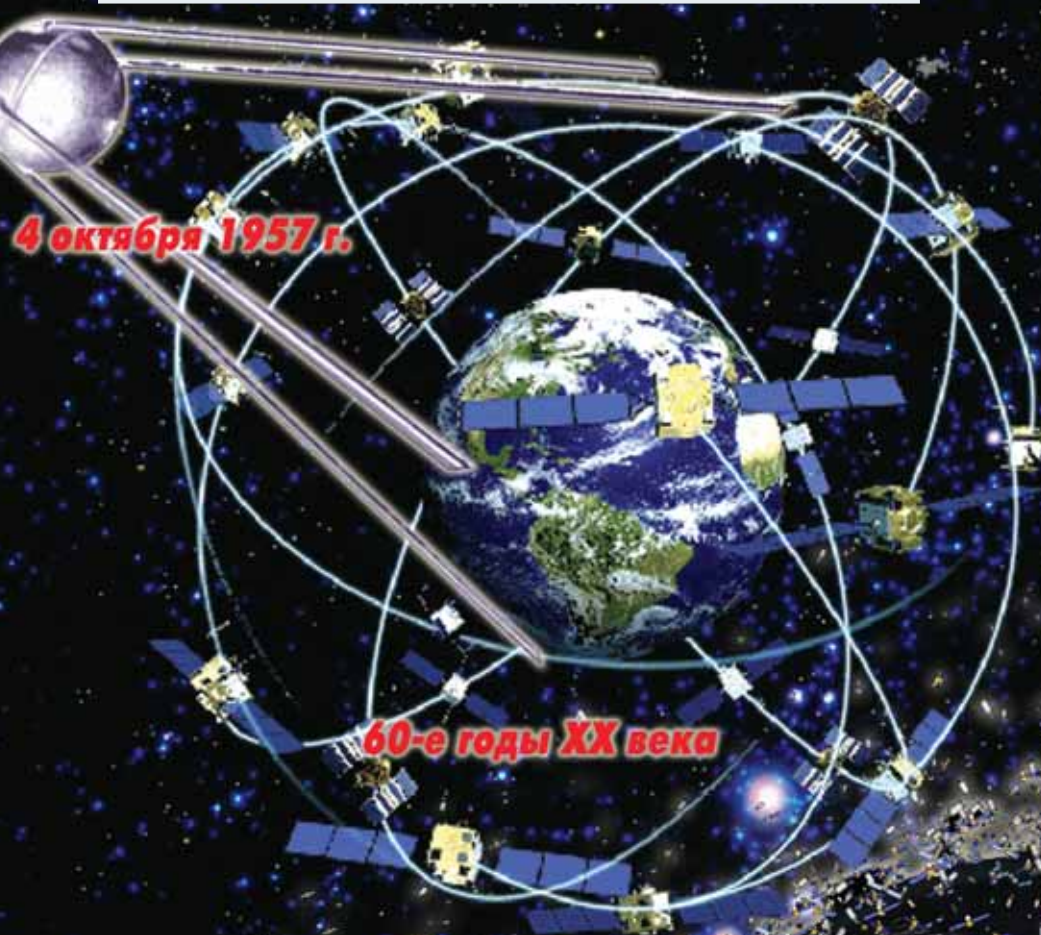


Двигатель

Научно-технический журнал

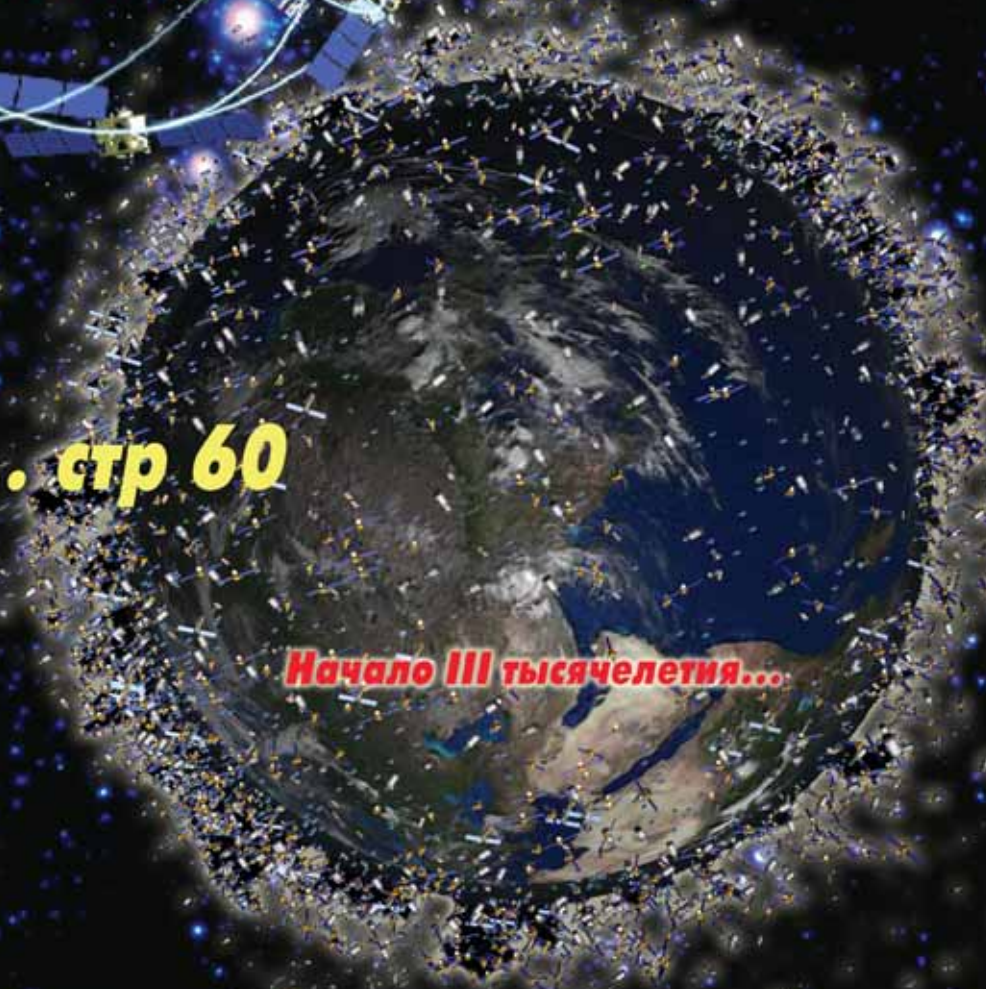
№ 5 (83 + 243) 2012



4 октября 1957 г.

60-е годы XX века

**55 лет
пути
на орбиту ... стр 60**



Начало III тысячелетия...



Редакционный совет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Каторгин Б.И., академик РАН

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

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

Крымов В.В., д.т.н.,

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

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

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

Новиков А.С., д.т.н.,

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

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

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

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

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

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

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

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

Троицкий Н.И., к.т.н.,

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

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

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

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

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

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор

Александр Иванович Бажанов

Заместитель главного редактора

Дмитрий Александрович Боев

Ответственный секретарь

Александр Николаевич Медведь к.т.н.

Финансовый директор

Юлия Валерьевна Дамбис

Редакторы:

Александр Аркадьевич Гомберг,

Андрей Иванович Касьян, к.т.н.

Юрий Романович Сергей, к.т.н.

Валентин Алексеевич Шерстянников, д.т.н.

Литературный редактор

Дмитрий Павлович Войтенко

Художественные редакторы:

Александр Николаевич Медведь

Владимир Николаевич Романов

Техническая поддержка

Ольга Владимировна Лысенкова, к.пед.н.

В номере использованы фотографии, эскизы и рисунки:

А.В. Артамонова, А.И. Бажанова,

Д.А. Боева, А.В. Ефимова,

А.Н. Медведя, В.Н. Романова и др.

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111116, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2.

Тел./Факс: (495) 362-3925.

boeff@yandex.ru

aib50@yandex.ru

www.dvigately.ru

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

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ООО "Редакция журнала "Двигатели"©

генеральный директор Д.А. Боев

зам. ген. директора А.И. Бажанов

Ответственность за достоверность информа-
ции и наличие в материалах фактов, не под-
лежащих разглашению в открытой печати, ле-
жит 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 исто-
рии, экономике, философии, социологии и куль-
турологии в числе журналов, в которых должны
быть опубликованы основные научные результа-
ты диссертации на соискание ученой степени док-
тора и кандидата наук. Индекс 28377 в общерос-
сийском каталоге 2008 г.

Научно-технический журнал "Двигатель"©

зарегистрирован в ГК РФ по печати.

Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.

14-й (106-й) год издания.

Отпечатано

ЗАО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.

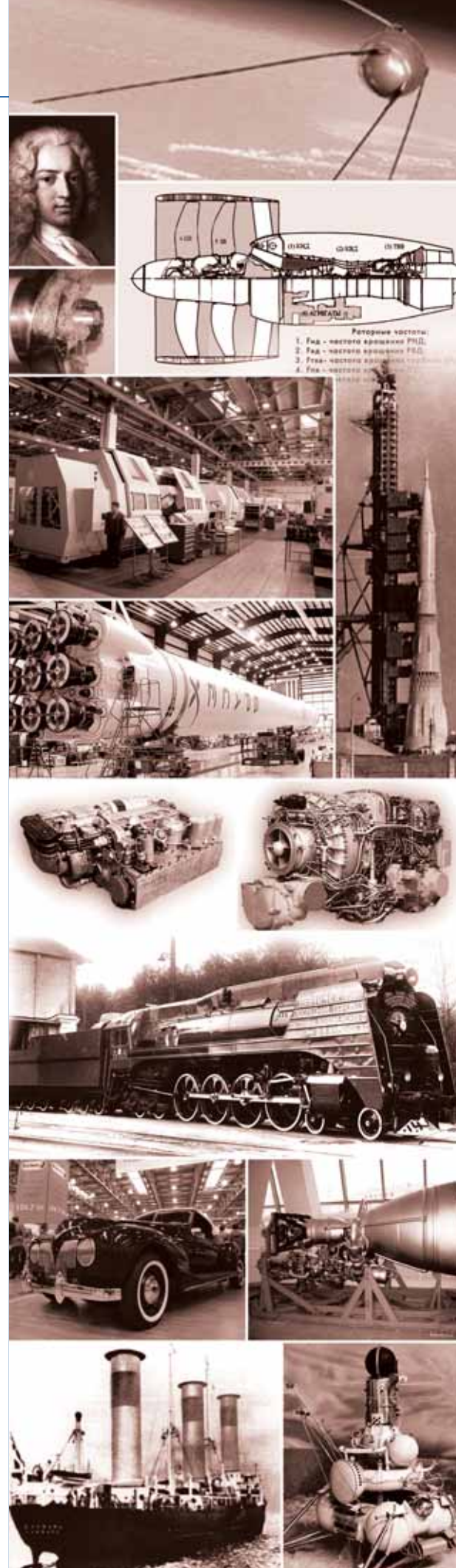
Тираж 5 000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

- 3 60 лет в танковом двигателестроении**
Н.И. Троицкий, М.Н. Лавров
- 6 Отечественные смазочные масла для авиационных газотурбинных двигателей: проблемы и перспективы**
В.И. Бабкин, А.А. Алексашин, Л.С. Яновский, С.В. Дунаев, А.Ф. Хурумова,
- 10 Адаптивная система охлаждения турбины низкого давления ТРДД**
Ю.А. Эзрохи, С.В. Харьковский
- 12 Виброактивность элементов биротативного винтовентилятора ТВВД сверхбольшой степени двухконтурности при нерасчетной раскрутке заднего винта**
Б.Б. Коровин, О.Н. Былинкина
- 16 Концепция реструктуризации конструкторско-технологической подготовки и производства наукоемких машиностроительных предприятий в целях повышения их конкурентоспособности на примере ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют"**
В.А. Поклад, Д.Н. Елисеев, Д.М. Забелян, М.В. Туркин, Ю.А. Максин
- 20 Ускорение инженерных расчетов в ANSYS Mechanical при использовании технологии NVIDIA Maximus**
Н.А. Староверов, А.Н. Чернов
- 24 Водотопливная система для дизельных энергетических установок**
Н.Н. Коленко, Ю.И. Духанин
- 28 Эколого-экономический анализ и прогноз использования новых энергоносителей для энергетических установок колесных транспортных средств**
В.К. Азаров, В.Ф. Кутенев, А.С. Теренченко
- 31 Некоторые аспекты регулирования занятости населения в условиях модернизируемой экономики**
С.Ю. Иванов, А.С. Иванов
- 34 Проблематичное начало и драматический конец разработки ракеты-носителя Н1**
В.Ф. Рахманин
- 41 "...Воплотиться в пароходы, книги и другие нужные дела". Памяти В.М. Калнина**
В.А. Шерстянников
- 42 Турбулентность в условиях кавитации потоков.**
Ю.М. Кочетков
- 44 "Русская национальная идея" в действии: научно - технические просветительские центры и задача модернизации экономики в России**
В.М. Витвицкий, Д.А. Боев
- 46 Паровозы Коломенского завода**
В.В. Боченков, Е.В. Бычкова, О.Б. Галацкий, И.Л. Индра
- 48 Эффективность использования инновационных методов и технологий в деятельности межрегионального ресурсного центра строительной отрасли**
Е.В. Невмержицкая
- 53 Интеграция корпоративной инфокоммуникационной системы и САПР как средство повышения эффективности деятельности строительной компании**
Г.М. Новикова
- 58 Автоматизированная обработка текстовой информации с помощью усовершенствованного криптоаналитического метода "грубой силы"**
Н.М. Кузнецова, Т.В. Карлова
- 60 Рассказ о том, как монетные дворы мира отметили полувековой юбилей запуска первого Искусственного спутника Земли**
А.В. Барановский
- 62 Что старенького**
А. Идин
- 64 Роторные суда**
В.С. Шитарёв



60 ЛЕТ В ТАНКОВОМ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ

ОАО "НИИД":

Николай Иванович Троицкий, генеральный директор с 1991 по 2011 г.
Максим Николаевич Лавров, генеральный директор с 2011 г.

ОАО "Научно-исследовательский институт двигателей"

1 ноября отмечает 60-летие со времени своего образования.

60 лет тому назад в этот день вышел приказ № 1 по выделившейся из Центрального института авиационного моторостроения (ЦИАМ) и ставшей самостоятельной научно-исследовательской Лаборатории двигателей (НИЛД). Со времени основания ЦИАМ в 1930 году её предшественник - отдел нефтяных двигателей (ОНД) - был одним из двух ведущих отделов института. Другим был отдел бензиновых двигателей. Организатором и первым руководителем ОНД был выдающийся конструктор и ученый Алексей Дмитриевич Чаромский.

В 1930-40 гг. ОНД являлся передовой организацией в СССР по быстроходным дизелям. Здесь был создан самый мощный в мире в те годы авиационный дизель АН-1. Большое влияние ОНД оказал на создание танкового дизеля В-2, лучшего танкового мотора времен Великой Отечественной войны. На завершающем этапе доводки В-2 Главным конструктором был назначен Т.П. Чупахин - ведущий сотрудник ОНД, которому в 1941 г. за разработку новой конструкции дизеля была присуждена Сталинская премия.

В ОНД (позднее - лаборатории № 7 ЦИАМ) работали такие известные ученые-двигателисты как Т.М. Мелькумов, А.И. Толстов, Л.М. Белинский, И.В. Астахов, Д.А. Портнов, В.А. Кутовой и др.

В 1952 г. в связи с прекращением работ по авиационным дизелям лаборатория № 7 была расформирована. В это время в авиации широко внедрялись газотурбинные двигатели, которые обеспечивали качественный скачок в основных характеристиках - скорости, грузоподъемности и высотности летательных аппаратов.



Алексей Дмитриевич Чаромский
Заслуженный деятель науки и техники РФ,
д.т.н., профессор
(1899-1982)



Анатолий Игнатьевич Толстов
Заслуженный деятель науки и техники РФ,
д.т.н., профессор, основатель и первый
директор НИИД (1897-1966)

Первоначально в НИЛДе, директором которой был назначен А.И. Толстов, были созданы четыре тематических подразделения: отдел дизельных двигателей, отдел топливной аппаратуры и систем автоматического регулирования, конструкторское бюро и группа профессора А.Д. Чаромского, занимавшая теорией и конструкцией двухтактного дизеля. В конце 1953 г. был организован отдел газотурбинных двигателей.

Лаборатория двигателей в то время продолжала оставаться на территории ЦИАМ им. П.И. Баранова. Она имела свой производственный участок и несколько экспериментальных стендов для исследования одноцилиндровых дизелей и топливо-регулирующей аппаратуры.

Под председательством А.И. Толстова был организован Ученый совет, в состав которого вошли такие крупные ученые как А.С. Орлин, В.В. Уваров, Ю.А. Степанов, М.А. Хайлов, главные конструкторы И.Я. Траштуин, Б.Г. Егоров.

С конца 1953 г. начала функционировать аспирантура, в которой за прошедшие годы для отрасли подготовлено более двухсот научных работников.

В июле 1957 г. Лаборатория двигателей была передана в ведение Миноборонпрома СССР. Связано это было с необходимостью более плотного ее подключения к работам по двухтактному дизелю 5ТД, создаваемому в Харькове по предложению сотрудника НИЛД А.Д. Чаромского для танка нового поколения - Т-64.

С этого времени в жизни лаборатории, в 1958 г. переименованной в Научно-исследовательский институт двигателей (НИИД), начался более чем 10-летний этап деятельности, связанный с доводкой двигателя 5ТД и 5ТДФ, в который включилось большинство сотрудников института.

А.Д. Чаромский был назначен главным конструктором по моторостроению завода им. Малышева и ему пришлось практически заново формировать конструкторское бюро по танковым двигателям. На первых порах компоновать двигатель 5ТД помогали конструкторы НИЛД. На стенде института уже был создан и работал одноцилиндровый отсек такого двигателя (У-305), на котором велись исследования процессов продувки цилиндра, топливоподачи, смесеобразования и сгорания.

А.Д. Чаромский был назначен главным конструктором по моторостроению завода им. Малышева и ему пришлось практически заново формировать конструкторское бюро по танковым двигателям. На первых порах компоновать двигатель 5ТД помогали конструкторы НИЛД. На стенде института уже был создан и работал одноцилиндровый отсек такого двигателя (У-305), на котором велись исследования процессов продувки цилиндра, топливоподачи, смесеобразования и сгорания.



В-2-34

Конструкция двигателя 5ТД требовала высокого технологического уровня, соответствующего авиационному моторостроению. Таким уровнем технологии завод им. Малышева не располагал. Доводка танка Т-64 и особенно его моторно-трансмиссионного отделения шли с большими трудностями. Причины были как конструкторские, так и производственно-технологические, так как параллельно с доводкой конструкции двигателя шла доработка технологии его изготовления и отладка серийного производства. Несмотря на все трудности в доводке, дизель 5ТД в 1959 г. успешно прошел МВИ.

Однако еще ранее (в 1958 г.) возникла необходимость увеличить мощность двигателя с 426 кВт (580 л.с.) до 510 кВт (700 л.с.). Двигатель 5ТД был форсирован и получил название 5ТДФ. Доводка форсированной модификации потребовала привлечения усилий многих организаций не только оборонной, но и авиационной промышленности и других смежных отраслей. Потребовалось создание новых материалов, присадок к маслам, приборов, оригинальных методов испытаний. По новым материалам особенно успешными были разработки ЦНИИМ, НИРП (Москва), ВНИИСтали, по присадкам к маслам - АзНИИ (присадка ИХП-3). Большой вклад в доводку двигателя внесли специалисты ВНИИтрансмаш, ВНИТИ, ЦИАМ, ЦНИТИ и многих других институтов.

НИИДом в процессе доводки двигателя 5ТДФ было выполнено более двухсот работ по анализу дефектов и проверке мероприятий по их устранению.

Все работы по танку Т-64 и двигателю 5ТДФ жестко контролировались ЦК КПСС, СМ СССР, Миноборонпромом, Министерством обороны. За ходом опытных работ наблюдал лично секретарь ЦК КПСС Д.Ф. Устинов.

В 1966 г. танк Т-64 с двигателем 5ТДФ успешно выдержал межведомственные испытания и в 1967 г. был принят на вооружение.

В последующие годы на базе двигателя 5ТДФ в ХКБД под руководством Главного конструктора Н.К. Рязанцева были разработаны шестицилиндровые модификации 6ТД, 6ТДФ мощностью 735...1100 кВт (1000...1500 л.с.).

По мере возникновения задач росла и развивалась организационная структура института - были созданы: отдел научно-технической информации (1955), приборный отдел (1959), позднее преобразованный в отдел вычислительной техники и разработки приборов для испытаний двигателей, отдел эксплуатации (1963 г., с 1978 г. - эксплуатационной надежности), отдел прочности, отдел горючесмазочных материалов (1963), отдел стандартизации (1969), патентное бюро, отдел испытаний двигателей (1974), отдел метрологии (1976), отдел народнохозяйственной продукции (1993).

В 1964 г. с Московского тормозного завода институту было передано КБ по специальному электрооборудованию. В 1960-е гг. этим КБ был разработан ряд генераторов (Г-6,5, Г-731 и др.), стартер-генераторов (СГ-10 и СГ-18), пускорегулирующая аппаратура. В 1970-80-х годах КБ разработало вентильные генераторы мощностью от 6 до 30 кВт (ГП-6,5, ГП-10, ГП-26 и др.), превосходящие по удельным массогабаритным показателям коллекторные генераторы в 2...2,5 раза и генераторы переменного тока фирмы "Бош" в 1,25...2 раза.



5ТДФ

В 1959 г. приказом Министерства обороны в НИИД было учреждено военное представительство.

Для лучшего взаимодействия с заводами и институтами отрасли были организованы базовые группы на заводе им. Малышева, на Челябинском тракторном заводе, в ЛНПО им. В.Я. Климова, на полигоне МО в Кубинке (с 1972 г. - 38 НИИИ БТТ).

В развитие института в 1960-80-е годы большой вклад внес Лев Иванович Пугачев, который был директором Института на протяжении 25 лет (1966 - 1991). Все эти годы большую организационную работу вели первый заместитель директора по научной работе Радамес Иванович Давтян и главный инженер Виктор Григорьевич Лавров.

Параллельно с работами по 5ТДФ институт постоянно участвовал в развитии модификаций двигателей семейства В2. На примере двигателей этого семейства можно проследить, как удачно выбранная конструктивная схема двигателя обеспечила ему невиданное долголетие и позволила использовать его модификации в четырех поколениях отечественных танков - Т-34, Т-54/55/62, Т-72 и, наконец, современном Т-90. В декабре 2009 г. отмечалось 70-летие создания этого двигателя. Семейство В-2 (главные конструкторы И.Я. Траштуин, В.И. Бутов, В.И. Гордеев, В.С. Мурзин) - это целая эпоха в отечественном танковом двигателестроении, в развитие которого институт также внес большое число принципиальных решений по совершенствованию рабочего процесса, топливной аппаратуры, цилиндропоршневой группы, схемы и агрегатов воздухопитания, а также методологии испытаний, новых ГСМ и др.

Многолетние творческие связи институт имеет и с конструкторским бюро Барнаульского завода транспортного машиностроения. Этим КБ было разработано и освоено в производстве завода унифицированное семейство танковых дизелей УТД (главные конструкторы Е.И. Артемьев, Б.Г. Егоров). Семейство охватывало диапазон мощностей от 220 до 735 кВт (300...1000 л.с.) и нашло самое широкое применение в ВГМ и на колесных шасси.

В середине 1960-х годов в связи с разработкой танков нового поколения остро встал вопрос о создании компактной и мощной силовой установки на базе газотурбинного двигателя.

Отдел газотурбинных двигателей НИИД в это время возглавлял В.И. Гайгеров. Отделом разрабатывались возможные пути реализации в ГТД специфичных требований, предъявляемых к двигателю транспортной машины. Были развернуты работы по расчету, конструированию и испытаниям основных узлов - турбин, компрессоров, камер сгорания, теплообменников, систем топливо-поддачи и регулирования, а также по решению таких проблемных для транспортного ГТД вопросов как экономичность, особенно на режимах "малого газа", тормозная мощность, приемистость.

После многочисленных экспериментальных работ по газотурбинным силовым установкам, проведенных на Ленинградском Кировском заводе, ВНИИТМ, УВЗ, НИИД и других предприятиях, были определены основные концепции создания танкового ГТД и его систем.

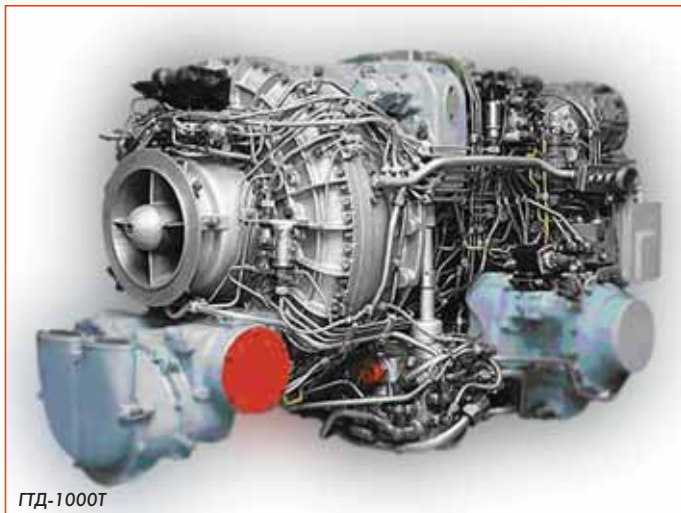
Не останавливаясь на всех этапах пройденного пути, следует отметить лишь ряд пионерских работ, выполненных институтом:

- разработка совместно с ОКБ-6 ЧТЗ (Главный конструктор В.Б. Михайлов) первого специального (а не конвертированного из вертолетного прототипа) танкового газотурбинного двигателя с теплообменником ГТД-700, заданные параметры которого были получены буквально с первого образца;

- разработка и экспериментальное исследование на модельном двигателе ТС-12М способов улучшения динамических и тормозных характеристик двухвального ГТД, в том числе проведенное впервые в СССР исследование регулируемого соплового аппарата силовой турбины для этих целей;

- разработка совместно с тем же КБ, впоследствии преобразованном в СКБ "Турбина", газотурбинного двигателя ГТД-ТЗ мощностью 320...450 л.с. для боевой машины пехоты БМП-1, который успешно прошел 300-часовые заводские стендовые испытания.

