля 1914 года торжественно отмечалось десятилетие Кучинского института. Чтобы приветствовать Аэродинамический институт, прилетел из Москвы на аэроплане пилот завода "Дукс", один из первых русских авиаторов, "русский дьявол" и изобретатель "мёртвой петли" А.М. Габер-Влынский. Он спустился с высоты 1000 метров парящим полетом на приготовленную для него площадку. Праздник прошёл при энтузиазме собравшихся. В кратком отчете, посвященном деятельности института, Дмитрий Павлович писал: "Задача аэродинамического полета разрешена". Согласно идеям, господствующим в обществе, предполагалось заняться и более грандиозными проблемами: перелетами межпланетными. Но, в августе того же года началась Первая мировая война. Которую газеты тех дней тут же окрестили... "Великой Отечественной" (памятую Отечественную войну 1812 года). Кучинский институт перешел в ведение Главного артиллерийского управления. В нём проводились исследования пневматической ракеты генерала Поморцева. После преждевременной смерти М.М. Поморцева работы эти были поручены Д.П. Рябушинскому. Здесь же была разработана первая динамореактивная "безотдачная" (безоткатная, как стали называть после) пушка, испытания ко-



Большой зал лаборатории Д.П. Рябушинского



Механическая мастерская лаборатории Д.П. Рябушинского



Стенд для исследования воздушных винтов лаборатории Д.П. Рябушинского



Запуск шара-зонда в лаборатории Д.П. Рябушинского

торой проходили на Петроградском полигоне в октябре 1916 г. Такого рода орудия вошли в обиход всех армий, но - более чем через четверть века. Уже перед Второй мировой войной.

24 октября 1918 году Дмитрий Павлович покинул Родину. Вот что он сам писал об этом: *"Вся продуктивная работа в это время в России сделалась невозможной. В Петрограде были убиты виднейшие артиллерийские техники - Н.А.*

Забудский, генералы Матафанов и Дубницкий... Я остался в Москве, чтобы защитить Аэродинамический институт от разрушений, которые уже начались, и чтобы обеспечить положение работающих в нем". Кучинский институт был национализирован. Прежде чем Д.П. Рябушинский получил разрешение на командировку в Данию, месяц провел в Комендантском управлении под арестом.

Кучинский аэродинамический институт просуществовал после этого под своим первоначальным названием только до 1921 г. Затем он был переименован в Московский институт космической физики и вскоре вошел в вновь созданный Государственный научно-исследовательский геофизический институт. Сейчас на территории Института Рябушинского и бывшей усадьбы располагается московский Гидрометеорологический колледж. Он существует с 1930 года, когда на базе Салтыковской трудовой школы "с метеорологическим уклоном обучения в старших классах" был создан московский Гидрометеорологический техникум. Его главной задачей была подготовка метеорологов-наблюдателей. Учащиеся составляли синоптические карты и прогноз погоды по району, обеспечивали нужной информацией заинтересованные организации. В 1990 г. техникум был преобразован в колледж. Сегодня Гидрометколледж - это четырехэтажный учебный корпус и метеостанция с гидрологическим постом на реке Пехорке, тринадцать лабораторий, девять кабинетов, спортзал и библиотека.

За границей Дмитрий Павлович сначала он работал в Дании у Д. Лакура и Нильса Бора. Все последующие годы жил и работал в Париже. Свои научные изыскания Дмитрий Павлович посвятил Франции, давшей ему возможность продолжать работу, хотя до самой смерти в 1962 году он не менял гражданства, сохранив "нансеновский" паспорт русского эмигранта.

С 1919 года Д.П. Рябушинский был привлечен к работе французским Министерством воздухоплавания. В 1922 году в Сорбонне защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора математических наук. Труд его к Докторской диссертации ("Theses presentees a la Faculte des Sciences de Paris pour obtenir le grade de Docteur es Sciences Mathematiques", Juin 1922, 130 печатных страниц большого формата), содержал исключительно интересные результаты гидродинамических исследований и уравнения движения тел в жидких и газовых средах. В 1931 году ему присваивается звание профессора Высшего русского технического института в Париже, одним из основателей которого он являлся. Его приглашали для чтения лекций по аэродинамике и гидродинамике университеты Европы и Америки. Он был назначен помощником директора лаборатории института механики жидкостей Парижского университета. Знаком признания выдающихся научных заслуг Дмитрия Павловича стало избрание его в 1935 году членом-корреспондентом Французской Академии наук. Им было написано около 200 научных работ. В Париже он основал Научно-философское общество. После Второй мировой войны по его инициативе в Париже было создано Общество охранения русских культурных ценностей за рубежом. В 1953 году Британское Королевское общество авионавтики издало отдельным томом труды Д.П. Рябушинского под общим названием "Thirty years of theoretical and experimental research in Fluid Mechanics". В 1957 году появился в печати еще один том. Печально, что эти работы, полные великолепных иллюст-

раций, так и не были изданы на русском.

В 1954 году весь физико-математический мир праздновал 50-летие научной деятельности русского ученого, начатой в далеком 1904 году в подмосковном имении Кучино. До самой кончины сохранял он творческую активность, не покидая исследовательской лаборатории. Похоронен Дмитрий Павлович на русском кладбище в Сент-Женевьев-де-Буа под Парижем вместе с женой Верой Сергеевной, скончавшейся в 1952-м. На памятнике слова: *"Дмитрий Павлович Рябушинский - член-корреспондент Французской Академии наук, основатель аэродинамического института в Кучине"*.



Могила Д.П. Рябушинского на кладбище Сент-Женевьев-де-Буа

В СССР отношение к семье Рябушинских было строго отрицательное. И упоминание о них (и о том, что они сделали) в официальном плане не приветствовалось никоим образом. Одним из основных поводов этого послужило неосторожное заявление старшего брата, Павла, фабриканта и банкира, в августе 1917 года: *"К сожалению, видимо нужна костлявая рука голода и народной нищеты, чтобы разного рода "друзья народа" опомнились и почувствовали, что идут по неверному пути"*. Он имел в виду, что революционеры не в состоянии управлять экономикой и очень быстро доведут страну до ручки и иначе не поймут, что идут не туда. *"Безумно и преступно, - писал Рябушинский, - над телом и душой России делать эксперименты и применять отвлеченные утопии, рожденные в умах людей, живших в подполье"*. В ответ мало кому в то время известный публицист Иосиф Сталин опубликовал в ответ статью, в которой пригрозил фабриканту к позорному столбу: *"Господа Рябушинские, оказывается, не прочь наградить Россию голодом и нищетой. Они не прочь закрыть заводы и фабрики, создать безработицу и голод!"*

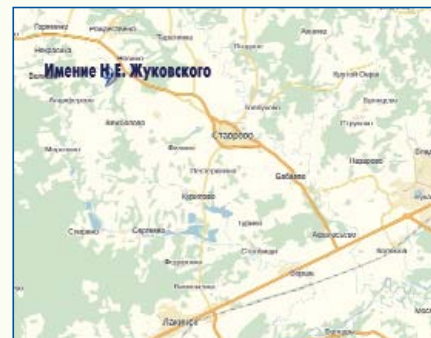
И было потом очень удобно объяснять голод и разруху 20-х годов исключительно происками господ Рябушинских, демонстрирующих антинародную сущность российской буржуазии. Мало того, на процессе "Промпартии" главный обвиняемый, профессор Рамзин с готовностью признался в том, что в 1927 году в Париже он встречался с Павлом Рябушинским и получил от него подробные инструкции насчет того, как развалить и без того слабую экономику революционной России. Советские газеты тех дней пестрели карикатурами, изображавшими, как толстый и бородатый Рябушинский тянет к стране *"костлявую руку голода"*. Правда, вскоре выяснилось, что Павел Рябушинский... умер еще в 1924 году и никак не мог встретиться с Рамзиным три года спустя. Пришлось уточнить, что коварный "враг народа", которого к тому времени уже успели расстрелять, получил инструкции не от Павла Рябушинского, а от его брата Владимира. А может быть - и от сбежавшего лжеученого Дмитрия. Какая, в сущности, разница - все они буржуи и кровопийцы.

Имя Дмитрия Павловича на протяжении свыше полувека было в России под запретом. И даже некролог Рябушинского, опубликованный в 1962 в Докладах Парижской академии наук, был изъят цензурой из печатавшегося тогда в СССР репринтного издания этого журнала.

...А у Николая Егоровича Жуковского имение было вовсе не в районе теперешнего города его имени, а во Владимирской области.