Создание ГТД мощностью 1000 л.с. для танка Т-80 было поручено ЛНПО им. В.Я. Климова (главный конструктор С.П. Изотов), одному из лучших ОКБ Минавиапрома по вертолетным двигателям.



ГТД-1000Т

Коллектив ОКБ С.П. Изотова спроектировал трехвальный двигатель, получивший название ГТД-1000Т и довел его по параметрам и надежности. Под этот двигатель на Калужском моторном заводе с 1976 г. было развернуто серийное производство.

В 1977 г. танк Т-80 с двигателем ГТД-1000Т был принят на вооружение, на год раньше, чем разработанный в США танк М1 "Абрамс" с газотурбинным двигателем AGT-1500. Создание танка Т-80 явилось важным этапом в развитии отечественного танкостроения и подтвердило достигнутый в СССР высокий уровень конструкторской мысли и технологических решений.

Дальнейшие опытные работы по танковому ГТД ЛНПО им. В.Я. Климова продолжало в направлении создания двигателей увеличенной мощности (ГТД-1000ТФ, ГТД-1250, ГТД-1250Г и ГТД-1500Г) и опытного двухвального двигателя (ВТДТ-1000Ф).

На всех этапах создания двигателя ГТД-1000Т и его модификаций НИИД принимал самое активное участие. В отделе ГТД к середине 1970-х годов насчитывалось около 90 ИТР, в том числе 11 кандидатов наук. Исследовались нагрузочные, динамические и тормозные характеристики двигателя, пути совершенствования турбин и компрессоров, повышения надежности силовой турбины и подшипниковых узлов. Изучались средства борьбы с пылевыми отложениями в проточной части, элементы системы регулирования и др. Многие рекомендации и мероприятия, предложенные специалистами института, были введены в конструкторскую документацию двигателя.

Институт принимал участие в испытаниях двигателей в ЛНПО им. В.Я. Климова, в пробеговых и войсковых испытаниях танков, провел ряд работ по снижению расхода топлива на режиме "малого газа", по созданию совместно с ЦНИИАГ (1972) и экспериментальной отработке на стенде НИИД макетного образца системы автоматического и полуавтоматического переключения передач в КП.

Институт предложил перейти на алюминиевые радиаторы системы охлаждения, отработал конструкцию и технологию изготовления этих радиаторов, обеспечивающих снижение массы и

повышение в том же объеме теплорассеивающей способности примерно на 20 % по сравнению с латунными радиаторами. Алюминиевые радиаторы

прошли необходимые виды испытаний и были введены в конструкторскую документацию.

С увеличением работ по двигателям отрасли рос и развивался научный и производственно-экспериментальный потенциал института. После преобразования Челябинского филиала НИИД в самостоятельное предприятие СКБ "Турбина" в 1970 г. было принято Правительственное решение о строительстве в подмосковном Солнечногорске экспериментально-производственной базы института (СЭБ). Первая очередь строительства была введена в строй в 1986 г. и включала инженерно-лабораторный корпус, корпус экспериментальных стендов с производственным цехом и компрессорной станцией, электроподстанцию, градирню и обслуживающие системы. Общая площадь производственных и вспомогательных помещений составила 13 тыс. м².

К 1993 г. было в основном завершено создание в СЭБ комплекса экспериментальных стендов (2-я очередь). В составе СЭБ - более 25 стендов для испытаний дизелей и ГТД (мощностью от 3 до 1100 кВт), стенды для испытаний компрессоров и турбин, агрегатов наддува дизелей, теплообменных аппаратов, пылевых испытаний сопловых аппаратов турбин, одноцилиндровые установки, стенды для испытаний узлов и деталей двигателей из керамических конструкционных материалов, а также других узлов, агрегатов и отдельных элементов энергосиловых установок - всего около 30 стендов.

В состав испытательного комплекса входят: электроподстанция мощностью 16 тыс. кВт, система оборотного водоснабжения производительностью 430 м³/ч с теплосъемом 6,5·10⁸ кДж/ч, компрессорная станция производительностью 8 кг/с воздуха давлением 0,8 МПа, склад ГСМ, очистные сооружения для ливневых вод и другие инженерные сооружения. СЭБ НИИД включена в государственный реестр уникальных стендовых испытательных баз организаций научной сферы.

С вводом СЭБ институт сформировался как аналитический, конструкторский и исследовательский центр специального танкового двигателестроения. В 1985-1988 гг. (к пику своего развития) НИИД состоял из 14 тематических отделов с общей численностью около 700 человек, в том числе 6 д.т.н., 36 к.т.н.

В институте сложились общепризнанные научные школы по рабочему процессу двигателей, разработке цилиндропоршневой группы ГТД, центробежных компрессоров и другие.

К числу важных проблем развития отечественного дизелестроения, решенных институтом в 1960-1980 гг., следует отнести решение вопросов работы дизеля на различных сортах топлива ("много-топливность") и обеспечение его "холодного" пуска при температуре ниже минус 10...20 °С.

В рамках прикладных НИР были исследованы возможности применения в силовых установках объектов БТВТ двигателей новых схем, в том числе роторного двигателя с воспламенением от сжатия, "адиабатного" двигателя, возможности автономного движения объекта по дну водоемов без доступа воздуха, проблемы аккумуляции энергии в силовых установках с механическими накопителями, пути создания малоразмерных энергоагрегатов, системы электронного управления топливоподачей в ГТД и ГТД, новые схемы турбонаддува и другие. Была разработана методология диагностирования технического состояния двигателей и оценки их надежности по результатам эксплуатации.

Многие проведенные работы были доведены до практической реализации в ОКР, другие пока ждут своего времени для внедрения и составляют так называемый научно-технический задел.

Нельзя не отметить регулярные исследования, которые институт проводил по анализу технического уровня и направлений развития отечественных и зарубежных двигателей с оценкой наиболее интересных разработок зарубежных фирм. Информцентр НИИД ежеквартально выпускал сборники "Анализ технического уровня транспортных двигателей", которые пользовались заслуженным вниманием многих предприятий и организаций отрасли.



Экспериментально-производственная база НИИД (Солнечногорск, Московская область)

Институтом, как базовой организацией отрасли по стандартизации, выпущены свыше 90 нормативных документов (ГОСТы, ОСТы и другие), проведены работы по каталогизации и оценке надежности двигателей БТВТ, совершенствованию методов стендовых испытаний двигателей.

Перестройка и переход на новые экономические отношения резко изменили положение института. Снизилась нагрузка от двигателестроительных заводов и КБ, которые сами оказались далеко не в лучшей ситуации, резко упало финансирование работ по гособоронзаказу. Не имея собственных производств и товарного выхода, институт оказался в сложном финансовом состоянии, что привело к задержке выплат заработной платы (до 6 месяцев) и низкой ее величине. Это не замедлило сказаться на утечке кадров, в том числе квалифицированных ИТР. Особенно тяжелые времена институт пережил в 1995-1997 гг.

Несмотря на отмеченные трудности того времени, в институте удалось сохранить определяющий состав научных работников и ИТР, сохранить производственную и экспериментальную базу.

Удалось сохранить и основную часть социальной сферы института - его базу отдыха "Импульс" на Пятницком водохранилище, где ежегодно отдыхают многие сотрудники института и члены их семей.

Финансовое положение стабилизировалось только в 1999 г.

В эти годы институт принял участие в работах по модернизации двигателей объектов БТВТ, завершившихся созданием двигателя В-92С2 мощностью 735 кВт (1000 л.с.) в ЧТЗ (главный конструктор В.С. Мурзин) и УТД-32Т мощностью 485 кВт (660 л.с.) в Барнаульском машиностроительном заводе (главный конструктор А.С. Калюнов).

В 1999 г. три танка Т-90С с радиаторами системы охлаждения, изготовленными в НИИД, успешно прошли в Индии испытания, предшествовавшие заключению известного контракта.

Совместно с ВНИИ НП и заводами отрасли в 1999-2002 гг. проведен комплекс работ по созданию всесезонного термостабильного масла для высокофорсированных дизелей, завершившийся организацией серийного производства масла М5₃/16Д₂.

Проведены НИР по повышению надежности поршней высокофорсированных ТПД и созданию элементов электронных систем топливоподачи и регулирования.

По решению Российского агентства по обычным вооружениям и ГАБТУ МО РФ в 2001 г. при НИИД создан межотраслевой Координационный Совет по проблемам развития перспективных силовых установок для объектов БТВТ.

С начала 2000-х годов в институте было освоено малосерийное производство алюминиевых радиаторов для систем охлаждения силовых установок танков Т-80 и Т-90 и сейчас продукция этого производства составляет значительный объем работ института.

В связи с постоянным дефицитом средств, выделяемых на развитие науки, организация производственных участков и мелкосерийных производств рассматривалась как средство укрепления финансового состояния института.

С этой же целью в 2008-2011 гг. была проведена разработка

двигателей на базе минского дизеля Д246 для систем электроснабжения новых ракетных комплексов и также освоено их производство.

Научно-технический потенциал института успешно был применен в конверсионных разработках. В частности, в работах по Московской программе использования альтернативных видов моторного топлива на автомобильном транспорте города в 2005-2008 гг. отработана топливная аппаратура двигателя а/м "Бычок" на экологически чистом моторном топливе - диметилэфире. Несколько автомобилей с такой дублирующей системой топливоподачи успешно прошли предварительные испытания и опытную эксплуатацию.

В соответствии с Указом Президента РФ от 27 августа 2007 г. институт введен в состав интегрированной структуры - ОАО "Научно-производственная корпорация "Уралвагонзавод" и в январе 2009 г. преобразован в открытое акционерное общество ОАО "НИИД".

Основные работы института с этого времени направлены на научно-техническое сопровождение доводки двигателей ОАО "ЧТЗ" и их дальнейшее совершенствование, создание научно-технического задела по ключевым вопросам их развития с целью радикального повышения технического уровня. В производственном плане - дальнейшее развитие производства радиаторов систем охлаждения и дизелей энергоагрегатов.

С текущего года после долгих лет "перестройки", впервые начато финансирование развития отечественного двигателестроения в рамках ФЦП "НТБ" по подпрограмме "Создание и организация производства в РФ в 2011-2015 гг. дизельных двигателей и их компонентов нового поколения". В институте и смежных

предприятиях открыты ряд новых НИОКР, что вселяет надежды на возрождение отечественного дизелестроения, которое за последние 20 лет существенно отстало от зарубежного уровня по многим техническим показателям.

Своим многолетним опытом институт доказал умение решать на высоком профессиональном уровне задачи по оценке технического уровня двигателей, разработке ТЗ на новые двигатели и материалы, разработке новых решений и созданию научно-технического задела, по сопровождению ОКР, информационному обеспечению и др.

На протяжении всей деятельности института ему оказывало поддержку руководство Минобороны: министры С.А. Зверев, П.В. Финюков, В.К. Глухих, генеральный директор Российского агентства по обычным вооружениям А.В. Ноздрачев.

Работы по двигателям и силовым установкам объектов БТВТ велись в тесном взаимодействии с руководящим составом Минобороны: А.Х. Бабаджанов, Ю.М. Потапов, А.А. Галкиным, С.А. Маевым и др.

Свой шестидесятилетний юбилей коллектив института встречает напряженным трудом. Опираясь на большой вклад предшественников в создание и развитие двигателей для объектов БТВТ, открытое акционерное общество "Научно-исследовательский институт двигателей" в полной мере готово выполнить возложенные на него задачи.



Стенды Солнечногорской экспериментальной базы НИИД

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СМАЗОЧНЫЕ МАСЛА ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ



Владимир Иванович Бабкин, генеральный директор ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова, к.т.н.
Анатолий Александрович Алексахин, генеральный директор НИИ стандартизации и унификации, к.э.н.,
Леонид Самойлович Яновский, начальник отдела ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова, д.т.н.
Сергей Васильевич Дунаев, начальник департамента НИИ стандартизации и унификации, к.в.н.,
Аида Федоровна Хурумова, начальник центра РЖСМ НИИ стандартизации и унификации, к.т.н.

Рассмотрено совершенствование эксплуатационных свойств смазочных масел для авиационных ГТД. Описаны достоинства и недостатки существующих отечественных смазочных масел для авиационных ГТД. Рассмотрены масла для турбореактивных, турбовальных и турбовинтовых авиационных двигателей. Приведено сравнение новых перспективных отечественных масел, разработанных ведущими предприятиями отрасли, с существующими отечественными и зарубежными аналогами.

The article describes the improvement of performance characteristics of lubricating oils for aircraft gas turbine engines. It was found advantages and disadvantages of the existing domestic lubricating oils for aviation gas turbine engines. The article describes oils for turbojet, turboshaft and turboprop aircraft engines. It was carried comparison of new and promising domestic oil, developed by leading companies in the sector, with the existing domestic and foreign counterparts.

Ключевые слова: масла для авиационных ГТД, авиационные масла, авиационные газотурбинные двигатели.
Keywords: oils for aviation gas turbine engines, aviation oil, aircraft gas turbine engines.

Современные авиационные газотурбинные двигатели (ГТД), как известно, характеризуются жесткими условиями работы: большие скорости вращения роторов турбокомпрессора - 12 000...20 000 мин⁻¹, высокие контактные напряжения на зубьях редукторов и коробки приводов агрегатов (КПА) - до 160 кг/мм², высокие температуры элементов конструкции в 300 °С и выше [1].

К смазочным маслам для современных авиационных ГТД предъявляются весьма жесткие требования, что обусловлено необходимостью обеспечивать надежную эксплуатацию на всех режимах работы двигателя в широком диапазоне температур. Масла для авиационных ГТД предназначены для обеспечения как надежного смазывания всех узлов двигателя, так и для охлаждения и отвода абразивных частиц износа узлов трения. Масла должны обладать хорошими вязкостно-температурными свойствами, низкой температурой застывания, высокой термической и термоокислительной стабильностью, высокими температурами вспышки и самовоспламенения, минимальными испаряемостью и вспениваемостью, а также быть инертными к конструкционным материалам [2, 3].

Из всех требований к качеству смазочных масел для авиационных ГТД наиболее важным является требование его высокой термостабильности, характеризующей способность масла сохранять на необходимом уровне физико-химические и эксплуата-

ционные свойства при длительной работе в двигателе без образования недопустимого количества отложений продуктов окисления масла на горячих деталях и узлах, омываемых маслом в ходе эксплуатации. Анализ перспектив развития авиационных ГТД показал, что в двигателях V-VI поколений (рис. 1) уровень рабочих температур масла может достигать 240...250 °С.

Исходя из условий работы двигателей и агрегатов в составе летательных аппаратов [1], масла для авиационных ГТД разделяют на три группы:

- масла для турбореактивных двигателей (ТРД) - теплонапряженных ГТД;
- масла и маслосмеси для турбовинтовых двигателей (ТВД), а также других ГТД непрямого реакци;
- масла для ГТД и редукторов вертолетов - масла этой группы используют в основном в турбовальных двигателях (ТВАД) силовых установках вертолетов;

Отметим, что ранее деление масел по типам двигателей считалось условным, существовало мнение, что во всех ГТД удобнее использовать единую марку масла, обладающую высокими эксплуатационными свойствами. По современным представлениям, решающую роль при определении возможности применения того или иного масла играют условия эксплуатации ГТД, в част-

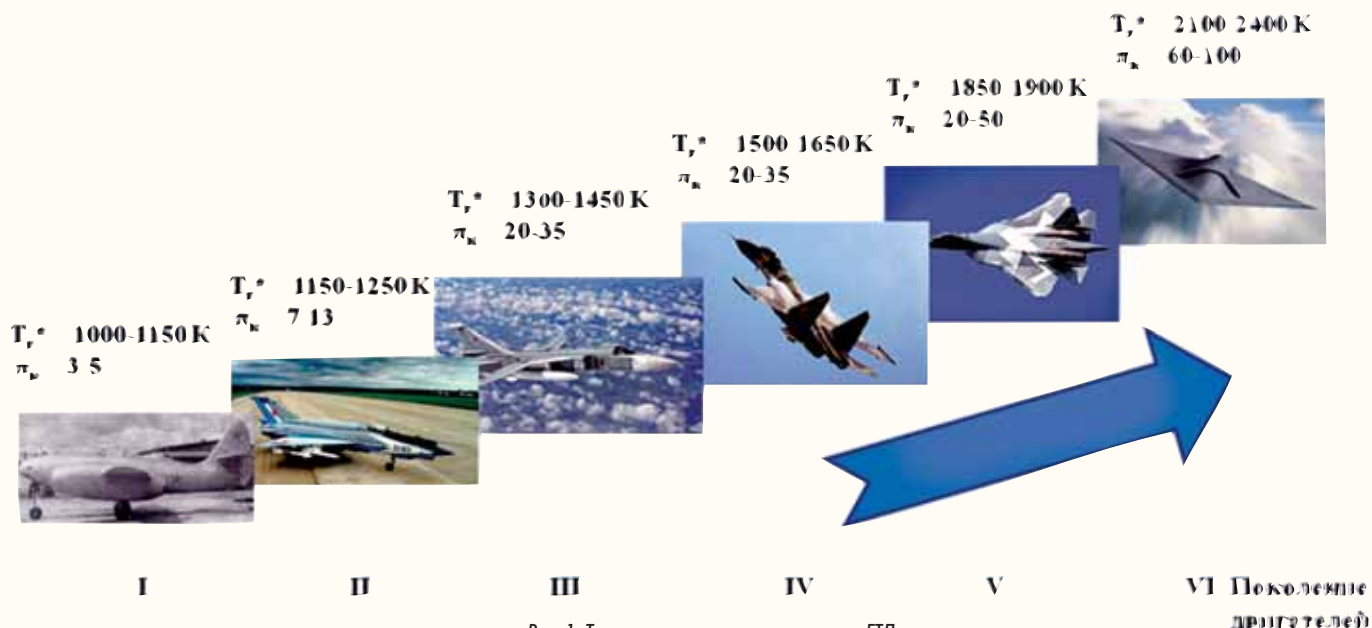


Рис. 1. Тенденции развития авиационных ГТД

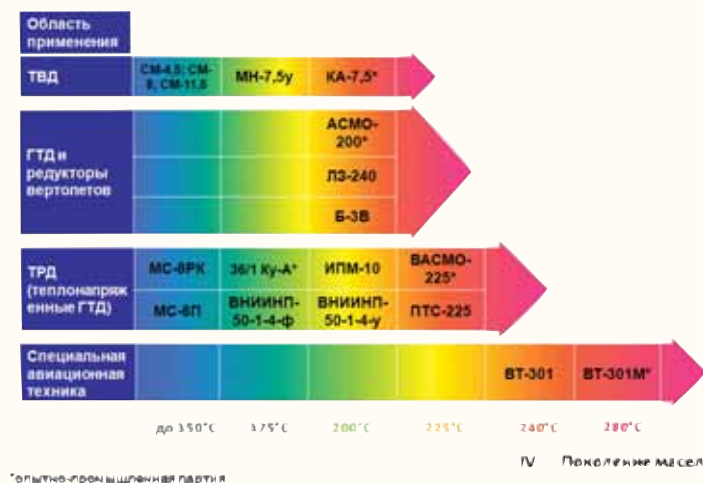


Рис. 2. Тенденции развития отечественных смазочных масел для авиационных ГТД

ности, теплонапряженность и нагрузка на узлы трения, а также температура окружающей среды [1]. В ряду "ТРД-ТВД-ТВД" теплонапряженность убывает, а нагрузка на узлы трения, наоборот, возрастает, в связи с чем к маслам для ТРД предъявляются повышенные требования по термоокислительной стабильности (ТОС), а к маслам для ТВД - повышенные требования по несущей способности [2, 3]. Для обеспечения надёжной смазки шестерен редукторов ТВД требуются масла с большей несущей способностью и, как следствие, обладающие большей вязкостью.

Разработка и внедрение в эксплуатацию новых смазочных масел для авиационных ГТД, а также совершенствование существующих масел проводились одновременно с развитием отечественного двигателестроения. Основной ассортимент и эволюция по поколениям развития отечественных смазочных масел для ГТД приведены на рис. 2. Отметим, что в нашей стране используются отечественные авиационные масла лишь II поколения, в то время как за рубежом массовая эксплуатация авиатехники осуществляется на маслах III поколения.

Основным требованием, предъявляемым к первым смазочным маслам для авиационных ГТД, было требование к их температуре застывания для обеспечения работы двигателя при низких температурах окружающей среды. В связи с этим в первых отечественных авиационных ГТД применялись маловязкие минеральные масла, обладающие невысокими эксплуатационными свойствами, предназначенные для других видов техники (типа трансформаторного или веретенного масла).

МК-8, МК-8П и МК-6 - одни из первых смазочных масел, разработанные специально для авиационных ГТД. Эти масла выработались из малосернистых низкопарафинистых нефтей с применением устаревшего метода кислотного-щелочной очистки. Масло МК-8П обладало повышенными эксплуатационными характеристиками благодаря комплексу присадок различного функционального назначения (антиокислительные, противоизносные, антикоррозионные). Масло МК-6 узкого фракционного состава обладало, по сравнению с маслом МК-8, лучшими низкотемпературными свойствами. В настоящее время эти масла уже не производятся.

В 60-70 гг. XX века были разработаны и допущены к применению минеральные масла селективной очистки МК-6, МК-8, МК-8П и МК-8РК. Масло МК-8П предназначено для применения в авиационных ТРД с температурой масла на выходе из двигателя до 150 °С, и широко используется в ТРД старых выпусков гражданской и военной авиации, а также в составе маслосмесей с маслом МК-20 в ТВД типа АИ-20, АИ-24, НК-12МВ(МА). Масло МК-8 РК равноценно маслу МК-8П по эксплуатационным показателям и значительно превосходит его по консервационным свойствам.

В связи с ростом теплонапряженности авиационных ГТД уже в начале 60-х годов возникла необходимость применения более термостабильных масел. Из большого класса химических соединений предпочтение было отдано сложным эфирам моноспиртов

и двухосновных кислот, а также эфирам многоатомных спиртов и синтетических жирных кислот (СЖК) [4, 5, 6]. В результате на основе смеси эфиров диэтиленгликоля, пентаэритрита и СЖК фракции С5-С9 было разработано масло 36/1, содержащее параоксидифениламин в качестве антиокислительной присадки. Позже на основе этого масла был создан ряд масел: 36/1К, 36/1Ку и 36/1Ку-А. В состав указанных масел для улучшения смазывающей способности вводили противозадирную присадку 2-меркаптобензотиазол ("каптакс"). Наличие в маслах присадки "каптакс" обусловило ряд недостатков. Во-первых, в процессе работы двигателя при повышенных температурах "каптакс" окисляется кислородом воздуха, а образующийся при этом 2,2-дитиобисбензотиазол ("альтакс"), обладающий низкой растворимостью в масле, при низких температурах выпадает в осадок. Во-вторых, масла с "каптаксом" обладают высокой коррозионной агрессивностью по отношению к цветным металлам и магниевым сплавам. В-третьих, "каптакс" снижает термоокислительную стабильность масел.

В 60-х годах на основе сложных эфиров диоктилсебацата было разработано и допущено к применению на авиатехнике масло ВНИИНП-50-1-4ф, превосходящее масло 36/1 по эксплуатационным характеристикам. В конце 70-х годов введением в состав ВНИИНП-50-1-4ф модернизированного комплекса присадок были улучшены эксплуатационные свойства этого масла; обновлённой улучшенной композиции была присвоена марка ВНИИНП 50-1-4у. Это масло предназначено для теплонапряженных ТРД и работоспособно при температуре 200 °С (кратковременно при 225 °С). Применению масла ВНИИНП 50-1-4у препятствует дефицит исходного сырья - себаценовой кислоты, производимой за рубежом из основ растительного происхождения.

В конце 70-х годов на основе эфиров пентаэритрита и СЖК с использованием комплекса различных присадок с добавлением органосилоксановой жидкости было разработано масло ПТС-225, предназначенное для теплонапряженных ГТД. Масло ПТС-225, прошедшее стендовые и летные испытания в конце 80-х годов, было допущено к применению в авиационных ГТД, оно обладало повышенной термоокислительной стабильностью, высокими смазывающими и вязкостно-температурными свойствами. В 2003 г. масло ПТС-225, изготовленное на импортной основе, не выдержало испытаний в ЦИАМ им. П.И. Баранова и в настоящее время не производится.

С середины 70-х годов масло ИПМ-10 становится основной, наиболее широко применяемой, маркой масел в теплонапряженных ГТД военной и гражданской авиации с максимальной рабочей температурой до 200 °С; также оно было допущено для консервации топливных систем ГТД со сроком хранения до 10 лет. Данное масло обладает малой коррозионной агрессивностью по отношению к конструкционным материалам, хорошей вязкостно-температурной характеристикой и ТОС. С 1999 г. масло ИПМ-10 вырабатывается на основе поли- α -олефиновых углеводородов (ПАО) зарубежного производства. К недостатку масла ИПМ-10 относят его чувствительность к перегреву в горячих узлах двигателей, вызывающую образование повышенных количеств отложений в маслосистемах изделий.