И сейчас там его дом-музей и мемориальная усадьба. Всё очень аккуратно, только перед домом стоит сильно неухоженный МиГ-15. Более подробно адрес можно найти в Интернете. Вот такие сказки.

~~~~~  
Только поторопитесь, а то растащат имение "спонсоры и инвесторы" на дачные участки...





# НИЦ ЦИАМ ОТПРАЗДНОВАЛ 60-ЛЕТИЕ

Ирина Михайловна Иванова, ЦИАМ им. П.И. Баранова



29 ноября 2013 г. в поселке Тураево Московской области состоялось расширенное заседание президиума научно-технического совета ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова", посвященное 60-летию основания НИЦ ЦИАМ.

Заседание открыл генеральный директор ЦИАМ В.И. Бабкин. В своем приветственном слове он рассказал об истории образования НИЦ, об основных задачах, стоящих перед российским двигателестроением в целом, Институтом и НИЦ в частности. Особенно был отмечен вклад ЦИАМ в работы по формированию научно-технического задела (НТЗ) для двигателя ПД-14, разрабатываемого для нового среднемагистрального самолета МС-21, двигателя для ПАК ФА II этапа, работы, направленные на создание НТЗ по двигателям 6-го поколения различного назначения. Также был отмечен значимый вклад ЦИАМ и НИЦ в разработку НТЗ по гиперзвуковым прямоточным воздушно-реактивным двигателям для высокоскоростных летательных аппаратов и другие уникальные работы, проводимые специалистами ЦИАМ. Было сказано о взаимодействии ЦИАМ с научно-исследовательскими институтами ОАО "ОАК", ОАО "ОДК" по формированию облика двигателя для перспективного авиационного комплекса дальней авиации (ПАК ДА). Генеральный директор ЦИАМ также упомянул о планах работ: "В ближайшей перспективе мы рассчитываем на серьезное увеличение заказов от ОКБ на испытания, как самих двигателей, так и их узлов и элементов, в обеспечение реализации подписанных с ОКБ детальных план-графиков проведения этих испытаний. Остался позади очень непростой период "нулевого заказа" со стороны нашего генерального заказчика - Министерства обороны России. Это подтверждают проведенные здесь совещания: в 2010 году под председательством С.Б. Иванова (тогда заместителя Председателя Правительства РФ) и состоявшегося в феврале 2013 года, проведенного Председателем Правительства РФ Д.А. Медведевым. Сюда же можно отнести и освещавшиеся в СМИ совещания у Президента России В.В. Путина по исполнению Гособоронзаказа, в том числе на авиационную технику и вооружение. В выполнении ГОЗ все в большей степени участвует авиадвигателестроение в целом и наш институт". При упоминании о более дальней перспективе В.И. Бабкин отметил, что ЦИАМ совместно с ЦАГИ, ВИАМ и конструкторскими бюро сформировал предложения в "Национальный план развития авиационных наук и технологий до 2025 года", стратегической целью которого является опережающая отработка новых технологий и технических решений в интересах создания конкурентоспособных российских авиационных двигателей 6-го поколения.

В выступлении главы города Лыткарино Е.В. Серегина отмечено: "Если вспомнить историю нашего города, то ЦИАМ и ЛЗОС - это первые градообразующие предприятия Лыткарино. Я хочу сказать особые слова благодарности присутствующим здесь людям, которые вложили всю свою сознательную жизнь, отдали все силы

ради нашего государства, потому что мощь и крепость страны зависит от таких предприятий как то, на котором мы сегодня присутствуем. Мы гордимся тем, что у нас есть ЦИАМ". В заключении Е.В. Серегин наградил коллектив предприятия



благодарностью главы города Лыткарино, а также вручил трем сотрудникам НИЦ "Знаки отличия перед городом Лыткарино". Председатель Совета депутатов г. Лыткарино также поздравил всех работников и ветеранов ЦИАМ, вспомнил о сотрудниках НИЦ ЦИАМ, входивших в местные органы исполнительной власти, благодаря которым город и обрел свое лицо.

На торжественном заседании НТС выступил заместитель директора Департамента авиационной промышленности Минпромторга России А.И. Ляшенко, который поздравил коллектив Института от имени заместителя Министра промышленности и торговли России Ю.Б. Слюсаря. В поздравлении был отмечен вклад ЦИАМ и его филиала в разработку и проведение испытаний узлов двигателя ПД-14 для самолета МС-21 и вклад предприятия в обеспечение обороноспособности страны.

Исполнительный директор ЦАГИ С.Л. Чернышев поблагодарил всех сотрудников, которые "поднимали на крыло" и советские, и российские самолеты, а также выразил благодарность нынешним работникам и ветеранам предприятия за верность выбранной профессии и созидательную работу.

Прозвучали на заседании и слова поздравления от вице-президента АССАД В.В. Григорьева, генеральных директоров предприятий-партнеров ЦИАМ и руководителей подразделений ЦИАМ. Были зачитаны телеграммы от руководителей предприятий, с которыми тесно сотрудничает ЦИАМ и НИЦ: ОАО "ОДК", АО "МОТОР СИЧ", ОАО "ГИПРОНИИАВИАПРОМ", ОАО "Аэросила", ГП "Ивченко-Прогресс", ОАО "Авиадвигатель", ОАО "ГосМКБ "Радуга", ОАО "ЛИИ им. М.М. Громова", ОАО "Климов", ОАО "НПО "Сатурн" и др. Научный руководитель ЦИАМ В.А. Скибин вспомнил о важных событиях из жизни предприятия, о самоотверженности людей, которые работали на нем в разные годы, об уникальности и важности работ, проведенных здесь. Без проведения этих работ развитие отечественного авиадвигателестроения было бы невозможным.

Генеральный директор ЦИАМ В.И. Бабкин вместе с первым заместителем генерального директора В.М. Гусевым и исполняющим обязанности директора филиала Ю.Ф. Савельевым объявили благодарность всем сотрудникам филиала, наградили ряд работников НИЦ ЦИАМ Почетными грамотами, а также вручили ветеранам НИЦ знаки "Ветеран труда" и "Почетный ветеран труда".

Подводя итог заседанию, В.И. Бабкин сказал: "У НИЦ ЦИАМ было богатое прошлое, мы выдержали все испытания, выпавшие на долю ЦИАМ в кризис 90-х годов. У нас достойное настоящее, мы с оптимизмом смотрим в будущее. Залогом этого, в том числе, является задание Президента РФ обеспечить выполнение государственной программы вооружений, в которой есть место для работ не только заводов и конструкторских бюро, но и головных институтов, подобных нашему".



# МАСТЕРСТВО ИНЖЕНЕРА

Валерий Игнатьевич Гуров, начальник сектора ГНЦ РФ ЦИАМ, д.т.н., изобретатель СССР

Общение с людьми желательно строить на четких исходных понятиях. Кто такой инженер? Такой вопрос задаю в среде студентов высших технических учебных заведений. Степень четкости ответа предполагает последующий формат разговора, вплоть до постановки предельного вопроса: "Каждый ли поступивший абитуриент может стать инженером?"

Инженер - специалист с "необходимым и достаточным" уровнем знаний, умеющий рассчитывать, проектировать, разрабатывать, создавать, испытывать и эксплуатировать технически сложные системы.

Инженеры встречаются разного уровня - нулевого, рядового, стóящего, мирового. Под стать перечисленным уровням можно классифицировать стиль мышления человека - эмоциональный, логический, системный и стратегический. Эмоциональное восприятие дано нам всем с рождения. Так человек познаёт мир. Но очевидно, что с сохранением как основного - эмоционального стиля мышления, студенту трудно рассчитывать на формирование инженерного подхода в освоении техники. Получаемые в ходе учебы знания позволяют дисциплинировать мышление с освоением причинно-следственных связей в процессах и явлениях. Необходимо при этом научиться применять получаемые знания. К примеру, все мы из школьной программы знаем о законе сохранения энергии и о том, что её мерой в теплотехнике является температура. Тем не менее, далеко не каждый человек правильно отвечает на вопрос о том, как будет меняться температура воздуха в абсолютно теплоизолированном помещении с включенным холодильником, дверца которого открыта. А ведь ответ очевиден: указанная температура будет... повышаться, ибо в помещение поступает энергия снаружи. Холодильная машина любой конструкции, производит охлаждение внутреннего объёма за счёт обогрева окружающего пространство, потребляя на этот процесс подводимую извне энергию.

## От рядового инженера к инженеру высшей квалификации

В научно-технической сфере деятельности людей необходимы инженеры любого уровня (кроме, конечно, нулевого, если не принимать во внимание советских разнарядок посылки на овощебазы и в подшефные колхозы, куда они годились лучше других - их отсутствие на производственном процессе не сказывалось). Рядовой инженер не обладает, как правило, развитыми творческими способностями, но способен поддерживать надежную эксплуатацию различного рода оборудования, что очень важно для обеспечения безопасности людей и нормального хода технологических процессов.

Творить - это создавать новый и общественно-полезный результат по отношению к достигнутому уровню. Творить - значит отступить хотя бы на время от стереотипного мышления, как это в 9-летнем возрасте (при расчете суммы чисел от 0 до 100 за 3 минуты) сделал Карл Гаусс, который уже в зрелую пору внес заметный вклад и в теорию чисел, и в теорию электромагнетизма, и в астрономию. Кстати, издавна известна проверочная задача на стереотипность мышления: предлагается мгновенно, не задумываясь, назвать фрукт, птицу и поэта. Подавляющее большинство (и люди отнюдь не глупые в том числе!) автоматически отвечают: "Яблоко - курица - Пушкин". Такой ответ демонстрирует 100-процентную стереотипность мышления. Дети, в отличие от взрослых, долго сохраняют в себе способность неординарно воспринимать окружающий мир. Они, в частности, радостно реагируют на необычные определения известных понятий. Например, легко угадывают ответы в одно короткое слово, предложенное в форме загадки: гневное облако (туча), нарядный узел (бант), заноза от розы (шип), без клюва, а клюет (рыба)... И этим обстоятельством же-

лательно ненавязчиво пользоваться взрослым, создавая детям атмосферу творческого поиска необычного в обычном через освежающие новые определения "затертым" словам.

Мне нравятся взрослые люди, которые сохраняют в себе способность свежего (детского) восприятия мира. Таким людям легче повышать свою инженерную квалификацию с переходом от простого логического мышления к мышлению, в частности, системному. Системно мыслить, значит - в системе параметров, определяющих функцию отклика, уметь назначить и число параметров, и вес влияния каждого из них в зависимости от требуемой точности конечного результата.

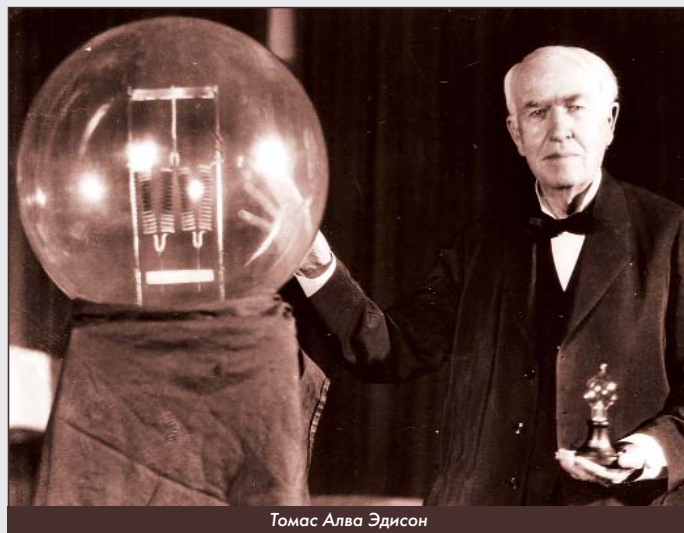
Интересно отметить, что с развитием техники появилось название специалистов, сопровождающих такое развитие. Их обозначили английским словом "Yngenuity", что означает изобретательство, остроумие. Стало быть, стоящий инженер - это, прежде всего, изобретатель. Любое изобретение характеризуется тремя основными признаками:

1. Новое общественно-полезное предложение;
2. Возможность применения предполагаемого решения на практике, в быту, в промышленности;
3. Изобретательский уровень - то, что не очевидно специалисту в данной области.

Творческое мышление инженера предполагает грамотное проведение исследования явления или процесса, включающее три этапа - наблюдение, анализ, обобщение. Повышение масштаба решаемых экстремальных задач (оптимум эффективности, надежности, стоимости, экологии) формирует системное мышление, которое является фундаментом стратегического (мирового) мышления.

## И ты можешь стать изобретателем

Стать изобретателем может каждый человек, не утративший способность к творчеству. Есть немало титанов мысли, которых можно было бы представить здесь образцами изобретателей. На мой взгляд, наиболее выразительны как изобретатели мирового уровня в инженерии последнего времени - Томас Эдисон, Никола Тесла и наш Владимир Георгиевич Шухов. В этом году исполнилось 165 лет со дня рождения великого американского творца Томаса Эдисона, на счету которого более тысячи изобретений в самых различных областях техники. Одно только перечисление его изобретений, многие из которых используются до сих пор, могли бы заполнить страницы не одного такого журнала. И все - глобального



Томас Алва Эдисон



Памятник В.Г. Шухову в Белгороде

уровня. Достаточно вспомнить, скажем, возможность записи звука, ставшей реальностью с изобретением фонографа.

Но главным из них является усовершенствование лампочки накаливания, как результат решения сверхзадачи: новое детище должно стать настолько простым, насколько оно дешево для рядового покупателя. При этом не многим известно, что нить накаливания взамен электрической дуги была впервые предложена нашим соотечественником А.Н. Лодыгиным в 1872 году (запатентовал сначала в Англии, а в России только в 1874 г.).

В качестве нити накаливания Эдисоном были перепробованы полторы тысячи образцов, включая порою экзотические: волокна из кокосового угля, рыболовная леска и даже седой волос из бороды сотрудника лаборатории. До сих пор в городке Менло-Парк штата Нью-Джерси в музее Эдисона непрерывно с 1888 года горит одна из первых лампочек великого изобретателя.

Он в своем творчестве руководствовался тремя простыми правилами:

- если я беру какую-то вещь в руку, то сразу же начинаю соображать, как ее можно усовершенствовать;
- никогда не изобретаю то, на что не будет спроса;
- своими успехами я обязан тому, что никогда не держал часов на рабочем месте.

Пожалуй, лучшим памятником Эдисону является упомянутая выше его лампочка, которая горит в четверть накала и которую не выключали почти век с четвертью. Она, как бы, освещает весь творческий путь человека, не устававшего видеть необычное в обычном и ставить полученный результат на службу людям.

Лучшим же памятником нашему соотечественнику Владимиру Шухову является 92-летняя "старушка" - ажурная башня его имени на Шаболовке в Москве. Для обеспечения ее максимальной несущей способности истрачено минимум металла. Она и внешне производит впечатление лёгкости и изящества. Используя арочные конструк-

циями такого типа Шухов построил в России и за рубежом множество башен, опор, перекрытий, мостов. Строятся они и сейчас. Таков русский изобретатель - во всем старался найти оптимальное технико-экономическое решение, что впервые продемонстрировал при создании в 1879 году первого русского нефтепровода протяженностью десять километров. Тогда он выбрал такой диаметр трубы, который при заданных величинах расхода нефти и транспортного расстояния обеспечил минимум финансовых затрат при максимальной надежности работы всей системы. А "Горелка Шухова", позволявшая сжигать никому тогда не нужный мазут (остатки после выделения полезных фракций в крекинге нефти - тоже изобретение Шухова по заказу Менделеева) в струе пара сделала подлинный переворот в паровозостроительной и энергетической технологиях. И во многих котельных такая техника работает до сих пор.

До сих пор живут легенды о результатах творчества непревзойденного электротехника Николы Тесла. Достаточно сказать, что по одной из версий в объяснении не объясненной до сих пор загадки Тунгусского, якобы, метеорита упоминается фамилия уроженца Сербии, создавшего в Америке. Ведь главным его достижением можно считать успешное исследование возможности беспроводной передачи огромной энергии на большие расстояния. И кто знает: может быть не случайно великий серб внимательно изучал карту сибирской тайги незадолго до взрыва метеорита?

Ныне со вступлением в ВТО мы должны особое внимание уделить результатам изобретательской деятельности наших соотечественников, ибо на Западе в отличие от России очень высоко ценятся объекты интеллектуальной собственности. И такой подход мы должны культивировать в подрастающем поколении. Увидеть необычное в обычном - начало творческого процесса на любом уровне человеческой деятельности, в том числе инженерной. 



Памятник Никола Тесла у Ниагарского водопада

# ЮБИЛЕЙ КЛУБА АВИАСТРОИТЕЛЕЙ



**19** декабря 2013 года, в 18 часов, по адресу: Москва, ул. Правды, д.23, ОАО «НПП «Темп» им. Ф. Короткова» (в кафе «Корвет»), состоялось заседание Клуба авиастроителей, посвященное 10-летию клуба.

Как и принято на таких мероприятиях перед членами клуба с отчетом о проделанной работе выступил его президент - Юрий Сергеевич Елисеев. Наиболее активным членам клуба были вручены дипломы. Встреча прошла в дружеской обстановке. Многие



из членов клуба поделились своими воспоминаниями об истории развития авиации, своём вкладе в это дело и пожелали авиации и клубу дальнейших успехов. **А**





**7-я международная специализированная выставка**

**А  
К  
Т  
О**

**виа**

**осмические**

**ехнологии, современные  
материалы и  
борудование**



**Казань**

**12-15**

**августа, 2014**

**12+**



**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](mailto:pdv@expokazan.ru), [www.aktokazan.ru](http://www.aktokazan.ru)**

# ДОЛГОЖДАННЫЙ ЗАПУСК

ГНЦ РФ ЦИАМ:

**Валерий Игнатьевич Гуров**, начальник сектора, д.т.н.  
**Ирина Михайловна Иванова**, начальник сектора

8 декабря 2013 г. в 16:30 с космодрома "Плесецк" (Архангельская область) состоялся успешный старт новейшего носителя легкого класса "Союз-2.1в" производства "ЦСКБ - Прогресс", оснащенного кислородно-керосиновым жидкостным ракетным двигателем (ЖРД) НК-33 производства ОАО "Кузнецов". ЖРД НК-33, установленный в составе первой ступени новой ракеты, отработал без замечаний, обеспечив успешное выведение полезного груза на заданную орбиту. Время его работы в полете составило 200 секунд. Это первый запуск НК-33 в отечественном проекте после закрытия советской программы пилотируемого полета на Луну, где планировалось его использование.

Многоразовый ЖРД НК-33, прототипом которого являлся ЖРД 11Д51, был создан для первой ступени "лунной" ракеты Н1-Л1. Двигатель НК-33 разработан и изготовлен опытно-конструкторским бюро под руководством академика, дважды Героя социалистического труда, генерал-лейтенанта Николая Дмитриевича Кузнецова в конце 60-х - начале 70-х годов прошлого века. В 1974 году после закрытия "лунной программы" созданную партию НК-33 было приказано уничтожить. Но Н.Д. Кузнецов ценой громадного риска не выполнил распоряжения верхов, осмелившись заявить на высоком уровне, что: "это - народное достояние и кроме власти, вам неплохо бы иметь еще и голову". Непререкаемый авторитет, звания академика, дважды Героя Социалистического труда и изрядная доля смелости позволили Н.Д. Кузнецову спасти десятки готовых ЖРД НК-33.

Сотрудники ЦИАМ активно участвовали в создании и доводке двигателя НК-33, в том числе по достижению устойчивой работы камеры сгорания и газогенератора, проводили расчет с разработкой рекомендаций по уменьшению влияния утечек горячего кислорода на всасывающую способность насоса, совместно проектировали крыльчатку двойной кривизны, совершенствовали систему диагностирования технического состояния двигателя, улучшали условия его запуска и др. Председателем Межведомственной комиссии (МВК) по приемке двигателя (прототипа НК-33) к летным испытаниям (1967-1968 гг.) был заместитель начальника ЦИАМ профессор В.Р. Левин. В состав МВК входило 11 сотрудников ЦИАМ (около 40 % от численности МВК).

В 1980 году под редакцией академика Н.Д. Кузнецова была выпущена монография по обобщению опыта создания двигателя НК-33. Соавторами этой работы были и работники ЦИАМ: В.Р. Левин, В.И. Гуров и К.Н. Шестаков. В 2001 году был прове-



Двигатели НК-33, готовые к установке на РН

ден расчет по совершенствованию автомата разгрузки ротора кислородного турбонасоса. В 2011 году было проведено обобщение опыта совместных работ КМЗ и ЦИАМ по решению проблем создания двигателя НК-33. Специалисты ЦИАМ продолжают активно сотрудничать с коллегами из ОАО "Кузнецов", а также из ОАО "НПО Энергомаш им. В.П. Глушко", в частности, по проблемам повышения надежности ключевого агрегата мощных ЖРД, каковым является турбонасосный агрегат.

Разработанная фирмой "Орбитал" во взаимодействии с фирмой "Аэроджет" (США) ракета-носитель "Антарес" также оснащена модификацией двигателя НК-33. 21 апреля 2013 года и 18 сентября 2013 года в США успешно проведены запуски двухступенчатой РН "Антарес" с двумя кислородно-керосиновыми двигателями НК-33, установленными на первой ступени.

Для справки: Ракета "Союз-2" этапа 1в - двухступенчатая, легкого класса, предназначена для вывода небольших спутников на околоземную орбиту. Грузоподъемность "Союз-2.1в" составляет около 3 т. Масса ракеты порядка 160 т, длина - 44 м. Первая ступень оснащена одним жидкостным двигателем НК-33-1. Вторая ступень ракеты-носителя с двигателем РД-0124 является модификацией второй ступени РН "Союз-2/1Б". Опциональный дополнительный блок выведения "Волга", имеющий массу 1140...1740 кг, позволяет выводить полезный груз на более высокие орбиты. 



И.П. Косицын (ОАО "Кузнецов"), В.И. Гуров (ЦИАМ),  
 К.Н. Шестаков (ЦИАМ), А.И. Иванов (ОАО "Кузнецов")



Первая ступень Союз-2.1в с двигателем НК-33

Научно-технический журнал

# Двигатель



<http://www.dvigately.ru>

[dvigatell@yandex.ru](mailto:dvigatell@yandex.ru)

[boeff@ciam.ru](mailto:boeff@ciam.ru)

+7(495) 362 3925