Деформация экономических связей после распада СССР пагубно отразилась на производстве авиационных масел. Критическая ситуация сложилась с обеспечением авиационной техники маслами для теплонапряженных двигателей. Так, производство ИПМ-10 с 1978 г. по 1993 г. осуществлялось из основы ИПМА-10, производимой на Новокуйбышевском НПЗ гидроизомеризацией жидких парафинов. В 1991 г. блоки установок гидроизомеризации и депарафинизации были признаны экологически опасными и демонтированы. Большие надежды возлагались на строительство маслоблока КМ-3 на Волгоградском НПЗ (ныне ООО "ЛУКОЙЛ Волгограднефтепереработка"), однако принятые меры по возобновлению производства ИПМ-10 положительных результатов не дали. Проблема обеспечения сырьем производства масла ИПМ-10 была решена только в 1998 г. путем закупки компонентов масла за рубежом. Комплекс присадок в масле ИПМ-10 также усовершенствован для обеспечения требуемых эксплуатационных свойств. Модернизи-

рованное масло ИГМ-10 на новой основе, как и раньше, работоспособно при 200 °С и, кратковременно, при 215...220 °С.

К смазочным маслам для турбовинтовых двигателей (ТВД) предъявляются несколько иные требования, чем к маслам для ТРД. Большая передаваемая мощность авиационных редукторов ТВД в сочетании с их небольшими массой и габаритами приводит к ужесточению условий работы пар трения, росту тепловой и динамической напряженности деталей двигателя. Шестерни редукторов работают в условиях высоких контактных нагрузок, и прочность масляных плёнок маловязких авиационных масел, пригодных для смазки опор ТРД, в данных условиях оказывается недостаточной [2].

Противоречия в требованиях к качеству смазочных масел, которые должны сочетать высокую смазывающую способность с хорошей вязкостно-температурной характеристикой, привели к необходимости применения для смазки ТВД, имеющих общую маслосистему с редуктором винта, смеси из маловязких минеральных масел с высоковязкими остаточными маслами. В настоящее время в ТВД применяют маслосмеси СМ-4,5 (75 % МС-8П + 25 % МС-20), СМ-8 (50 % МС-8П + 50 % МС-20) и СМ-11,5 (25 % МС-8П + 75 % МС-20).

Маслосмеси долгие годы применялись при эксплуатации ТВД. При этом вместо масла МС-8П использовались и другие маловязкие масла: МС-8, МК-6, МС-6, трансформаторное ТК. Следует отметить, что маслосмеси в целом обладают невысокими эксплуатационными свойствами. Они не обеспечивают запуск изделий в зимнее время без подогрева, готовятся на месте без достаточного контроля качества и обладают невысокой термоокислительной стабильностью. При эксплуатации двигателей типа АИ-20 на маслосмеси СМ-4,5 отмечалось образование значительного количества отложений продуктов окисления в маслосистеме; при наработке двигателей более 2000 ч часто происходило коксование отверстий форсуночных колец опоры турбины, что приводило к досрочным съемам двигателей с крыла.

С целью создания единого масла взамен применяемых маслосмесей в середине 60-х годов были разработаны загущенные масла: минеральное масло МН-7,5, содержащее комплекс присадок, и синтетическое масло ВНИИНП-7 на основе загущенного октолом диэтилоксидсебацата. В качестве основы масла МН-7,5 использовалось масло МС-6. Вязкость масел МН-7,5 и ВНИИНП-7 при 100 °С составляла 7,5 мм²/с. По данным лабораторных исследований, масла МН-7,5 и ВНИИНП-7 существенно превосходили применяемые маслосмеси по основным физико-химическим и эксплуатационным показателям (ТОС, смазывающей способности и низкотемпературным свойствам). Однако при испытаниях масла МН-7,5 в эксплуатирующих организациях гражданской авиации отмечался значительный рост вязкости масла, особенно в двигателях АИ-24, а также (при эксплуатации двигателей АИ-20 в южных районах) повышенное осадкообразование и, как следствие, появление смолоподобных отложений на фильтрах линии откачки масла из опор турбины и лобового картера.

В 1973 г. были начаты работы по созданию улучшенного масла, обладающего по сравнению с МН-7,5 более высокой ТОС и меньшей испаряемостью. В 1975 г. было разработано усовершенствованное масло МН-7,5у, однако в ходе испытаний и последующей эксплуатации двигателей НК-12МВ с использованием масла МН-7,5у отмечалось существенное снижение его вязкости при ра-

боте (до 6,4 мм²/с) вследствие механической деструкции загущающей полимерной присадки. При эксплуатации же двигателей АИ-24 был отмечен, наоборот, существенный рост вязкости масла, приводящий к ухудшению его низкотемпературных свойств. Кроме того, существенным недостатком масла МН-7,5у являлся его повышенный уровень токсичности (3 класс) вследствие использования хлорсодержащей присадки "Совол". К началу 90-х годов производство масла МН-7,5у было остановлено из-за прекращения производства его основы (установка в ОАО "Новоуфимский НПЗ" была демонтирована ввиду износа) и противозадирной присадки "Совол" (производство прекращено по экологической причине).

Анализ сырьевой и производственной базы России показал, что восстановление масла МН-7,5у старого состава не перспективно. Гражданская авиация имеет большой опыт применения зарубежных масел Turbonycoil 98 (Castrol 98), выпускаемых по спецификации DEF STAN 91-98 (Великобритания) для двигателей прямой реакции. В связи с этим была поставлена задача разработать новое унифицированное масло взамен МН-7,5у, которое сможет быть использовано как в ТВД, ТВВД самолетов, так и ТВаД и редукторах вертолетов.

Масло КА-7,5 (производства ООО "Квалитет-Авиа") было разработано 2006 г. и в настоящее время проходит контрольно-лётные испытания. В отличие от масла МН-7,5у, в состав нового масла КА-7,5 не входит токсичная присадка "Совол". По ТОС новое масло КА-7,5 превосходит отечественные и некоторые зарубежные аналоги (рис. 3). Токсикологические свойства КА-7,5 по классификации вредных веществ согласно ГОСТ 12.1.007 соответствуют 4-му классу опасности.

Рассмотрим масла для ГД и редукторов вертолётов.

Силовые установки вертолётов имеют, как правило, две отдельные маслосистемы: для турбокомпрессорной части и для редуктора. Для смазки турбокомпрессорной части могут применяться те же марки масел, что и для смазки ТРД. При этом имеют место те же тенденции развития, что и для турбореактивных двигателей: рост их теплонапряженности, повышение температуры контактирующих с маслом деталей двигателя и рабочих температур масла, необходимость применения более термостабильных масел [7].

Требования к маслам для редукторов вертолётов примерно те же, что и к маслам для ТВД. Для обеспечения надёжной смазки шестерен редукторов ТВД требуются масла с большей вязкостью и, как следствие, обладающие большей несущей способностью.

Наличие двух отдельных маслосистем предопределило и два различных подхода к обеспечению смазки силовых установок вертолётов, а именно: либо применение различных марок масел для турбокомпрессорной части и редуктора, либо, наоборот, использование единой марки масла.

В двигателях Д-136 вертолёт Ми-26, например, применяют масла ИМП-10 и ВНИИНП 50-1-4ф(у), а в редукторе - масло Б-3В (ЛЗ-240). Двигатели Д-25В вертолётов Ми-6 и Ми-10 эксплуатируются на маловязких маслах типа МС-8п. В редукторах Р-7 этих вертолётов в летнее время применяют маслосмесь СМ-11,5, а в зимнее - СМ-8. При использовании указанных смесей в редукторах вертолётов имеют место те же проблемы, что и при использовании маслосмесей в ТВД.

В силовых установках вертолётов Ми-2 и Ми-8 для смазки двигателя в течение многих лет применяют синтетическое масло Б-3В, созданное на основе сложных эфиров пентаэритрита и синтетических жирных кислот фракции С5-С9 [4, 5]. Масло Б-3В содержит в своём составе антиокислительную (параоксидифиниламин) и противозадирную (2-меркаптобензтиазол) присадки, обладает высокой несущей способностью. Существенным недостатком масла Б-3В является склонность к образованию осадков (подобно маслам 36/1К, 36/1Ку и 36/1Ку-А) вследствие окисления противозадирной присадки, особенно в зимнее время. Это масло термостабильно до 200 °С, однако высокая коррозионная агрессивность его к ряду конструкционных материалов (медные и магниевые и др. сплавы) при повышенных темпе-



Рис. 3. Сравнение эксплуатационных свойств масла КА-7,5 и отечественных и зарубежных аналогов

ратурах ограничивает температурные пределы его применения. Область применения: ТВД самолетов, ТВД вертолетов всех типов и редукторы вертолетов типа МИ-8, с рабочей температурой до +200 °С.

Работы по устранению отмеченных недостатков масла Б-3В привели к созданию масла ЛЗ-240 на той же основе, что и Б-3В, обладающее меньшей коррозионной агрессивностью и не содержащее присадки "каптакс". По остальным показателям масла ЛЗ-240 и Б-3В близки. На основании положительных результатов испытаний как в стендовых условиях, так и в эксплуатации масло ЛЗ-240 допущено к применению в изделиях авиатехники наравне с маслом Б-3В.

Необходимость разработки новых авиационных масел была вызвана рядом причин, среди которых:

- неудовлетворительное качество современных товарных смазочных масел для авиационных ГТД;
- отсутствие товарных масел, работоспособных при температуре 225 °С и выше;
- отсутствие масел на основе сырья российского производства.

Ключевая проблема производства синтетических масел - это проблема обеспечения сырьевой базой. В настоящее время все синтетические масла для авиационных ГТД вырабатываются на синтетических основах зарубежного производства (для ВНИИ НП 50-1-4У и ВНИИ НП 50-1-4Ф основы готовятся в России из сырья зарубежного производства).

В РФ, как уже отмечалось, отсутствуют высокотермостабильные товарные масла III поколения для теплонапряженных ГТД, работоспособные при температуре 225 °С и выше, в то время как за рубежом такие масла широко используют при эксплуатации авиатехники.

К тому же, в России сложилась ситуация, когда под одним наименованием производятся масла с разными рецептурами. Так, например, имеются четыре предприятия, которые производят масло марки Б-3В по ТУ 38.101295-85 (ЗАО "Завод им. Шаумяна", ЗАО "НК Авиасинтез", ОАО "Московский Нефтемаслозавод", ОАО "Уфанефтехим"), однако, по разным рецептурам. При этом эксплуатантам авиатехники в обязательном порядке необходимо отслеживать, каким производителем изготовлено данное масло, и имеет ли оно допуск к применению на авиатехнике, не допуская в эксплуатации смешения масел одной марки, но от разных производителей.

Для обеспечения современных и перспективных ГТД летательных аппаратов высококачественными отечественными смазочными материалами в НИИСУ совместно с ЦИАМ им. П.И. Баранова и при участии ВНИИ НП, 25ГосНИИ Минобороны и ГосНИИГА новые высокотермостабильные масла АСМО-200, ВАСМО-225 и ВТ-301М.

Масло АСМО-200 работоспособно до 200 °С и предназначено для авиационных ТВД, ТВД, ГТД и редукторов вертолетов взамен масла Б-3В. К преимуществам нового масла относится отсутствие выпадения "альтакса", улучшенная ТОС, отсутствие коррозии на меди, низкое осадкообразование, высокие трибологические характеристики (рис. 4).

Исследования масла АСМО-200 в объеме программы квалификационных испытаний в ЦИАМ им. П.И. Баранова показали, что по трибологическим свойствам (метод ЧШМ по ГОСТ 9490) масло АСМО-200 превосходит зарубежные масла ASTO 500, BPTO 2380, Ascender и др. (рис. 4). По сравнению с Б-3В масло АСМО-200 имеет преимущество по ТОС (по ГОСТ 23797) при 200 °С. Кроме этого, масло АСМО-200 было испытано на соответствие зарубежным спецификациям. По основным показателям это масло удовлетворяет требованиям спецификаций MIL-PRF-23699/F STD и MIL-PRF-23699/F HTS, за исключением требований к ТОС по FED-STD-791-5308. По стойкости к коксообразованию данное масло эквивалентно маслам группы STD, но уступает маслам группы HTS, например, маслу Turbonucol 640 [8].

Новое высокотемпературное масло ВАСМО-225 обладает высокими эксплуатационными свойствами, длительно работоспособно при температурах 220...240 °С, превосходит масла-аналоги ИПМ-10 и ПТС-225 по термоокислительной стабильности при

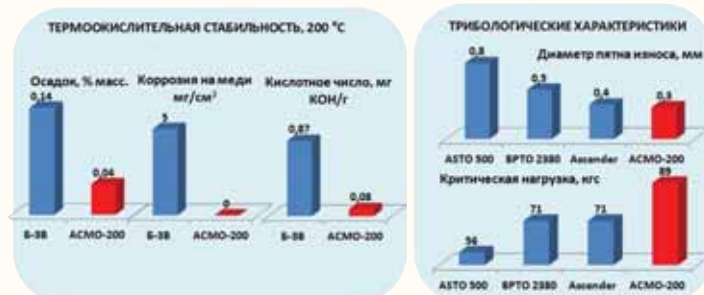


Рис. 4. Сравнение эксплуатационных свойств АСМО-200 с отечественными и зарубежными маслами - аналогами.

225 °С, а также отечественные и некоторые зарубежные аналоги по трибологическим показателям на ЧШМ по ГОСТ 9490 (рис. 5). Масло ВАСМО-225 отвечает основным требованиям зарубежной спецификации MIL-PRF-7808, за исключением требований ТОС, а также вязкости при низкой температуре. При массовом производстве масло ВАСМО-225, являющееся маслом III поколения, может стать унифицированным для большинства теплонапряженных ТРД, ТВД, ГТД и редукторов вертолетов.

Масло ВТ-301 на основе кремнийорганической жидкости применяется для работы в высокотеплонапряженных специальных ТРД с рабочей температурой до 250 °С с 80-х годов. [9, 10, 11]. В 2011 г. введение в состав этого масла антиокислительной присадки нового поколения обеспечило повышение максимальной рабочей температуры до 280 °С без снижения других эксплуатационных характеристик. Модернизированное масло относится к маслам IV поколения и получило наименование ВТ-301М.

За помощь в подготовке статьи авторы выражают благодарность сотрудникам ЦИАМ: В.М. Ежову и А.А. Молоканову

Литература

1. Яновский Л.С., Дубовкин Н.Ф., Галимов Ф.М. и др. Инженерные основы авиационной химмотологии. - Казань: Изд. Казанск. ун-та, 2005. - 714 с.
2. Яновский Л.С., Ежов В.М., Молоканов А.А. Методология допуска авиационных масел к применению на авиатехнике в России и за рубежом // Двигатель. - № 2. - 2012. - С. 20-22.
3. Киришев Е.Л., Попов В.Г., Яновский Л.С. Влияние качества горюче-смазочных материалов на работоспособность авиационных газотурбинных двигателей. - М.: МАТИ, 2008. - 102 с.
4. Харт А.В., Гундерсон Р.С. Синтетические смазочные материалы и жидкости. - Л.: Химия, 1965. - 385 с.
5. Динцес А.И., Дружинина А.В. Синтетические смазочные масла. - М.: Гостоптехиздат, 1958. - 350 с.
6. Мамедьяров М.А. Химия синтетических масел. - Л.: Химия, 1989. - 236 с.
7. Хурумова А.Ф. Вертолетные масла. Обзорная информация. - М.: ЦНИИТЭнефтехим. - 1992. - №2. - 56 с.
8. Виппер А.Б., Виленкин А.В., Гайснер Д.А. Зарубежные масла и присадки. - М.: Химия, 1981. - 192 с.
9. Соболевский М.В., Муззовская О.А., Попелева Г.С. Свойства и области применения кремнийорганических продуктов. - М.: Химия, 1975. - 279 с.
10. Харитонов Н.П., Островский В.В. Термическая и термоокислительная деструкция полиорганосилоксанов. - Л.: Наука, 1982. - 208 с.
11. Соболевский М.В., Скороходов И.И., Гриневич К.П. Органосилоксаны. Свойства, получение, применение. - М.: Химия, 1985. - 264 с.



Рис. 5. Сравнение ВАСМО-225 с отечественными и зарубежными маслами-аналогами

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ТУРБИНЫ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ТРДД



ГНЦ ГРУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова":

Юрий Александрович Эзрохи, начальник сектора, к.т.н.
Сергей Валентинович Харьковский, начальник отдела, к.т.н.

Рассматривается адаптивная система охлаждения турбины низкого давления двухконтурного турбореактивного двигателя, которая позволяет сочетать преимущества известных технических решений, реализованных в серийных авиационных ГТД, исключая при этом свойственные им недостатки. На примере ТРДДФсм с параметрами двигателя 4 поколения проведен анализ возможного положительного эффекта от применения рассмотренной адаптивной системы. The adaptive cooling system of low pressure turbine for turbofan engine, which allows to combine advantages of the known technical decisions realised in serial aviation engines, having excluded thus lacks peculiar to them is considered. On example of 4th generation of turbofan engine the analysis of a possible positive effect from application of the considered adaptive system is carried out.

Ключевые слова: турбореактивный двигатель, тяга, удельный расход топлива, турбина низкого давления, система охлаждения, частота вращения.

Keywords: a turbofan engine, thrust, specific fuel consumption, the low pressure turbine, cooling system, frequency of rotation.

Тенденция развития современных газотурбинных двигателей связана с повышением основных параметров его рабочего процесса и, в первую очередь, температуры газа перед турбиной. В связи с этим актуальность вопросов обеспечения работоспособности узлов высокотемпературных турбореактивных двигателей постоянно возрастает.

Для охлаждения горячих частей авиационных ГТД используют охлаждающий воздух, обладающий более низкой по сравнению с элементами конструкции температурой и более высоким по сравнению с местом его выдува давлением; таким образом, обеспечивается необходимый уровень температуры и перепада давления в системе охлаждения.

В практике авиадвигателестроения широко используются системы охлаждения (СО) лопаток рабочих колес и сопловых аппаратов турбины двухконтурного двигателя, в основном, с двумя принципиальными схемами отбора охлаждающего воздуха: из проточной части компрессора высокого давления (КВД) или из канала наружного контура.

В первом случае [1, 2] охлаждающий воздух из КВД с параметрами, соответствующими месту отбора, поступает в систему каналов, обеспечивающую его транспортировку к месту подачи в проточной части турбины. В связи с тем, что часть охлаждающего воздуха поступает в проточную часть турбины, минуя ее первые ступени и поэтому не "работает" на ее ступенях, расположенных выше по потоку, не весь расход рабочего тела, сжатого в компрессоре, в полной мере принимает участие в процессе расширения и, соответственно, выработке мощности турбины. Очевидно, что в наибольшей степени это относится к расходу воздуха, охлаждающего элементы последних ступеней турбины - турбины низкого давления (ТНД). Это обстоятельство приводит к относительному повышению степени расширения газа в турбине, соответственно уменьшению располагаемого перепада на реактивном сопле и, как следствие, снижению удельной тяги двигателя и его экономичности.

Недостаток такой системы охлаждения состоит в том, что ее применение снижает эффективность двигателя (на максимальных режимах уменьшается удельная тяга, на крейсерских режимах работы возрастает удельный расход топлива). Оценочно можно считать, что каждый процент расхода воздуха, охлаждающего лопатки ТНД и отобранного из последней ступени КВД, может привести к потерям мощности или снижению эффективного коэффициента полезного действия турбины примерно на ту же величину.

В СО турбины турбореактивного двухконтурного двигателя второй схемы для охлаждения лопаток ТНД используется воздух, отбираемый из канала наружного контура [3]. Применение такой схемы охлаждения позволяет "экономить" на сжати этой части охлаждающего воздуха, что эквивалентно соответствующему повышению КПД турбины. Эффективность такой схемы охлаждения в

значительной степени связана с обеспечением необходимого уровня перепада давления от места отбора охлаждающего воздуха до места его выпуска в проточную часть турбины.

Следует иметь в виду, что для двухконтурного турбореактивного двигателя со смешением потоков (ТРДДсм) на режимах работы, близких к взлетному режиму (или термодинамически подобным режимам), оптимальное с точки зрения эффективности двигателя (например, максимального значения удельной тяги двигателя) соотношение полных давлений в канале наружного контура и на выходе из турбины низкого давления близко к единице ($P_{II}^*/P_I^* \approx 1$). Такого перепада давлений с учетом возможных потерь в подводящих каналах и патрубках обычно бывает недостаточно для реализации эффективного охлаждения элементов ТНД, в частности, ее рабочей лопатки. Применение всякого рода подкачивающих устройств и приспособлений с достаточно низкими показателями эффективности также не всегда позволяют обеспечить необходимый перепад давления охлаждающего воздуха для его надежной подачи к месту выпуска в проточную часть турбины. Поэтому недостаток применения такой системы на режимах работы двигателя, близких к взлетным, связан с возможным снижением эффективности охлаждения вследствие недостаточного избыточного давления воздуха, отобранного из канала наружного контура.

Приведенные выше и широко применяемые в настоящее время оба варианта выполнения систем охлаждения турбины приводят к снижению эффективности двигателя на различных режимах. В связи с этим, была сделана попытка разработать адаптивную систему охлаждения турбины низкого давления (АСО ТНД) ТРДДсм, позволяющую сочетать преимущества обоих вышеописанных вариантов, исключив при этом свойственные им недостатки.

Предлагаемая АСО ТНД [4] представляет собой комбинированную систему охлаждения, включающую два подводящих канала из различных мест отбора: из проточной части КВД (за промежуточной или последней его ступенью) и из канала наружного контура. Подключение того или иного подводящего канала производится исполнительным элементом (клапаном) системы автоматического управления (САУ) по сигналам датчика частоты вращения вала низкого давления лнд и датчика температуры воздуха на входе в двигатель $T_{вх}^*$ в зависимости от величины приведенной частоты вращения компрессора низкого давления, характеризующей режим работы двигателя $n_{пр_нд} = n_{нд} \sqrt{288,15/T_{вх}^*}$.

При высоких значениях $n_{пр_нд}$ характерных для взлетного (или термодинамически подобного ему) режима, воздух поступает из КВД, обеспечивая необходимую эффективность охлаждения за счет достаточного перепада давления в СО. При этом отмеченные выше потери удельной тяги и экономичности, вследствие использования "более дорогого" охлаждающего воздуха, не оказывают существенного влияния на интегральные характеристики силовой установки (суммарный расход топлива и тягу двигателя).

Это объясняется незначительной продолжительностью взлетного режима на фоне всего полетного цикла, а также обычно имеющимся на этом режиме запасом по тяге.

При низких значениях приведенной частоты вращения $n_{пр_нд}$ характерных как для максимальных режимов на больших скоростях полета, так и для крейсерских дозвуковых режимов, когда от двигателя требуется максимальная эффективность или экономичность, в систему охлаждения ТНД поступает "более дешевый" охлаждающий воздух из канала наружного контура. Это становится возможным вследствие свойственному для ТРДДсм на таких режимах росту отношения полных давлений в камере смешения $P_{II}/P_I^* > 1$, что обеспечивает необходимый для эффективного охлаждения перепад давлений.

Пример возможной конструкторской реализации предлагаемой АСО ТНД представлен в упомянутом выше патенте.

Анализ возможного положительного эффекта от применения рассматриваемой адаптивной системы охлаждения ТНД проведен на примере ТРДДФсм с параметрами двигателя 4 поколения, у которого характерный уровень температуры газа перед турбиной $T_r^* \approx 1600$ К и отбор на охлаждение ступени ТНД составляет около 4 % от расхода воздуха на входе в КВД.

Результаты расчетных оценок, проведенных для дозвуковых крейсерских режимов и режимов максимальной скорости полета, когда АСО ТНД работает на "более дешевом" воздухе из наружного контура, показали следующее:

- на крейсерских режимах оказывается возможным повысить экономичность двигателя на 1,2...1,5 %;
- на режимах максимальной скорости полета - повысить тягу двигателя при полете у земли на ~ 3,2 % и при полете на максимальной высоте на ~ 4 %, при этом удельный расход топлива снижается на 0,7...1,1 %.

Приведенные здесь численные значения относятся к варианту СО ТНД с выдувом охлаждающего сопловой аппарат воздуха в проточную часть перед рабочим колесом. При схеме без выпуска охлаждающего СА ТНД воздуха в проточную часть ожидаемый положительный эффект может увеличиться примерно вдвое. **П**

Литература

1. Конструкция турбокомпрессора ТРДДФ, Изд-во МАИ, Москва, 1996 г.
2. Иноземцев А.А., Сандрацкий В.Л. Газотурбинные двигатели. ОАО "Авиадвигатель", Пермь, 2006г.
3. Турбореактивный двухконтурный двигатель с форсажной камерой АЛ-31Ф. Учебное пособие, изд-во ВВИА им Н.Е.Жуковского, Москва, 1987 г.
4. Мухин А.А., Харьковский С.В., Цховребов М.М., Эзрохи Ю.А. Система охлаждения последней ступени осевой турбины низкого давления турбореактивного двухконтурного двигателя. Патент №115011 (Гос. регистрация 20.04.12).

Связь с автором: kharkovski@ciam.ru

ИНФОРМАЦИЯ

ДВИГАТЕЛЬ-ДЕМОНСТРАТОР ТЕХНОЛОГИЙ ПД-14 СДАЛ ПЕРВЫЙ ЭКЗАМЕН

В начале сентября специалисты пермского конструкторского бюро "Авиадвигатель" успешно завершили испытания двигателя-демонстратора технологий - прообраза базового ПД-14, создаваемого для самолетов семейства МС-21. Запланированная программа испытаний выполнена в полном объеме.

За последние четверть века стало ощутимо отставание российского авиационного двигателестроения в освоении передовых технологий проектирования, новых методов конструирования авиационных двигателей, создании новых материалов и разработке технологий изготовления их деталей и узлов.

В рамках реализации Федеральной целевой программы "Развитие гражданской авиационной техники России на 2002-2010 годы и на период до 2015 года" ОАО "Авиадвигатель" как главному разработчику перспективного семейства двигателей необходимо в сжатые сроки ликвидировать это отставание и выполнить работу по созданию отечественного двигателя для ближне-среднемагистральных самолетов МС-21.

Созданию двигателя-демонстратора технологий предшествовали следующие подготовительные этапы:

- разработка конструкторской и технологической документации;
- подготовка производства, испытательных стендов и лабораторий;
- проведение многочисленных испытаний и предварительная доводка каждого узла двигателя в отдельности;
- сборка и испытание газогенератора - сердца авиационного двигателя.

Все перечисленные работы были завершены в срок благодаря широкой кооперации двигателестроительных предприятий России, точному расчету возможностей производства, жесткому контролю выполнения и оперативной реакции на непредвиденные обстоятельства. Принимая во внимание чрезвычайную сложность поставленной задачи и масштаб проекта, впервые в истории отечественного двигателестроения к работе были привлечены практически все двигателестроительные предприятия России и отраслевые институты.

Специалисты "Авиадвигателя" постоянно контролировали изготовление деталей и узлов, выезжая на предприятия кооперации, проводили регулярные совещания с ними в режиме видео-конференц-связи, решали проблемные вопросы производства и приемки изделий в режиме online. Каждый из участников кооперации обладает установленными технологиями изготовления и контроля деталей, своим составом технологического оборудования, организационной и нормативной документацией. Все это потребовало от специалистов КБ больших усилий для интеграции и синхронизации технологий и стандартов производства.

Параллельно с изготовлением двигателя реконструированы и переоснащены открытый и закрытый испытательные стенды. Испытания нового двигателя прошли в соответствии с действующими требованиями, с применением самых современных измерительных и регистрирующих систем, позволяющих контролировать ход проведения испытаний в режиме реального времени как в кабине наблюдения, так и дистанционно, на

рабочих местах инженеров-испытателей.

Конструкция перспективного двигателя совершенно новая, она значительно отличается от предыдущих разработок пермского КБ. Поэтому потребовалась совершенно иная, уникальная технология сборки двигателя. Дополнительные трудности в сборочный процесс вносило наличие огромного количества препарирования: всего было установлено около 2000 специальных замеров. Тем не менее, несмотря на все трудности, двигатель был собран в установленные сроки и успешно прошел испытания. Подтверждена работоспособность деталей и узлов, в том числе изготовленных с применением "критических технологий" ("пустотелая" титановая рабочая лопатка вентилятора, лопатки турбины из монокристаллических суперсплавов и интерметаллидов, моноколеса компрессора и др.). Параметры двигателя соответствуют математической модели. **П**



ВИБРОАКТИВНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ БИРОТАТИВНОГО ВИНТОВЕНТИЛЯТОРА ТВВД СВЕРХБОЛЬШОЙ СТЕПЕНИ ДВУХКОНТУРНОСТИ ПРИ НЕРАСЧЕТНОЙ РАСКРУТКЕ ЗАДНЕГО ВИНТА

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

Проанализированы особенности изменения составляющих колебаний элементов переднего колеса биротативного винтовентилятора с разновращающимися колесами в капоте при нерасчетном рассогласовании их частот вращения; обсуждены возможные механизмы генерации рассматриваемых колебаний и кратковременного повышения вибраций двигателя на переходных режимах его работы; показана приемлемость вибронегруженности всех обследованных элементов винтовентилятора в проверенной области рассогласования частот вращения его колес при работе в составе демонстрационного редукторного ТВВД сверхбольшой степени двухконтурности; выявлены области кинематического и аэродинамического возбуждения лопастей переднего винтовентилятора на указанных нерасчетных режимах.
The peculiarity of vibration components changing for the head wheel elements of shrouded birotary propfan was researched while propeller discs speed disorder occur; probable vibration generation mechanisms as well as a short engine vibration growth at unsteady engine mode are discussed; acceptability of vibration load for all inspected propfan elements under examined field of propeller discs speed disorder was shown while running as a part of developed high-bypass turbofan; engine mode areas for a head wheel fan vibration generation have been exposed as result of cinematic and aerodynamic effect.

Ключевые слова: турбовинтовентиляторный двигатель (ТВВД), винтовентилятор в капоте, лопасти, редуктор, комбинационные колебания, вибронегруженность, спектр, гармоника, амплитудная модуляция.

Key word: high-bypass turbofan, shrouded propfan, fan, blades, fan gearing, combinative oscillation, dynamic loading, spectrum, harmonic, amplitude modulation.

Биротативный винтовентилятор в капоте для большеразмерных (тягой 18...20 т с миделем 3 м) ТВВД редукторной схемы представляет собой сложную динамическую систему. Кинематическая схема двигателя позволяет достаточно большое рассогласование частот вращения разновращающихся колес винтовентилятора. Учитывая большой диаметр винтовентилятора (ВВ), наличие регулируемых поворотных лопастей и высоконагруженного дифференциального редуктора, динамические эффекты, возникающие при таком рассогласовании должны быть хорошо изучены. Частично указанная задача была уже рассмотрена в работе [1], в которой авторами проанализированы комбинационные колебания лопастей переднего колеса винтовентилятора с частотой, равной сумме частот вращения переднего (ПВ) и заднего (ЗВ) колес винтовентилятора. В работе, в частности, было показано, что превалирующим фактором возбуждения таких колебаний является окружающая неравномерность, вносимая задним винтом. При этом не исключалась и возможность кинематического возбуждения комбинационных колебаний лопастей ПВ на некоторых режимах за счет модуляционного взаимодействия роторных вибраций, вызываемых дисбалансами ПВ и ЗВ, осуществляемого через межвалыные подшипники узла винтовентилятора.

Цель настоящей работы - уточнение природы возбуждения всех значимых составляющих колебаний обследуемых элементов переднего колеса биротативного винтовентилятора и виброактивности узла ВВ в процессе нерасчетной раскрутки его заднего винта.

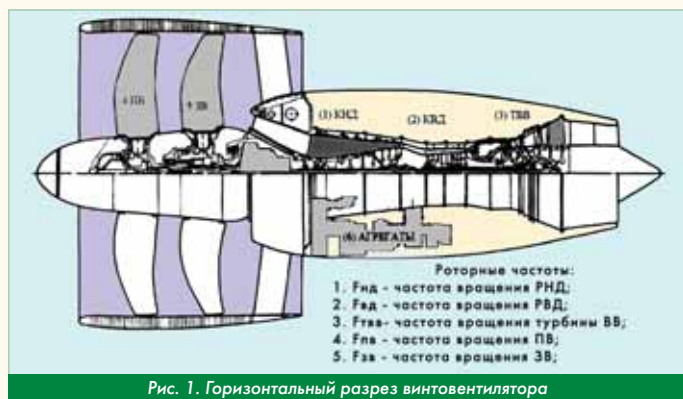


Рис. 1. Горизонтальный разрез винтовентилятора

Исследования базируются на материалах тензометрирования и вибрографирования полноразмерного демонстрационного двигателя на летающей лаборатории ЛИИ им. М.М. Громова [2].

При анализе материалов тензометрирования использовались замеры переменных напряжений, выполненные с помощью ограниченного числа тензодатчиков, наклеенных в представительных местах пера лопасти и у комля, а также на вале переднего колеса ВВ. Все указанные датчики были ориентированы для оценки преимущественно изгибных форм колебаний. Уровень переменных напряжений в обследуемых элементах винтовентилятора определялся по оцифрованным тензосигналам методом огибающей.

Вибрации двигателя оценивались в полосе роторных частот 10...380 Гц по СКЗ вибросигналов штатных замеров по оси Z в плоскостях опоры редуктора, передней опоры КНД и опоры турбины - $V_{ред} Z_{шт}$, $V_{по} Z_{шт}$, $V_{оп.т} Z_{шт}$ соответственно, а также по экспериментальным замерам по осям X и Y на редукторе ($V_{ред.x}$, $V_{ред.y}$) и по оси Y на передней опоре ($V_{по.y}$). При идентификации источников колебаний использовались методы спектрального анализа вибропроцессов с разрешением 1 Гц, цифровая фильтрация их узкополосных составляющих с разрешением 3 Гц, корреляционный анализ результатов обработки, диаграмма Кемпбелла и математические модели возбуждения колебаний в турбомашинах [1, 3].

Анализ выполнялся с помощью разработанного в ЛИИ программного-аппаратного комплекса, предусматривающего цифровую обработку объединенных баз данных о высокочастотной и сопровождающей низкочастотной информации при высокой степени автоматизации вторичной обработки вибропроцессов [4].

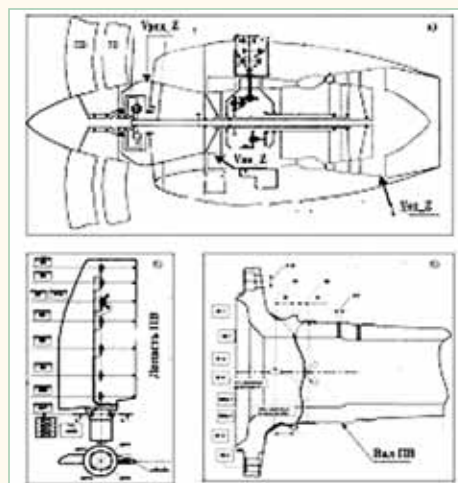


Рис. 2. Схема препарирования двигателя тензо- и вибродатчиками

Согласно ТУ на двигатель, максимальная расчетная частота вращения колес ВВ составляет 1720 об/мин, а допуск отклонения частот вращения переднего и заднего колес ВВ от величины, заданной программой регулирования, для установившихся режимов не должен превышать 6,2 об/мин (0,1 Гц).

Предметом настоящих исследований являются колебания винтовентилятора, возникающие при нерасчетной раскрутке заднего винта ($N_{зв} > |N_{пв}|$). Указанные колебания наблюдались на режиме малого газа (МГ) и в процессе перехода на режим 0,4 максимального полетного (0,4 МП) при величине рассогласования частот вращения переднего (ПВ) и заднего (ЗВ) колес ВВ в диапазоне 10...690 об/мин (0,16...11,5 Гц).

В спектрах вибропроцессов всех обследованных элементов переднего колеса винтовентилятора в процессе раскрутки заднего винта присутствовали составляющие колебаний с роторными частотами ПВ и ЗВ, с комбинационными частотами, равными сумме и разности роторных частот (условимся обозначать их ПВ+ЗВ и ЗВ-ПВ) а также с удвоенной роторной частотой 2ПВ.

Здесь и далее по тексту аббревиатура ПВ и ЗВ означает источник колебаний, а цифры (либо их отсутствие) - целочисленную кратность частоты соответствующих составляющих колебаний. Например, 1ПВ (ПВ) означает составляющую колебаний с частотой вращения переднего колеса ВВ, 2ПВ - составляющую с частотой второй кратности к роторной частоте ПВ, а 1ПВ+1ЗВ (ПВ+ЗВ) - составляющую с частотой, равной сумме частот вращения колес переднего и заднего ВВ.

Сложность идентификации вышеуказанных колебаний, заключается в том, что их одноименные составляющие могут иметь как аэродинамическую, так и кинематическую природу, каждая из которых допускает взаимное модулирующее воздействие [1].

При дефиците замеров в эксперименте (отсутствие данных о переменных напряжениях в элементах ЗВ, нет замера полей неравномерности за венцом ПВ) попробуем уточнить наши представления о природе колебаний анализом взаимного протекания различных составляющих этих колебаний в процессе раскрутки ЗВ.

Как можно видеть из рассмотрения рис. 3,д, максимальная виброн нагруженность (не более 1,0 кг/мм²) для составляющей первой роторной гармоники ПВ отмечена в вале. Виброн нагруженность комля и пера лопасти, как правило, существенно ниже, чем в вале, за исключением двух узких зон 1 и 2, соответствующих главным локальным минимумам нагружения в вале которое оказывается близким к локальным максимумам в лопасти и комле ПВ.

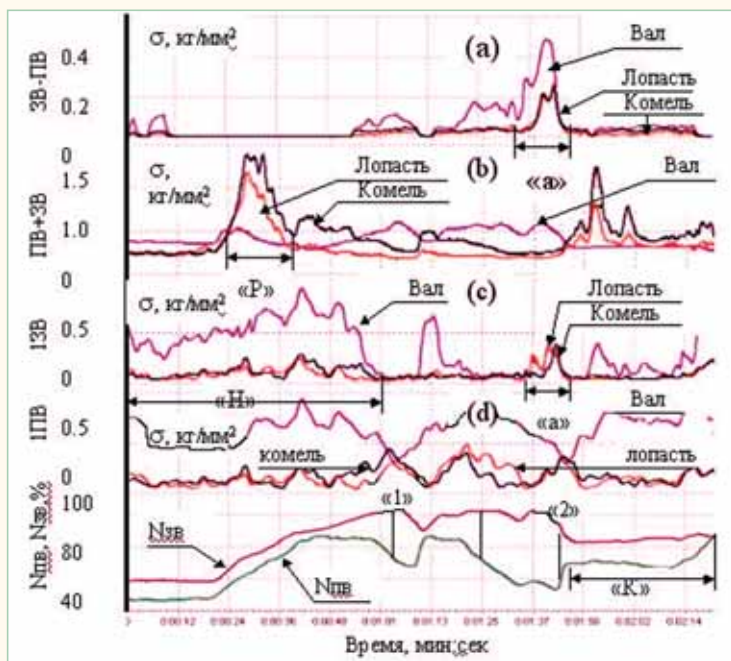


Рис. 3. Изменение по времени интенсивности составляющих ПВ, ЗВ, ПВ+ЗВ, ЗВ-ПВ для вала, комля и лопасти ПВ, а также частот вращения рабочих колес ПВ и ЗВ при раскрутке заднего винта

Первая из этих зон соответствует существенному рассогласованию частот вращения колес вблизи максимума этого рассогласования для его первого "всплеска", а вторая - окончанию более протяженного, второго "всплеска" при одной и той же величине рассогласования (20 % от диапазона изменения $N_{зв}$). Максимальные переменные напряжения в вале и лопасти при этом не превышали величины 0,5 кг/мм².

Примечательно, что еще один максимум нагруженности комля и лопасти при одновременном главном максимуме нагружения в вале, составляющим 1 кг/мм², соответствовал такой же величине рассогласования частот вращения ПВ и ЗВ.

Рис. 3,с иллюстрирует виброн нагруженность элементов ПВ, вызываемую дисбалансом заднего винта. Роторные колебания ЗВ передаются на элементы ПВ через вал ПВ, который вращается внутри заднего, обеспечивая их взаимную центровку и опору с помощью шарикового и роликового межвальных подшипников.

На начальном этапе раскрутки (зона "Н", $N_{зв} = 60...95\%$) эта нагруженность на частоте вращения ЗВ близка к нагруженности, вызываемой первой роторной гармоникой ПВ в той же зоне (рис. 3,д). Правее первого "всплеска" рассогласования прямое влияние дисбаланса ЗВ на динамическое нагружение ПВ значительно слабее. Оно проявляется в наличии нескольких локальных максимумов для вала и небольшой зоны "а", характеризующейся одновременным локальным максимумом для вала, лопасти и комля в конце второго "всплеска" рассогласования при максимальной виброн нагруженности не более 0,7 кг/мм² для вала и 0,4 кг/мм² для комля и лопасти и наличии достаточно протяженных зон с существенным рассогласованием частот вращения ПВ и ЗВ, в которых виброн нагруженность с частотой ЗВ на элементы ПВ практически не передается.

Совместное рассмотрение рисунков 3,б и 3,а, на которых представлены протекание по времени интенсивности комбинационных составляющих ПВ+ЗВ и ЗВ-ПВ для вала, лопасти и комля ПВ в процессе раскрутки заднего винта, позволяет идентифицировать природу этих колебаний на различных стадиях раскрутки.

В частности, превалирование нагруженности вала в течение обоих "всплесков" рассогласования для ПВ+ЗВ и ЗВ-ПВ позволяет объяснить происхождение этих колебаний за счет кинематического взаимодействия роторов ПВ и ЗВ через межвальные подшипники по схеме амплитудной модуляции [1], где в качестве носителя несущей частоты выступает более нагруженный задний винт

$$A_{пв} \cos 2 f_{пв} t \cdot A_{зв} \cos 2 A_{зв} t = 1/2 A_{зв} A_{пв} [\cos 2(f_{зв} - f_{пв})t + \cos 2(f_{зв} + f_{пв})t]. \quad (1)$$

Здесь $A_{зв}$ и $A_{пв}$ - амплитудные значения роторных вибраций соответственно для колес-носителей несущей частоты $f_{зв}$ и модулирующей $f_{пв}$ частот колебаний.

Именно этому соотношению удовлетворяют соответствующие частоты составляющих спектров, рассчитанных для переменных тензосигналов, на временных интервалах рис 3,б и 3,а, где виброн нагруженность вала превалирует (рис. 5).

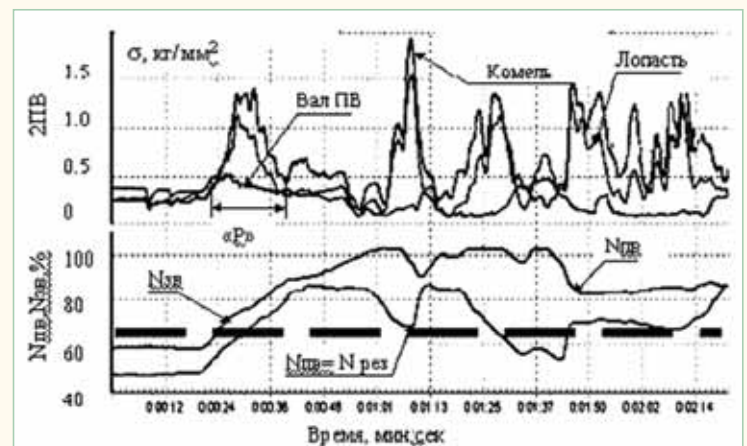


Рис. 4. Изменение по времени интенсивности составляющей 2ПВ для вала, комля и лопасти ПВ, а также частот вращения рабочих колес ПВ и ЗВ при раскрутке заднего винта

Выраженные максимумы вибронгруженности в комле и лопасти для ПВ+ЗВ при практически постоянных и малых уровнях нагружения вала в начале раскрутки (зона "Н") и после второго "всплеска" рассогласования (зона "К") очевидно имеют аэродинамическую природу. С большой вероятностью их можно отнести к вибрационному отклику на аэродинамическое воздействие вращающейся неравномерности параметров потока, создаваемой вращением заднего колеса ВВ [1]. При этом составляющая ЗВ-ПВ, как можно видеть из рассмотрения рис. 3,а, отсутствует.

Следует отметить значимый уровень составляющей переменных напряжений ПВ+ЗВ (до 1,9 и 1,75 кг/мм² для комля; 1,7 и 1,3 кг/мм² для лопасти соответственно в зоне "Р" и "К") при аэродинамическом возбуждении и существенно меньший уровень (не более 1,0 и 0,25 кг/мм² для комля и лопасти) при кинематическом. Переменные напряжения составляющей ЗВ-ПВ не превышали 0,6 кг/мм² для вала и 0,25 кг/мм² для комля и лопасти.

Как можно видеть из рассмотрения рис. 4, составляющая 2ПВ наиболее значима (до 1,9 и 1,55 кг/мм²) в комле и лопасти на режимах, соответствующих резонансу второй гармоники возбуждения. Обращает на себя внимание полное совпадение протекания интенсивности 2ПВ и ПВ+ЗВ (рис. 3,б и 4) в зоне "Р", что свидетельствует о совпадении частот составляющих 2ПВ и ПВ+ЗВ для комля и пера лопасти на режиме резонанса при $N_{\text{пв}} = N_{\text{рез}}$, а, следовательно, и о возможном векторном сложении указанных составляющих [1].

Из рис. 6 видно, в частности, совпадение интенсивности составляющих 2ПВ и ПВ+ЗВ и высокая корреляция суммарного тензосигнала с указанными составляющими при проходе через резонанс лопасти, вызываемой второй гармоникой возбуждения, в процессе перехода с режима МГ на 0,4 МП, сопровождавшемся раскруткой ЗВ.

Рассмотрим проявление виброактивности ВВ на статоре двигателя при нерасчетной раскрутке заднего винта. Особенности этого проявления иллюстрируется на рис. 7.

Видно, что максимальные вибрации отмечены для составляющих ПВ и ЗВ в зоне "Р", в которой наблюдаются максимальные переменные напряжения в комле и лопасти ПВ для составляющих 2ПВ и ПВ+ЗВ при совпадении их частот на режиме резонанса лопастей ПВ, вызываемого второй гармоникой возбуждения (рис. 3 и 4). Похожее протекание уровня роторных вибраций ПВ и ЗВ, практически с таким же максимальным забросом, отмечалось и при штатном переходе с режима МГ на 0,4 МП (рис. 8,а).

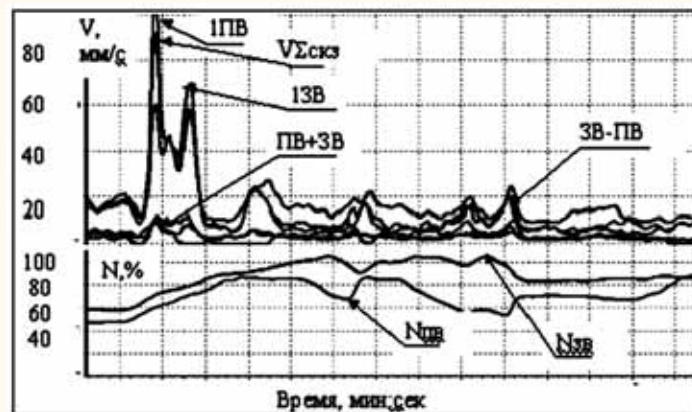


Рис. 7. Иллюстрация роли составляющих 1ПВ, 1ЗВ, 2ПВ, ЗВ-ПВ и ПВ+ЗВ в виброактивности винтовентилятора по замеру $V_{\text{ред}} Z_{\text{шт}}$ при раскрутке заднего винта

Повышенные вибрации на этом режиме нельзя объяснить реакцией роторной системы на загрузку винтов. При штатной работе затяжение обоих винтов в соответствии с программой регулирования происходило в эксперименте после спада вибраций, а в случае раскрутки заднего винта указанное затяжение имело место только для переднего винта, но также уже после спада вибраций.

Доминирование составляющих вибрации ПВ и ЗВ на указанных режимах отмечены только по оси Z при полном отсутствии подобного доминирования вибраций по осям Y и X (рис. 8,б). Поэтому повышенную виброактивность двигателя по оси Z можно отнести за счет резонансных колебаний двигателя относительно его узлов подвески в указанном направлении, как твердого тела.

Указанное явление проявлялось при всех проходах частот вращения ПВ и ЗВ в диапазоне $N_{\text{физ}} = 58,8...69\%$ (16,8...19,8 Гц) при прямой зависимости интенсивности вибраций от темпа изменения оборотов (чем больше темп, тем меньше вибрации) и небольшим смещении максимума вибраций при этом.

Максимум суммарных вибраций с небольшим превышением нормируемых значений по СКЗ в роторной полосе частот на режиме перехода от МГ к 0,4 МП, кратковременно отмечался, как при штатной работе программы регулирования, так и в условиях небольшого 68...69 % (19,7...20 Гц) нерасчетного рассогласования частот вращения ПВ и ЗВ. Сказанное иллюстрируется на рис. 7 и 8,а). Из их рассмотрения также видно, что все другие составляющие вибраций, включая и комбинационные, существенно меньше, чем составляющие ПВ и ЗВ. При этом в отличие от роторных деталей ВВ составляющая ЗВ-ПВ на статоре оказалась большей, чем ПВ+ЗВ, и отмечалась не только в зонах максимальных "всплесков" рассогласования, но и в зоне "Р". Максимальный уровень комбинационной составляющей ЗВ-ПВ не превышал величины 20 мм/с в зоне "а", которая оказалась чуть ниже уровня составляющей ПВ на этом режиме (рис. 7).

Обращает на себя внимание высокая корреляция между уровнями составляющих ПВ, ЗВ, ЗВ-ПВ и ПВ+ЗВ для вибросигнала на статоре двигателя при раскрутке ЗВ, что косвенно свидетельствует о кинематической природе возникновения комбинационных колебаний.