**Журнал о двигателях**

**Журнал о тех, кто создаёт двигатели**

**Журнал для тех, кто эксплуатирует двигатели**

**Журнал всем, для кого работают двигатели**



111116, Российская федерация, Москва, Авиамоторная, д. 2

Издание состоит в общероссийском каталоге ВАК 2012 г. под № 747 среди журналов, рекомендованных для опубликования материалов исследований, выполненных на соискание степени кандидата и доктора наук.

**В год выходит 6 номеров**

**Подписка в редакции:**

**Без ограничений.**

**На 2014 год - 2880 рублей с почтовыми расходами.**

**Подписка в каталогах:**

**Подписное агентство**

**"МК-периодика" -**

**<http://www.periodicals.ru/>**

**Индекс 10927;**

**Подписное агентство**

**"Урал-Пресс" -**

**<http://www.ural-press.ru/>**



**[www.dvigately.ru](http://www.dvigately.ru)**

# ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

## В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

*В настоящее время отсутствует доказательная база о наличии турбулентного пограничного слоя в сверхзвуковых соплах ракетных двигателей. Классические дозвуковые законы турбулентного трения, полученные в большинстве случаев Л. Прандтлем, И. Никурадзе и Г. Блазиусом неприменимы для сверхзвуковых сопел, так как поле скоростей в этих соплах соответствует ламинарному течению. На базе фундаментального векторного уравнения сверхзвуковой газовой динамики предложено построение расчетного метода определения поверхностного трения между потоком и стенкой. It is absent at present serious base dealing with presence turbulent border layers in supersonic nozzles of the missile engines. The Classical subsonic rules of turbulent friction, got in most cases L. Prandtl, I. Nikuradze and G. Blazius inapplicable for supersonic sniffler, since field of the velocities in these nozzles corresponds to the laminar flows. Building of the accounting method of the determination of surface friction is offered. At the base of the fundamental vector equation supersonic gas speakers between flow and wall.*

**Ключевые слова:** турбулентность, сопло, вихрь.

**Keywords:** turbulence, nozzle, curl.

Появление в газовой динамике раздела "пограничный слой" явилось мерой вынужденной. В тот период, в начале 20 века, не хватало возможностей расчетным путем решить сложные нелинейные дифференциальные уравнения Навье-Стокса и подробно проанализировать течение вблизи стенок сопла. В теоретическом плане было также отставание по многочисленным проблемам сверхзвуковых течений. Теория сверхзвуковых потоков только появилась и набирала обороты. Многие достижения в этой области были получены позже, после Второй мировой войны, когда стали появляться баллистические ракеты. Поэтому теорию сверхзвуковых течений справедливо причисляют к теории сверхзвуковых сопел и обтекания головных частей. Задача разделилась на внутреннюю и внешнюю. Внутренняя задача в отличие от внешней диктовала более сложные граничные условия и не допускала асимптотические упрощения, например такие, как переход к плоской постановке (стремление одной из координат к бесконечности).

На протяжении полувека весьма плодотворная теория пограничного слоя Людвига Прандтля бурно развивалась и к моменту создания реальных конструкций ЖРД и РДТТ, она оказалась весьма кстати. Многие научные наработки для дозвуковых течений в различных условиях обтекания труб и плоских пластин использовались для расчетов в конструкторских бюро. С помощью закономерностей, полученных в процессе развития теории пограничного слоя, рассчитывались усилия трения потока о стенку, теплообмен между потоком и конструкцией, энергетические характеристики и даже прочность. Было экспериментально показано, что пограничный слой в дозвуковой части может быть как ламинарным, так и турбулентным. Все зависело от величины числа Рейнольдса, критическое значение которого, точка перехода, определялась эмпирическим путем. По аналогии с дозвуковыми течениями по инерции считалось, что и в сверхзвуковых потоках также присутствует область турбулентного течения, которая подчиняется аналогичным закономерностям. В расчетах сопел использовались так называемые турбулентные законы трения, полученные при дозвуковых условиях на плоских пластинах, в основном, на воде и воздухе. При этом предполагалось, что:

1. Кривизна рабочей поверхности весьма мала и не влияет на появление градиентов в потоке, и
2. Из-за больших чисел Рейнольдса (бытовала теория исчезающей вязкости) поток становится идеальным, а расчет в ядре производился по уравнениям Эйлера. Значение скорости на границе пограничного слоя принималось равным значению на стенке.

Данный подход часто используют и в настоящее время. При этом в силу той же инерции не предпринималось попыток доказательства правомочности использования многочисленных теорий, разработанных для условий турбулентных пограничных слоев в сверхзвуковых потоках. Считалось, что и так все понятно без доказательства. Единичные попытки, известные из литературы, не являются убедительными. Известно также, что в мире многие глобальные программы, ориентированные на современные электронно-вычис-

лительные комплексы, перешли к решению прямой задачи Навье-Стокса, отказавшись от "погранслошной" теории.

В работе [1] была доказана теорема невозможности возникновения турбулентных течений в условиях сверхзвука и показано, что в соплах ЖРД и РДТТ турбулентность не возникает даже вблизи стенок сверхзвуковых сопел. При этом возникающее в непосредственной близости к стенкам высокоградиентное течение (область пограничного слоя) является ламинарным. В связи с этим было бы полезным еще раз посмотреть на предыдущий опыт по исследованию пограничных слоев и постараться показать необходимость использования новых подходов к решению задачи течения вблизи стенок сопел ракетных двигателей и других аппаратов, работающих в условиях сверхзвуковых течений. Такой анализ, сделанный под другим углом зрения, позволил бы еще раз сориентироваться и понять тонкие аспекты в вопросе о наличии турбулентности у стенок сверхзвуковых сопел с целью разработки методов расчета полей течения в этой области.

### Исследования пограничного слоя в дозвуковых условиях

Упрощенное представление уравнений Навье-Стокса после введения Людвигом Прандтлем понятия пограничного слоя, позволило описать и решить многие задачи вязкой газовой динамики и смежные с ними задачи конвективного теплообмена. Основную ценность в полуэмпирической теории Прандтля представляют фундаментальные экспериментальные законы, полученные на трубчатых и плоских образцах и в будущем распространенные на более сложные условия обтекания. Течения в трубах и вдоль плоских пластин формально описывают внутренние течения и внешнее обтекание. Многие известные ученые начала двадцатого века и наши современники посвятили свое творчество определению зависимостей сил трения о стенку от газодинамических параметров потока и формы профиля скорости, формирующейся в непосредственной близости от стенки. Первые стали называться законами трения; вторые - законами скоростей.

Получая впервые свои дифференциальные уравнения для плоской стенки и полубесконечного потока, Людвиг Прандтль точно определил понятие пограничного слоя. При этом он опирался на знание скорости невозмущенного потока, то есть скорости на бесконечности, которая всегда однозначна. Но, в последующем, особенно для внутренних течений, стали использовать это определение неправомерно. Появился некий произвол, связанный с конечными размерами каналов и сопел, что приводило к неоднозначности и ошибкам в расчетах. Поэтому основная проблема пограничного слоя в каналах была и, к сожалению, остается. Это - проблема определения той единственной скорости на границе пограничного слоя, после которой поток условно является невозмущенным под воздействием вязкого трения о стенку.

Для труб и плоских пластин, где нет градиентов давления, было экспериментально получено огромное множество зависимостей для силы трения и скорости. Но если положить все эти результаты экспе-

риментов на один график, то получится "звездное" поле значений, которое непригодно для практического использования. Для того, чтобы систематизировать эти значения было предложено представлять их в виде безразмерного трения в зависимости от числа Рейнольдса. Но и тогда значения кривых, полученных в различных условиях, не укладывались в общую систему.

Великий советский ученый (грузин по национальности) Иван Ильич Никурадзе провел громадную экспериментальную работу в этом направлении. Будучи учеником Прандтля он написал докторскую диссертацию по влиянию на трение о стенку газодинамических параметров потока и разрешил стоявшие на тот момент проблемы перед практикой. Поистине эпохальная зависимость "Никурадзе по Рейнольдсу" (рис. 1) явилось прорывом во всей вязкой газовой динамике [2]. Серия простых, но последовательных и системных экспериментов позволила получить целую сетку практически непрерывных кривых для различных диапазонов скоростей, линейных размеров и шероховатости стенок. Полученная Никурадзе зависимость объяснила многие проблемные вопросы и свела воедино экспериментальные наработки предшественников.

Хочется отметить, что Иваном Ильичом Никурадзе было решено, по крайней мере, пять проблемных задач, которые сделали его имя нестираемым в книге истории великих газодинамиков двадцатого века. Это - уникальные экспериментальные решения, сделанные впервые:

1. Пристенные течения в гладких трубах;
2. Пристенные течения в шероховатых трубах;
3. Течения вдоль плоских пластин. Законы стенки Никурадзе;
4. Течения в круглых каналах с положительным и отрицательным градиентами давления;
5. Течение в каналах с некруглыми проходными сечениями.

И.И. Никурадзе экспериментально подтвердил практически все гипотезы Л. Прандтля. Так, например, выдвинутая Прандтлем гипотеза о пути перемешивания и в последствии получившая свое развитие, выразившееся в формулировании универсального логарифмического закона распределения скоростей в турбулентном пограничном слое (рис. 2), была блестяще подтверждена его учеником. На основе экспериментов Никурадзе Теодором фон Карманом была сформулирована гипотеза о наличии ламинарного подслоя в турбулентном пограничном слое. Эта гипотеза во всей теории, развитой Прандтлем, носит принципиальный характер. Она говорит о том, что всегда вблизи любого тела есть ламинарное течение, и оно подчиняется закону Ньютона. Именно это течение определяет трение и теплообмен в стенку. Именно на этой гипотезе построены все модели тепло- и массообмена. Кстати, до сих пор большинство экспери-

ментов Никурадзе так и не повторено в силу их технической сложности и колоссальной трудоемкости.

Упомянув Ивана Ильича Никурадзе, следует вспомнить известного немецкого ученого Пауля Рихарда Генриха Блазиуса. Он был одним из первых учеников Людвигу Прандтля. Блазиус никогда не занимался экспериментом, но он всегда следил за экспериментальными исследованиями других авторов. Изучая многочисленный экспериментальный материал по турбулентным течениям в гладких трубах с круглым поперечным сечением, он обнаружил замечательную закономерность для коэффициента сопротивления, которая в дальнейшем была названа законом сопротивления Блазиуса

$$\lambda = 0,3146 \text{ Re}^{-0,25}.$$

В последующем этот закон был подтвержден экспериментами Никурадзе (нижняя огибающая на рис. 1). Эта зависимость представлена в логарифмических координатах и выглядит в виде прямой линии. На рисунке также представлен закон Гагена-Пуазейля, справедливый для ламинарных течений  $\lambda = 64/\text{Re}$ .

Глядя на эту красивую экспериментальную зависимость, так и хочется поступить подобно Блазиусу. Ведь диапазон чисел Рейнольдса от 2000 до 4000 остался как бы незаслуженно обделенным во внимании. Ради любопытства, не претендуя на какую-либо оригинальность, с позволения читателя попробуем подобрать аналогичную зависимость для этого диапазона. Она в первом приближении может выглядеть так  $\lambda = 5,5 \cdot 10^{-5} \cdot \text{Re}^{0,8}$ .

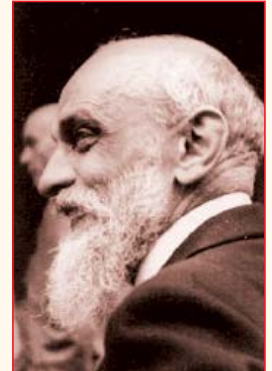
На рис. 1 эта зависимость выделена красным цветом. В литературе уже было отмечено, что эта область чисел Рейнольдса является переходной от ламинарного к турбулентному течению. Но! Если более подробно ее рассмотреть, то окажется, что она самая интересная. Это - область начала, область зарождения турбулентности, и, возможно, что в дальнейшем ее можно будет объяснить, применив уже имеющиеся экспериментальные результаты по структуре пограничного слоя [3].

К сожалению, следует отметить, что, несмотря на универсальность логарифмического закона Прандтля, пользоваться им на практике очень сложно, так как он был обезразмерен таким образом, что непонятно, где брать размерные члены, например: где взять  $\text{Schubspannungsgeschwindigkeit}$ , то есть по-русски, где взять динамическую скорость  $V_* = \sqrt{|U'V|}$ .

Получается своеобразная китайская шкатулка, которая не откроется без присутствия, например, Иогана Никурадзе. Видимо, осознавая это, Людвиг Прандтль открыл новый закон скорости - закон одной седьмой. При выводе этого закона Прандтль пользовался только эмпирическим законом трения Блазиуса. Закон был полу-



Иван Ильич Никурадзе



Пауль Рихард Генрих Блазиус

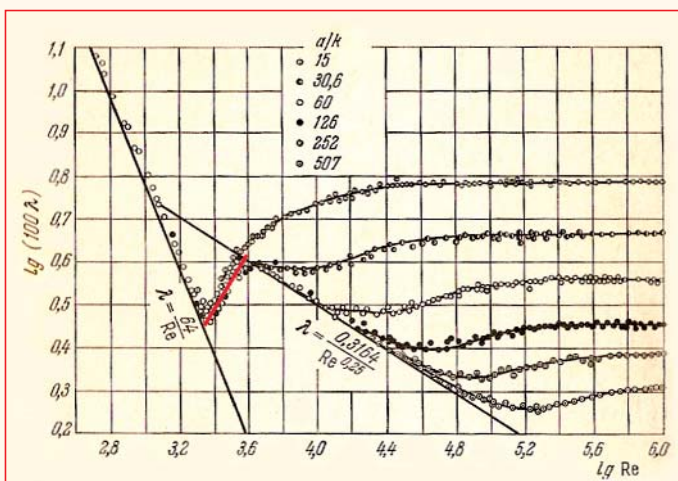


Рис. 1. Экспериментальный закон трения для гладких и шероховатых труб ( $a/k$  - отношение радиуса трубы к высоте бугорка)

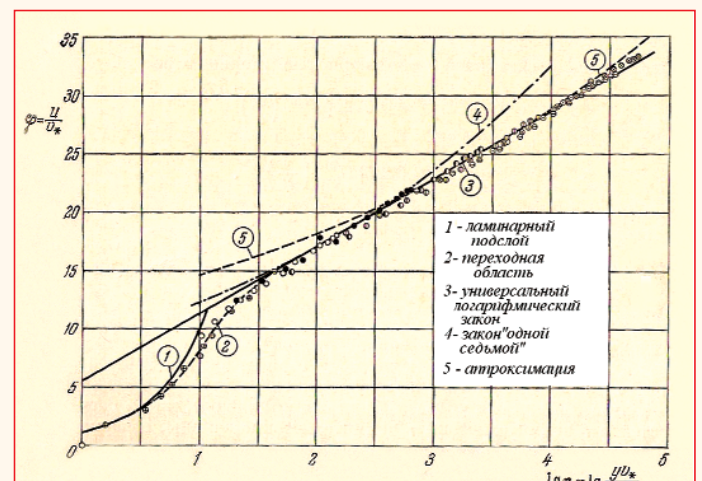


Рис. 2. Закон распределения скорости

чен чисто аналитически без каких-либо дополнительных аппроксимаций, а значит точно, исходя лишь из правомочности последней предпосылки. Этот закон очень хорошо описывает распределение

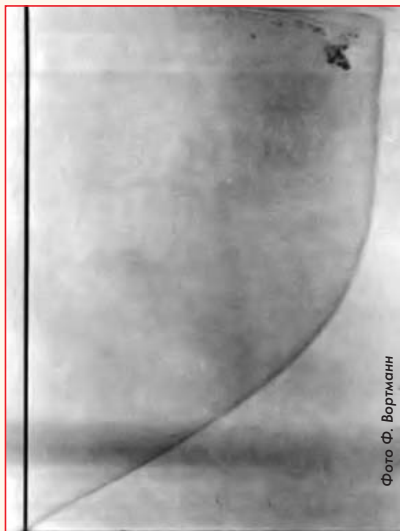


Рис. 3. Экспериментальный профиль Блазиуса

скорости в турбулентном пограничном слое (рис. 2) в достаточно широком диапазоне чисел Рейнольдса  $U/U_\infty = (y/\delta_{td})^{1/7}$ .

На рис. 2 также выделена область ламинарного подслоя. И.И. Никурадзе подробно исследовал профили скоростей в турбулентном пограничном слое с ламинарным подслоем. В литературе такие профили называют профилями Блазиуса. На рис. 3 представлен профиль Блазиуса, полученный экспериментально методом визуализации с помощью теллура.

### Пограничный слой в сверхзвуковом потоке

Исследованию пограничного слоя в сверхзвуковом потоке посвящено определенное количество работ, но на их основании нельзя сделать однозначного вывода о том, что эта область газодинамики изучена. В работе [4] систематизированы известные экспериментальные результаты, полученные в различных условиях течения в каналах и при обтекании тел различных форм. Все эти эксперименты практически несопоставимы между собой. Практически все они заранее предполагают возможность появления вблизи стенки турбулентного пограничного слоя. Авторы данных работ опираются на справедливость универсального логарифмического закона Л. Прандтля, считая при этом, что возвратные течения в сверхзвуке возможны.

Довольно большое число авторов: Уилсон, Коулс, Коркеги, Маттинг, Чепмен, Нихолма, Томас, Мур, Харкнесс, Винклер, Л.В. Козлов исследовали сверхзвуковой пограничный слой на плоских пластинах [4]. Чепмен и Костер рассматривали внешние условия обтекания длинного цилиндрического тела. Соммер и Шорт изучали лобовое сопротивление пустотелых цилиндрических моделей. Опытов по исследованию внутренних течений в литературе имеется весьма ограниченное количество. В обзоре [4] таких работ встречается две. Одна из них Лобба, Винклера и Перша посвящена исследованиям пограничного слоя на стенке пирамидального сопла сверхзвуковой аэродинамической трубы с размерами квадрата 12х12 см на срезе рабочей части. Угол наклона плоскостей сопла к горизонтали составлял  $\sim 5^\circ$ . Эксперименты проводились для чисел Маха на срезе  $\sim 5...7,5$ . Были получены профили скоростей у стенки, похожие на профили Никурадзе для дозвуковых течений.

Единственная работа, где исследовался пограничный слой в коническом сопле с полууглом  $\sim 6^\circ$  была работа Хилла, которая проводилась для условий гиперзвуковых потоков ( $M \sim 9$ ). Вообще говоря, конические сопла с малыми углами в технике называются патрубками и для ракетных двигателей они практически не применяются. Обычно в ЖРД и РДТТ угол на входе в сопло  $\theta_{вх}$  составляет величину в пределах  $23...33^\circ$ . Такие сопла предназначены для высокоэффективного расширения газа и создания тяги. Правда, патрубки иногда используются для вспомогательных двигателей с кратковременным включением, но они, как правило, не нуждаются в тепловых расчетах. Тем не менее, с научной точки зрения опыты Хилла представляют определенный интерес. Приступая к их анализу, сразу зададим себе вопрос: "О каком пограничном слое идет речь?". Ведь известно, что конические сопла страдают наличием в них густой системы скачков уплотнения, например, на рис. 4 представлено фото-

ржают и расчетные исследования [5], показывающие наличие системы скачков в коническом сопле с полууглом  $5^\circ$ . Как в этом случае определить толщину пограничного слоя? С какого момента? По числу Рейнольдса?

Но известно, что, несмотря на рост числа Маха в сверхзвуковом сопле число Рейнольдса резко падает и тем круче, чем круче рост числа Маха. Не трудно показать, что при числах Маха  $\sim 9$ , число Рейнольдса будет соответствовать ламинарному режиму течения, если, конечно, проводить аналогию с дозвуком. И встает вопрос о правильности обобщения экспериментальных данных тем же способом, которым это делали Прандтль и Никурадзе. Складывается ощущение, что Ф.К. Хилл обобщал результаты исследования ламинарных потоков. И, в любом случае, остается непонятным вопрос о том, как с помощью трубок Пито, расположенных после косоугольного скачка уплотнения, возникшего перед цилиндрической рабочей частью в непосредственной близости от стенки, можно было получить гладкие и монотонные профили скоростей с точностью 1%. В самой статье [6] и в статье И. Фаро, на которую ссылается Хилл, удовлетворительных ответов на эти вопросы найти нельзя.

Других работ, посвященных исследованию профилей в соплах в литературе найти не удалось, а две последние работы не являются доказательством того, что в соплах пограничный слой турбулентный.

### Как рассчитывать сверхзвуковой пограничный слой в соплах

Прежде всего, нужно осознать, что он - ламинарный. Тогда справедливо фундаментальное уравнение [1]. Представим его в следующем виде, выделив основной признак сжимаемого потока - скорость звука

$$\rho \frac{dV}{d\tau} = - \text{grad} \left( p + \frac{4}{3} \cdot \frac{v}{a^2} \cdot \frac{dp}{d\tau} \right).$$

Это уравнение описывает все трехмерное поле скоростей, в том числе и у стенки сопла. Наложением граничного условия на стенке, как условия прилипания, можно получить профиль скорости в пограничном слое. Важным результатом для дальнейших расчетов будет значение поперечного градиента скорости вдоль образующей сопла S

$$\frac{dV}{dn}(S),$$

который определит локальное значение силы трения. Если окажется справедливой аналогия Рейнольдса (этот вопрос пока не изучен), то возможно будет определить и другие интегральные параметры: тепло в стенку и, при необходимости, концентрации элементов продуктов сгорания около стенки и реализовать полученный метод в виде программного продукта. □

### Литература

1. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Фундаментальное уравнение сверхзвуковой газовой динамики и новый метод профилирования сопел ЖРД // Двигатель № 3, 2013 г.
2. Г. Шлихтинг. Теория пограничного слоя. М. Наука, 1974 г.
3. Ю.М. Кочетков. Устойчивость пристенных течений в соплах РДТТ // Двигатель № 6, 2002 г.
4. Ю.В. Лапин. Турбулентный пограничный слой в сверхзвуковых потоках. М. Наука, 1970 г.
5. Н.В. Дроздова, У.Г. Пирумов, Г.С. Росляков и В.П. Сухоруков. Сверхзвуковые течения газа в конических соплах. М. Изд. МГУ, 1974 г.
6. Ф.К. Хилл. Исследования пограничного слоя в гиперзвуковом потоке // Вопросы ракетной техники № 1 (37). Изд. иностранной литературы, 1957 г.



Рис. 4. Косые скачки уплотнения в коническом сопле

# Полный вперед!

с 2,5 тоннами в 5 осях



Фирма Hermle - ведущий изготовитель 5-осевых обрабатывающих центров - расширяет свою производственную программу: наши высочайшая точность, надежный сервис и компетентность в области автоматизации теперь позволяют обрабатывать заготовки весом до 2500 кг.

[www.hermle-vostok.ru](http://www.hermle-vostok.ru)

Представительство «Хермле ВВЗ АГ» в Москве - ул. Полковая д.1, стр. 6 - 127018 Москва, Россия - Тел.: +7 495 221 83 68 - [info@hermle-vostok.ru](mailto:info@hermle-vostok.ru)



# ПРОБЛЕМАТИЧНОЕ НАЧАЛО И ДРАМАТИЧЕСКИЙ КОНЕЦ РАЗРАБОТКИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ Н1

**Вячеслав Фёдорович Рахманин,**

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

(Продолжение. Начало в № 6 - 2011, 1-6 - 2012, 1-5 - 2013)