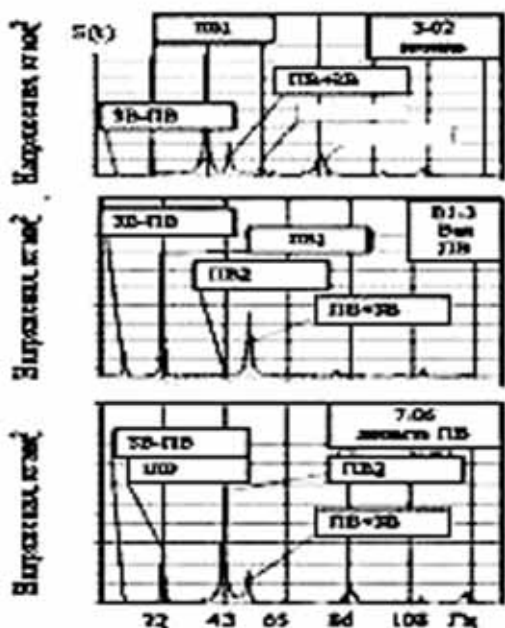


Рис. 5. Иллюстрация амплитудной модуляции колебаний по спектру тензосигнала вала, лопасти и комля ПВ ($N_{\text{пв}} = 75\%$, $N_{\text{зв}} = 102\%$)

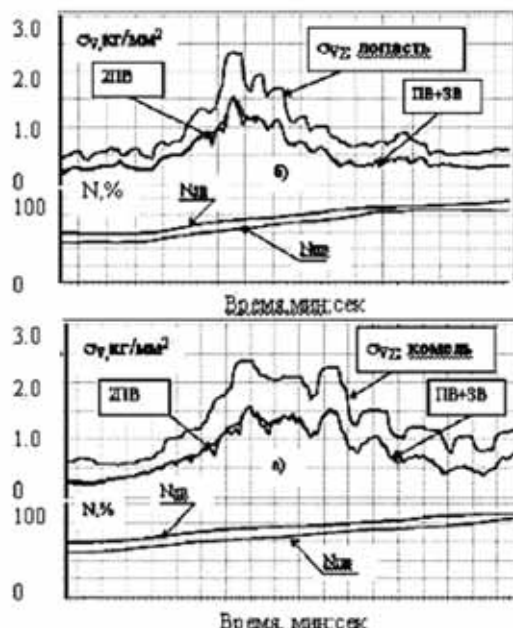


Рис. 6. Иллюстрация совпадения составляющих колебаний 2ПВ и ПВ+ЗВ: а - для комля, б - для лопасти при переходе с режима МГ на 0,4 МП в условиях раскрутки ЗВ

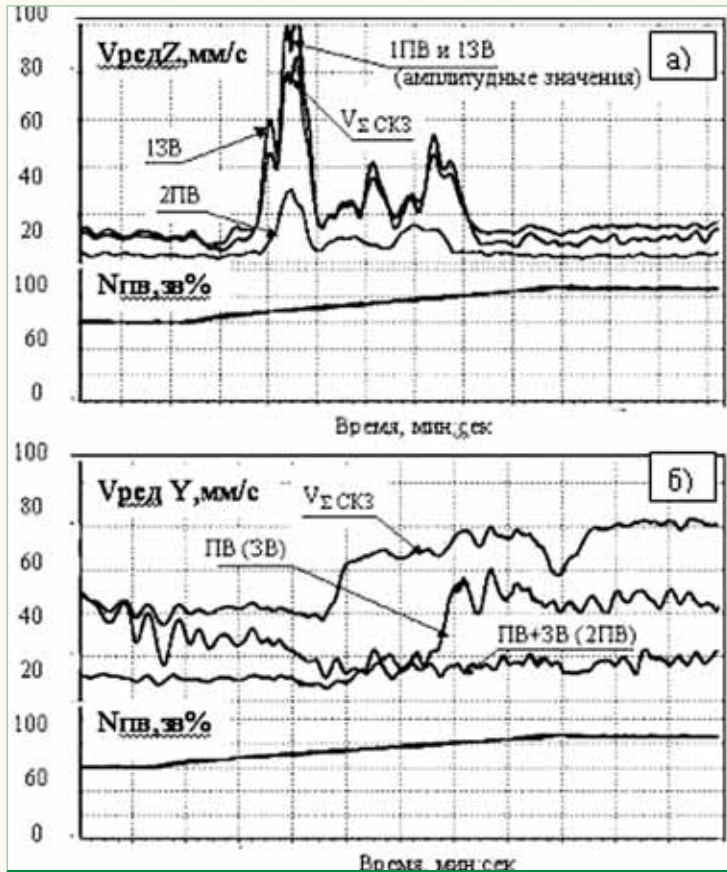


Рис. 8. Виброактивность винтовентилятора по штатному $V_{ред Z_{шт}}$ (а) и экспериментальному $V_{ред Y}$ (б) замерам при штатном переходе с режима МГ на 0,4 МП

Представляется существенным, что все значимые составляющие колебаний обследованных элементов ротора и статора, включая комбинационные составляющие ПВ+ЗВ и ЗВ-ПВ, при нерасчетном рассогласовании частот вращения ПВ и ЗВ в процессе рас-

рутки заднего винта не приводили к неприемлемому суммарному уровню переменных напряжений и вибраций для всех мест их замера на двигателе.

В виброактивности роторных элементов винтовентилятора обследованного ТВВД основную роль играет аэродинамика. Комбинационные составляющие ПВ+ЗВ и ЗВ-ПВ кинематической природы пренебрежимо малы и наблюдаются при максимальных нерасчетных рассогласованиях частот вращения разноразмещающихся колес ВВ.

Максимальные вибрации двигателя связаны с его колебаниями как твердого тела. Они кратковременно наблюдаются при переходах с режима МГ на 0,4 МП и обратно, слегка превышая нормируемые значения как в штатной ситуации, так и в случае нерасчетного рассогласования частот вращения переднего и заднего колес ВВ.

Полученные результаты свидетельствуют об удачности конструкторских решений в части обеспечения вибрационной надежности обследованного демонстрационного редукторного ТВВД большой размерности и сверхбольшой степени двухконтурности с закапотированным биротативным винтовентилятором.

Литература

1. Коровин Б.Б., Былинкина О.Н., Стасевич А.А. Экспериментальные исследования комбинационных колебаний лопастей биротативного винтовентилятора. // Авиационно-космическая техника и технология.-2009.-№8/65.-С.62-68.
2. Бычков В.И., Коровин Б.Б., Данковцев Н.А., Былинкина О.Н., Стасевич А.А. и др. Результаты наземных и летных испытаний опытного двигателя НК-93 на летающей лаборатории Ил-76 №3908 // Научно-технический отчет ЛИИ №189-08-III.-2008.-214 с.
3. Динамика авиационных двигателей./ Под ред. Биргера И.А. и Шорра Б.Ф., М., Машиностроение, 1981.-480с.
4. Былинкина О.Н., Коровин Б.Б., Стасевич А.А. Программно-аппаратный комплекс для летно-прочностных испытаний авиационных ГТД нового поколения. // Авиационно-космическая техника и технология.-2005.-№9/25.-С.

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

ИНФОРМАЦИЯ

"АВИАДВИГАТЕЛЬ" НАРАЩИВАЕТ ЭНЕРГОМОЩНОСТИ ПЕРМСКОГО "ЛУКОЙЛА"

ОАО "Авиадвигатель" и ООО "ЛУКОЙЛ-Энергоинжиниринг" заключили договор о поставке восьми блочных газотурбинных электростанций суммарной мощностью 200 МВт для нужд ООО "ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез". Построив собственную энергогенерацию, пермский нефтеперерабатывающий завод "ЛУКОЙЛа" сможет обеспечить потребности в электроэнергии и тепле своего расширяющегося производства.

В рамках заключенного договора пермские моторостроители обязуются до конца 2013 года поставить ООО "ЛУКОЙЛ-Энергоинжиниринг" восемь ГТЭС-25ПА единичной мощностью 25 МВт. Поставки электростанций будут производиться в два этапа: первые четыре комплекта оборудования - в июле 2013 года, вторая очередь оборудования поступит заказчику в ноябре того же года.

Восемь ГТЭС-25ПА будут скомпонованы по две и расположены в четырех каркасно-панельных зданиях. Подобная схема размещения оборудования неоднократно успешно использована пермяками на объектах ООО "ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь".

Компоновочные решения, идеология строительства газотурбинных электростанций ОАО "Авиадвигатель", разработанные совместно со специалистами "ЛУКОЙЛа", прошли проверку временем на месторождениях Западной Сибири.

В активе "Авиадвигателя" уже есть реализованный проект газотурбинной электростанции мощностью 25 МВт в составе Уфимской ТЭЦ № 1. Энергогенерация "ЛУКОЙЛ-Энергоинжиниринг" имеет некоторые отличия:

- впервые в практике создания энергетического оборудования специалисты "Авиадвигателя" включили в состав ГТЭС-25ПА двигателя ПС-90ГП-25 с газогенератором двигателя ПС-90А2. Это позволит увеличить мощность электростанции с 22,5 МВт до 25 МВт;

- по желанию заказчика электростанция оснащена генератором фирмы Siemens и редуктором фирмы Voith;

- ГТЭС-25ПА будут работать на сухом отбензинном газе (продукте переработки попутного нефтяного газа) в когенерационном цикле. Выработанное станциями тепло и электричество предполагается исполь-

зовать для нужд предприятия.

Каждая ГТЭС-25ПА оснащена системами автоматического управления и контроля, обеспечивающими централизованное управление на всех этапах эксплуатации одним оператором. Конструктивно ГТЭС-25ПА изготовлены из отдельных блоков-модулей контейнерного типа полной заводской готовности, которые собираются на месте эксплуатации без разборки для ревизии. Это соответствует требованиям времени и является одним из современных технических решений конструкции газотурбинных электростанций разработки ОАО "Авиадвигатель".



Уфимская ТЭЦ №1, на которой установлена газотурбинная электростанция ГТЭС-25П разработки и производства ОАО "Авиадвигатель"

КОНЦЕПЦИЯ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ И ПРОИЗВОДСТВА НАУКОЕМКИХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ИХ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ФГУП "НПЦ ГАЗОТУРБОСТРОЕНИЯ "САЛЮТ"

ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют":

Валерий Александрович Поклад, главный инженер, к.т.н.

Дмитрий Николаевич Елисеев, директор по информационным технологиям, к.т.н.

Дмитрий Михайлович Забелян, главный технолог

Михаил Владимирович Туркин, начальник бюро, к.т.н.

МГТУ "Станкин":

Юрий Алексеевич Максин, директор НПЦ "СИТЕП", к.т.н.

Излагаются результаты выполнения НИОКР по реструктуризации конструкторско-технологической подготовки и производства наукоёмких предприятий по аналогии с мировыми лидерами авиадвигателестроения. Предлагается переход на двухуровневую систему конструкторско-технологической подготовки и модульное построение производства с освоением комплекса необходимых систем для повышения эффективности и конкурентоспособности российских машиностроительных предприятий.

This paper describes the results of several research projects in the field of structural optimization of the preproduction procedures and production system architecture of aerospace factories based on operational practices of world leading manufacturers of aircraft engines. The developed methodology makes it possible to improve the competitiveness of Russian machine building factories by means of technology focused production modules with layout based on material flow and a two stage preproduction process..

Ключевые слова: реструктуризация, конструкторско-технологическая подготовка производства, база знаний, производственные модули, программно-методическое обеспечение, CALS-технологии.

Keywords: restructuring, preproduction processes, technological knowledge base, production module, production system methodology, CALS - technologies.

Современный авиационный газотурбинный двигатель (ГТД) является наукоёмким высокотехнологичным продуктом, которому нет аналогов по уровню напряжений и тепловому состоянию деталей среди других изделий машиностроения.

В жизненном цикле ГТД особое место занимает конструкторско-технологическая подготовка производства (КТПП) - совокупность мероприятий, обеспечивающих наличие на предприятии полных комплектов конструкторской и технологической документации, а также средств технологического оснащения (СТО), необходимых для осуществления заданного объема выпуска продукции с установленными технико-экономическими показателями. Трудоемкость КТПП такого сложного и наукоёмкого изделия, как газотурбинный двигатель составляет более половины трудоемкости всей технической подготовки, в которую входит так же календарное планирование производственного процесса [1].

Основными функциями технологической подготовки производства (ТПП) являются: обеспечение технологичности конструкции изделия (ТКИ); разработка технологических процессов (ТП); выбор и заказ или проектирование и изготовление СТО; организация и управление процессом ТПП.

Достижение основной цели ТПП - обеспечение высокой эффективности производства, требует применения следующих принципов: стандартизации форм документов; унификации технико-экономической информации; автоматизации решения задач ТПП; моделирования системы ТПП.

На основе этих принципов разрабатываются государственные стандарты единой системы ТПП (ЕСТПП), ЕСКД, ЕСТД, отраслевые стандарты и стандарты предприятий (СТП) [1].

Наличие эффективной системы ТПП является необходимым условием сокращения сроков создания конкурентоспособной научно-технической продукции газотурбостроения.

В настоящее время на большинстве предприятий машиностроения РФ, выпускающих сложную наукоёмкую продукцию, используется многоуровневая структура подготовки производств на

основе технологических бюро цехов (ТБЦ), сложившаяся в 50-е годы прошлого столетия (рис. 1). Эта структура по своим технико-экономическим показателям и эффективности не соответствует рыночной экономике и возможности современных информационных технологий поддержки жизненного цикла изделия использует не в полной мере. Это положение подтверждается и тем, что оснащение ТБЦ системами автоматизированного проектирования технологических процессов, не привело к существенному сокращению численности технологов и продолжительности цикла КТПП, к сокращению ресурсоемкости производства.

В советский период предприятия ОПК конкурировали с западными аналогами исключительно по уровню тактико-технических характеристик военной техники. Затраты ресурсов на производство вооружения (металла, энергии и труда) не имели существенного значения. Кроме того, стоимость этих ресурсов была в 3, 5 и 10 раз, соответственно, меньше, чем в западных странах.

С переходом к рыночной экономике и вхождением в ВТО ситуация в корне изменилась: стоимость металла и энергии практически сравнялись с западными странами, а разрыв в стоимости трудовых ресурсов сократился до 3-5 раз.

Различие в структуре КТПП и производства является одной из главных причин недостаточной конкурентоспособности сложных наукоёмких предприятий РФ по стоимости изделий и эффективности производства.

Анализ показывает, что с точки зрения функциональности многие технологические бюро не обоснованно выделены в отдельные подразделения. Это, прежде всего, касается бюро маршрутных технологий (БМТ), которое при столь многообещающем названии фактически выполняет только одну функцию - распределение нагрузки между ТБЦ в виде ведомости технологических маршрутов (расцеховок) в зависимости от специализации цехов. В то же время на ТБЦ, рассредоточенные по всей территории Предприятия, ложится основная нагрузка по разработке операционных технологий, оформлению ТЗ и заказов на оснастку, по информацион-

но-технологической поддержке освоения новых техпроцессов и оперативной их коррекции в случае необходимости.

Такая организационная структура КТПП в виде нескольких десятков бюро со средней численностью 10-12 специалистов в каждом неизбежно приводит к многократно завышенной общей численности технологов, снижению управляемости, потере времени на стыках, к необходимости проведения планерок для согласования работ.

При существующей организационной структуре КТПП стоимость изготовления деталей изделия формируется только в конце цикла КТПП, что не позволяет в процессе проектирования технологического процесса выполнять оптимизацию по показателям ресурсоемкости.

При такой восьмиуровневой распределённой по цехам организационной структуре КТПП цикл подготовки производства в среднем составляет 12-18 месяцев, что, как минимум, в 3 раза больше, чем у мировых лидеров авиадвигателестроения.

Начиная с 2005 г. совместно с МГТУ "Станкин" на ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют" выполнялись НИОКР по созданию методического и программного обеспечения с целью приведения структуры КТПП в соответствие с мировым уровнем.

В рамках проекта "АСУ ТПП" (заказчик Минпромторг РФ) создана опытно-промышленная версия программно-методического комплекса обеспечения технологической подготовки производства и сформулирована Концепция реструктуризации КТПП и производства Предприятия, в основе которой:

- ориентация на уровень мировых лидеров авиадвигателестроения Pratt&Whitney и Rolls Royce в части организации конструкторско-технологической подготовки и модульного построения производства;
- получившая мировое признание методология "Бережливое производство" [4];
- CALS-технология в части декомпозиции производства на технологические этапы жизненного цикла изделия;

- создание первой версии конструкторско-технологической базы знаний предприятия в сочетании с высокоэффективным российским программно-методическим комплексом обеспечения автоматизации технологической подготовки производства и трехмерного моделирования T-FLEX CAD.

На указанных зарубежных предприятиях в 90-е годы выполнен огромный объем НИОКР по реализации методики ресурсосбережения и повышения эффективности производства и эта работа интенсивно продолжается [4].

Эффективность интеграции конструирования и технологического проектирования подтверждается так же достижениями отечественного машиностроения в этой области.

В 1980-е годы выдающийся главный конструктор - директор Ивановского станкозавода В.П. Кабаидзе поставил задачу кардинально сократить цикл проектирования и изготовления станков на заводе. Первое, что он сделал - это объединил конструкторов и технологов в единое конструкторско-технологическое бюро. Благодаря новой структуре КТПП проектирование технологий и литейных моделей для изготовления базовых деталей станков начиналось на стадии их эскизного проектирования и оперативно решались вопросы технологичности. Кроме того, изготовление оснастки и деталей станков было полностью переведено на станки с ЧПУ.

В результате этих мер цикл проектирования и изготовления принципиально нового известного станка ИР-320 с наклонным револьверным магазином составил 6 месяцев вместо принятых тогда в отрасли 3-4 лет, что было рекордным даже для японского станкостроения.

В проекте "Компьютерно-интегрированное производство бытовой техники и электродвигателей на ЗВИ" (проект КИП ЗВИ) ГНТП "Технологии, машины и производства будущего" (организации-исполнители: МГТУ "Станкин" и АО "ЗВИ") была создана компьютерно-интегрированная система КТПП специальных асинхронных электродвигателей для судостроения.

Благодаря автоматизации конструкторско-технологической

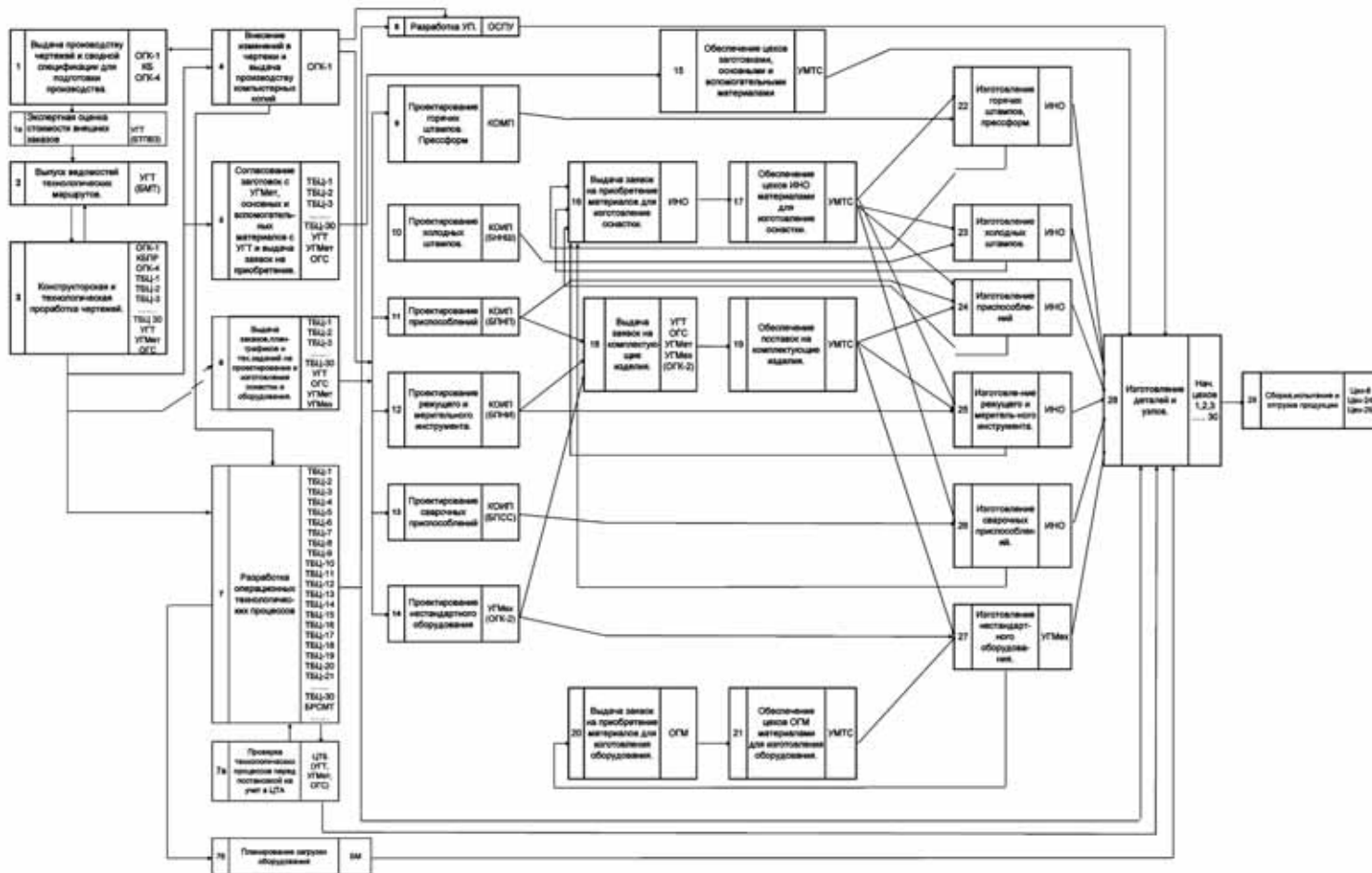


Рис. 1. Общая принятая структура конструкторско-технологической подготовки производства наукоёмких машиностроительных предприятий

подготовки производства, объединению конструкторов и технологов в единое конструкторско-технологическое бюро, применению новых техпроцессов лазерной вырезки пластин ротора и статора, послойному синтезу статора, совмещенного конструктивно с корпусом, применению штампо-сварных деталей вместо литых и т.д. численность конструкторов и технологов была сокращена с 45 до 9 штатных единиц, а срок изготовления заказов на специальные электродвигатели для судостроения мощностью 160...400 кВт партиями по 5-10 шт. был сокращен с 2-3 лет до 2 месяцев.

В соответствии с изложенным в Концепции сформулированы цель и задачи, которые можно решить реструктуризацией КТПП и производства.

Цель реструктуризации КТПП и производства - повышение конкурентоспособности предприятия путем сокращения времени цикла КТПП и благодаря ресурсосбережению, а также кооперация в рамках Объединенной двигателестроительной компании (УК "ОДК").

Задачи:

- создание возможности изначально проектировать сквозные заводские маршрутно-операционные технологические процессы (ТП) вместо ведомости маршрутов (расцеховок) по аналогии с Pratt&Whitney и Rolls Royce;

- создание возможности объединения конструкторов и системных технологов в конструкторско-технологическое бюро для параллельного проектирования ГТД и маршрутно-операционных ТП (включая создание управляющих программ для станков с ЧПУ), как на P&W и RR (рис. 2);

- обеспечение технологичности изделия и оптимизация структуры маршрутно-операционных ТП по технико-экономическим данным (ТЭД);

- сокращение сроков конструкторско-технологической подготовки производства и повышение эффективности проектирования в 2-3 раза;

- автоматизация выбора комплектов СТО, конструирования и подготовки инструментального производства на основе сквозной конструкторско-технологической параметризации и типовых конструктивных элементов (КЭ);

- создание возможности экспертно-проектной оценки стоимости изделия на ранних стадиях проектирования для участия в тендерах и оценки стоимости внешних заказов;

- снижение ресурсоемкости производства путем освоения методики "Бережливого производства", разработанного программно-методического обеспечения технологической подготовки производства и прорывных ресурсосберегающих технологий.

Организацией инструментального производства в качестве единого производственного модуля на ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют" создана уникальная возможность апробировать Концепцию, довести до полного освоения программно-методическое обеспечение и созданные подсистемы проекта на относительно обособленном крупном мелкосерийном производстве в общей информационно-технологической среде Предприятия (рис. 2).

Благодаря этому, есть возможность тщательно протестировать и доработать программно-методическое обеспечение проекта без риска для основного производства и приступить к решению двух главных проблем модернизации КТПП:

1. Московские технологические вузы в настоящее время не готовят системных технологов, необходимых для проектирования сквозных общезаводских маршрутно-операционных ТП. Эта задача может быть решена совместно МПТУ "Станкин", МАТИ и ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют" в течение двух лет на основе опыта подго-

товки студентов-стажеров в совместном Научно-образовательном центре [5] и учебного плана подготовки системных технологов Кембриджским университетом (Великобритания) для корпорации Rolls Royce [6].

2. Системные технологи достаточно быстро и эффективно смогут разрабатывать заводские маршрутно-операционные ТП только в том случае, если они будут оснащены всеобъемлющей конструкторско-технологической базой знаний, включающей БД типовых технологий-аналогов, технологического оборудования, БД прототипов технологической оснастки, справочников материалов, режимов резания, нормирования и т. д. Определенное представление о трудоемкости разработки необходимой конструкторско-технологической базы знаний могут дать численные значения её основных составляющих:

- 12-15 тысяч типовых алгоритмизированных общезаводских маршрутно-операционных ТП с полным набором технико-экономических данных (ТЭД);

- 6 тысяч единиц технологического оборудования, установленного на Предприятии, с подробной структурированной технической характеристикой;

- около 500 тысяч прототипов средств технологического оснащения (СТО).

За последние шесть лет коллективом специалистов МПТУ "Станкин" и ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют" выполнен большой объем НИОКР по структуризации конструкторско-технологических знаний на основе классификаторов и созданного программно-методического комплекса для обеспечения оперативного поиска информации и проектирования ТП и СТО. Однако степень уже выполненного наполнения конструкторско-технологической базы знаний еще незначительна для полного перехода на проектирование сквозных маршрутно-операционных ТП. В то же время, имеющийся опыт привлечения к этой НИОКР студентов-стажеров в рамках совместного Научно-образовательного центра (НОЦ) позволяет утверждать, что эту задачу можно решить при финансировании в 5-6 раз меньше и по срокам в 2 раза быстрее, чем это потребовалось Pratt&Whitney в 90-е годы прошлого столетия. Следует также отметить, что созданная конструкторско-технологическая база знаний может быть использована другими предприятиями УК "ОДК" для повышения их конкурентоспособности.

Актуальность вопроса определяется еще и тем, что по мнению ведущих специалистов предприятия на решение этих двух проблем отведено не более 5 лет. Если в течение этого срока не будет подготовлена смена высококвалифицированных системных технологов и не будет создана достаточная по объему конструкторско-технологическая база знаний, то при смене поколений

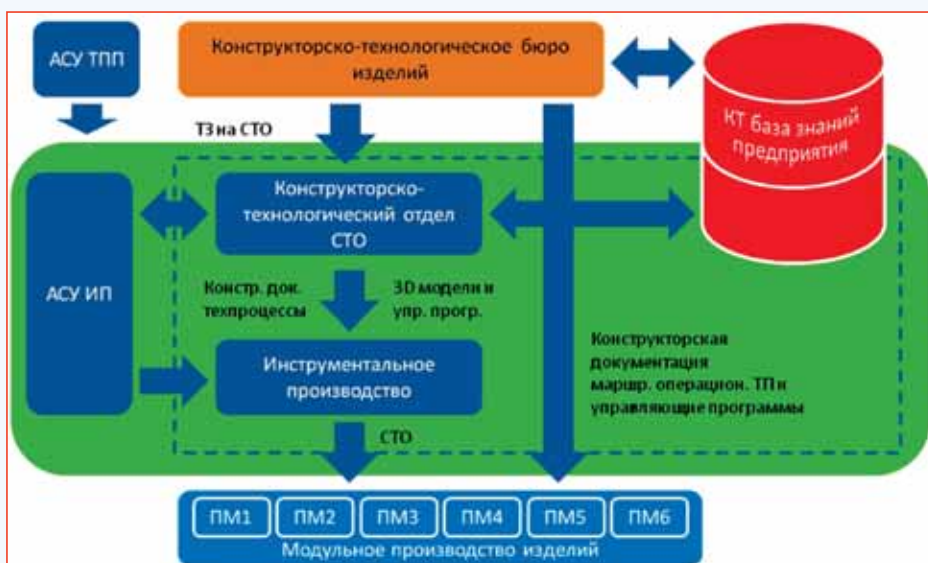


Рис. 2. Схема реструктуризации технологической подготовки производства по аналогии с подходами мировых лидеров авиадвигателестроения

специалистов-технологов, которая сейчас происходит, эти знания и опыт будут безвозвратно потеряны.