**В**спомним, в каком алгоритме осуществлялась американская Лунная программа.

Во-первых, следует отметить, что научно-техническая задача посещения американскими астронавтами Луны была возведена в государственную задачу возвращения приоритетного положения США в мировой научно-технической сфере и, следовательно, пресстижа мирового политического лидера.

Главная и практически единственная цель Лунной программы США - опередить Советский Союз в высадке человека на поверхность Луны. Эта задача была сформулирована президентом США Дж. Кеннеди в мае 1961 г. в Послании Конгрессу как ответная мера на полёт Ю.А. Гагарина. Конгресс поддержал предложение главы государства и дал согласие на выделение необходимого финансирования. Цели Лунной программы были обнародованы в СМИ, получили широкую поддержку у населения США и, по существу, стали национальной идеей.

Исходные позиции, фундамент Лунной программы: цель, сроки и финансирование были определены на высшем государственном уровне в середине 1961 г. В качестве главного исполнительного органа определили НАСА, в составе которого был организован ряд научно-технических центров и дано право привлекать к работам по Лунной программе ведущие аэрокосмические фирмы США. Техническое руководство разработкой РН "Сатурн-5" было поручено Вернеру фон Брауну, который привлёк к этим работам оставшихся в США своих бывших сотрудников по Пенемюнде. Разработанная НАСА Лунная программа являлась единым документом, целенаправленно охватывающим все аспекты и этапы предстоящих работ. Открытость поставленной цели и конечного срока выполнения работ, возможность контроля общественностью выполнения промежуточных сроков являлись мощным дисциплинирующим и мобилизующим фактором для участников работ.

На конкурсной основе была выбрана схема полёта: два астронавта высаживаются на поверхность Луны, третий ожидает их на окололунной орбите. После старта с Луны и стыковки на Лунной орбите все трое возвращаются на Землю.

Выбор схемы полёта для выполнения его конечной цели позволил определить потребные массы частей лунного комплекса, а это, в свою очередь, дало возможность выбрать количество ступеней и их энергетические характеристики, необходимые для разработки ракеты-носителя. Так появились проекты ракеты-носителя "Сатурн-5" и лунного комплекса "Аполлон".

Реализация эксклюзивной по целевому назначению, масштабы и политической значимости научно-технической программы потребовала обеспечения исключительно высокой надёжности и безопасности при эксплуатации разрабатываемой космической техники. Для выполнения этих требований была проведена тщательная наземная отработка ракетных систем на специально построенных уникальных стендах. Ракетные системы и в первую очередь маршевые двигатели были разработаны в варианте многоразового использования и перед их эксплуатацией в составе РН "Сатурн-5" каждый экземпляр двигателя проходил три проверочных огневых испытания на стендах - два автономных и одно в составе ступени ракеты. Для предварительной отработки ракетных систем и их элементов в условиях лётной эксплуатации использовались вспомогательные ракеты "Сатурн-1" и "Сатурн-1В". Опыт и навыки полёта в космическом пространстве и выполнение различных задач: сближение и стыковка с космическим аппаратом, выход в открытый космос и т.д. астронавты из лунного отряда получили при полётах на космических кораблях "Джемини".

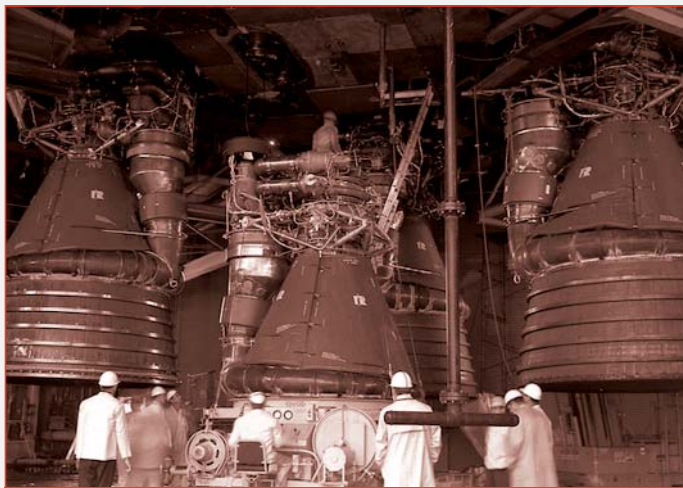
Беспилотный, а затем и пилотируемый облёт Луны по трассе Земля-Луна-Земля проводился на штатных аппаратах лунного комплекса "Аполлон".



Президент США Дж. Кеннеди знакомится с разработками В. фон Брауна



Сближение на орбите кораблей «Джемини-6» и «Джемини-7»



Монтаж двигателей F-1 на первую ступень РН «Сатурн-5» перед испытаниями



Единственный ночной старт РН «Сатурн-5» с «Аполлон-17»

Хорошо продуманная и практически полностью выполненная Лунная программа стала залогом успешных полётов американских астронавтов на Луну.

Организация работ по выполнению советской программы посещения космонавтами Луны имела существенные отличия от американской. Она носила типовой характер, не отличаясь от организации других работ в ракетно-космической области. Система централизованного управления государственными организациями и предприятиями в СССР создала для науки и оборонной промышленности прогрессивную систему мобилизационной экономики. Однако и в условиях хорошо отлаженной вертикали соподчинённости звеньев системы ведущие предприятия имели творческую самостоятельность. В те годы идея создания космического комплекса зарождалась в недрах ракетного ОКБ, чаще всего формулировалась его главным конструктором. Далее эта идея передавалась в проектные подразделения ОКБ, где "превращалась" в расчётно-проектные материалы, которые затем обсуждались на совещании главных конструкторов, составляющих кооперацию по разработке будущего космического комплекса. Заручившись поддержкой участников кооперации, головной разработчик лоббировал создание нового комплекса в руководящих кругах ЦК КПСС, Военно-промышленной комиссии, Госплана, Минфина, в Министерстве обороны, Министерстве общего машиностроения и Академии наук СССР. Заключительным этапом этой инициативной деятельности было обращение к политическому лидеру страны с просьбой дать согласие на выпуск правительственного постановления о разработке нового космического комплекса.

В Советском Союзе, в условиях командно-плановой системы, правительственные постановления являлись основной движущей силой для развития практически всех сторон жизни и деятельности общества: науки, культуры, промышленности, сельского хозяйства и т.д. Выход постановления в научно-промышленной области являлся, по сути, государственным заказом на проведение определённого вида работ с указанием их финансирования. Интересной особенностью постановлений о создании ракетно-космического комплекса, которые я видел, являются ссылки в констатирующей преамбуле на побуждающую причину выпуска постановления "...принять предложение..." или "...согласиться с предложениями..." с дальнейшим указанием официальных "авторов" предложения - наименование союзных министерств и ведомств, включая АН СССР с указанием в скобках фамилии руководителя, а также наименований организаций и предприятий с указанием в скобках фамилий руководителей. В разделе "Постановили" при перечислении выполняемых работ сохранялся такой же порядок указания ответственных за выполнение - наименование организации или предприятия с фамилией руководителя в скобках. В моём представлении указанием фамилии руководителя в постановлении подчёркивалась его персональная ответственность за выполнение порученной работы перед партийно-правительственными органами, подписавшими постановление. Немаловажным обстоятельством в "технологии" подготовки содержания

будущего постановления является то, что перечень работ и сроки их выполнения предлагал головной разработчик проекта по согласованию с исполнителями этих работ. Проект постановления проходил предварительное согласование в соответствующих партийно-государственных инстанциях - в отделе оборонной промышленности ЦК КПСС, ВПК, Госплана, Минфина, Минобороны, в ряде промышленных министерств, участвующих в предстоящих работах. В процессе согласования в него вносились изменения, согласованные с головным разработчиком. Бывали, конечно же, и волевые решения, главным образом по срокам выполнения работ, но это происходило редко. Так что при невыполнении в срок задания ссылки руководителей промышленных предприятий на "навязанный чиновниками" нереальный срок чаще всего не имели оснований. Сами назначали привлекательный для начальства срок, чтобы наверняка получить постановление на выполнение работы, интересной для всей кооперации предприятий.

Таким же образом, по инициативе "с низу" начались работы по созданию тяжёлого космического носителя, получившего в последствии обозначение "Н1". Это обозначение различными авторами мемуаров раскрывается как "Наука-1" или "Носитель-1". Документального подтверждения ни одного из этих наименований мне не встречалось.

О необходимости разработки более тяжёлой ракеты, чем Р-7, С.П. Королёв высказывался уже в 1956 г. Этот замысел окончательно вызрел и получил дальнейшее развитие после успешного запуска в мае 1958 г. третьего спутника - космической лаборатории массой в 1380 кг. Успех практически всегда окрыляет, появляется желание идти дальше, к новым достижениям. В июле 1958 г. в проектном подразделении ОКБ-1 началась расчётно-конструкторская проработка новой ракеты. Эти проработки явились основой для выхода Постановления от 10.12.1959 г. "О развитии исследований по космическому пространству", которым поручалось ряду ОКБ приступить к проработке вопросов создания мощных РН для полётов к Луне и планетам Солнечной системы, а также по созданию автоматической станции на Луне. В ОКБ-1 эта работа велась широким поиском оптимального варианта ракеты-носителя тяжёлого класса. Рассматривалась возможность применения ядерного реактивного двигателя (ЯРД), а также ЖРД, работающего на кислороде с водородом. Однако отсутствие реальной возможности в ближайшие годы получить работающие ЯРД и водородный ЖРД заставило проектантов сосредоточиться на разработке ракеты-носителя, работающей на уже освоенном кислородно-керосиновом топливе.

Эти предложения стали научно-технической основой для первого правительственного постановления о разработке мощного ракетно-космического комплекса, получившего уже знакомое нам обозначение Н1. За ним последовал достаточно длинный ряд постановлений и вытекающих из них организационных мероприятий. Изложив в хронологической последовательности постановления, принятые в рамках одного тематического направления работ, можно проследить динамику развития этого направления деятельности, а, сопоста-

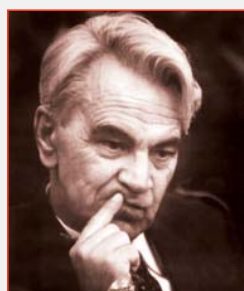
вив с текущими историческими событиями, установить влияние внешнеполитических и внутриэкономических факторов на интенсивность проведения работ, выявить неоднозначность отношения в отдельные периоды к этим работам высших партийных и государственных органов. В то же время нельзя не отметить постоянное участие в руководстве этими работами секретаря ЦК КПСС Д.Ф. Устинова, председателя ВПК Л.В. Смирнова, президента АН СССР М.В. Келдыша, министров С.А. Афанасьева и П.В. Дементьева. Нижеприведённые постановления прочно связаны одной тематикой, но назвать их единой государственной целевой программой весьма затруднительно. Эти постановления на всём протяжении работ по созданию РН Н1 больше отслеживали ход работ, чем управляли им. В этом заключается одна из причин краха советской Лунной программы.



Д.Ф. Устинов



Л.В. Смирнов



М.В. Келдыш



С.А. Афанасьев



П.В. Дементьев

В моём представлении практически любая деятельность человека подвержена воздействию объективных и субъективных факторов. Начало какой-либо работы и качество её конечного результата также зависит от объективных и субъективных причин.

Ход работ по советской Лунной программе и её негативный результат укладывается в предложенную схему. Объективными причинами такого результата являются, опять же в моём представлении, внешние условия и обстоятельства, оказавшие влияние на проведение работ. К ним, в первую очередь, следует отнести отсутствие единой (сквозной) государственной программы, реально учитывающей возможности промышленности страны для проведения работ в обеспечение пилотируемого полёта на Луну, и единого научно-технического и организационного центра для целевого управления этими работами во всём их объёме. Последовательный выпуск многочисленных постановлений, особенно с переносом срока полёта на Луну, указывает на необоснованность назначения этих сроков и необеспеченность их выполнения возможностями промышленности, хотя эти сроки либо назывались исполнителями работ, либо с ними согласовывались. Работала хорошо отлаженная в этом отношении система, в которой принимали участие все: и разработчики, и власть имущие.

Вторая причина - субъективная - связана с допущенными ошибками при проектировании и выборе методологии отработки ракетных систем (в частности, двигателей и системы КОРД) и в целом ракетно-космического комплекса Н1-Л3.

Читатель сам может составить собственное мнение о ходе работ по Лунной программе, об их организации и управлении путём выпуска правительственных постановлений, а также ознакомиться с мнением по этим вопросам авторитетных участников этих работ.

1. В истории советской ракетно-космической техники считается общепризнанным фактом, что выпуск Постановления от 23.06.1960 г.: "О создании мощных ракет-носителей, спутников, космических кораблей и освоении космического пространства в 1960-1967 годах" ознаменовал начало нового направления работ в советской космонавтике, которое было призвано обеспечить решение целого ряда качественно новых космических задач и утвердить дальнейшее пер-

венство и ведущую роль СССР в космических полётах. Постановлением предусматривалось создать к 1963 г. РН Н1, способную вывести на околоземную орбиту полезный груз массой 40...50 т и разгонять до второй космической скорости груз массой 10...20 т. Достижение второй космической скорости - это выход за пределы околоземного космического пространства, полёты к Луне и планетам Солнечной системы, хотя конкретных задач, решаемых РН Н1 в постановлении не указано. Отсутствие конкретных задач имело основание. РН Н1 не вписывалась в оборонную концепцию страны и военных практически не интересовала. Не было перспективных предложений и у АН СССР. Поскольку политических дивидендов, аналогичных значимости запуска ИСЗ, от этой ракеты в ближайшее время, хотя для её создания были назначены кратчайшие сроки, ожидать не приходилось, у политического руководства отношение было прохладное. Складывается впечатление, что вопрос о создании новой ракеты решался простейшим способом: раз авторитетные конструкторы предлагают перспективную разработку, то их нужно поддержать, а далее время подскажет... Эти обстоятельства позволяют с большой степенью уверенности предположить, что одним из главных побудительных мотивов предложить разработку новой, самой мощной в то время в мире ракеты было честолюбие С.П. Королева, присущее ему страстное желание быть первым в сфере его жизнедеятельности. Честолюбие, вообще говоря, для талантливых творческих натур является мощной движущей силой, мобилизующей интеллектуальные способности человека на достижение новых высот в избранном им деле.

Так это было или иначе, но выпуск указанного постановления послужил основанием ОКБ-1 выдать 1.10.1960 г. в ОКБ В.П. Глушко и ОКБ Н.Д. Кузнецова технические задания на разработку в составе эскизных проектов двигателей для первой ступени РН Н1. Считаю необходимым обратить внимание, что задача создания мощной ракеты была поставлена в СССР практически на год раньше, чем президент США Дж. Кеннеди объявил программу высадки американских астронавтов на Луну в текущем десятилетии "важнейшей национальной задачей". В то же время нельзя оставить без внимания факт, что в ответ на запуск в СССР первого ИСЗ фирма "Аэроджет" в 1958 г. начала работы по созданию двигателей, ставшими прототипами двигателей F-1 и J-2 первой и второй ступеней американской "лунной" ракеты "Сатурн-5".

В отечественной истории космонавтики принято считать, что вышеприведённое постановление является основополагающим в работах по Лунной программе. Дальнейшие этапы истории создания РН Н1 представлены в приведённых ниже постановлениях и изложении других событий, связанных с разработкой РН Н1. С целью сосредоточения внимания читателя на работах по созданию РН Н1, в этот перечень не вошли аналогичные документы по разработке РН УР-500, УР-700 и Р-56, оказавшие косвенное влияние на ход работ по созданию комплекса Н1-Л3, а также ряд документов, хотя и относящихся к работам по РН Н1, но, по моему мнению, не имеющие существенного значения.

2. Постановление от 13.05.1961 г.: "О пересмотре планов по космическим объектам в направлении выполнения задач оборонного значения". Этим документом приняты предложения ВПК о переносе сроков выпуска эскизного проекта на 1962 г., а создания РН Н1 - на 1965 г. Видимо разобрались, что предложенный разработчиками срок завершения работ по созданию РН Н1 в 1963 г. явно не реален. Кроме того, в начале 60-х годов произошло обострение политических отношений с США и первоочередными делами для ОКБ-1 в это время являлась разработка межконтинентальных боевых ракет Р-9А и РТ-2, тем более, что в космической области полёт Ю.А. Гагарина "застолбил" приоритет СССР в мировой истории пилотируемой космонавтики.

3. Постановление от 16.04.1962 г.: "О важнейших разработках межконтинентальных баллистических и глобальных ракет и ракет-носителей космических объектов". Работы по РН Н1 ограничиваются разработкой в 1962 г. эскизного проекта с обоснованием стоимости создания РН. ВПК поручалось после технической экспертизы рассмотреть эскизный проект и доложить ЦК КПСС свои предложе-

ния о дальнейших работах. (Напряжённая международная обстановка, нужны средства для создания ракетно-ядерного паритета с США. В то же время РН Р-7 успешно выполняет космические задачи как по пилотируемой программе, так и по запуску автоматических космических аппаратов на орбиту Земли, к Луне и Венере).

4. Экспертная комиссия под председательством М.В. Келдыша 23.07.1962 г. утвердила эскизный проект трёхступенчатой РН Н1, способной выводить на околоземную орбиту высотой 300 км полезный груз массой 75 т, и рекомендовала приступить к его реализации.

5. Постановлением от 24.09.1962 г., выпущенным по итогам утверждения эскизного проекта, предписывалось развернуть работы по РН Н1, стендовую отработку двигателей завершить в течение 1964-1965 гг., в 1965 г. сдать в эксплуатацию стартовую позицию, в этом же году начать проведение лётных испытаний РН Н1.

6. С.П. Королёв 23.09.1963 г. направил правительству докладную записку с предложением использовать РН Н1 для выполнения Лунной программы: *"Осуществление экспедиции с людьми на поверхность Луны должно рассматриваться как основная задача программы изучения и освоения Луны"*. Предложенная программа предусматривала проведение работ в 3 этапа: Л1 - пилотируемый облёт Луны, Л2 - доставка на Луну управляемого механизма-"лунохода", Л3 - высадка на поверхность Луны космонавтов и возвращение их на Землю.

7. Постановлением от 24.12.1963 г. определена кооперация предприятий-изготовителей агрегатов и систем стартовой позиции и комплекса наземного оборудования.

8. Правительство СССР 10.02.1964 г. утвердило план реализации Лунной программы Л3.

9. Постановлением от 19.06.1964 г. отмечается отставание выполнения работ на 1,5 - 2 года от намеченных сроков, в связи с чем начало лётных испытаний РН Н1 переносится на 1966 г.

10. Постановлением, вышедшем в конце июня 1964 г., организован *"Совет по комплексу Н1 для научно-технического руководства, координации работ КБ и НИИ, оперативного решения принципиальных и технических вопросов и контроля за выполнением основных этапов работ по созданию комплекса Н1"* во главе с председателем ГКОТ С.А. Зверевым, заместителем председателя - М.В. Келдыш, С.П. Королёв, Г.А. Тюлин. Организация Совета - реакция правительства на срывы плановых сроков выполнения работ, приведшие к переносу срока начала лётных испытаний.

11. Постановлением от 3.08.1964 г. *"О работах по исследованию Луны и космического пространства"* было определено, что *"важнейшей задачей в исследовании космического пространства с помощью ракеты Н1 является освоение Луны с высадкой экспедиций на её поверхность и последующим их возвращением на Землю"* и установлены сроки: облёт Луны - первый квартал 1967 г., высадка на Луну - 1967 - 1968 гг. В Постановлении приводится полная кооперация научно-технических организаций и промышленных предприятий, участвующих в решении этой космической программы.

Постановление принято после получения информации о успешном продвижении работ по Лунной программе США (успешные полёты РН "Сатурн-1") и впервые на правительственном уровне заявлено, что целью разработки РН Н1 является посещение Луны советскими космонавтами.

12. С.П. Королёв 25.12.1964 г. утвердил эскизный проект ракетного комплекса Н1-Л3, в котором полезная нагрузка увеличена с 75 т до 93 т, в связи с чем принимается ряд мер для повышения энергетики РН, главной является установка на первой ступени дополнительно шести маршевых двигателей, таким образом их суммарное количество увеличивается до тридцати.

13. Экспертная комиссия под председательством М.В. Келдыша 10.02.1965 г. утвердила эскизный проект комплекса Н1-Л3 и схему полёта двух космонавтов с высадкой одного из них на поверхность Луны, второй ожидает первого на окололунной орбите.

14. Совещание 25.08.1965 г. у председателя ВПК Л.В. Смирнова: *"О состоянии работ по исследованию космического пространства, Луны и планет"*, на котором главным конструкторам, участвующим

в работах по Лунной программе, было указано на неудовлетворительную работу предприятий и на возникшую в связи с этим серьёзную угрозу утраты приоритета Советского Союза в области освоения космоса.

15. Постановлением от 25.10.1965 г.: *"О сосредоточении сил конструкторских организаций промышленности на создании комплекса ракетно-космических средств для пилотируемого облёта Луны"* поставлена задача осуществить пилотируемый облёт Луны в 1967 г.

В этом же месяце Совет по созданию РН Н1 (председатель С.А. Зверев) был преобразован в Совет по проблемам освоения Луны; председатель - министр МОМ С.А. Афанасьев.

16. Постановлением от 04.02.1967 г. отмечается неудовлетворительная работа министерств по Лунной программе и устанавливаются сроки пилотируемого облёта Луны в третьем квартале 1967 г., а высадку космонавта на Луну - в сентябре 1968 г. Эти работы объявлены задачами особой государственной важности.

17. Постановлением от 19.11.1967 г. начало лётных испытаний комплекса Н1-Л3 переносится на четвёртый квартал 1968 г., а высадка на Луну - в срок, обеспечивающий приоритет Советского Союза. Министры С.А. Афанасьев, П.В. Деметьев и С.А. Зверев, а также главный конструктор В.П. Мишин получили взыскания за неудовлетворительную организацию работ.

18. В начале 1967 г. на космодроме Байконур завершилось строительство первой очереди стартового комплекса.

19. В ноябре 1967 г. на космодром доставлены первые технологические экземпляры ракет Н1 № 1Л и № 2Л для проведения наземных испытаний, технологических отладочных работ и тренировки стартовой команды.

20. В начале 1968 г. министра С.А. Афанасьева на посту Председателя Совета по проблемам освоения Луны сменил президент Академии наук СССР М.В. Келдыш.

21. В ноябре 1968 г., после дополнительного ремонта вскрывшихся дефектов, РН Н1-Л3 № 3Л была доставлена на стартовую позицию для подготовки первого лётного испытания.

22. 21 февраля 1969 г. состоялся первый пуск комплекса Н1-Л3, пожар в хвостовом отсеке и отключение двигателей на 69 с полёта.

23. 3 июля 1969 г. - вторая попытка запуска Н1-Л3, пожар в хвостовом отсеке первой ступени на выходе двигателей на режим и падение ракеты на 23-й секунде полёта с разрушением стартовой позиции.

24. В июле 1969 г. правительственным распоряжением образована *"Экспертная комиссия по рассмотрению коренных проблем создания РН Н1, необходимого объёма и методологии наземной отработки и обеспечению надёжности комплекса"*. Срок организации Экспертной комиссии вызывает в памяти народные пословицы: первая - ироническая - "Пока гром не грянет, мужик не перекрестится", вторая - обнадеживающая - "Лучше поздно, чем никогда".

25. Декабрь 1969 г. - письмо Главкома ракетных войск Маршала Н.И. Крылова министру С.А. Афанасьеву с критическим анализом лётной отработки комплекса Н1-Л3. Предлагается для тяжёлых ракет основную отработку надёжности двигателей вести в наземных условиях, уделяя основное внимание многократности их использования и большим запасам по ресурсу работы.

26. В феврале 1971 г. распоряжением СМ СССР образована Государственная комиссия (председатель М.В. Келдыш) по проблемам создания и перспективам использования комплекса Н1-Л3.

27. 27 июня 1971 г. состоялся третий пуск Н1-Л3, потеря управляемости полёта ракеты и отключение системой "КОРД" всех двигателей первой ступени на 51-й секунде.

28. 23 ноября 1972 г. - четвёртая попытка запуска Н1-Л3, пожар и взрыв в хвостовом отсеке первой ступени на 107 с полёта после штатного выключения шести центральных двигателей.

29. В начале мая 1974 г. состоялось совещание у Д.Ф. Устинова, принято решение о целесообразности прекращения работ по проекту Н1.

30. 17 мая 1974 г. Совет обороны принял решения: прекратить работы по Н1, В.П. Мишина освободить от занимаемой должности,

В.П. Глушко назначить руководителем нового НПО, Н.Д. Кузнецову сосредоточиться на авиационной тематике.

31. Постановлением от 22.05.1974 г. образовано НПО "Энергия", директором и генеральным конструктором назначен В.П. Глушко.

32. 5 июня 1974 г. В.П. Глушко подписал приказ № 54 о прекращении в НПО "Энергия" всех работ по комплексу Н1-Л3.

33. Постановлением от 17.02.1976 г. решено "принять предложения Государственной комиссии" тему Н1 закрыть, в трёх месячный срок провести инвентаризацию и списать затраты.

Изложенные в хронологической последовательности правительственные постановления и другие события объективно освещают ход работ по созданию космической техники для полёта на Луну и дают возможность оценить государственное участие в руководстве этими работами. В истории ракетной техники в СССР не было ни одного другого проекта, по которому принималось бы такое количество постановлений, правительственных решений, организовывалось государственных и экспертных комиссий и советов, проводилось бы НТС в министерствах... А по количеству переносов окончания работ поставлен абсолютный рекорд. Всё это так, но всё же представляется интересным ознакомиться с оценкой организации работ авторитетными участниками этих событий, мнение и оценки которых уже неоднократно ранее цитировались: генерала ВВС Н.П. Каманина и директора ЦНИИМаш Ю.А. Можжорина, а также главного конструктора ЦКБЭМ и проекта комплекса Н1-Л3 В.П. Мишина.



Н.П. Каманин и В.П. Глушко

Н.П. Каманин вёл свои дневниковые записи по горячим следам событий и, учитывая тотальную в то время секретность работ в ракетно-космической отрасли, не мог планировать и даже надеяться их когда-нибудь опубликовать. Это обстоятельство как бы "установило" для дневников Каманина своеобразный гриф "Для личного пользования", что позволяло автору объективно фиксировать все отмеченные недостатки в отечественной космонавтике и безбоязненно давать нелицеприятные характеристики людям, имеющим широкую известность. А когда цензура публикаций была упразднена, а секретность за давностью лет потеряла значение, дневники в 1995 - 2001 годах были опубликованы и, я надеюсь, с минимальным редактированием их авторского содержания. Теперь они являются историческим источником информации свидетеля и участника событий.

В своих дневниковых записях Н.П. Каманин неоднократно отмечал своё отношение к организации работ по созданию РН Н1, в основном, это были критические оценки текущих событий. В 1973 г., пережив глубокое разочарование результатами четырёх подряд аварийных пусков комплекса Н1-Л3, Каманин несколько раз возвращался к этим событиям и в совокупности так изложил сложившееся у него за все годы работы по РН Н1 мнение о причинах провала нашей Лунной программы. "Я много думал о причинах утраты нашего лидерства в космосе. Естественно, что наше отставание от Америки обнаружилось не сразу. С 1957 по 1964 год мы были передовой космической державой мира. Но уже первое знакомство с американской программой космических исследований в 1961-1962 годах и сравнение этой программы с положением дел у нас настораживало: появились опасения, что США быстро догонят СССР. Успех программы "Джемини" поставил Америку рядом с нами, а первые полёты корабля серии "Аполлон" выдвинули США вперёд. В этот период многие наши учёные, конструкторы верили в успех. Только очень небольшая группа людей поняла, что мы проиграли "битву за космос" уже при первом пуске "Сатурна-5". После полёта "Аполлона-8" наше поражение стало очевидным для всех. Блестящий полёт "Аполлона-11", контрастирующий взрывом нашей самой мощной ракеты Н1, неопровержимо доказал, что мы отстали от США.

Главная причина в том, что у нас в стране нет правительственного органа (по типу НАСА), который повседневно руководил бы

всеми работами по исследованию космического пространства. У нас не было и нет хорошо продуманных планов космических исследований не только на пятилетку, но даже на каждый текущий год.

Развитием нашей космонавтики руководят ЦК партии, Совет Министров и Академия наук, но руководство это слишком общее, несистематическое, а поэтому и недостаточно квалифицированное. Несведущие люди могут возразить мне, что у советской космонавтики много высоких почитателей - секретарь ЦК КПСС Д.Ф. Устинов, заместитель председателя Совета Министров Л.В. Смирнов, президент АН СССР М.В. Келдыш. На самом же деле Устинов, Смирнов и даже Келдыш не могут уделять космонавтике и 10 процентов своего рабочего времени, они перегружены другими важными обязанностями.

Уже три-четыре года назад было ясно, что лунный комплекс Н1-Л3 никуда не годится и его тогда же надо было забраковать. Но у Устинова, Смирнова, Келдыша и Мишина по-прежнему не хватает честности доложить правительству об этом грандиозном провале, стоившем стране миллиарды рублей.

Исходя из сложившейся в стране структуры высшей власти, нам надо было бы иметь одного полномочного руководителя (из числа секретарей ЦК или заместителей председателя Совмина), который систематически занимался бы только космосом - и ничем другим.

Королёв и Мишин при создании ракеты Н1 не послушались советов академика Глушко и других конструкторов и яро защищали её плохо продуманную конструкцию. Королёву удалось "протолкнуть" в правительстве и ЦК КПСС своё "детище" и охаять ракету Челомея. Ракета Н1 оказалась сырой.

Назначение Мишина главным конструктором ракетно-космических систем было большой ошибкой. Мишин не справлялся и не справляется с обязанностями технического руководителя всей нашей космической программы".

Н.П. Каманин по роду своей служебной деятельности общался с высшим руководством космической отрасли, участвовал в многочисленных совещаниях, проводимых в "верхах", и его оценки причин провала Лунной программы в неэффективной организации работ руководителями отрасли основаны на имеющихся у него наблюдениях и располагаемой информации. Как профессиональный военный, генерал-полковник Н.П. Каманин исповедовал принцип единоточности, наблюдая за "размытой" организацией и руководством работами в советской космонавтике, пришёл к выводу о необходимости назначения одного руководителя высшего ранга, персонально отвечающего за работу космической отрасли, а также о целесообразности организации единого государственного центра, разрабатывающего перспективные программы развития космонавтики и обеспечивающего научно-техническое сопровождение и контроль выполнения работ в ракетной промышленности. Что же касается отношения Каманина к техническому уровню РН Н1, то он не был специалистом в области разработки ракетно-космической техники и, видимо, поэтому в его дневниковых записях о причинах аварий отсутствуют ссылки на конкретные конструкторские недоработки, аварии он обобщённо связывает с "плохо продуманной конструкцией" РН Н1 и с плохим техническим руководством работами со стороны главного конструктора В.П. Мишина.

В отличие от Н.П. Каманина директор головного отраслевого института МОМ Ю.А. Можжорин был знаком изнутри с технической и экономической сторонами всех работ по Лунной программе. Своё видение причин негативных результатов разработки РН Н1 он изложил в уже упоминаемой книге "Так это было...". Посмотрим, как определяет причины нашего неуспеха автор книги, название которой ко многому обязывает.

"Мне представляется, что руководство нашего государства не оценило поначалу всей политической остроты американского вызова и не придало ему должного значения, продолжая тиражировать успех в области космических околоземных пилотируемых полётов и собирая обильные плоды мирового восхищения. В этой космической гонке мы, как в решете, растеряли столь необходимые время и средства. Когда же было принято решение о создании лунного комплекса Н1-Л3 и высадке на Луну советского человека первым, время бы-

ло полностью упущено и никакие дополнительные меры не позволяли решить задачу. Поэтому надо было очень тщательно и трезво взвесить наши производственные и экономические возможности прежде, чем браться за работу и включаться в подобное соревнование.

Высадка человека на Луну изначально не имела основной целью решение чисто научных задач, окупающих своей значимостью колоссальные затраты. Это было, прежде всего, соревнование двух социальных систем, двух сверхдержав за техническое (и военное) лидерство, хоть и окрашенное научными идеями, но стимулирующее гонку стратегических вооружений.

Сейчас трудно определить, кто больше повинен в том, что мы не слетали на Луну. Государственное руководство, поставившее (по своему незнанию) нереальную задачу, или главный конструктор Мишин, согласившийся её исполнить без необходимого обеспечения и в фантастические сроки за счёт сокращения требующейся обстановочной наземной отработки.

Отрицательные последствия вызвало и желание разработчика угодить начальству минимизацией запрашиваемых средств на экспедицию, что создавало у руководства иллюзию простоты решения проблемы. Вместо того, чтобы с самого начала показать грандиозность задачи, весь объём потребных затрат, не боясь, что правительство может не пойти на создание лунного экспедиционного комплекса, разработчики осторожно и постепенно приоткрывали карты своих настоящих потребностей, затягивая кардинальное решение проблемы.

Скорее всего, в равной степени виноваты обе стороны. Но результат получился естественным. Беспросветно низкая надёжность нашего комплекса и критическая затяжка сроков его отработки, с одной стороны. Высадка американских астронавтов на Луну в этот период времени, с другой. В результате политическая и научная ценность отечественной лунной экспедиции была полностью утрачена.



Ю.А. Мозжорин

Директор головного в ракетно-космической отрасли НИИ Ю.А. Мозжорин излагает причины провала Лунной программы в свойственной ему дипломатической форме. В отличие от дневниковых записей Н.П. Каманина, он писал книгу для широкого круга читателей, что, безусловно, сказалось на содержании публикуемых воспоминаний. Это в первую очередь относится к не упоминанию фамилий руководителей, причастных к бесславному результату работ по Лунной программе. Во время событий, излагаемых в книге, Мозжорин имел достаточно тесные служебные контакты с большинством руководящего состава ракетно-космической отрасли и, видимо, посчитал неудобным упоминать "всё" фамилии людей, сделавших выдающийся вклад в развитие отечественного ракетостроения. Отметив причастность к провалу работ по Лунной программе как правительства, увлечёвшегося текущими успехами отечественной космонавтики и поэтому с опозданием принявшего решение о высадке советского космонавта на Луну, так и главного конструктора, взявшегося за выполнение в нереальные сроки необеспеченного средствами правительственного поручения, Ю.А. Мозжорин не берёт на себя ответственность определить более "виновного" и раздаёт "каждой сестре по серьге". Характерно также, что у Мозжорина отсутствует критика организации работ в космической отрасли, упоминается только ошибочность политики руководства ОКБ-1, скрывшего от правительства перед началом работ полный объём потребного финансирования, необходимых производственных мощностей и реальных сроков для осуществления проекта Н1. Главной же ошибкой он считает, что обе стороны перед началом работ не руководствовались восточной мудростью: "Прежде чем войти в дверь, подумай, как из неё выйти". Что же, совет хорош, только вот о нём чаще всего вспоминают, когда обнаруживается, что при попытке выхода дверь заперта.

Мы рассмотрели указанные Мозжориным причины провала Лунной программы. Насколько они убедительны, судить читателям. Но есть ещё одна причина, на которую указывал Каманин и, как

увидим позднее, Мишин. Имеется в виду отсутствие в Советском Союзе единого научно-технического центра типа НАСА. Думается, что эту причину Мозжорин не упомянул не случайно. По сложившейся в стране системе организации научно-технических работ таким центром должен был быть головной институт ракетостроительной отрасли ЦНИИМаш, директором которого с августа 1961 г. по декабрь 1990 г. был Ю.А. Мозжорин. Но не стал ЦНИИМаш таким центром, да и не мог стать... Необходимо напомнить, что в Советском Союзе техническую политику в сфере разработки ракетно-космической техники фактически формировали главные конструкторы ракетных ОКБ. Первая в СССР боевая ракета дальнего действия (БРДД) Р-1 создавалась в соответствии с правительственным Постановлением от 13.05.1946 г., которым предписывалось воспроизвести на советских заводах немецкую ракету дальнего действия А-4 (Фау-2). Это исключило внесение каких-либо изменений в конструкцию ракеты. Однако, начиная с разработки БРДД Р-2, Королёв вёл самостоятельную политику при разработке ракетной техники. Несмотря на настойчивые требования военного заказчика применять в БРДД высококипящее топливо, обеспечивающее высокую боеготовность ракетного вооружения, Королёв с согласия и при поддержке полностью доверяющего ему правительства продолжал применять во вновь разрабатываемых ракетах жидкий кислород. Так ОКБ-1 под его руководством разработало БРДД Р-2, Р-5(М), Р-7, Р-9. И если Королёв пренебрегал требованиями военного заказчика, то никакой отраслевой институт не мог повлиять на его видение развития ракетной техники.

Об отношении к институту со стороны главных конструкторов самого авторитетного в стране ракетного ОКБ-1 (ЦКБЭМ) Мозжорин приводит два фрагмента в своих воспоминаниях ("Так это было..."). Первый из них относится к 1961 г., когда только что назначенный директором института Мозжорин обратился к Королёву с просьбой дать совет о форме творческого взаимодействия НИИ-88 и ОКБ-1. И Главный конструктор советского ракетостроения того времени дал не совет, а урок новому директору: "Не рекомендовал бы тебе заниматься "жандармской" деятельностью, то есть оценкой наших проектов. Институту это просто не под силу. Вы не можете знать больше нас - разработчиков. Если ты всё же будешь заниматься этим, то лишишься поддержки главных конструкторов и тебе больше двух лет в должности директора не продержаться".

Прошло более 12 лет, а отношение к институту осталось практически тем же. В 1973 г. на совещании у министра С.А. Афанасьева главный конструктор ЦКБЭМ Мишин так характеризует работу ЦНИИМаш: "Институт не только не помогает ЦКБЭМ, а мешает работать своими неквалифицированными заключениями. Ежегодно институт мешками присылает свои отчёты, которые у нас, в ЦКБЭМ, не читают и не используют. Этим институт только создаёт нам дополнительные трудности, перегружает секретные отделы, архивы. Похоже, что ЦНИИМаш работает на ВПК, а не на отрасль".

Вот и говори после такого отношения к головному отраслевому институту, что наличие научно-технического центра положительно сказалось бы на результатах работ по Лунной программе.

(Маленькая ремарка. Обвинение В.П. Мишина в том, что тот согласился выполнить поставленную перед ним государственным руководством практически нереальную задачу, мне представляется не совсем справедливым. Мишин в качестве главного конструктора возглавил работы по проекту Н1 только в 1966 г. Идея создания РН типа Н1 была изложена С.П. Королёвым ещё в конце 50-х годов. Под его руководством были сформированы технические характеристики этой ракеты и методология их отработки, в 1962 г. утверждён разработанный под его руководством эскизный проект, им же в 1963 г. предложено использовать РН Н1 для выполнения отечественной Лунной программы. В августе 1964 г. вышло правительственное постановление о начале работ по Лунной программе. Эскизный проект лунного комплекса Н1-Л3 был утверждён Королёвым в декабре 1964 г. Конечно, Мишин как первый заместитель главного конструктора ОКБ-1 участвовал во всех этих работах, но всё же основные организационные и технические решения по Лунной программе были приняты либо лично Королёвым, либо по согласованию

с ним. В данной ситуации Можжорин воспользовался правилом древних римлян: "Об умерших либо хорошо, либо ничего".

В моём представлении наибольший интерес в исследовании причин провала Лунной программы представляет ответ на вопрос "Почему мы не полетели на Луну?" главного конструктора ЦКБЭМ и всего проекта лунного комплекса Н1-Л3 В.П. Мишина. Он тоже ви-



В.П. Мишин

нит в первую очередь руководство космической отрасли. Приведём ряд цитат из книги В.П. Мишина "От создания космических ракет к ракетно-космическому машиностроению". Книга вышла в 1998 г., т.е. почти через 25 лет после прекращения работ по Н1-Л3. Срок более чем достаточен, чтобы эмоциональное восприятие и ско-

роспелые оценки событий сменились глубоким анализом и взвешенными выводами. Но и по прошествии четверти века основной персонаж драмы советской космонавтики определяет главными виновниками провала возглавляемого им космического проекта руководителей отрасли и сложившуюся систему организации работ в стране. Стало быть, это его убеждение, основанное, видимо, на не прошедшем в течение многих лет желании отвести от себя обвинение в провале Лунной программы. И своё мнение по этому вопросу он считал возможным довести до сведения широкой общественности. Что ж, предоставим ему и мы эту возможность.