Положительный эффект от модернизации КТ ПП может быть достигнут в полной мере в сочетании с реструктуризацией основного производства на основе его модульного построения вместо цехового по аналогии с Pratt&Whitney и Rolls Royce (рис. 2). Основой для такого построения производства служит конструкторско-технологическое подобие элементов двигателя и CALS-технологии.

Специализация каждого из производственных модулей (ПМ) определяется номенклатурой производимых в нем детально сборочных единиц (ДСЕ), которые в свою очередь подбираются по принципу технологического подобия и схожести служебного назначения.

Организация производства в каждом из ПМ построена по принципу производственных ячеек (ПЯ). Каждая из ПЯ представляет собой участок замкнутого производственного цикла, в котором технологическое оборудование расположено по ходу технологического процесса. Расположение оборудования по видам обработки согласно маршрутно-операционным технологическим процессам резко сокращает грузопотоки и обеспечивает кратчайшие пути прохождения ДСЕ через все этапы производственного цикла, что в свою очередь уменьшает объемы незавершенного производства (НЗП) и увеличивает коэффициент загрузки оборудования.

Повышенная гибкость в номенклатуре ДСЕ, выпускаемых каждой отдельно взятой ПЯ, достигается применением производственно-технологической цепочки, выстроенной с использованием принципов групповой технологии, а также благодаря системе быстрой переналадки оборудования между производимыми партиями.

Данная архитектура производственного процесса резко сокращает продолжительность цикла изготовления изделий уменьшением потерь при транспортировке, удалением дублирующих операций (основных и вспомогательных) и упрощением планирования и управления производством.

Таким образом, становится возможным административное разделение типов производств на самостоятельные модули, каждый из которых поставляет законченные ДСЕ на основной ПМ общей сборки, что позволяет выстроить эффективную систему управления, в которой каждый из модулей имеет руководителя, полностью отвечающего за поставку ДСЕ точно в срок с обеспечением требуемого качества.

CALS-технология в свою очередь ограничивает количество ПМ, число основных из которых не должно быть более семи, плюс ограниченное число вспомогательных производств.

В рамках двигателестроения примерами основных ПМ может служить производство компрессорных лопаток, производство дисков и валов, а примером вспомогательного ПМ может служить инструментальное производство.

В связи с объединением отечественных двигателестроительных предприятий и планируемым вхождением ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют" в УК "ОДК" подобная модульная реструктуризация производства может быть полезной в связи с тем, что ПМ выполняют роль центров компетенции и являются относительно

самостоятельными в хозяйственном отношении производственными единицами, располагаясь территориально в разных регионах, как это имеет место на Rolls Royce Plc.

В заключении можно перечислить основные преимущества, которые могут быть получены в результате предлагаемой реструктуризации КТ ПП и производства на ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют":

- сокращение сроков технологической подготовки производства в 2-3 раза и численности технологов в 3-5 раз, повышение конкурентоспособности предприятия;
- снижение ресурсоемкости производства на 10...12 % благодаря оптимизации общезаводских маршрутно-операционных техпроцессов и повышения технологичности изделий;
- освоение экспертно-проектной экспресс-оценки стоимости изделий на ранних стадиях проектирования для участия в тендерах и оценки стоимости внешних заказов;
- повышение объема выпуска на одного работающего в 1,5...2 раза за счет освоения методики "Бережливого производства" и созданного программно-методического обеспечения в сочетании с графической системой T-FLEX CAD;
- обеспечение преемственности поколений конструкторов и технологов путем создания единой конструкторско-технологической базы знаний и оперативного доступа к информации;
- создание российского программно-методического обеспечения и конструкторско-технологической базы знаний производства ГТД для предприятий УК "ОДК" с затратами в 5-6 раз меньше в сравнении с западными аналогами;
- возможность отработать методику перехода с цехового на модульный принцип организации производства и создания производственных ячеек.



Литература

1. Поклад В.А., Кузнецов И.И. Автоматизированная система технологической подготовки производства газотурбинных двигателей. //Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение. М.: ОАО "НИЦ АСК", 2008, С 331-345.
2. СТП 778.14.628-2005 Организация работ по подготовке и освоению производства новых (модифицированных) изделий. ФГУП "ММПП "Салют", 2005-25с.
3. СТП 778.14.748-2007. Календарно-сетевое планирование подготовки производства и изготовления первых образцов новых (модифицированных) изделий. ФГУП "ММПП "Салют", 2007.-20с.
4. Д. Вумек, Д. Джонс. "Бережливое производство". - М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. - 470с.
5. Положение о Научно-образовательном центре "Компьютерные системы технологической подготовки производства и высокоэффективные технологии обработки" МГТУ "Станкин" и ФГУП "ММПП "Салют". 2008 - 5с.
6. Учебный план Кембриджского Университета (Великобритания). Специальность "Технология машиностроения". - 3с.

Связь с автором: yu.maksin@stankin.ru



УСКОРЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТОВ В ANSYS MECHANICAL ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ NVIDIA MAXIMUS

ЗАО "КАДФЕМ Си-Ай-Эс":

Николай Николаевич Староверов,

инженер по внедрению и технической поддержке ANSYS Mechanical Solutions, к.т.н.

Александр Николаевич Чернов,

начальник инженерно-технического отдела

Ускорение расчетов с помощью GPU

Благодаря развитию систем инженерного анализа (CAE) сегодня инженеры во многих отраслях промышленности все чаще проводят виртуальные испытания разрабатываемых изделий. Специалисты стремятся максимально приблизить виртуальные эксперименты к реальности и получить наиболее адекватные результаты путем учета всех возможных технических деталей в расчетной модели. Растут расчетные возможности CAE-систем, в результате увеличиваются размерности задач, и возникает необходимость расширения вычислительной базы расчетных подразделений. В настоящее время в области высокопроизводительных вычислений (High Performance Computing - HPC) все более остро возникает проблема нехватки вычислительных ресурсов.

Традиционный подход к решению задач, состоящий в использовании центральных процессоров (CPU) и увеличении их производительности, уже не может справиться с необходимостью постоянного наращивания вычислительных мощностей. Технологический предел производительности для CPU оставляет единственную возможность масштабирования таких вычислительных систем - добавление десятков, сотен и даже тысяч отдельных вычислительных серверов и формирование вычислительного кластера. Этот подход требует серьезных финансовых затрат, и энергопотребление такой системы весьма существенно. Иной подход, зародившийся совсем недавно, приводит сферу HPC в эру гибридной модели вычислений, где на помощь CPU приходит графический процессор (GPU).

Предложение использовать графический процессор при расчете сложных инженерных задач явилось своего рода "глотком свежего воздуха" в сложившейся обстановке технологического тупика в производительности CPU. Возможность использования GPU в вычислениях позволила разделять сложные вычислительные задачи на тысячи небольших и решать их параллельно на ядрах графического процессора. Данная технология позволила инженерам и исследователям получать результаты численного анализа в разы быстрее. Кроме того, системы, использующие GPU, оказались более экономными с точки зрения энергопотребления, чем традиционные кластерные системы только на базе CPU.

Основное различие процессоров CPU и GPU состоит в их архитектуре. Являясь по природе массивно параллельным процессором, GPU значительно превосходит CPU в обработке большого объема однотипных данных. А CPU, являясь последовательным процессором, изначально не разрабатывался для подобного класса задач и предназначался именно для последовательных операций, таких как работа с операционной системой и организация потоков данных. Проведение вычислений с использованием GPU стало возможным благодаря созданию специфической архитектуры графических процессоров CUDA от NVIDIA, позволяющей задействовать сотни вычислительных ядер, работающих параллельно.

Передовая на сегодняшний день гибридная модель вычислений состоит в совместном использовании CPU и GPU, при этом последовательная часть кода приложения выполняется на CPU, а вся ресурсоемкая часть обработки больших объемов данных выполняется на GPU.

Технология NVIDIA Maximus

Технология CUDA для организации параллельных вычислений с использованием GPU была представлена в феврале 2007 г. компанией NVIDIA. Но прогресс не стоит на месте, и сегодня NVIDIA предлагает технологию NVIDIA Maximus, позволяющую задействовать весь потенциал процессоров CUDA на базе нескольких карт NVIDIA, работающих параллельно. Рабочие станции на основе технологии NVIDIA Maximus объединяют возможности визуализации и интерактивного проектирования графических процессоров NVIDIA Quadro с высокопроизводительной вычислительной мощностью графических процессоров NVIDIA Tesla на одной рабочей станции. Сопроцессоры Tesla при этом автоматически берут на себя выполнение ресурсоемких частей кода приложений, например, вычислений при численном моделировании или выполнение фотореалистичного рендеринга изображений. Это автоматически снимает нагрузку с CPU, позволяя ему работать в привычном режиме: ввод-вывод данных, запуск операционной системы и обеспечение многозадачности. При этом графические процессоры Quadro или Tesla производят операции, требующие высокой производительности. Конструкторы и инженеры получили возможность одновременно осуществлять проектирование в CAD-системах и проводить численный анализ в CAE-пакетах на той же рабочей станции.

Директор по стратегическому партнерству компании ANSYS, Inc., являющейся лидером рынка CAE-систем, Барбара Хатчингс (Barbara Hutchings) отмечает: *"GPU-вычисления способны значительно ускорить расчеты в программных продуктах ANSYS на рабочих станциях, а в некоторых случаях даже удвоить количество расчетов, что помогает нашим клиентам более широко использовать технологические возможности. С широкой доступностью платформы NVIDIA Maximus предприятиям теперь легче использовать программные продукты ANSYS в офисе для интерактивных и вычислительных задач"*.

Расчетные возможности продуктов ANSYS включили поддержку вычислений с участием GPU, начиная с 13-й версии программного обеспечения ANSYS в ноябре 2011 г. В бета-версии ANSYS 14.5, готовящейся к выходу на момент написания статьи, разработчики заявили о возможности проведения расчетов на базе нескольких GPU. Являясь официальным партнером ANSYS, Inc. в России, компания ЗАО "КАДФЕМ Си-Ай-Эс" протестировала работу технологии NVIDIA Maximus, выполнив серию расчетов в новой версии ANSYS Mechanical.

Maximus - это универсальная технология, предполагающая возможность балансирования нагрузки между графическими процессорами разных типов. Несмотря на то, что основное предназначение Maximus - разделение необходимых ресурсов для визуализации и CUDA-вычислений на различные процессоры (например, визуализацию на Quadro, вычисления - на Tesla), в ANSYS Mechanical из-за большой размерности задач все подключенные GPU использовались только для вычислений. Оценка еще одного преимущества технологии Maximus - возможности одновременной работы с задачами разных типов (визуализации сложных с графиче-

ческой точки зрения моделей и реализации ресурсоемких вычислений) станет предметом наших дальнейших исследований. В рамках этого тестирования оценивалась работа решателей ANSYS Mechanical с участием нескольких GPU.

Тестовый стенд

Стенд для тестирования производительности расчетов с использованием технологии NVIDIA Maximus предоставлен инженерам ЗАО "КАДФЕМ Си-Ай-Эс" партнером NVIDIA в России, разработчиком и поставщиком профессиональных графических станций и высокопроизводительных решений, компанией ARBYTE. Характеристики тестового стенда приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики тестового стенда	
Модель рабочей станции	ARBYTE CADStation WS 479
CPU	Intel Core i7 3960X, 3,30 ГГц
RAM	64 Гб DDR3 1600 МГц (PC3-12800)
GPU #1	NVIDIA Quadro 6000
GPU #2	NVIDIA Tesla C2075
GPU #3	NVIDIA Tesla C2075
Твердотельный накопитель (SSD)	60 GB
Жесткий диск (HDD)	300 GB 10 К об/мин
Операционная система	Microsoft Windows 7 Профессиональная 64 bit, версия 6.1.7601 Service Pack 1
Программное обеспечение ANSYS, Inc.	ANSYS 14.5

В таблице 2 приведены характеристики использованных графических процессоров.

Таблица 2

Характеристики графических процессоров		
Характеристика	NVIDIA QUADRO 6000	NVIDIA TESLA C2075
Число ядер CUDA	448	448
Объем памяти	6 Гб GDDR5	6 Гб GDDR5
Интерфейс памяти	384 бит	384 бит
Пропускная способность памяти	144 Гб/с	144 Гб/с
Частота ядер	1,15 ГГц	1,15 ГГц
Одинарная точность	1030,4 Гфлоп	1030,4 Гфлоп
Двойная точность	515,2 Гфлоп	515,2 Гфлоп
Энергопотребление	204 Вт	225 Вт

Ускорение расчетов в ANSYS Mechanical 14.5 с помощью GPU

Сама технология использования GPU при проведении расчетов уже дает ощутимый прирост производительности. Опираясь на результаты тестирования решателей предыдущего поколения, проведенного инженерами ANSYS, Inc. и ЗАО "КАДФЕМ Си-Ай-Эс", можно сделать вывод о приросте производительности в среднем на 10...30 % и до 250 % при решении некоторого класса задач. Недостатком поддержки GPU в решателях ANSYS Mechanical всех предыдущих версий была необходимость того, чтобы задача целиком помещалась в память GPU.

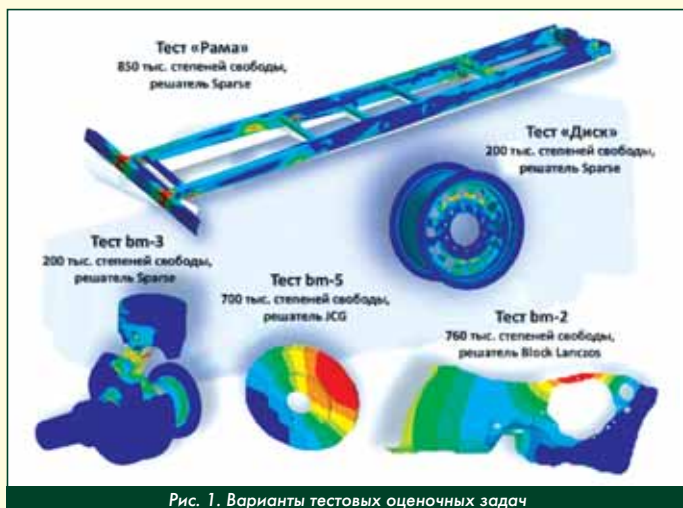


Рис. 1. Варианты тестовых оценочных задач

Поэтому в первую очередь тестирование ускорения проводилось на базе одиночного GPU для определения производительности системы в целом. Для тестирования производительности рабочей станции с одним GPU NVIDIA Quadro 6000 в ANSYS Mechanical выбраны несколько задач различной размерности: стандартные тесты производительности из набора ANSYS SP1 BENCH110 Benchmark Suite, в которых присутствуют линейные/нелинейные, стационарные/нестационарные задачи теории упругости, теории колебаний, а также отдельные задачи теории упругости и колебаний. Задачи представлены на рис. 1, а результаты тестирования приведены на рис. 2.

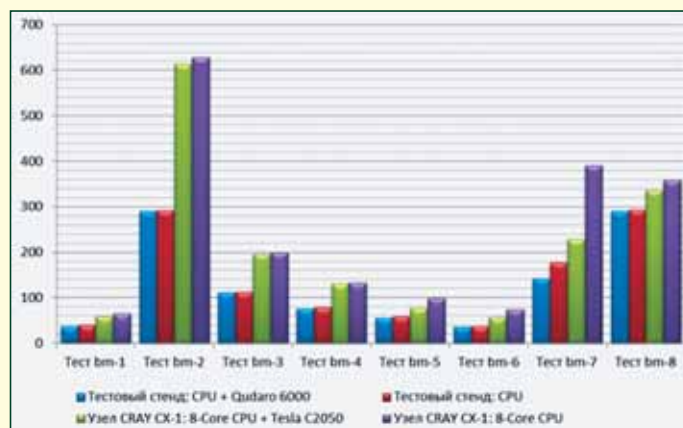


Рис. 2. Времена расчета задач при тестировании GPU-ускорения ANSYS Mechanical 14.5 Preview 2, с

В целом, по результатам этих тестов получен ожидаемый результат - производительность системы с применением GPU-ускорения расчетов увеличивается на 10...30 %. Однако цель тестирования состояла в оценке работы решателей ANSYS Mechanical с технологией NVIDIA Maximus.

Подготовка оборудования

На этапе подготовки в первую очередь была настроена работа NVIDIA Maximus.

С целью обеспечения максимально быстрого обмена данными по шине PCIe графические процессоры были выставлены в следующей конфигурации:

1. GPU #1 (NVIDIA Quadro 6000) - слотPCIe x16;
2. GPU #2 (NVIDIA Tesla C2075) - слотPCIe x16;
3. GPU #3 (NVIDIA Tesla C2075) - слотPCIe x8.

Посредством Maximus Configuration Utility всем 3 картам была определена возможность производить CUDA-вычисления, а NVIDIA Quadro использовалась и для вычислений, и для вывода графики.

Основное тестирование решателей ANSYS Mechanical 14.5 с NVIDIA Maximus

Тестирование возможности ускорения вычислений проводилось на трех наиболее часто используемых на практике решателях ANSYS Mechanical 14.5: Sparse, PCG и BlockLanczos.

Решатель Sparse (с разреженной матрицей) применяется для наиболее быстрого поиска решения в нелинейных расчетах, а также в линейных расчетах, в которых итерационные решатели медленно достигают сходимости (особенно при низком качестве конечно-элементной модели). Решатель PCG (методом сопряженных градиентов с предобусловленной матрицей) имеет меньший объем операций ввода/вывода данных относительно решателя Sparse и больше подходит для задач большой размерности с Solid элементами и густой сеткой. Это наиболее надежный итерационный решатель ANSYS Mechanical. Решатель BlockLanczos (по блочному методу Ланцоша) используется в динамических расчетах, проводимых в ANSYS Mechanical, для поиска собственных частот и форм колебаний конструкции.

Все задачи решались в режиме INCORE, который определяет

размещение всех необходимых решателю данных в оперативную память и использует жесткий диск исключительно для чтения исходных данных и записи окончательных и промежуточных результатов. Это режим использования памяти отличается наибольшей производительностью. Запуск тестовых задач осуществлялся из командной строки.

Поддержка нескольких GPU решателями ANSYS Mechanical

Для корректной работы решателей ANSYS Mechanical с несколькими GPU требуется соблюдение следующих условий:

1. На машине должны быть установлены один или несколько графических процессоров NVIDIA TESLA (рекомендованы карты 20 серии) или/и один NVIDIA Quadro. Если установлены и Quadro, и TESLA, то решатель ANSYS Mechanical выберет в качестве основного GPU - TESLA.

2. На операционных системах семейств Windows x64 и Linux x64 должны быть установлены драйверы актуальной версии. Для операционных систем Windows рекомендуется использование режима работы драйвера TCC (Tesla Compute Cluster).

3. Согласно лицензионной политике ANSYS, Inc. для использования GPU в расчетах необходимо наличие лицензий ANSYS HPC Pack, используемых для организации доступа к параллельным вычислениям на CPU.

4. Поддержка нескольких GPU в расчетах возможна только в режиме распределенных вычислений (Distributed ANSYS) и только в том случае, когда число запущенных процессов ANSYS Mechanical превышает число используемых GPU.

Дополнительные опции

В операционной системе можно определить следующие переменные среды:

- `ANSGPU_PRINTDEVICES = 1`, в этом случае решатель ANSYS Mechanical при каждом запуске будет выводить в рабочую директорию файл `AnsGPUdevices.lst`, в котором будут перечислены все GPU с поддержкой CUDA, доступные в системе в том приоритетном порядке, в котором их будет использовать решатель.

- `ANSGPU_DEVICE = N`, где N - идентификатор (ID) того GPU из списка `AnsGPUdevices.lst`, который решатель должен использовать. Эта переменная позволяет избежать одновременного использования одного GPU двумя и более пользователями многопользовательской среды. Следует отметить особо, что определение этой переменной среды автоматически отключает возможность использования нескольких GPU в одном расчете.

Реализована также возможность отключения коррекции ошибок памяти (ECC), которая позволяет использовать больший объем памяти GPU. Однако для обеспечения точности результатов расчетов этой возможностью пользоваться не рекомендуется.

Тестирование решателя Sparse

Для проведения тестов решателя Sparse были подготовлены однотипные статические задачи теории упругости с 10 подшагами нагружения, занимающие от 4 до 50 Гб оперативной памяти (от 220 тыс. до 1,370 млн степеней свободы). Результаты тестирования приведены на рис. 3.

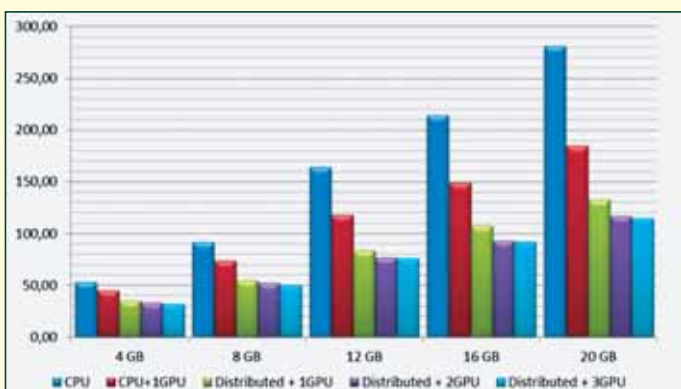


Рис. 3. Время расчета задач решателем SPARSE, с

Интересная особенность проявляется при дальнейшем росте размерности задачи. Поскольку режим распределения вычисления на несколько расчетных ядер сопряжен с дополнительными затратами вычислительной мощности на декомпозицию задачи и дальнейшее объединение данных с нескольких ядер в один результат, то для некоторого класса задач решение в режиме SMP (Shared Memory Parallel) оказывается значительно быстрее, чем решение в режиме распределенных вычислений DMP (Distributed Memory Parallel). В случае применения ускорения GPU проявляется аналогичная ситуация (рис. 4). Задача с размерностью 50 Гб в режиме DMP заняла в памяти суммарно 67 Гб, поэтому решение в режиме INCORE стало невозможным.

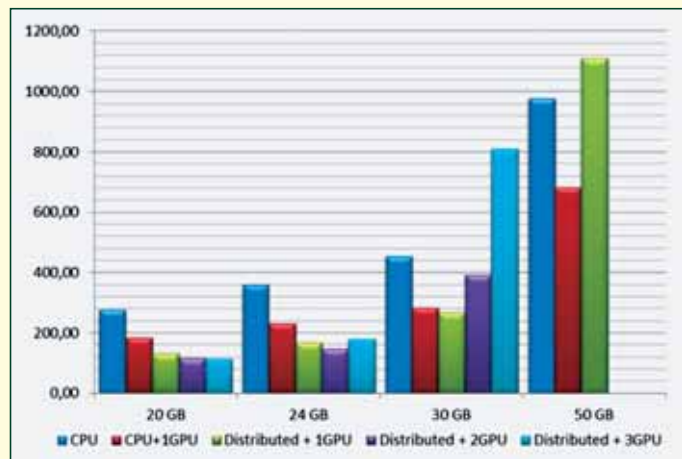


Рис. 4. Время расчета задач большой размерности решателем SPARSE, с

Загрузку GPU в процессе расчета можно наблюдать с помощью утилиты NVIDIA System Management Interface program (NVIDIA-smi.exe) из комплекта драйверов NVIDIA. С ее помощью можно записать в log-файл таблицу загрузки графических процессоров (рис. 5) с периодичностью примерно 5 с.

Mon Aug 06 10:50:18 2012									
NVIDIA-SMI 3.297.03 Driver Version: 297.03									
Nb.	Name	Temp	Power usage / Cap	TCC / WDM	Bus Id	Memory usage	Disp.	volatile ECC S/E / D/E	GPU util. / Compute M.
0.	Tesla c2075	30N	81 C P0	125W / 225W	TCC	0000:02:00.0	off	21% 1111MB / 5375MB	67% 0 Default 0
1.	Tesla c2075	31N	82 C P0	83W / 225W	TCC	0000:03:00.0	off	2% 90MB / 5375MB	74% 0 Default 0
2.	Quadro 6000	34N	84 C P0	N/A / N/A	WDM	0000:01:00.0	on	100% 6115MB / 6143MB	77% off default
Compute processes:									
GPU	PID	Process name						GPU Memory usage	
0.	2404	D:\ANSYS Inc\145\ANSYS\bin\win64\ANSYS.EXE						69MB	
0.	2760	D:\ANSYS Inc\145\ANSYS\bin\win64\ANSYS.EXE						1016MB	
1.	1252	D:\ANSYS Inc\145\ANSYS\bin\win64\ANSYS.EXE						69MB	
2.	792	D:\ANSYS Inc\145\ANSYS\bin\win64\ANSYS.EXE						N/A	

Рис. 5. Таблица контроля загрузки GPU в log-файле NVIDIA System Management Interface program

Анализируя загрузку GPU по log-файлам, был замечен тот факт, что в основном для хранения информации использовалась GPU Tesla, а в вычислениях непосредственно участвовали столько GPU, сколько указано в параметрах запуска. При этом GPU участвовали исключительно в процессе решения задачи. На этапе подготовки задачи и формирования матриц работал только CPU, а части сформированных матриц сразу передавались в память GPU в начальный момент решения.