"Общее руководство, планирование и координация работ по этой программе осуществлялись ЦК КПСС (в частности, Д.Ф. Устиновым) через ВПК при СМ СССР (председателем комиссии был Л.В. Смирнов), которой были подотчётны только 9 оборонных отраслей промышленности, в то время как в работах по программе Н1-Л3 участвовало около 500 предприятий и 28 ведомств. Финансирование осуществляли Госплан и Министерство финансов через соответствующие отраслевые министерства, а ответственность за осуществление лунной экспедиции несли так называемые "головное министерство" - Министерство общего машиностроения (МОМ) и его "головное" ОКБ - ОКБ-1 (ЦКБЭМ), не имевшие никаких прав для того, чтобы осуществлять роль "головных" организаций. Короче говоря, организация работ по программе Н1-Л3 была типичной для "застойного периода" нашего общества. По существу, централизованного научно-технического руководства осуществления лунной экспедиции в нашей стране не было. Такого компетентного органа, финансируемого непосредственно конгрессом, осуществлявшего научно-техническое руководство, координацию и контроль за работой по Лунной программе, как НАСА в США по программе "Сатурн-5 - Аполлон", у нас не существовало. В нашем руководстве, к сожалению, был дефицит квалифицированных специалистов. Советский и обсуждений на разных уровнях было много, но они, как правило, не давали должного эффекта. Решать возникающие вопросы в оперативном порядке ни в МОМе, ни в ВПК, как правило, не получалось. Приходилось обращаться в ЦК КПСС, к недавшему этими вопросами Д.Ф. Устинову. Но и он не торопился с решениями, а возлагал ответственность за нерешённые вопросы на "головное министерство" и "головное ОКБ". Д.Ф. Устинов - типичный представитель эпохи "культа личности Сталина", партийный руководитель "застойного периода", приведшего к потере нашей страной престижа в исследовании и освоении космического пространства. Эти бесконечные и бесплодные совещания были хорошим прикрытием неспособности его и его аппарата руководить работой, которая им была поручена. Директивные сроки выполнения работ по этим программам устанавливались волюнтаристски, без должных научно-технических обоснований и обеспечения финансированием, без выделения производственных мощностей и ресурсов. Все попытки перенесения сроков осуществления этой экспедиции, увеличения финансирования, производственных мощностей и ресурсов пресекались вышестоящим руководством - Д.Ф. Устиновым, Л.В. Смирновым, С.А. Афanasьевым. Практика назначения экспертных комиссий для оценки проектов, не отвечающих за дальнейших успешный ход их разра-

ботки, себя не оправдала. Эти экспертные комиссии делали оценку проектов не по существу, а в соответствии с указаниями вышестоящих руководителей".

Приведённую критику организации работ в советской космонавтике, характеристику методов работы руководителей космической отрасли нельзя оставить без комментариев.

Основы организации работ в ракетной промышленности были заложены Постановлением СМ СССР от 13 мая 1946 г. "Вопросы реактивного вооружения". Организация работ в этой новой для страны отрасли промышленности соответствовала существующей в Советском Союзе командно-плановой системе и совершенствовалась вместе с развитием ракетной техники. Росли тактико-технические требования к ракетам, увеличивалась номенклатура и количество разрабатываемых и заказываемых ракет и, соответственно, рос уровень используемых научных достижений, применяемых конструкторских решений и технологий, организовывались новые ОКБ и заводы, появилось специализированное Министерство общего машиностроения. Шло планомерное эволюционное развитие нового научно-промышленного направления. Существующая организация работ в ракетной отрасли в 60-е годы (когда велась разработка РН Н1) позволила сдать в эксплуатацию ракетные комплексы Р-14, Р-16, Р-36, "Космос-2" (разработка ОКБ Янгеля), УР-100 и УР-500 (разработка ОКБ Челомея), "Космос-3" (разработка ОКБ Решетнёва) и ещё несколько "морских" ракет, разработанных в ОКБ Макеева.

В эти же шестидесятые годы ОКБ-1 (ЦКБЭМ) сдало в эксплуатацию боевые ракетные комплексы Р-9 и РТ-2, в 1961 г. началась эра пилотируемой космонавтики и до 1970 г. проведено 15 пилотируемых запусков, состоялись пуски космических аппаратов на Луну, к Марсу и Венере. Это десятилетие в истории нашей страны по праву может быть названо "Золотым веком советского ракетостроения", а не "застойным периодом", как его назвал В.П. Мишин. На основании собственного опыта работы в ОКБ Глушко - НПО имени В.П. Глушко с апреля 1959 г. по настоящее время ответственно утверждаю, что до 1991 г. в советском ракетостроении "застойного периода" вообще не было. Так что с таким определением можно согласиться только в качестве оценки Мишиным собственного отношения к работе.

А вот критикуя отсутствие в СССР "централизованного научно-технического руководства" космическими проектами, Мишин по существу прав. Об этом в своих мемуарах пишут и другие авторы. Для создания носителя такого класса, как РН Н1, требовались не только технологии более высокого уровня и новая идеология отработки, но и организация единого научно-технического центра целевого управления работами по космической технике. Почему же не был создан такой центр? Что же мешало его организации? Критикуя его отсутствие, Мишин "забыл", что такое положение дел является следствием технической политики и деятельности С.П. Королёва и самого В.П. Мишина, много лет отстаивающих монопольное положение ОКБ-1 и своё научно-техническое руководство практически всеми работами в отечественной космонавтике. В период успешного развития советского ракетостроения сложившееся положение всех устраивало. Однако, после смерти Королёва занявший место главного конструктора Мишин явно не справлялся с ролью научно-технического лидера. Это с каждым годом проявлялось всё больше и больше. В этот период при совершении космических полётов погибли космонавты: в 1967 г. В.М. Комаров, в 1971 г. В.Н. Волков, Г.Т. Добровольский и В.И. Пацаев, при полётах других космонавтов не полностью были выполнены программы полётов, ряд пусков космических аппаратов имел аварийный исход. Но до провала Лунной программы никто о необходимости организации такого центра не говорил. И вот, наконец, прозрели...

А вот с изложением Мишиным методов работы руководителей космической отрасли согласиться никак нельзя. Жалуясь на "дефицит квалифицированных специалистов в руководстве" Мишин в качестве примера приводит Д.Ф. Устинова, "типичного представителя эпохи культа личности Сталина, партийного руководителя застойного периода". Оценка "застойному периоду" в определении Мишиным дана выше, что же касается "эпохи культа личности Сталина", то

действительно Д.Ф. Устинов с 1941 г. по 1953 г. работал вначале наркомом, а затем Министром в правительстве, возглавляемом И.В. Сталиным. В суровые во всех отношениях годы войны Устинов персонально отвечал за изготовление стрелкового вооружения, включая артиллерию. Об эффективности его работы свидетельствует хотя бы тот факт, что в условиях повышенной требовательности Сталина к поставкам оружия фронту, Устинов оставался Наркомом в течение всей войны, а после её окончания продолжил работу министром оборонной промышленности. Это он в 1946 г. взял на себя ответственность за разработку и изготовление ракетного вооружения для Советской армии. Так что данная Мишиным характеристика Устинову звучит больше как похвала, а не критическая оценка.

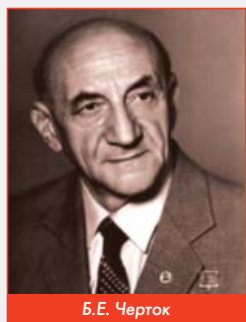
О значимости Устинова в создании ракетной промышленности свидетельствуют воспоминания С.А. Афанасьева, опубликованными в сборнике "Дороги в космос": *"Под непосредственным руководством Д.Ф. Устинова был создан ракетный щит нашей Родины. Он много сил, знаний вложил в разработку, освоение и производство ракетной и космической техники. И здесь особо проявилась его черта, твёрдая уверенность в возможности преодоления любых трудностей. "Я сказал - закон, и никаких возражений". Он был требовательным человеком, не прощал ошибок и неисполнений его указаний, помня о них"*.

На проводимых Устиновым совещаниях, характеризующихся Мишиным как *"бесконечные и бесплодные"*, по воспоминаниям Б.Е. Чертока и Ю.А. Можжорина, Мишин вначале подвергался жёсткой критике за срыв очередного срока выполнения работы, а затем изыскивались возможности оказания помощи для разрешения возникших трудностей. Учитывая эти обстоятельства, с Мишиным в определении *"бесплодности"* этих совещаний можно согласиться в одном только смысле: ни одно из них не завершилось оргвыводами в отношении главного конструктора темы Н1.

На оценку правоты жалобы Мишина о пресечении Д.Ф. Устиновым, Л.В. Смирновым и С.А. Афанасьевым *"всех попыток перенесения сроков осуществления экспедиции"* не будем вместе с читателем тратить время, достаточно вспомнить приведённый выше перечень правительственных постановлений.

Рассмотрев основные, по мнению Мишина, причины провала Лунной программы, нельзя оставить без комментариев его характеристики руководителей советской космонавтики. О роли Д.Ф. Устинова уже изложено выше, остаётся привести характеристики Л.В. Смирнову и С.А. Афанасьеву, данные людьми, многие годы работавшими под их руководством.

Характеристика Л.В. Смирнову дана первым заместителем министра МОМ Г.А. Тюлиным в "Книге о ракетчике" (изд. Гранат, 2004): *"Л.В. Смирнов, инженер до мозга костей, придирчивый и дотошный при разборе сложных технических вопросов, категорически отвергал полуответы и полумеры, высоко ценил планомерность в работе, требовал, чтобы плодотворно использовалась каждая минута. К подчинённым неизменно обращался на "вы", держался тактично и естественно"*.



Б.Е. Черток

Оценку работам С.А. Афанасьева по теме Н1 даёт Б.Е. Черток в книге "Страницы космической истории" (изд. ЦНИИМаш, 2001 г.): *"Афанасьеву выпала печальная судьба заложника решений (многих из них ошибочных) главных конструкторов - идеологов и разработчиков отдельных систем РН Н1. Понятно, что министр не мог углядеть допущенных просчётов - не такие у него задачи и возможности. Поэтому взваливать на Афанасьева вину за провал Лунного проекта - такую смелость я бы на себя не взял! Степень вины министра не соизмеримо мала в сравнении с промахами основных разработчиков"*.

Поскольку тема разработки лунного комплекса Н1-Л3 за почти 40 лет с момента закрытия этих работ получила широкое освещение в прессе и мемуарной литературе, можно приводить ещё и ещё мнения и суждения специалистов и журналистов о причинах прова-

ла советской Лунной программы. Практически все авторы в той или иной степени отмечают слабое руководство работами по Лунной программе со стороны руководителей космической отрасли. Если просуммировать фамилии всех упомянутых руководителей, то получается длинный ряд: Д.Ф. Устинов, Л.В. Смирнов, М.В. Келдыш, Г.Н. Пашков, И.Д. Сербин, С.А. Афанасьев и др. Доля критики досталась и Н.С. Хрущёву за недостаточное финансирование работ и, видимо, по аналогии с "космической политикой" президента США Дж. Кеннеди, нашему политическому лидеру ставится в вину "позднее" определение целевого назначения разработки РН Н1 - пилотируемые полёты на Луну. В общем, как принято у нашего народа - при неудачах всегда виновато начальство и руководство. А вот из главных конструкторов упоминается только В.П. Мишин, да и то как не справившийся с разработкой проекта, унаследованного им от С.П. Королёва. Не забыт и В.П. Глушко, которому инкриминируется настойчивое предложение использовать "ядовитые" компоненты топлива вместо априори выбранных Королёвым кислорода с керосином, чем он "подвёл" Королёва. Н.Д. Кузнецов вспоминается как-то с налётом сочувствия - человек "выручил" Королёва, но при этом взялся за несвойственную ему работу.

О наличии или степени "вины" каждого из упомянутых руководителей читатель на основе изложенной или имеющейся у него информации может сделать собственный вывод. От себя же скажу, что деятельность наших руководителей, включая главу государства, во многом зависела от политического положения в мире и экономического положения внутри страны. Успехи в космонавтике поднимают международный престиж страны, способствуют росту национальной гордости населения, но у правительства были и другие не менее важные обязанности: обеспечение обороноспособности, развитие других отраслей промышленности и сельского хозяйства в целях повышения жизненного уровня населения страны.

На этом завершив рассмотрение причин провала Лунной программы, условно отнесённых к "объективной" части и перейдём к анализу "субъективной" части причин, которая объединяет, как это отмечено выше, допущенные в процессе разработки технические и методологические ошибки. И начнём изложение в соответствии с ранее принятым порядком с цитирования мнений по этому вопросу авторитетных специалистов, причастных в той или иной степени к разработке РН Н1.



(Продолжение следует.)



Н1-Л3

# СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ КАК ИННОВАЦИОННЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СИСТЕМЫ СРЕДНЕЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ШКОЛЫ

Анатолий Васильевич Невмержицкий,

генеральный директор ООО "Инновационные технологии", к.т.н.

*Создание и использование электронных образовательных ресурсов определено одним из основных направлений информатизации всех уровней и форм российского образования в условиях его модернизации, наличия педагогических моделей, основанных на реализации личностно-ориентированного обучения, компетентностного и деятельностного подходов, ибо информатизация образования – это одно из важнейших направлений информатизации современного общества.*

*The creation and use of electronic educational resources is determined as one of informatization main directions of all levels and forms of education in Russia under conditions of its modernization, availability of pedagogical models based on the implementation of student-centered learning, competence and activity approaches, for the computerization of education is one of the most important directions of informatization in modern society.*

**Ключевые слова:** профессиональное образование, информатизация, электронный образовательный ресурс, Интернет, показатели качества.

**Keywords:** professional education, informatization, electronic educational resource, Internet, indicators of quality.

Современный этап развития мирового общества является переходным на пути от индустриального типа, задаваемого уровнем промышленности и ее технико-технологической базы, к информационному с преобладанием информации в различных сферах производственной деятельности и общественной жизни, широкомасштабным использованием и совершенствованием информационно-коммуникационных технологий.

В сложившихся условиях дальнейшее развитие профессионального образования становится невозможным без внедрения в процесс подготовки и контроля уровня знаний обучающихся компьютерных и информационных технологий, спутниковых систем связи, учебного телевидения, компьютерных учебных программ и т.п. Концепция модернизации российского образования на период до 2010 г. [3] установила перед системой профессионального образования новые приоритеты, обусловленные необходимостью подготовки подрастающего поколения к жизни в быстро меняющемся информационном обществе с постоянно возникающей потребностью в новых профессиях, мотивированном на непрерывное повышение профессиональной квалификации.

Введение нового поколения ФГОС СПО [4] сопровождается принципиально новым нормативно-методическим обеспечением, определяющим подходы к разработке основных профессиональных образовательных программ на базе новой модели стандартов. В решении поставленной задачи определяющей является законодательная база в сфере образования - "Типовое положение об образовательном учреждении НПО" [1], "Типовое положение об образовательном учреждении СПО" [2], "Федеральная целевая программа развития образования на 2011-2015 гг." [5].

С каждым годом все проблематичнее становится производство и использование традиционных бумажных учебников, учебных пособий и т.п., содержательный материал которых, как правило, теряет свою актуальность еще до их попадания в учебные заведения. Тенденцией современного этапа информатизации профессионального образования является использование наряду с традиционными методами электронных средств обучения (электронные справочники, энциклопедии, обучающие программы, средства автоматизированного контроля знаний обучаемых, компьютерные учебники, тренажеры и другой электронный образовательный контент - структурированное предметное содержимое, используемое в образовательном процессе, информационно значимое наполнение ЭОР / ЦОР), опубликованных в мировых телекоммуникационных сетях или на информационных носителях.

Информатизация общества в контексте создания единого информационного пространства на основе комплексного использования электронных образовательных ресурсов сети Интернет открывает новые возможности обеспечения учебного процесса в учреждениях начального и среднего профессионального образования, способствуя формированию у каждого обучающегося в соответ-

ствии с его интересами и склонностями активной позиции в образовательном процессе, творческого, теоретического мышления, направленного на выбор оптимальных решений операционного мышления, умения находить нужную информацию, анализировать полученные данные, систематизировать полученные результаты, грамотно и качественно подготавливать и представлять соответствующую информацию.

Современный компьютер предоставляет инновационные педагогические инструменты, от которых непосредственно зависят эффективность и качество цифровых образовательных ресурсов. Разработка архитектуры и унификации структуры ЭОР на основе компетентностного подхода и технологии модульного обучения (как организации образовательного процесса, структурирующей содержание профессионального образования в виде модулей из логически завершенных частей учебного материала для определенной профессиональной деятельности, сопровождаемых контролем знаний и умений обучающихся) позволяет формировать востребованную рынком конкретную профессиональную квалификацию, дает возможность управлять качеством подготовки выпускников учреждений НПО, СПО.

В зависимости от уровня интерактивности (возможности взаимодействия), ЭОР подразделяется на: условно-пассивные (чтение текста, просмотр графики и видео, прослушивание звука); условно-активные (навигация по гиперссылкам, просмотр трехмерных объектов, задания на выбор варианта ответа и другие простейшие формы); деятельностные (задание на ввод численного ответа, перемещение и совмещение объектов, работа с интерактивными моделями); исследовательские (работа с виртуальными лабораториями). С определенной долей условности к неинтерактивным (малоинтерактивным) электронным ресурсам можно отнести: текстовые ресурсы, текстографические материалы (содержащие гиперссылки), аудио- и видео-носители; средства компьютерного обучения (электронные учебники, компьютерное тестирование и контроль знаний, средства мультимедиа).

Одной из главных задач разработчиков цифровых образовательных ресурсов (разработчиками ЭОР выступают коммерческие фирмы, использующие собственные программные решения, способы загрузки, пользовательские интерфейсы, что, зачастую, приводит к несоответствию их продукции государственным образовательным стандартам и программам определенных учебных курсов, отдельные педагоги и творческие коллективы конкретных учреждений СПО, продукция которых максимально отвечает требованиям стандартов) для профессионального образования является максимальная эффективность использования создаваемого продукта для конструирования учебного процесса, что предполагает овладение обучающимися компетенциями в области информационных и коммуникационных технологий. Следует, однако, отметить, что в современных условиях наблюдается дисбаланс между количеством представленного на отечественном рынке ЭОР и его недостаточным ус-

пешным использованием в средней профессиональной школе в силу целого ряда проблем технологического и педагогического характера. Так, например, подавляющее большинство разработанных на настоящее время ЭОР относятся к предметно-ориентированным, иллюстративным материалам, в то время как для формирования профессиональных компетенций требуется ориентация преимущественно на активные методы обучения. Перспективы же развития различных технологий обучения связаны с созданием и применением электронных образовательных ресурсов, которые позволяют управлять самостоятельной работой обучающихся на принципиально новом организационном уровне.

Таким образом, вопросы разработки и использования современного электронного образовательного контента, адаптация и внедрение в учебный процесс заведениями НПО/СПО ЭОР представляется актуальной и востребованной.

Создание ЭОР определено одним из основных направлений информатизации всех уровней и форм российского образования. В настоящее время на федеральном уровне разработаны ЭОР так называемого первого и второго поколений: к первому поколению можно отнести различные цифровые образовательные ресурсы (платформа от 1С); ко второму поколению относятся построенные с применением стандартов и технологий SCORM, Java и Flash ресурсы ФЦИОР (обеспечивает доступность и эффективность использования ЭОР для всех уровней и объектов системы образования РФ. ФЦИОР реализует концепцию "единого окна" для доступа к любым электронным образовательным ресурсам системы образования РФ и предоставления единой современной технологической платформы для существующих и вновь создаваемых ЭОР), которые можно воспроизвести с помощью специального ОМС-плеера.

Классификация ЭОР по образовательно-методическим функциям включает: электронные учебники, электронные учебные пособия, электронные учебно-методические комплексы и электронные издания контроля знаний-умений-навыков (ЗУН):

- электронный учебник: цифровая версия учебного материала из определенной области знаний с использованием мультимедийных технологий: анимации, звукового сопровождения, гиперссылок и т.п.;
- электронное учебное пособие: информационная технология, в которой основным средством обучения является компьютер;
- электронный учебно-методический комплекс: цифровая версия традиционных учебно-методических комплексов по дисциплинам учебного плана, учебно-методических комплексов по видам практик и учебно-методические комплексы по итоговой государственной аттестации выпускников [9, с. 367-370];
- электронные издания контроля ЗУН-ов: тесты, тестовые задания, методические рекомендации по тестированию и контролю знаний, инструментальные средства.

Информационное содержательное обеспечение может включать две группы ЭОР:

- информационные источники:
  - оригинальные тексты (хрестоматии; тексты из специальных словарей и энциклопедий; тексты из научной, научно-популярной, учебной, художественной литературы и публицистики...), не дублирующие стабильные учебники;
  - статические изображения (галереи портретов ученых; "плакаты" - изображения изучаемых объектов и процессов и т.п.);
  - динамические изображения (изучаемые процессы и явления в пространственно-временном континууме - кино- и видеофрагменты, анимационные модели на CD, DVD);
  - мультимедиа среды (информационно-справочные источники, практикумы (виртуальные конструкторы), тренажеры и тестовые системы, программированные учебные пособия ("электронные учебники", виртуальные экскурсии и др.);
  - информационные инструменты - средства, обеспечивающие работу с информационными источниками.

Как правило, информационные источники включают отдельные информационные объекты (элементарные информационные объекты), которые при возможности их выделения могут использоваться самостоятельно.

Законченные полноценные информационные источники - конечные оцифрованные продукты, покрывающие весь учебный курс или раздел (тему), рассматриваются как содержательный компонент ИТС, в том числе как содержательный компонент дистанционной образовательной услуги, как содержательный компонент ИКТ, как средство организации самостоятельной работы с использованием ИКТ, что определяет их основной функционал.

Информационно-образовательные конечные оцифрованные продукты (оригинальные тексты, не повторяющие традиционные учебники) рассматриваются как дополнительные к основным [7, с. 61].

По мнению К.Г. Кречетникова [6], актуальность использования информационных и телекоммуникационных технологий в образовании определяется следующими причинами:

- исключительно широкими возможностями информационных и телекоммуникационных технологий по индивидуализации образования;
- повышением мотивации обучающихся при использовании информационных и телекоммуникационных технологий и усилением эмоционального фона образования;
- предоставлением широкого поля для активной самостоятельной деятельности обучающихся;
- обеспечением широкой зоны контактов; в потенциале возможность общения через Интернет с любым человеком, независимо от его пространственного расположения и разности временных поясов;
- возможностью комплексного воздействия на различные органы чувств;
- высокой наглядностью представления учебного материала, особенно при моделировании явлений в динамике, демонстрации быстротекущих и очень медленных процессов (возможность трансформации времени), объемных или, наоборот, микроскопических объектов (возможность трансформации пространства); высокая наглядность обеспечивает возможность глубокого проникновения в сущность изучаемых процессов и явлений;
- все возрастающими интерактивными возможностями информационных и телекоммуникационных технологий;
- доступностью информационных и телекоммуникационных технологий в любое удобное обучающемуся время;
- многократным ускорением и сокращением массы рутинных операций (например, таких, как производство объемных вычислений, построение графиков, моделирование явлений, документирование результатов обучения и исследований и др.);
- легкостью и привычностью организации игровых форм обучения.

Как и любая инновация, применение электронных образовательных ресурсов в образовательном процессе характеризуется определенными достоинствами и неизбежными недостатками. Таким образом, информатизация профессионального образования должна быть оптимальной и применяться там, где без нее невозможно обойтись. Применение ЭОР целесообразно там, где оно дает возможность повысить информативность, наглядность, привлекательность учебного материала, обеспечивает формирование системного образа осваиваемого понятия, целостного, законченного представления о нем.

Требования к современным цифровым образовательным ресурсам приведены в таблице 1.

Для оценки уровня качества ЭОР предлагается оптимальным образом подобранная система научно-педагогических, эргономических и конструктивно-технических показателей качества ЭОР (таблица 2).

Учитывая направления модернизации российского образования, наличия педагогических моделей, основанных на реализации личностно-ориентированного обучения, компетентностного и деятельностного подходов, можно определить методику формирования основных групп потребностей системы профессионального образования в цифровых образовательных ресурсах [8, с. 3-10].

К первой группе потребностей относятся потребности, связанные с необходимостью формирования у обучаемых определенных систем знаний. Потребность в использовании цифровых образовательных ресурсов возникает при знакомстве с циклами интегрально-

Таблица 1

| Требования к современным электронным (цифровым) образовательным ресурсам [12]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Современные ЭОР должны                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Современные ЭОР не должны                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствовать содержанию учебника, нормативным актам Министерства образования и науки Российской Федерации, содержанию ФГОС, используемым программам;</li> <li>- ориентироваться на современные формы обучения, обеспечивать высокую интерактивность и мультимедийность обучения;</li> <li>- обеспечивать возможность уровневой дифференциации и индивидуализации обучения, учитывать возрастные особенности учащихся и соответствующие различия в культурном опыте;</li> <li>- предлагать виды учебной деятельности, ориентирующие ученика на приобретение опыта решения жизненных проблем на основе знаний и умений в рамках данного предмета;</li> <li>- обеспечивать использование как самостоятельной, так и групповой работы;</li> <li>- содержать варианты учебного планирования, предполагающего модульную структуру;</li> <li>- основываться на достоверных материалах;</li> <li>- превышать по объему соответствующие разделы учебника, не расширяя, при этом, тематические разделы;</li> <li>- полноценно воспроизводиться на заявленных технических платформах;</li> <li>- обеспечивать возможность параллельно использовать с ЭОР другие программы;</li> <li>- обеспечивать там, где это методически целесообразно, индивидуальную настройку и сохранение промежуточных результатов работы;</li> <li>- иметь, там, где это необходимо, встроенную контекстную помощь;</li> <li>- иметь удобный интерфейс</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- представлять собой дополнительные главы к существующему учебнику/УМК;</li> <li>- дублировать общедоступную справочную, научно-популярную, культурологическую и т.д. информацию;</li> <li>- основываться на материалах, которые быстро теряют достоверность (устаревают)</li> </ul> |

Таблица 2

| Система показателей качества ЭОР [11]                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Группа показателей качества ЭОР                                                                   | Требования к современным ЭОР                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Научно-педагогические показатели - показатели соответствия ЭОР современному уровню развития науки | <ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствие примерной образовательной программе;</li> <li>- соответствие возрастным особенностям и уровню подготовки учащихся, контекстным знаниям;</li> <li>- показатели пригодности данного ЭОР к использованию в современных формах обучения, методических комплексах;</li> <li>- наличие и универсальность заложенной в ЭОР методики работы с учебным материалом;</li> <li>- воспитательный аспект использования данного ресурса или группы ресурсов</li> </ul>                                                                                                                                                                  |
| Эргономические показатели качества ЭОР                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- показатель соответствия итогового продукта возможностям органов зрения человека;</li> <li>- показатель соответствия итогового продукта возможностям органов слуха человека;</li> <li>- показатель соответствия способа кодирования информативных элементов (языка экранной образности и его составляющих - изображения предметов, соотношение статических и динамических элементов образа, цифры, надписи, рамки, их цвет, колорит, форма, последовательность и т.д.) возможностям восприятия учащегося, понимания и переработки им информации;</li> <li>- показатель оптимальности количества заложенной в ЭОР информации</li> </ul> |
| Показатели соответствия формируемым умениям и навыкам                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствие образовательным задачам,</li> <li>- наличие методической модели (моделей) обучения либо самообразования,</li> <li>- эргономика гипертекстовой структуры,</li> <li>- насыщенность медиатекста графическими элементами, звуками, анимацией, видеорядом, другими объектами,</li> <li>- соответствие конкретных приемов формирования умений и навыков педагогическим технологиям,</li> <li>- вариативность использования ЭОР в условиях применения различных педагогических методик</li> </ul>                                                                                                                               |
| Конструктивно-технические показатели качества ЭОР                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- возможности программных оболочек и программного обеспечения оборудования</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

го характера, которые одновременно могут вводить обучающихся в предметный мир математики, физики, химии, биологии и других дисциплин. Ко второй группе следует отнести потребности, связанные с необходимостью овладения обучающимися репродуктивными умениями (специфически предметного и общеучебного характера). К третьей группе относятся потребности, связанные с необходимостью формирования у учащихся умений творческого типа, овладевая которыми, обучаемые получают субъективно новое знание путем самостоятельного поиска. Четвертая группа содержит потребности, обусловленные необходимостью формирования у обучаемого личностных качеств.

Использование электронных образовательных ресурсов в образовательном процессе учебных заведений НПО / СПО нацелено на реализацию возможностей современных информационных и телекоммуникационных технологий, создание условий для успешного решения задачи оптимизации процесса обучения, интенсификацию образовательного процесса, повышение интереса обучающихся к изучению предмета, материализацию идеи развивающего обучения, рост объема самостоятельной работы.

Следовательно, электронные образовательные ресурсы должны содержать систематизированный материал в конкретной научно-практической области знаний, обеспечивать творческое и активное овладение учащимися соответствующими знаниями, умениями и навыками; удовлетворять потребностям образовательной деятельности и психолого-педагогическим требованиям, отличаться высоким уровнем исполнения и художественного оформления, полнотой

информации, качеством технического исполнения, наглядностью, логичностью и последовательностью изложения.

Выбор используемых преподавателем ЭОР зависит от следующих факторов:

- цели (ожидаемые / формируемые компетенции);
- содержание обучения (целесообразность использования тех или иных средств обучения, которые должны интегрироваться в учебно-воспитательный процесс в оптимальных формах);
- возрастные и интеллектуальные особенности учебной группы;
- используемые методы (исследовательский, демонстрационный, работа с живым объектом и др.);
- уровень развития учебно-материальной базы образовательного учреждения.

Количество ежегодно публикуемых образовательных ресурсов увеличивается год от года. Так, если в 2002 г. было разработано менее 250 тыс. образовательных ресурсов, то в 2011 г. составило более 4 млн [10]. В связи с ростом количества разрабатываемых ЭОР и увеличением числа учащихся, участвующих в электронных формах обучения, разработка методов поиска ЭОР, релевантных данным обучаемым, становится актуальной задачей.

Одним из важнейших направлений информатизации современного общества является информатизация образования - процесс обеспечения сферы образования теорией и практикой использования информационных технологий, ориентированных на реализацию психолого-педагогических целей обучения и воспитания; подготовка высокообразованных людей и высококвалифицированных специа-

листов, способных к профессиональному росту и профессиональной мобильности и конкурентоспособности в условиях информатизации общества. Использование в образовательном процессе информационных технологий требует от преподавателя тщательной подготовки. Опираясь на дидактические, психологические, гигиенические требования, преподаватель создает программу управления деятельностью обучающихся.

На данный момент разработан ряд методов адаптивного поиска ЭОР, основанных на нейросетевых моделях, алгоритмах рассуждений по правилам, прецедентам и др. Научные проблемы, связанные с исследованиями моделей и методов адаптивного поиска ЭОР изучали зарубежные ученые P. Brusilovsky, K. Bosward, Erik Duval, Joi L. Moore, W. Nejdl, Valerie Shute и др. Большой вклад в развитие методов адаптивного поиска ЭОР внесли отечественные ученые А.И. Башмаков, И.А. Башмаков, М.И. Беляев, М.М. Буняев, В.М. Вымятин, И.П. Норенков, А.В. Соловов и др.

Для адаптивного поиска электронных образовательных ресурсов разработан ряд подходов, в рамках которых апробированы такие методы как аннотирование образовательных ресурсов (таксономо-фолксномическая классификация), применение нейросетей, решающих деревьев, байесовского вывода, графовых моделей и алгоритмов, алгоритмов рассуждений на онтологии, алгоритмов рассуждений по прецедентам и др.

Существующие методы обладают недостатками, вызванными высокой трудоемкостью поддержки баз знаний для адаптивного поиска, отсутствием возможности обучаемым оценки образовательных ресурсов или механизмов самообучения. Данные недостатки снижают релевантность найденных ЭОР, повышают трудоемкость поддержки базы знаний для данных методов.

С точки зрения потребностей профессионального образования важной особенностью многих существующих цифровых образовательных ресурсов является наличие обратной связи в триаде "педагог - образовательный ресурс - обучающийся", которую можно подразделить на внутреннюю и внешнюю. Внутренняя обратная связь, предназначенная для самокоррекции, представляет собой информацию, поступающую от образовательного ресурса к обучающемуся в ответ на его действия при выполнении определенной учебной деятельности; внешняя обратная связь, поступающая к педагогу, осуществляющему обучение с использованием электронных образовательных ресурсов, предназначена для коррекции методических подходов по организации деятельности обучающегося и режима функционирования ЦОР.

Модель процесса подготовки выпускника системы НПО / СПО с использованием ЭОР представлена на рис. 1.

Таким образом, внедрение электронного образовательных контента в образовательный процесс способствует:

- интеграции ресурсов в единой информационно-образова-

тельной среде;

- освоению новых областей знания, обретению новых умений и навыков;

- интенсификации процесса обучения за счет расширения дидактических функций инновационных средств обучения.

## Литература

1. Постановление правительства Российской Федерации от 14.07.2008 №521 "Об утверждении Типового положения об образовательном учреждении начального профессионального образования".

2. Постановление правительства Российской Федерации от 16.07.2008 №543 "Об утверждении Типового положения об образовательном учреждении среднего профессионального образования (среднем специальном учебном заведении)".

3. Распоряжение Правительства РФ "О Концепции модернизации российского образования на период до 2010 г." от 29.12.2001 №1756-р. // Бюллетень Министерства образования РФ. - 2002. - №2. - ст. 3.

4. Федеральный закон от 01.12.2007 №309-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части изменения понятия и структуры государственного образовательного стандарта" (с изменениями и дополнениями).

5. Федеральный закон № 273-ФЗ "Об образовании в Российской Федерации".

6. Кречетников К.Г. Креативная образовательная среда на основе информационных и телекоммуникационных технологий как фактор саморазвития личности: <http://www.km.ru/referats/E99DCCC7287F4E62AC6335BFD5C2BC13#>

7. Невмержицкая Е.В. Особенности использования лингвистических систем при обучении иностранному языку // Двигатель. - 2010. - № 2 (68-244).

8. Сергеева Т. Новые информационные технологии и содержание обучения // Информатика и образование. - М., 1991. - №1.

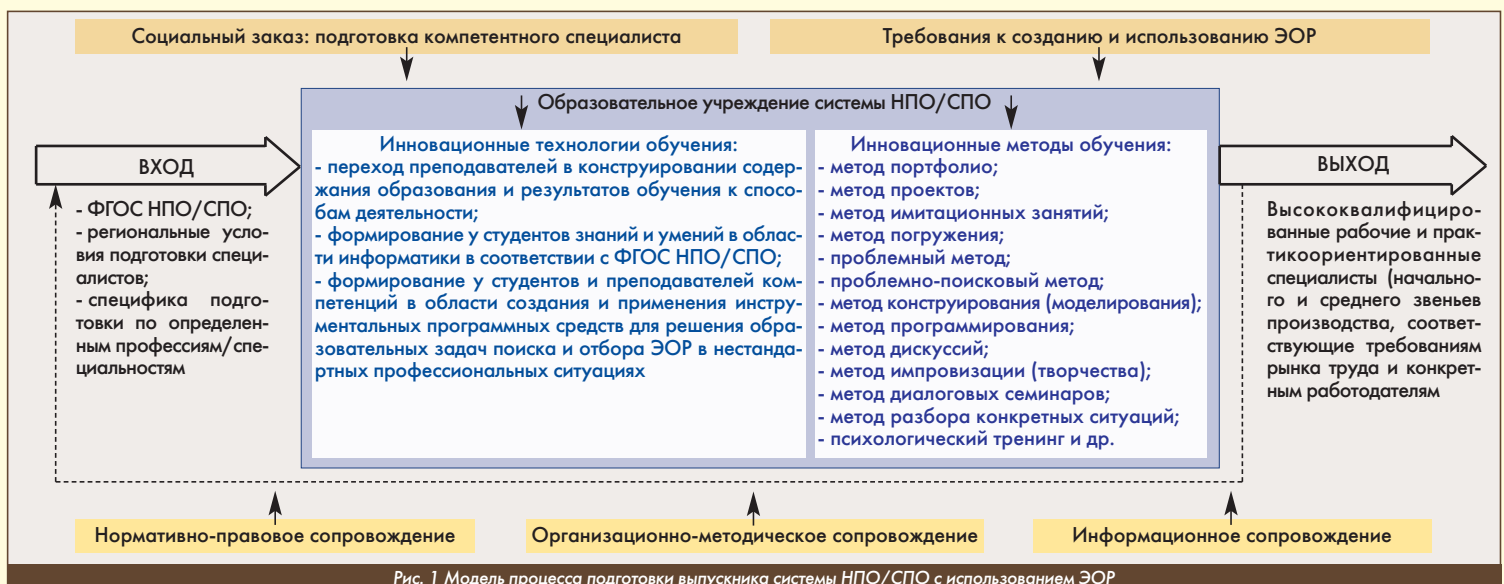
9. Татаринцев А.И. Электронный учебно-методический комплекс как компонент информационно-образовательной среды педагогического вуза [Текст] // Теория и практика образования в современном мире: материалы междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, февраль 2012 г.). - СПб.: Реноме, 2012. - С.367-370.

10. Ужва А.Ю. Метод адаптивного поиска образовательных ресурсов на основе онтологической модели представления знаний и алгоритма рассуждений по прецедентам: автореф. ... канд. техн. наук: 05.13.01. - Волгоград, 2013. - 23 с.

11. Технология работы с ЭОР: [http://elearn.irro.ru/upload/files/personal-folders/5/lekciya\\_7.2.pdf](http://elearn.irro.ru/upload/files/personal-folders/5/lekciya_7.2.pdf)

12. Цифровые образовательные ресурсы // [mmc74212.narod/Biology/p11aa1.html](http://mmc74212.narod/Biology/p11aa1.html)

Связь с автором: [av\\_n@live.ru](mailto:av_n@live.ru)



# ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭСТЕТИКА В АСПЕКТЕ ВИДЕОКОЛОРИСТИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ

Алексей Андреевич Логвинов,

директор ГБОУ СПО Колледж по подготовке социальных работников №16, г. Москва

*На основе видеоколористического наблюдения рассматривается цветовой контент технической эстетики, представлены рекомендации по использованию цвета на примере основных цехов и отделений автотранспортных предприятий, при строительстве и реконструкции.*

*The colour content of technical aesthetics is viewed on the bases of video-colouristic observation. In the article the recommendations about the use of colour on the example of the main workshops and branches of automobile enterprises during building and reconstruction are presented.*

**Ключевые слова:** техническая эстетика, использование цвета, цветовое оформление, визуальная коммуникация.

**Keywords:** technical aesthetics, colour use, colourful decoration, visual communication.

В середине XIX в., задолго до появления дизайна, английский теоретик искусства Дж. Рёскин ввел (1857) понятие эстетически ценных продуктов производства, обозначив, тем самым, основные идеи технической эстетики (поспешно создаваемое поспешно и погибает; дешевое в итоге оказывается самым дорогим; машинное производство калечит изготавливаемую вещь, ее производителя и потребителя и др.). [1]

Основы технической эстетики были разработаны немецким теоретиком Г. Земпером, согласно которому форма вещи может определяться: 1) ее функцией, 2) материалом, 3) технологией изготовления, 4) идеологическими установками общества (работа "Стиль в технических и тектонических искусствах..."). За взаимодействие искусства и техники, красоты самого производственного предприятия в разное время выступали как теоретики, так и практики: немецкий инженер Ф. Рело, теоретик искусства Г. Мутеизус, архитектор В. Гропиус, инженер П. Страхов и др.