Тестирование решателя PCG

Для тестирования решателя PCG был подготовлен ряд прочностных задач с контактным взаимодействием, занимающих объем оперативной памяти от 4 до 50 Гб (от 190 тыс. до 1,315 млн степеней свободы). Ощутимого прироста производительности за счет использования GPU, как для решателя SPARSE, в данном случае не наблюдается. Гистограмма времени проведения расчетов показана на рис. 6.

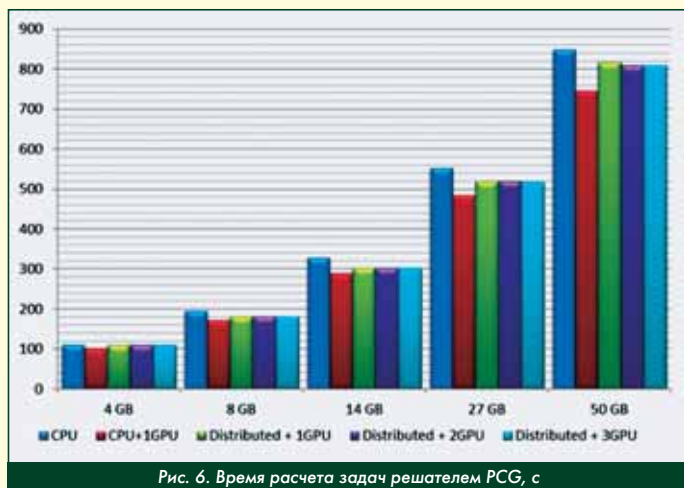


Рис. 6. Время расчета задач решателем PCG, с

Тестирование решателя BlockLanczos

Для тестирования производительности решателя BlockLanczos были подготовлены задачи поиска 20 собственных частот конструкции, занимающие от 4 до 44 Гб оперативной памяти. Для решателя BlockLanczos также ощутимого прироста производительности за счет использования GPU не наблюдалось. Гистограмма времени проведения расчетов показана на рис. 7.

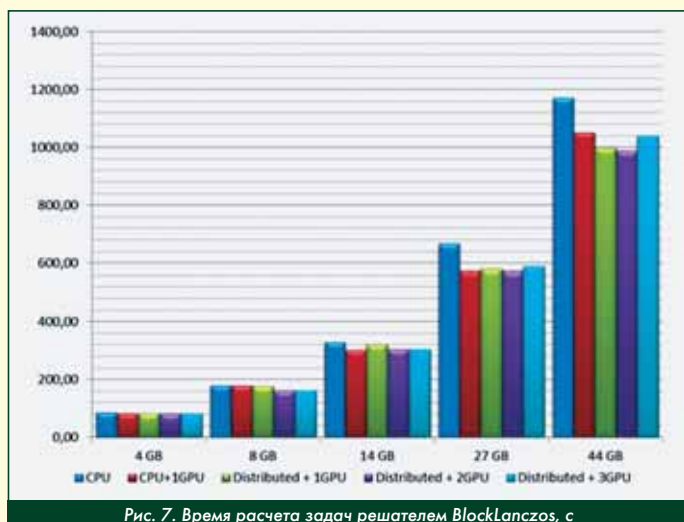


Рис. 7. Время расчета задач решателем BlockLanczos, с

Выводы

В ANSYS Mechanical 14.5 по сравнению с предыдущими версиями реализованы и доработаны следующие функциональные возможности, связанные с использованием GPU при расчетах. А именно:

1. Реализована возможность использования нескольких GPU при расчетах в режиме распределенных вычислений на локальной расчетной станции. Загрузка GPU во время тестирования была

проверена с помощью специализированной утилиты NVIDIA.

2. Устранено ограничение размерности задач, решаемых с участием GPU, связанное с нехваткой графической памяти для размещения задачи. Во время тестирования решались задачи размерностью до 50 Гб, что существенно превышает суммарный объем видео памяти предоставленных графических карт.

Подводя итог, можно с уверенностью сказать, что решатели ANSYS Mechanical постоянно модифицируются - увеличивается эффективность производимых ими расчетов, снижается нагрузка на файловую подсистему. Появившаяся в версии ANSYS Mechanical 14.5 поддержка ускорения расчетов с использованием нескольких GPU по технологии NVIDIA Maxmum позволит инженерам значительно сократить время расчетов существующих классов задач и повысить размерность вновь создаваемых конечно-элементных моделей.

По результатам тестирования видно, что использование нескольких графических процессоров дает существенное ускорение расчета задач теории упругости методом Sparse в режиме распределенных вычислений. Сравнение полного времени расчета тестовых задач, включающего подготовку конечно-элементных моделей и формирование файлов результатов, показало эффективный прирост производительности решателя относительно расчетов без использования GPU в 2,5 раза. При этом, чем больше размерность задачи, тем ощутимее будет вклад от использования нескольких GPU.

Для решателей PCG и BlockLanczos прирост относительной производительности наблюдается, но его величина несколько ниже, чем при решении задач методом Sparse. Для решателя PCG с ростом размерности задачи становится более очевидным сокращение времени расчета задач с использованием одной, двух и трех GPU. Однако затраты времени на декомпозицию задачи оказываются существенными, поэтому максимальная производительность этого решателя проявляется в режиме SMP с ускорением с помощью одного GPU. Максимальный прирост относительной производительности системы с несколькими GPU составил 9 %, а в режиме SMP - 14,5 %. Для решателя BlockLanczos затраты времени на декомпозицию задачи аналогичным образом возрастают с увеличением размерности задачи. Поэтому, начиная с задач определенной размерности, время расчетов задач с ростом числа используемых GPU возрастает. И чем больше используется GPU, тем больше времени затрачивается на декомпозицию и сборку задачи. Максимальный прирост относительной производительности решателя BlockLanczos с использованием нескольких GPU составил приблизительно 18,5 %, а в режиме SMP - 16,5 %.

В целом, использование вычислительных средств с подобными конфигурациями оправдывает ожидания и экономические затраты на их приобретение. Рабочие станции данного класса позволяют в короткие сроки получить точные результаты расчетов, сокращая процесс разработки новой продукции.

Специалисты ЗАО "КАДФЕМ Си-Ай-Эс" выражают благодарность руководству и техническому персоналу ЗАО "АРБАЙТ КОМПЬЮТЕРЗ" за предоставленное оборудование и техническую поддержку в процессе тестирования.

ИНФОРМАЦИЯ

В этом году вышла в свет книга "Координатно-измерительные машины для контроля тел вращения" (М. 2012г. - 206с; 101 илл.; 30 табл.). Бражкин Б.С. к.т.н., Исаев Н.И., Кудинов А.А., д.т.н., Миротворский В.С., к.т.н.

Данная книга посвящена проблеме разработки эффективных методов и производственных средств контроля сложнопрофильных деталей типа тел вращения. В книге обобщен многолетний научный, инженерный и практический опыт создания отечественных специализированных координатно-измерительных машин нового класса (КИМ-

ТВ), производительность которых намного выше существующих средств контроля (30-35 мин. вместо 30-36 ч при измерении, например, распределителя с более высокой точностью. В книге представлены оригинальные математические модели расчета размеров контролируемых параметров, а также погрешностей измерения. Указанная книга восполняет пробел в отечественной технической литературе в области координатно-измерительных машин.

Книга предназначена для ИТР метрологических, сертификационных, технологичес-

ких и конструкторских служб машиностроительных и приборостроительных предприятий, научно-исследовательских и проектных организаций.

Книга будет полезна студентам, аспирантам и выпускникам технических ВУЗов, профильных кафедр. Ее можно использовать для повышения квалификации и переподготовки руководящих работников и специалистов машиностроительных предприятий.

Приобрести книгу можно в РИА "Стандарты и качество", Москва, ул. Мастеркова, д. 4. (WWW.RIA-STK.RU).

ВОДОТОПЛИВНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

ЗАО "НПО "Аркон":
Николай Николаевич Коленко, генеральный директор
Юрий Иванович Духанин, ведущий научный сотрудник

Исследования в области усовершенствования производства и применения углеводородных топлив давно и интенсивно проводятся во всем мире. Среди множества вариантов решения этой задачи, включая разработку новых типов двигателей и перехода на альтернативные виды топлива, одним из перспективных направлений является использование водосодержащих топлив в виде топливных эмульсий (ВТЭ).

Идея использовать воду для двигателей внутреннего сгорания (ДВС) возникла более 100 лет назад, если вести отсчет от первого патента на применение воды в двигателях, полученного Н. Отто, создателем цикла поршневого двигателя с принудительным воспламенением. В 20-е годы прошлого века воду в поршневые двигатели вводил знаменитый инженер Гарри Рикардо, в 30-х тракторы с карбюраторными двигателями прекрасно работали на водокеросиновых смесях, при этом в карбюраторах были выполнены две камеры: одна - для подачи топлива, другая - для подачи воды. В 40-50-х годах известный советский конструктор академик А.А. Микулин исследовал впрыск воды в авиационные моторы, а д.т.н. И.Л. Варшавский создал уникальную по тем временам методику, в которой показал, что антидетонационный эффект водной добавки связан не только со снижением температуры рабочего процесса, но и с непосредственным участием воды в процессе горения в цилиндре двигателя. Начиная с середины 70-х годов на высоком научном уровне проводятся работы по способам получения и применения ВТЭ, комплексной стендовой отработке применения ВТЭ для различных типов двигателей и практического внедрения полученных результатов в Днепропетровском национальном университете, Тамбовском государственном техническом университете, Новосибирской государственной академии водного транспорта и в Санкт-Петербургском государственном технологическом институте в содружестве с Военной академией тыла и транспорта (ВАТТ) и Балтийским морским пароходством.

В результате проведения большого объема многолетних научных разработок, экспериментальных исследований и анализа материалов практической эксплуатации установлено, что вода в качестве добавки к топливу позволяет:

- увеличить детонационную стойкость, особенно низкооктановых моторных топлив;
- уменьшить до 10 % удельный расход топлива на отдельных режимах работы двигателя;
- повысить долговечность работы и продлить срок службы двигателей, прошедших немалый срок эксплуатации;
- снизить концентрацию токсичных составляющих в выхлопных газах и обеспечить выполнение действующих норм (Федеральный закон РФ "Об охране атмосферного воздуха №96-ФЗ от 04.05.1999г. в редакции закона № 331-ФЗ от 21.11.2011г. и Правила ЕЭК ООН №49) не только двигателей, поставленных на производство начиная с 2000 года, но и двигателей, находящихся в эксплуатации, без оснащения их систем газораспределения дорогостоящими каталитическими нейтрализаторами.

Для иллюстрации сказанного можно привести два примера. Так, испытания двигателя Камаз-740, выполненные в Санкт-Петербурге в Военной академии тыла и транспорта, показали, что оптимальная концентрация воды в ВТЭ, обеспечивающая наименьший выброс вредных продуктов с отработавшими газами и лучшие топливно-мощностные показатели, находится в пределах 10...20 %. Так, содержание токсичных веществ в отработавших газах уменьшилось: по СО на 17...18 %, по NO_x на 40...70 %, а дымность снизилась в 3...4 раза.

Схожие результаты получены при комплексных стендовых испытаниях двигателя ЯМЗ-238 на эмульсии состава: дизельное топливо Л-0,2-40 ГОСТ 305-82 - 79 %, вода - 20 %, ПАВ-АМДМ-0,8.. - 1 %. Стендовые испытания проводились на скоростном и нагрузочном режимах работы двигателя и были организованы на базе Государственного технологического института в Санкт-Петербурге. Все перечисленные выше преимущества объясняются тем, что водотопливная эмульсия является особым видом топлива, качественно и количественно изменяющего процесс горения. Содержащиеся в топливе высокодисперсные частицы водной фазы при прогреве в цилиндре превращаются в паровые пузырьки, мгновенно дробящие топливные капли на мельчайшие частицы, которые быстрее прогреваются и интенсивнее взаимодействуют вначале с кислородом, образующимся в результате диссоциации воды, воспламеняются и, перемешиваясь с кислородом воздушного заряда, ускоренно сгорают.

Благодаря более полному и ускоренному сгоранию топлива, постоянной газификации отложений углерода детали цилиндропоршневой группы и газораспределительного тракта не загрязняются продуктами сгорания, меньше подвержены абразивному износу.

Подача воды в двигатель может быть осуществлена тремя способами:

- в виде жидкости непосредственно в цилиндр или карбюратор;
- в виде паровоздушной смеси во впускной коллектор отдельно от топлива;
- в виде водотопливной эмульсии.

Впрыск воды в цилиндр реализовать непросто, хотя первые эксперименты в 20-х годах с водой проделали именно с впрыском воды в зону выпускного клапана.

Подача паровоздушной смеси в зону впускного коллектора может быть реализована, например, путем предварительного испарения воды теплом выхлопных газов. Первые два способа не получили практического развития из-за необходимости создания двойной системы питания со специальным оборудованием, а также значительной неравномерностью распределения воды по цилиндрам.

Поэтому третий способ представляется наиболее простым и перспективным, так как применение заранее подготовленной эмульсии позволяло бы эти трудности обойти. Известно, что водотопливные эмульсии - это метастабильные жидкости, состоящие из воды и топлива, при этом длительность их метастабильного состояния зависит от третьего вещества - эмульгатора. Но подбор именно этого вещества оказался с технической точки зрения намного сложнее инженерных проблем, возникающих при использовании обычной воды.

В последнее время широкое применение в качестве эмульгаторов нашли поверхностно-активные вещества (ПАВ) на основе олеиновой кислоты и ее солей, позволяющие получить относительно устойчивые эмульсии. Трудности, возникающие при создании устойчивых водотопливных эмульсий, связаны не только с подбором эмульгаторов. Необходимо также выполнить целый набор требований, предъявляемых к моторному топливу. Во-первых, эмульгатор в эмульсии должен быть как можно меньше. Так, например, наличие 0,5 % ПАВ может вызвать усиленное образование нагара в камере

сгорания, перебой в работе двигателя. Во-вторых, эмульгаторы и продукты их распада не должны быть токсичными и коррозионноактивными, не должны снижать детонационную стойкость топлива. Все эти дополнительные требования усложняют задачу создания водотопливных эмульсий, устойчивых достаточно долгое время.

В последнее время появилось сообщение о разработке японскими исследователями из университета Канагавы нового суперэмульгированного топлива. Японские исследователи разработали процесс эмульгирования топлива при помощи гидрофильных наночастиц. Проведенные испытания суперэмульгированного дизельного топлива на 30-тонном грузовике показали сокращение выбросов вредных веществ и снижение расхода топлива на 10...15 %. При этом испытывались два типа водно-дизельной смеси: с содержанием воды 30 и 35 %. Следует отметить, что снижение стоимости такого эмульгатора не менее сложная задача, чем его получение. Поэтому сейчас делаются попытки изготовления водотопливных эмульсий непосредственно как на стационарных, так и транспортных дизельных силовых установках с разработкой в последних случаях бортовых диспергаторов. Но и в этих случаях для устойчивости эмульсии продолжают вводить эмульгаторы, хотя и в меньшем количестве.

Проведя широкий поиск и анализ патентной и технической информации специалисты научно-производственного предприятия "Аркон" разработали водотопливную систему для стационарных и транспортных дизельных энергетических установок мощностью от 50 до 500 л.с. с получением эмульсии без использования эмульгатора непосредственно на самой установке. При этом конструктивные изменения в штатную топливную систему не вносились. Выбор двигателя, работающего по циклу Дизеля, основывается на:

- мировом росте производства дизельных двигателей для судов, тепловозов, тракторов и автомобилей;
- возможности применения в установке получения ВТЭ идентичных топливных насосов, применяемых в дизельных топливных системах;
- использовании для улучшения качества (дисперсности) ВТЭ ударных волновых процессов, возникающих в трубопроводе от насосной секции к форсунке при подаче топлива под давлением.

Для реализации этого направления в НПО "Аркон" была разработана программа, состоящая из трех этапов:

- на первом этапе предусматривалось создание специализированного стенда для проверки и отработки схемно-технологических и конструктивных разработок;
- на втором этапе - создание первого образца установки получения ВТЭ для грузового автомобиля (МАЗ 54329-20 мощностью 240 л.с. и проведение комплексных стендовых испытаний;
- на третьем этапе - дорожные пробеговые испытания на борту автомобиля.

В 2008 - 2009 гг. на предприятии "Аркон" была организована проблемная лаборатория и создан стенд для испытания оборудования получения ВТЭ, проведения режимных испытаний установки совместно с дизельным двигателем. На рис. 1 отражена схема стендовой системы получения и разделения ВТЭ, а ниже приводится состав стенда.

В состав стенда входят:

- 1 - установка получения ВТЭ;
- 2 - дизель-генератор "Хонда" $N = 3$ кВт с щитом контроля и тепловой нагрузкой;
- 3 - мерный участок с обратным электромагнитным клапаном, управляемым от реле времени;
- 4 - сепаратор $E2$ $V = 20$ л с коллектором;
- 5 - мензурка $V = 2$ л с водой;
- 6 - мензурки $V = 0,25...2$ л для замера расхода дизельного топлива и замера расхода и концентрации воды в составе ВТЭ.

Непосредственно в состав установки получения ВТЭ входят:

- емкость $E1$ $V = 20$ л для дизельного топлива;
- топливный насос высокого давления $H1$ с подкачивающим насосом;
- диспергатор $D1$ эжекторного типа.

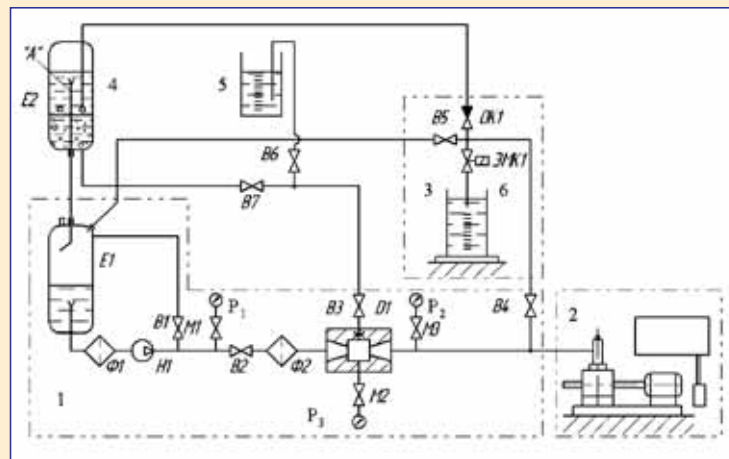


Рис. 1. Схема стендовой системы получения и разделения ВТЭ

Кроме того в состав установки входит запорная и манометровая арматура и приборы контроля давления.

Основные результаты режимных испытаний стендовой установки отражены на рис. 2.

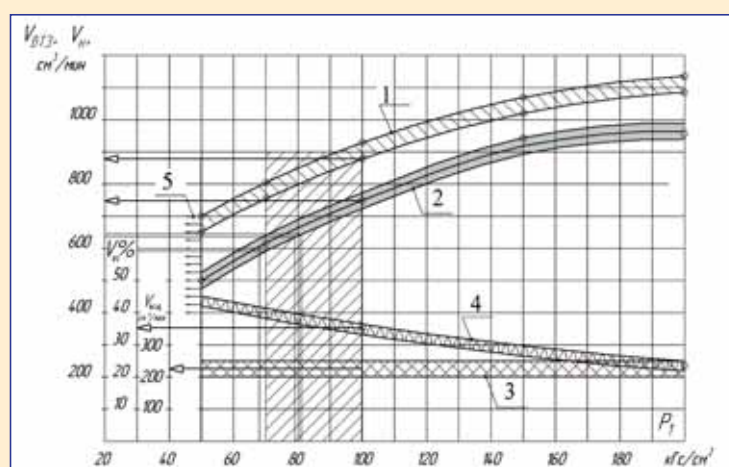


Рис. 2. Зависимость изменения $V_{ВТЭ}$, V_H , V_{oc} от давления P_1 при геометрических параметрах диспергатора: $d_{д.д.}^{д.д.} = 0,3$ мм, $d_{с.вод} = 0,7$ мм, $d_{с.к} = 0,8...1,0$ и расход воды $V_{вод}$ при стабильном давлении в рабочей камере диспергатора $P_в = 0,1...0,05$ кгс/см²

На представленных графиках показаны:

- 1 - расход ВТЭ ($V_{ВТЭ}$) через диспергатор в зависимости от давления P_1 на входе в диспергатор;
- 2 - расход (V_H) дизельного топлива через диспергатор в зависимости от давления P_1 на входе в диспергатор;
- 3 - расход воды ($V_{вод}$), подаваемой в диспергатор при стабильном давлении в рабочей камере $P_в = 0,1...0,05$ кгс/см² (абс.);
- 4 - объемная концентрация воды в составе ВТЭ (V_{oc}) в %;
- 5 - критическое давление на входе в диспергатор, уменьшение которого приводит к нарушению устойчивого режима работы диспергатора.

Большой объем проведенных экспериментов подтвердил правильность технических принципов, заложенных в технологический процесс получения ВТЭ без эмульгатора, а сконструированное оборудование обеспечило устойчивую работу дизель-генератора "Хонда" в нагрузочном режиме при концентрации воды в диапазоне от 5 до 30 %. Сбой в работе дизель-генератора происходил при повышении концентрации воды в составе ВТЭ с 35 до 40 %.

В процессе стендовых испытаний была решена противоречивая задача. С одной стороны необходимо было получить мелкодисперсную эмульсию, время жизни которой достаточно, чтобы произошел ее впрыск в цилиндр двигателя и возгорание, но с другой стороны - минимизировать время расслоения на воду и топливо той части ВТЭ, которая возвращается в установку из циркуляционного контура после отбора из него расхода на дизель, зависящего от его режима работы. Первое качество было достигнуто благодаря

разработки в конструкции диспергатора камеры смешения с волновым внутренним профилем на определенной длине, что обеспечило существование эмульсии в мелкодисперсной форме в интервале от 40 до 60 с. Эффективное расслоение возвращаемой ВТЭ было найдено после испытания ряда конструкций одно-, двух- и трехступенчатых сепараторов и порядка десятка конструкций коллекторов. В результате испытаний была доведена конструкция одноступенчатого сепаратора, из которой при поступлении ВТЭ с концентрацией воды 20 % удается отвести топливо из сепаратора с концентрацией воды 0,3...0,5 %.

Накопленный в процессе испытаний исследовательский и конструкторский опыт позволили сформулировать главные технические требования, которые легли в основу разработки опытной водотопливной системы для стационарных и транспортных силовых энергетических дизельных установок мощностью от 50 до 500 л.с., а именно:

- водотопливная система должна быть автономной и встроена в штатную топливную систему с сохранением ее полной работоспособности при отключении первой;
 - работа водотопливной системы может быть осуществлена как в ручном, так и в автоматическом режимах, при этом при отказе системы или по команде оператора или водителя должен быть произведен автоматический переход работы дизельной установки от штатной системы питания;
 - в штатный бак с дизельным топливом не должна попадать ВТЭ;
 - время работы водотопливной системы - 12 часов в смену;
 - система должна обеспечить возможность изменения настройки получения концентрации воды в составе ВТЭ в диапазоне от 5 до 35 % без постоянного контроля состава ВТЭ;
 - потребляемая мощность не должна быть более 500 Вт. Питание оборудования системы для стационарного варианта от источника 220/380 В, $f = 50$ Гц, для транспортного варианта от источника $V = 24$ В;
 - оборудование системы должно быть выполнено в виде агрегатов, удобных для монтажа и эксплуатации;
 - первая опытная водотопливная система должна работать только при положительных температурах.
- Принципиальная схема опытного образца водотопливной системы представлена на рис. 3.

Топливная система включает установку получения водотопливной эмульсии в составе: бака для подачи воды 1, бака для топлива 2, последовательно сообщенные и образующие циркуляционный контур плунжерный насос высокого давления 3, эжектор 4 с приемной камерой и камерой смешения, подключенной непосредственно к коллектору 5 насоса двигателя (на схеме насос двигателя не показан), и сепаратора инерционного типа 6 с регулятором уровня топлива 7, регулятором уровня воды 8 и коллектором 9, установленным в зоне разделения воды и топлива, а также тремя входами, один из которых трубопроводом связан с баком для воды 1, второй - с топливным баком 2, а третий

- с коллектором 9 и линией возврата эмульсии от коллектора 5 насоса двигателя, при этом на линии возврата эмульсии установлен сигнализатор давления 10 и регулятор давления 11, а из двух выходов сепаратора 6 один трубопроводом подключен ко всасу плунжерного насоса 3, а второй - к приемной камере эжектора 4 с помощью трубопровода, на котором установлен электромагнитный клапан 12 и дюза 13. Дополнительно система снабжена контуром циркуляции топлива в составе: топливного насоса низкого давления 14, подключенного трубопроводом к баку для топлива 2 и напорным трубопроводом с электромагнитным клапаном 15 к коллектору 5 насоса двигателя, и трубопровода возврата топлива из коллектора 5 насоса двигателя в бак для топлива 2, при этом на трубопроводе возврата топлива установлены регулятор давления 16 и электромагнитный клапан 17, а также байпасным трубопроводом с регулятором давления 18, подключенным к баку для топлива 2 и напорному трубопроводу, и трубопроводом подпитки топливом 19, соединенным с напорным трубопроводом и вторым входом сепаратора 6.

Предлагаемая топливная система двигателя внутреннего сгорания работает следующим образом.

Пуск и первоначальная работа двигателя производится путем отбора необходимой части топлива, осуществляемого насосом двигателя из коллектора 5 циркуляционного контура топлива. В этом случае топливо из бака для топлива 2 по трубопроводу поступает на всас топливного насоса 14, после которого под давлением 0,15...0,2 МПа через открытый электроклапан 15 по напорному трубопроводу поступает в коллектор 5 насоса двигателя, из которого часть топлива отбирается на насос двигателя и далее распределяется по форсункам, а остальная часть через регулятор топлива 16 и открытый электроклапан 17 по трубопроводу возвращается в бак для топлива 2.