Таким образом, художественное творчество в сфере производства издавна является содержательной составляющей науки об искусстве, о прекрасном - технической эстетике, важное место в которой отводится изменению производственной среды, созданию т.н. зоны комфорта, правильному размещению источников света, созданию благоприятного цветового оформления, ограничению шума и вибрации, оборудованию рабочих мест и др.

Цветовое оформление интерьера производственных помещений и технологического оборудования оказывают влияние на: улучшение условий труда; утомляемость работника; производительность труда; качество выпускаемых изделий и т.д. В частности, психологами, социологами установлено, что оранжевый цвет воспринимается людьми как раскаленный, горячий. Он согревает, бодрит, стимулирует к активной деятельности (см. Землянская А. Т.-Г. / Кери-

мова [3, с. 104-107]). Синий цвет может регулировать ритм дыхания, успокаивать пульс. Донцова М.А. отмечает, что "... один и тот же объект, рассматриваемый при дневном естественном освещении, будет отличен по цвету при добавлении к его палитре искусственного освещения. И, наоборот, при смене освещения близкие оттенки одного цвета могут показаться идентичными" [2]. Возбуждающий характер красного типичен цвету раскаленного металла, который, приобретая другие оттенки, может обладать новыми свойствами: способен полностью изменить визуальное восприятие предмета и изменить его форму (классический пример - красный цвет, который использует фирма Ferrari для окраски своих автомобилей), а его ограниченное использование - обратить внимание на разнообразие функций изделия (часы-будильники фирмы Braun).

Получая знания о феномене цвета, основных, составных и дополнительных цветах, оттенках, их характеристиках, цветовой культуре и языке цвета, приобретаемых в процессе жизнедеятельности человека и используемых для создания и последующего взаимодействия с комфортной визуальной средой, новационный метод видеоколористического наблюдения [4, с. 58-59] неразрывно связан с видеоэкологией и этноколористикой [5].

В контексте технической составляющей цвет решает особые задачи, т.к. с его помощью выстраивается форма и пространство; формируется настроение; передается и ценностно нагружается значение. Так, в автотранспортных предприятиях, при строительстве и реконструкции рекомендуется использовать цвета для основных цехов и отделений, представленные в таблице.

Как доказали экспериментальные исследования [7], производительность труда увеличится до 5 %, если окрасить стены и оборудование в рекомендованные цвета.

Цвет является важным аспектом промышленной эстетики, пос-

Рекомендации по использованию цвета

| Производственный объект                                                         | Рекомендуемый цвет / оттенок                                                                                        | Основание                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| В зоне технического обслуживания автомобилей (с высокими потолками)             | Для потолка - белый цвет; панели стен до уровня 3 м - спокойный светло-зеленый цвет или плитка белого цвета         | Светлые оттенки, в частности, светло-зеленый цвет не дает блика и устраняет утомляемость глаз                                                                                                               |
| В зоне обслуживания (при ее большой протяженности и недостаточной освещенности) | Панели стен - светло-желтый цвет                                                                                    | Цвет нейтрален для зрительного восприятия и хорошо отражает рассеянный свет                                                                                                                                 |
| В слесарно-механическом цехе                                                    | Металлорежущие станки и стены помещения - светло-зеленый цвет                                                       | При совпадении цвета стен и станков рабочий видит детали, обрабатываемое и изготовленное изделие на общем, едином цветовом фоне                                                                             |
| В аккумуляторном отделении                                                      | Панели и стены - светло-зеленый цвет или белая глазурованная плитка; пол (покрытие) - кислотоупорная светлая краска | Цвет нейтрален для зрительного восприятия, не дает блика и устраняет утомляемость глаз                                                                                                                      |
| В шиноремонтно-монтажно-демонтирующем цехе                                      | Пол - мраморная крошка светлого цвета; стены - светло-желтый или бежевый цвет                                       | Не дает блика и устраняет утомляемость глаз                                                                                                                                                                 |
| В кузнечно-термических и медницких цехах (тепловые цехи)                        | Стены - голубовато-синий цвет; оборудование кузнечного цеха - зелено-голубой                                        | Психологи советуют для неподвижных частей цехов использовать кремовый цвет, а нагревательные термические печи окрашивать в светло-серый колорит, напоминающий алюминиевый цвет                              |
| Вентиляционные каналы (воздуховоды) с большим сечением                          | Очень светлый цвет (соответствие цвету потолка и верхней части стен), белый                                         | Использование данного цвета краски позволяет воздуховодам как бы вписываться в общую цветовую гамму, в связи с чем они становятся менее заметными, а белый цвет придает конструкциям легкость (невесомость) |

Таблица

кольку он может оказывать сильное психологическое и физиологическое воздействие на потребителей, и, следовательно, подбор цвета следует рассматривать как необходимую составную часть дизайнерского процесса. При этом необходимо принимать во внимание культурные различия в восприятии цвета, например, белый, считающийся символом чистоты, как в России, так и в западных странах, ассоциируется с трауром в Китае. Существуют различия и в предпочтении определенного цвета: жители Южной Европы предпочитают красные или белые автомобили, в то время как на севере континента люди выбирают черные или серебристые [6].

Таким образом, цвет в системе визуальной коммуникации является абстрактным средством невербального сообщения и знаковой системой с определенным количеством потенциальных значений в рамках той или иной культуры (в т.ч. производственной), актуализируемых в конкретном визуальном сообщении.

Отдельно следует отметить, что исключительно большое значение для здоровья имеет свет. При недостаточном освещении человек перенапрягает зрение, у него начинаются болезненные ощущения в глазах, головные боли. Из-за этого возможно скорое утомление, производительность труда падает, движения становятся медленными

и неуверенными, размеры воспринимаются нечетко, возникает брак в работе. Потому при правильном проектировании освещения рабочего места, его верном цветовом оформлении, производительность труда может повыситься не менее чем от 10 до 30 % [7].

#### Литература

1. Боров Ю.В. Эстетика: учебник. - М.: Высш. шк., 2002. - 511 с.
2. Донцова М.А. Видеоколеристические особенности метаметрии цветовой модели RGB / КЗС // Двигатель. - 2013. - №4.
3. Землянская А.Т.-Г. Цвет и реклама: уч.-практич. пособие. - М.: Граница, 2012. - 208 с.
4. Невмержицкая Е.В. Этноколеристическое интервью: уч.-практич. пособие. - М.: Граница, 2012. - 128 с.
5. Невмержицкая Е.В. Видеоколеристическое наблюдение: общее и частное // Двигатель. - 2012. - № 2 (80).
6. Фиелл Ш., Фиелл П. Энциклопедия Дизайна. Концепции. Материалы. Стили; пер. с англ. А.В. Шипилова. - М.: АСТ: Астрель, 2008. - 192 с.
7. <http://taxoparki.ru/ohrana-truda/organizaciya-ohrany-truda/tehni>

Связь с автором: 25.82@mail.ru

## ИНФОРМАЦИЯ

Пермский моторный завод изготовил и отгрузил для ОАО "Газпром" 6 газотурбинных установок мощностью 25 МВт. Все они будут работать в Краснодарском крае в составе газопровода "Южный поток": три на компрессорной станции "Казачья" и три - на КС "Кореновская". Эти компрессорные станции будут введены в эксплуатацию в рамках системы газопроводов "Южный коридор" на участке КС "Писаревка" - КС "Русская".

Поставку и ввод в эксплуатацию газотурбинных установок осуществит компания

ЗАО "Искра-Авигаз". ГТУ-25П будут работать в составе газоперекачивающих агрегатов ГПА-Ц-25НК (их изготовитель и пэкиджер - ОАО "Сатурн-Газовые турбины").

Система газопроводов "Южный коридор" позволит направить в регионы центральной и южной части России дополнительные объемы природного газа для развития промышленности, коммунального хозяйства, увеличения темпов газификации, а также обеспечит бесперебойную подачу газа в магистральный газопровод "Южный поток".



ГТУ-25П

## ИНФОРМАЦИЯ

17 ноября 2013 г. осуществлён первый испытательный полет двухместного летательного аппарата Volocopter VC200. Эту машину с 18 электродвигателями разработала компания E-volo, известная своими спортивными летательными аппаратами. Той же компании ранее удалось построить аналогичный аппарат - одноместный мультикоптер VC1, о котором журнал писал в № 2 2011 г.

На VC200, как и на предыдущей модели, каждый двухлопастный винт приводится во вращение своим электродвигателем. Двигатели размещены на раме из углеродистого пластика, а сама рама закреплена над кабиной, подобно несущему винту



VC1

обычного вертолёта. Каждый двигатель получает электропитание от трёх независимых блоков (всего их шесть) аккумуляторных батарей. Сделано это для обеспечения высокой надёжности, т.к. при выходе из строя даже двух смежных блоков батарей VC200 сможет благополучно приземлиться. На крайний случай предусмотрен спасательный парашют для ЛА и его экипажа.

Управление VC200 осуществляется двадцатью одинаковыми компьютерами, каждый из которых готов в любой момент

времени перехватить управление у отказавшего компьютера.

В первом полете аппарату удалось продержаться в воздухе 20 мин., пока не разрядились аккумуляторы. Инженеры компании планируют в будущем увеличить время полёта до одного часа. Хотя полет проходил в закрытом помещении, и можно было проверить ЛА только на режиме висения и небольшого перемещения, разработчики обещают максимальную скорость VC200 до 100 км/ч и высоту полёта до 2000 м.

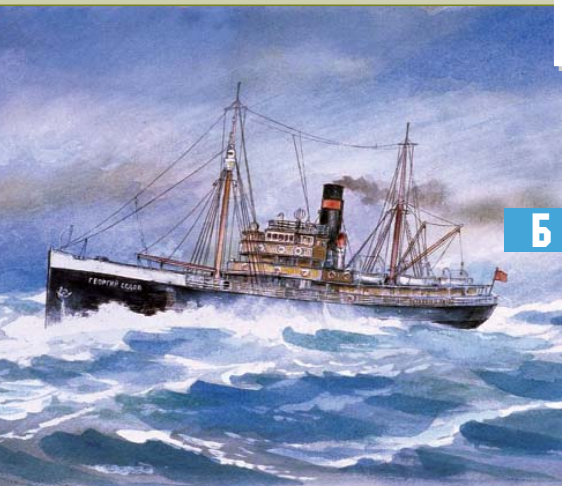


Volocopter VC200

# В КИЛЬВАТЕРЕ ЗА ЛЕДОКОЛОМ

## БИТВА ЗА СЕВМОРПУТЬ

Виктор Сергеевич Шитарёв,  
капитан дальнего плавания



Итак, мы теперь имеем представление о работе линейных и вспомогательных ледоколов. Познакомимся и с работой тех, кто под ледокольной проводкой осуществляет плавание в канале пробитом во льдах ледоколами. Но всё оказалось не так просто как хотелось бы. Была попытка пройти трассу Севморпути за одну навигацию не прибегая к помощи ледокола. Достаточно вспомнить эпопею парохода "Челюскин". Это было обычное транспортное судно, корпус которого не имел ледовых подкреплений. Им командовал известный ледовый капитан Владимир Иванович Воронин, а экспедицией руководил не менее известный исследователь Арктики Отто Юльевич Шмидт. Но не помогли ни мастерство В.И. Воронина, ни знания О.Ю. Шмидта. При первом же сжатии судно было затёрто во льдах.

Его корпус не выдержал натиска полярных льдов, и раздавленный льдами "Челюскин" затонул.

Ну а какие блага следует ожидать если судно находится в пробитом в сплошном льду канале? Беда в том, что этот канал будет постоянно забит обломками разбитых ледоколом ледяных полей. Следующее по каналу транспортное судно будет вынуждено раздвигать битый лёд своим корпусом полагаясь на его достаточную прочность и мощность своей ЭУ. Всё это может привести к ледовым повреждениям корпуса, может обломать лопасти гребного винта и вообще повредить дейдвуд и линию провода гребного вала. В общем проблем у моряков может быть предостаточно. Поэтому вслед за линейным ледоколом обязательно пускают вспомогательный ледокол, который должен измельчить лёд в канале за ледоколом, то есть сделать канал проходимым для идущих в караване транспортных судов. Здесь невольно возникает вопрос - А нельзя ли строить транспортные суда, способные самостоятельно идти в караване за ледоколом? Вопрос, конечно, интересный. Научными исследованиями по теме взаимодействия "ледокол - проводимое во льдах судно", начались давно и продолжаются поныне. Есть и определённые успехи о которых мы

поговорим выше и несколько подробнее.

Это только кажется, что достаточно увеличить прочность корпуса и мощность ЭУ и проблема будет решена, но при этом возникают проблемы технического характера. Все эти усовершенствования не должны повлиять на грузоподъёмность и вместимость судна и его помещений. Для этого познакоимся с некоторыми типами транспортов, приспособленных для плавания в арктических морях, их конструкция изменена, как именно, рассмотрим на примере проектов уже прошедших обкатку морской практикой.

### СОВЕТСКИЕ ЛЕДОКОЛЬНЫЕ СУДА ТИПА "СЕДОВ"

Постройка советских транспортных судов ледового плавания была начата в начале 30-х годов XX века. Тогда были построены суда ледового плавания приспособленные для плавания в ледовых условиях северных морей Советской Арктики. Серии типа "Океан". Судно было заложено в начале 1935 года и спущено на воду в 1936 году, а 21 августа 1936 г. вступило в строй. Далее, "Мурман" заложен 15. 06. 1934 г., спущен на воду 01. 11. 1935 г., вступил в строй 03. 03. 1937 г., следующим был "Охотск", заложен 27. 06. 1934 г., спущен на воду 01. 11. 1935 г. и вступил в строй 10. 04. 1937 г. Все суда были переданы в распоряжение ВМФ СССР и использовались ВМФ в качестве гидрографических судов (ГИСУ) на различных морских театрах.

В качестве главной ЭУ на судах использовались паровые поршневые машины тройного расширения пара, перегрев которого был 300 градусов С. Все машины имели одинаковую мощность по 2400 л.с. Это обеспечивало судам скорость полного хода 13,4 узла; при плавании экономическим ходом 10 узлов дальность плавания достигала 3600 миль. Все корабли принимали участие в Великой Отечественной Войне в качестве боевых единиц ВМФ СССР.

В задании на проектирование судов, разработанном в 1929 - 30 г.г. коллективом Гидрографического Управления ВМФ, использовался опыт ледового плавания на Крайнем Севере и Дальнем Востоке. К созданию Задания был привлечён широкий круг морских специалистов, включая участников экспедиции в Северном Ледовитом океане в 1910 - 1915 г.г. на ледокольных судах "Таймир" и "Вайгач" А.М. Лаврова, Н.И. Евгенова и др. Чистая грузоподъёмность для су-



"Челюскин" отплывает  
из Ленинграда

Гибель "Челюскина"  
3 февраля 1934 г.  
С акварели участника экспедиции  
художника В.Г. Сварога



Ледокольные пароходы "Таймир" и "Вайгач"



дов определялась в 1000 тонн, она считалась достаточной для несения самостоятельной гидрографической и лоцмейстерской службы в Северном Ледовитом океане, у Новой Земли, Земли Франца - Иосифа и у острова Врангеля. Суда имели каюты на 45 пассажиров, коими являлись зимовщики полярных станций и другие специалисты. Суда могли брать на борт партии рабочих численностью до 35 человек. Автономность судов принималась из расчёта 30 ходовых суток. В задании предлагалось в качестве прототипа принять ледокольный пароход "Георгий Седов", который успешно эксплуатировался в условиях Арктики. В заголовке статьи мы поместили его "портрет".

Разработка эскизного и технического проектов типа "Седов" осуществлялась коллективом "Судопроекта" (в Ленинграде) в период 1931 - 1932 г.г. В результате проработки ряда вариантов были приняты новые обводы ледокольной формы и корма крейсерской формы (главный конструктор по корпусу К.И. Боханевич). Корпус с твиндеком, за исключением наружной обшивки, решено было строить сварным. Сварка применялась и при постройке поперечной системы набора корпуса со шпацией 530 мм. Через 4 - 5 шпаций ставился рамный шпангоут. Прочность носовой части корпуса обеспечивали четыре бортовых стрингера, а в цилиндрической и кормовой оконечности ограничивались одним стрингером. Ледовый пояс обшивки в районе КВЛ имел высоту 3,2 метра. Толщина ледового пояса обшивки к корме постепенно уменьшалась: нос 22 мм; в районе миделя 19 мм и в корме - 16 мм. Судовые устройства имели повышенную прочность. Пар для паровой машины (2400 л.с. при 100 оборотах в минуту) подавался от трёх котлов с поверхностью нагрева 675 квадратных метра. В корпуса парохода предусматривался водонепроницаемый отсек для размещения электро - навигационных приборов (гирокомпас, эхолотов и лагов). Масса судна порожнём достигала 2150 тонн; дедвейт - 1570 тонн.

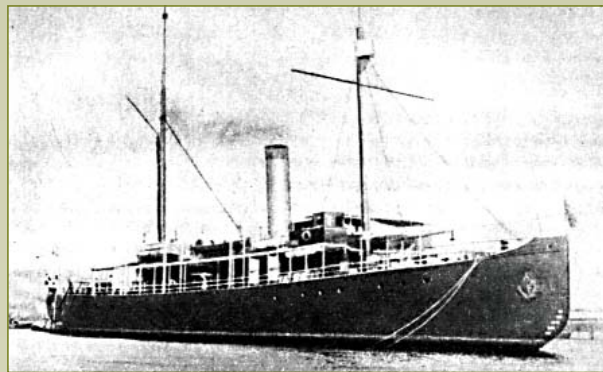
Постройка судов осуществлялась на Адмиралтейском заводе, там же изготавливались и рабочие чертежи, 1934 - 36 г.г., (главный строитель Л.С. Гольденберг) под наблюдением Регистра СССР, его представителем был Н.Е. Путов. Применение электросварки осуществлялось под руководством В.П. Вологодина, который принимал активное участие при постройке судов типа "Седов". Тогда же была организована специальная комиссия под председательством профессора Ю.А. Шиманского, непосредственно занимавшаяся вопросами электросварки.

В конце 1936 г. вся серия из трёх судов была предъявлена к сдаче. Их ходовые испытания показали, что предусмотренные проектом тактико - технические требования на проектирование и постройку полностью выполнены. Остойчивость судов соответствовала Нормам Регистра СССР.



Ледокол "Георгий Седов" среди торосов

В арктическую навигацию 1937 года "Океан" и "Охотск" совершили переход из Ленинграда во Владивосток, при чём в Карском море и на подходе к проливу Вилькицкого им пришлось преодолевать тяжёлые льды. Наблюдаемые на переходе датчики напряжения в корпусных конструкциях показали, что ледовые нагрузки на "Охотске" были около 40 тонн на кв.метр, что соответствовало расчетам ледовой прочности бортового перекрытия в зоне ледо-



Ледокольный пароход "Вайгач"



Атомные ледоколы "Таймыр" и "Вайгач"

вой нагрузки. Во время перехода по СЕВМОРПУТИ "Океан" и "Охотск" самостоятельно работали во льдах и лишь в проливе Вилькицкого им пришлось воспользоваться помощью ледокола "Ермак".

По заданию Правительства пароход "Мурман" в 1938 году зимой судно совершило выполнение ответственного задания. Он был направлен на спасение дрейфующей станции Северный полюс - 1, где находилась героическая четвёрка Папанинцев, завершавшая дрейф через Центральную Арктику. Надо отметить, что с противоположной стороны к ним на помощь пробивался "Таймыр". Суда удерживала 20-мильная ледовая перемычка из тяжёлых льдов. К терпящим бедствие папанинцам оба судна пробились одновременно. Задание было выполнено. Во время ВОВ "Океан"; "Охотск" и "Мурман" проявили себя достойно. Тому свидетельство - гвардейское звание "Охотска".

Капитан дальнего плавания В.С. Шитарёв



# Sodick



## **32000** линейных электроискровых станков в эксплуатации

**(500 в России, Украине и др. странах б/СССР; на 12.2012 г.)**

Единственный в мире изготовитель электроискровых (электроэрозионных) станков с проверенными временем плоскопараллельными линейными двигателями (ЛД).

Производство электроискровых линейных станков (станков с ЛД) с 1998 г.

Все линейные станки Sodick, включая самые первые 1998-1999 гг., по настоящий момент сохраняют неизменную точность позиционирования!

Испытанные пятнадцатью годами эксплуатации плоскопараллельные ЛД, разработанные для ЭИ станков, и ЭИ станки, сконструированные специально под плоскопараллельные ЛД. Собственная разработка, опытно-конструкторские работы, а также производство ЛД, Nd-Fe-B магнитов и систем управления для ЛД.

Собственные системы компьютерных ЧПУ, ПО и CAD/CAM.



Точность позиционирования:

гарантия **10** лет

Впервые в отрасли!

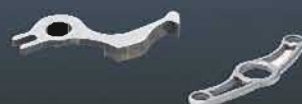
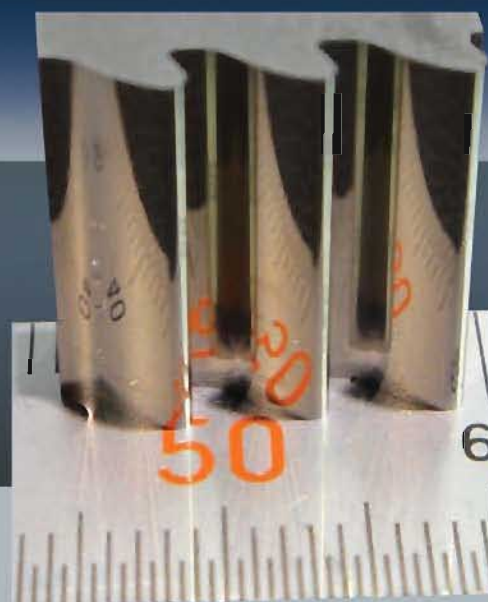
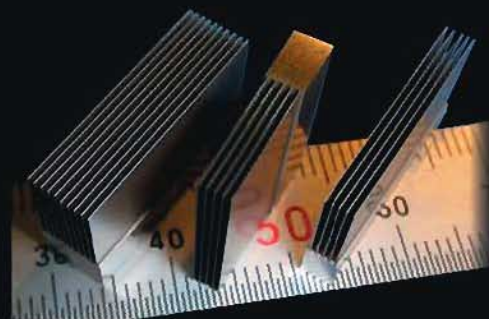
## **60 лет опыта производства ЭИ станков!**

# НАНОШЕРОХОВАТОСТЬ

Шероховатость  $Ra=0,006$  мкм  
( $Rz=50$  нано = 14-й класс!)  
на серийном линейном  
вырезном станке в масле!

## Sodick

[www.sodick.ru](http://www.sodick.ru)



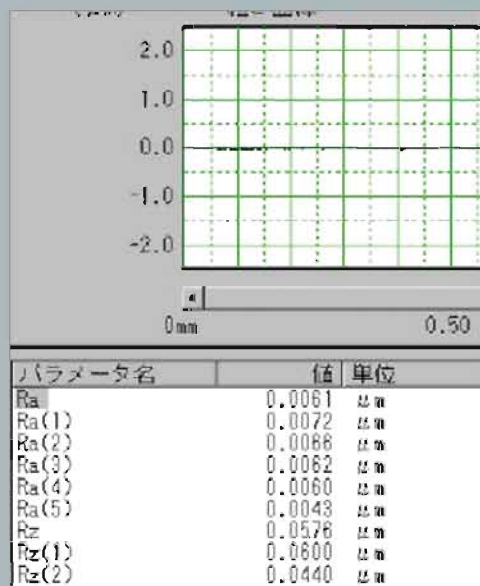
### AP250L

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**



## Рекорд отрасли!

# Система **Everest XLG3** VideoProbe®

*Фазовые  
измерения  
с XLG3 –  
будущее  
авиационной  
бороскопии!*



**Контакты:**

**xlg3.ru** e-mail: [info@pamega.ru](mailto:info@pamega.ru) Тел.: +7 (495) 600-36-42, 741-71-88

Бесплатная линия по России: 8 (800) 555-31-42 Адрес: 129343, г. Москва, проезд Серебрякова, д. 2, к. 1