Переход работы двигателя от установки получения водотопливной эмульсии производится по команде водителя автоматически, причем переход на альтернативное топливо совершается в три этапа. На первом этапе топливо из сепаратора 6 по трубопроводу поступает на всас плунжерного насоса 3, после которого оно под давлением 7,0...10,0 МПа направляется в эжектор 4, камера смешения которого непосредственно соединена с коллектором 5 насоса двигателя. В коллекторе 5 потоки топлива после насоса 14 и эжектора 4 соединяются. Далее суммарный поток топлива за вычетом топлива, отбираемого для работы двигателя, возвращается в бак для топлива 2, при этом расход топлива, поступающего на всас плунжерного насоса 3 из сепаратора 6 компенсируется отбором топлива после насоса 14, поступающего по трубопроводу на вход сепаратора 6 и далее через регулятор уровня топлива 7.

На втором этапе через 20 - 30 с после включения в работу плунжерного насоса 3 выдается команда на закрытие электромагнитных клапанов 15 и 17, в результате чего вступает в работу регуляторы давления 11 и 18, настроенные на несколько большее давление срабатывания, чем регулятор давления 16. Таким образом, на этом этапе еще продолжается работа двигателя на топливе, циркулирующем по контуру: сепаратор 6, плунжерный насос 3, эжектор 4, коллектор 5 насоса двигателя, регулятор давления 11 линии возврата, коллектор 9 сепаратора 6.

На третьем этапе работы через 20 - 40 с после закрытия электромагнитных клапанов 15 и 17 и достижения необходимого давления в коллекторе 5, фиксируемого с помощью сигнализатора давления 10, выдается команда на открытие электромагнитного клапана 12, в результате чего вода из нижней части сепаратора 6 по трубопроводу поступает в рабочую камеру эжектора 4 с необходимым для получения концентрации водотопливной эмульсии расходом, который определяется отверстием дюзы 13 и перепадом давления между сепаратором и рабочей камерой эжектора. Образующаяся в камере смешения эжектора 4 мелкодисперсная водотопливная эмульсия поступает в коллектор 5 насоса двигателя, где в зависимости от режима работы двигателя необходимая часть отбирается насосом двигателя и подается на форсунки, а избыток через

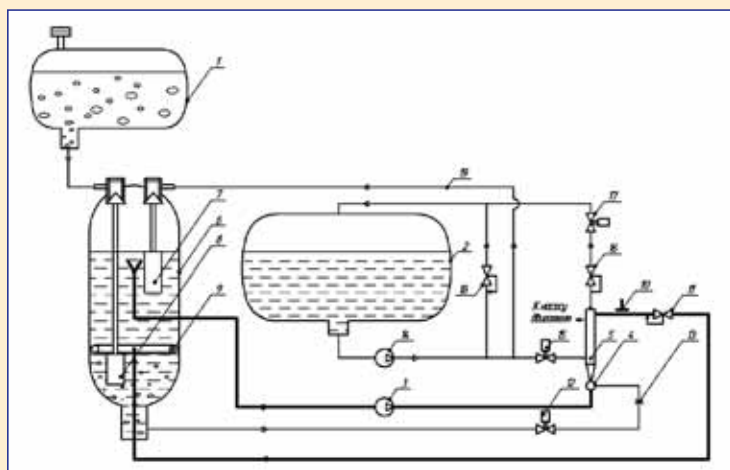


Рис. 3. Принципиальная схема водотопливной системы (опытный образец)

Как видно из схемы, водотопливная система включает установку получения ВТЭ 1 и сепаратор 2 для эффективного разделения ВТЭ,



возвращаемой из циркуляционного контура, с совмещением функции бака для воды, объем которого позволяет обеспечить без дозаправки водой работу двигателя в течение 8 - 12 ч. Установка получения ВТЭ включает также высоконадежный одноплунжерный насос *Н1* высокого давления с электроприводом постоянного тока $V = 12...24$ В, диспергатор *Д1* эжекторного типа, обратные клапаны *ОК1* и *ОК2*, электромагнитный клапан *К1* и фильтры. Установка получения ВТЭ *1* встраивается в разрез между подкачивающим топливным насосом *НП* и коллектором топливного насоса высокого давления штатной системы. В сепараторе установлен коллектор для приема ВТЭ, указатель уровня воды, а также теплообменник, в котором циркулирует горячий тосол для подогрева в зимнее время (теплообменник и указатель уровня на схеме не показаны). Возможен вариант изготовления единого универсального топливного бака, соединяющего функции бака для воды, сепаратора и бака для топлива.

**20 - 23
НОЯБРЯ**



Международный выставочный центр

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



www.tech-expo.com.ua



ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

ФГУП "НАМИ":

Вадим Константинович Азаров, экономист
Вадим Федорович Кутенев, заместитель генерального директора по научной работе, профессор, д.т.н.
Алексей Станиславович Теренченко, заведующий лабораторией, к.т.н.

В статье рассмотрены современные проблемы мирового автомобилестроения и их энергетических установок. Проанализирован пример предпринимаемых мероприятий фирмами, производящими автомобили для массового потребления, для конкуренции с дорогими автомобилями, которые оборудованы комбинированной энергетической установкой (КЭУ), при почти равнозначных показателях по экологии. Сделан прогноз об оптимальных путях совершенствования эколого-экономических показателей новых и модернизированных традиционных ДВС. Приведен прогноз ожидаемых выбросов CO_2 автомобилями с КЭУ, электромобилями и криогенными силовыми установками с нормативами Евросоюза на выбросы CO_2 с 2012 г. Обосновано делается вывод о необходимости анализировать потенциальные возможности снижения выбросов CO_2 различных силовых установок и энергоносителей за их полный жизненный цикл. The article describes the current problems of the world automotive industry and power plants. Analysis of the measures of firms producing cars for mass consumption are taken, to compete with the expensive hybrid electric vehicles (HEV), with almost equal rates in ecology. The forecast on the best ways to improve the environmental and economic performance of the new power units and modernized the traditional internal combustion engine. The forecast of the HEV, electric and cryogenic propulsion systems CO_2 emission expected, according with the EU regulations on CO_2 emissions since 2012. The conclusion about necessity to analyze the potential for reducing CO_2 emissions of various power units and energy carriers for their life cycle assessment has been reached.

Ключевые слова: энергосбережение, энергетическая установка, эколого-экономические показатели, альтернативные топлива, энергоносители, криогенная силовая установка, возобновляемые источники энергии.

Keywords: energy saving, power plant, environmental and economic performance, alternative fuel, energy, cryogenic propulsion system, renewable energy.

Современные проблемы мирового автомобилестроения и их энергетических установок определяются необходимостью активных инноваций в области экологии и энергосбережения.

С момента внедрения нормативов на выброс вредных веществ с отработавшими газами (ОГ) колесных транспортных средств (КТС) начались интенсивные исследования по уменьшению этого выброса. Эта проблема активно решалась и решается различными способами.

На рис. 1 представлен прогноз потребления моторных топлив на транспорте в Российской Федерации до 2050 г.

На рис. 2 приведен мировой прогноз развития производства энергетических установок для АТС, согласно которому к 2020 г. около 20 % (а к 2050 г. 50...60 %) производимых автомобилей будут с комбинированной энергетической установкой на базе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) или электромобилями, а в перспективе КЭУ на базе электрохимических генераторов (ЭХГ).

Учитывая выше приведенные прогнозы, производители АТС и энергетических установок традиционных конструкций, конкурируя с новыми энергетическими установками, активно привлекают новые технологии по дальнейшему совершенствованию эколого-экономических показателей новых и модернизированных традиционных ДВС с одной только целью: удержать объемы своих производств.

При разработке новых и модернизации существующих силовых установок КТС их производители сегодня ориентируются на создание модификаций способных работать на различных традиционных и альтернативных видах жидких и газообразных топливах (энергоносителях).

Существующие технологии производства и задачи по возможности расширения применения альтернативных видов топлива (энергоносителей) для энергетических установок КТС определяются их эффективностью применения с учетом КПД энергетических установок КТС в полном жизненном

цикле от производства до реального использования. Результаты расчета суммарного (итогового) КПД различных энергоносителей на существующих энергетических установках представлены на рис. 3.

Следует обратить внимание на то, что в настоящее время объемы тепловых выбросов автомобильным транспортом в мире более чем вдвое превышает таковые выбросы от работы промышленной индустрии и не автомобильного транспорта потребляющих электроэнергию.

Установлено, что на фоне увлечения разработками проблем водородных и альтернативных топлив, а в настоящее время комбинированных силовых установок в Европе, США и России, потерял контроль над гипермасштабным ростом реальных автомо-

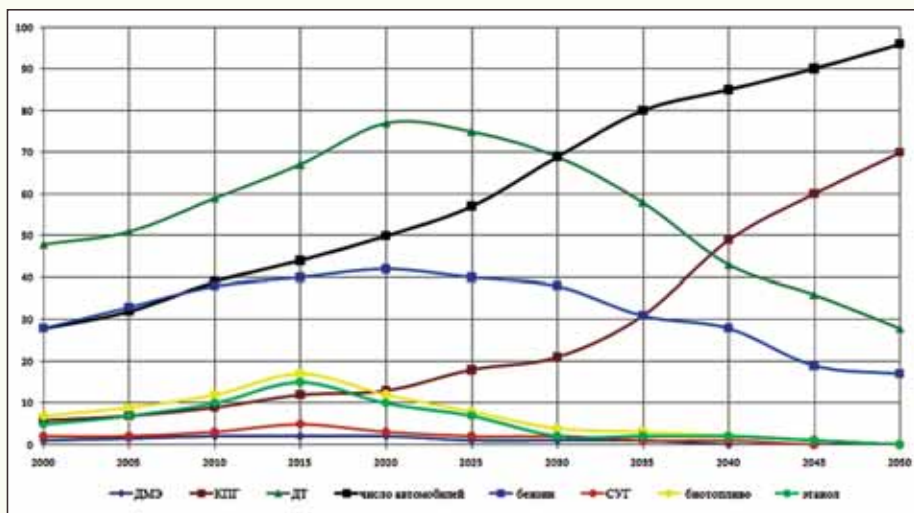


Рис. 1. Прогноз потребления моторных топлив на транспорте в Российской Федерации

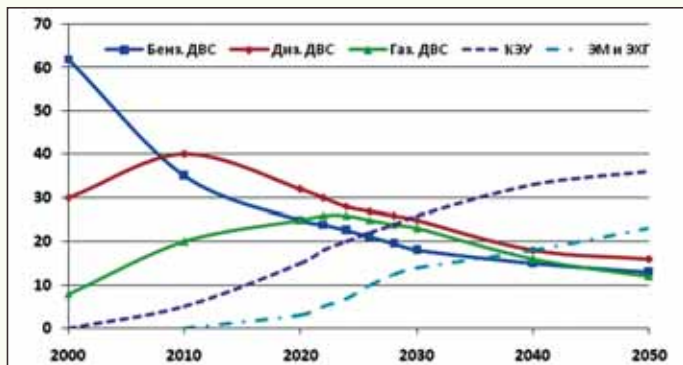


Рис. 2. Прогноз развития энергетических установок для АТС

бильных парков с бензиновыми и дизельными двигателями составляющим уже 800 млн автомобилей в мире и 36 млн в России. В результате тепловые выбросы, сопровождаемые токсичными выбросами, достигли в мире 3,5 млрд кВт, в том числе 1,76 млрд кВт за счет работы шин, так что на каждого жителя развитых стран приходится 750 кг вредных отходов в год, 6 кг шинной пыли и до 1 т диоксида углерода.

При снижении коэффициентов сопротивления качению выпускаемых в стране автомобильных шин в среднем на 10...20 % суммарная мощность тепловых выбросов в атмосферу от работы автомобильного парка была бы снижена с 250 млн кВт до 220 млн кВт.

Дальнейшее глобальное ужесточение экологических норм на выброс ВВ дополняется в 2009 г. требованиями Евросоюза на выброс парниковых газов (CO_2) от автотранспорта.

На рис. 4. приведены значения выбросов CO_2 с ОГ современными [1] и перспективными автомобилями и перспективные требования Правил ЕС на 2012 г. в зависимости от массы автомобиля, а также прогноз выбросов CO_2 автомобилями с КЭУ, электромобилями и криогенными силовыми установками.

В настоящее время всеми ведущими автомобильными фирмами активно ведутся научно-исследовательские и конструкторские работы в следующих направлениях:

1. Разработка системы классификации энергоносителей для автотранспортных средств по их энергетической эффективности не только в реальной эксплуатации, но и с учетом затрат энергии на их производство и утилизацию, т.е. в их полном жизненном цикле.

2. Интенсивное дальнейшее развитие ДВС путём совершенствования рабочих процессов, для улучшения топливной экономичности и снижения токсичности двигателей на традиционных и альтернативных видах топлив, а также развитие интеллектуальных систем управления силовым агрегатом, включая систему стоп-старт и трансмиссией.

3. Создание комбинированных энергетических установок (КЭУ) со сверхнизкими выбросами вредных веществ с отработавшими газами работающих на водородосодержащих газах, получаемых на борту автомобиля.

4. Создание новых технологий по конструкции применяемых материалов и электромобилей с низким выбросом CO_2 , а также необходимых вспомогательных систем (отопление, вентиляция и т.п.).



Рис. 3. Суммарный КПД энергоносителей на различных энергетических установках

5. Разработка новых технологий для создания криогенных силовых установок с нулевым выбросом вредных веществ и парниковых газов CO_2 .

Правительства ряда европейских стран стимулируют покупку экологически более чистых автомобилей, вводя систему скидок и наценок при покупке в зависимости от уровня эмиссии CO_2 . Например, в Бельгии в 2011 г. на все автомобили с выбросом CO_2 менее 105 г/км дается скидка 15 % с покупной цены автомобиля, а в регионе Валлония действует еще и более стимулирующая система скидок и наценок приведённая в табл. 1.

Таблица 1

Тариф в Евро на выбросы CO_2 (г/км)		99	99-155	156-165	166-175	176-185	186-195	196-205	206-215	216-225	226-235	236-245	246
Скидка	600	0	100	175	250	375	500	600	700	1000	1200	1500	Более

Подобное стимулирование способствует тому, что появилось большое количество массовых автомобилей с низким уровнем CO_2 . В большинстве своем такие модели имеют небольшие турбодизели и могут оборудоваться системами стоп-старт. Более дорогие модели снабжают также системами рекуперации тормозной энергии. Фирмами, производящими автомобили для массового потребления, предпринимаются интенсивные меры в борьбе с удорожанием автомобилей с КЭУ. Так, для сравнительного примера, был взят автомобиль Leon Ecomotive, который выпускается испанской компанией Seat. На нем устанавливается 4-цилиндровый дизель 1598 cm^3 мощностью 105 л.с. при 4400 min^{-1} и крутящим моментом 250 Нм при 1500 min^{-1} , оснащенный фильтром твердых частиц, системой стоп-старт и системой рекуперации тормозной энергии.

Основные параметры в сравнении с традиционной моделью с расходом бензина 7,5 л/100 км и выбросом CO_2 в 190 г/км при 4-летней эксплуатации (80 тыс. км) показаны на рис. 5. Сравнение производилось с гибридным вариантом подобного автомобиля Toyota Auris HSD.

Экологическое преимущество этих автомобилей по эмиссии CO_2 в более чем 2 раза по сравнению с традиционным автомобилем будет ещё более заметно по сравнению с традиционным автомобилем (при тех же условиях эксплуатации - 80 тыс. км за 4 г.). Однако в то же время Toyota Auris HSD имеет цену 23 745 евро, что почти в 2 раза дороже, чем у дизельных конкурентов при сравни-

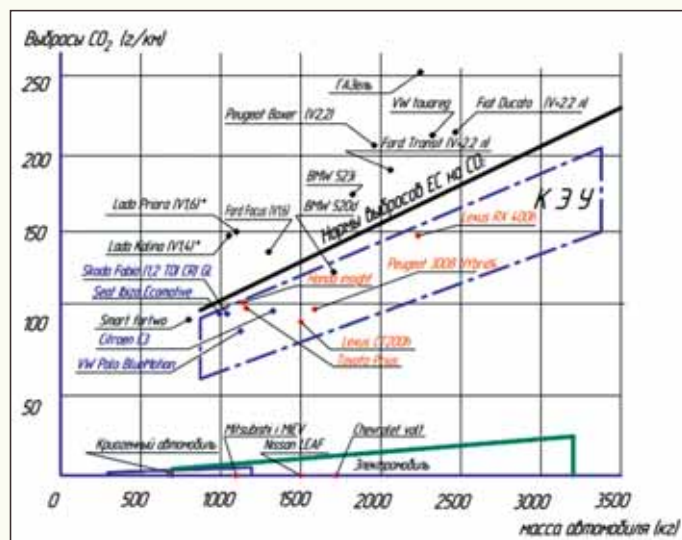
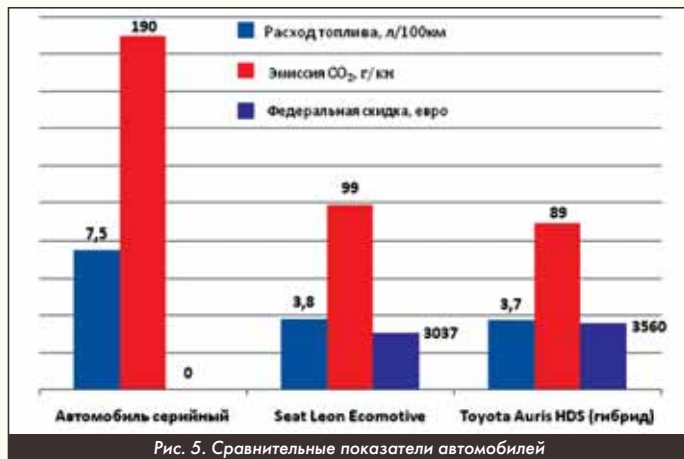


Рис. 4. Нормативы Евросоюза на выбросы CO_2 автомобилями с различными энергетическими установками



мых экономических (федеральная скидка и расход топлива) и экологических показателей. Дороже будет и техническое обслуживание при эксплуатации.

Одновременно с выполнением мероприятий, приведёнными нами ранее, ведётся интенсивный поиск новых силовых установок взамен поршневому силовому агрегату, включая поиск новых экологических и энергоэффективных энергоносителей.

Сегодняшнее соотношение экологических и экономических характеристик электромобилей (ЭМ) позволяют прогнозировать в ближайшие 20 лет их возможный рост в общем парке автотранспортных средств.

Так, прогнозируется рост объемов производства ЭМ на уровне 7...10 % от ожидаемого общего мирового объема производства около 70 млн автомобилей в 2020 г.

В табл. 2 приведены рекламные материалы по стратегии фирмы BOSH (данные 2010 г.) по развитию альтернативной энергетики для транспорта к 2015 г.

Европейская Комиссия недавно опубликовала документ относительно транспортной политики ЕС в будущем. Он предусматривает 50 процентное сокращение использования автомобилей с двигателями внутреннего сгорания на территориях городов к 2030 г. и полное их запрещение к 2050 г., что естественно повлияет на более интенсивное развитие КЭУ и электромобилей.

Однако большие объемы производства электромобилей потребуют большого количества энергии и развития инфраструктуры её размещения. Важный вопрос стоимости получения электроэнергии от источника.

В последние годы в качестве альтернативы разрабатывается и концепция автомобилей с энергетическими установками, работающими на криогенных жидкостях в частности, на водороде или на азоте [2]. При этом энергия криогенной

жидкости преобразуется в механическую работу при расширении в пневматической машине.

Криогенный двигатель с точки зрения локальной экологии можно считать идеальным, превосходящим по расчетам даже электромобили при оценке энергозатрат на их производство и предотвращенного экологического ущерба при оценке по полному жизненному циклу ввиду использования экологически чистого энергоносителя - азота, имеющегося в неограниченных объемах - 75 % по массе воздуха и возвращаемого обратно в атмосферу.

Однако, в любом случае, развитию ЭМ и других силовых установок на новых энергоносителях, будут всячески препятствовать нефтегазовые компании, а также необходимость серьезных капитальных вложений в создание новой инфраструктуры и понимание достаточности энергобаланса при производстве электроэнергии даже в ночное время.

В табл. 3 приведена оценка стоимости 1 кВт установленной мощности для зарядки электромобиля и энергоустановки гибрида с точки зрения инвестиций.

Несмотря на очевидность предпринимаемых шагов многими странами (Япония, США, Китай, ЕС) по внедрению экологических транспортных средств, наличие национальных и международных программ в этом направлении, - в России нет сегодня ни региональной программы, ни федеральной программы разработки и внедрения экологического транспорта (КТС на альтернативном топливе, КТС с КЭУ и электромобили), о чём следует сожалеть, поскольку проводимые сегодня работы различными Министерствами проводятся бессистемно и не имеют общей координации ввиду отсутствия единой идеологии.

На рис. 6 представлена версия прогноза до 2050 г. возможного использования энергоносителей сегодня используемых исходя из тенденций развития энергетических установок.

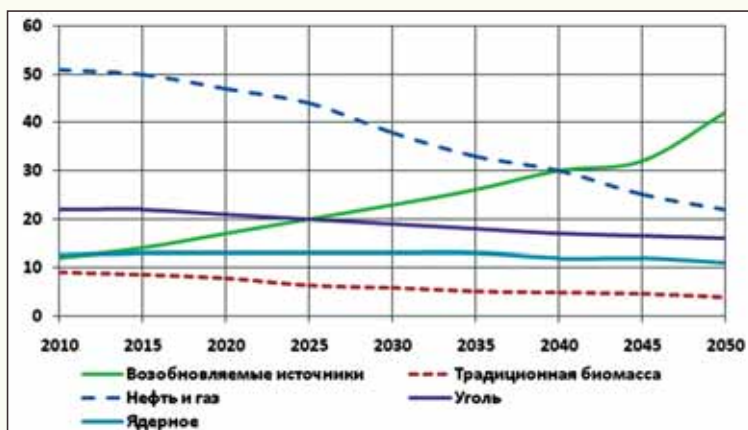


Рис. 6. Эволюция перераспределения энергоносителей на базе появления новых технологий их получения

Стратегия фирмы BOSH

Параметр	ДВС	КТС с КЭУ	КТС с КЭУ с зарядкой от сети	ЭМ с увеличенным запасом хода	Небольшой ЭМ
Выбросы CO ₂ , г/км	140	120	93	88	20
Тяговая батарея (ТАБ), кВтч	-	1,3	12	15	-
Запас хода на одной зарядке, км	(400...500)	2	50	65	75
Стоимость системы электропривода, включая ТАБ, Евро	-	3500	9500	9000	7500
Затраты (Евро/км)	0,11	0,09	0,05	0,04	0,02
Затраты (руб/км)	4,5	3,6	2,0	1,6	0,8

Оценка стоимости 1 кВт установленной мощности

Тип станции	Стоимость установленной мощности, \$/кВт	Срок службы, лет	Расход топлива, г.у.т./кВт ч	Себестоимость, \$/кВт ч
Атомная электростанция	<3200	40	Незначителен	0,021...0,031
Гидроэлектростанция	<1800	30-50	Отсутствует	Менее 0,1
Парогазовая установка	<1300	Газовая турбина 20-25	260...280	0,037...0,06
		Паровая турбина 40		
Гибрид (автомобиль)	<100	10	260...280	0,03...0,04

Серьезный переход на возобновляемые (солнечная, водно-ветровая энергия) энергоносители, имеющиеся в неограниченных объемах, произойдет не ранее 2025-2035 гг., и нужно быть готовым к этому революционному переходу. Для объективной оценки эколого-экономических показателей перспективных, как энергоносителей, так и энергетических установок колесно транспортных средств, необходимо вести анализ их перспективности комплексно по всем составляющим полного жизненного цикла транспортного средства.

Таблица 2

Таблица 3

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАНЯТОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МОДЕРНИЗИРУЕМОЙ ЭКОНОМИКИ

МПГУ:

Сергей Юрьевич Иванов,

доцент кафедры теории и истории социологии

Андрей Сергеевич Иванов,

аспирант кафедры теории и истории социологии

В статье дается оценка состояния рынка труда и занятости. В рамках снижения диспропорции спроса и предложения на рабочую силу даются рекомендации по защите социально-экономических интересов и трудовых прав занятого населения на основе развития социально-трудовых отношений.

This article assesses the state of the labor market and employment. As part of reducing the imbalance of supply and demand for labor makes recommendations for the protection of socio-economic interests and rights of labor employed on the basis of social and labor relations

Ключевые слова: рынок труда, занятость, безработица, трудовая мобильность, социальная политика, социально-трудовые отношения.

Keywords: labor market, employment, unemployment, labor mobility, social policy, social-labor relations.

Реализация курса на модернизацию экономики невозможна без обеспечения эффективной занятости. Занятость, являющаяся комплексной социально-экономической категорией, отражает все многообразие процессов, протекающих в экономике, а также позволяет определить как степень эффективности использования обществом всех имеющихся ресурсов, так и степень ее гуманизации. Современную высокоразвитую экономику сегодня невозможно представить без соблюдения высоких социальных стандартов занятости и уровня жизни населения.

На сегодняшний день требуется разработка новых методов, и реализация определенного набора мер по обеспечению баланса спроса и предложения рабочей силы, который и представляет собой государственную политику занятости.

Согласно данным Федеральной службы по труду и занятости, общая численность безработных граждан России в 2010 г. составила 6,3 млн человек - это 8,6 % экономически активного населения. При этом число официально зарегистрированных безработных в 2010 г. составило 2,2 млн человек - 3 % экономически активного населения (занятые + безработные) [1].

Доля граждан, обратившихся за помощью в поиске работы в органы службы занятости населения, в общей численности экономически активного населения Российской Федерации снизилась с 4,5 % в первом полугодии 2010 года до 3,8 % в первом полугодии 2011 года [2].

Численность экономически активного населения в возрасте 15-72 лет в августе 2011 г. составила 76,7 млн человек, или более 54 % от общей численности населения страны [3]. В сравнении с августом 2010 г. численность занятого населения выросла на 477 тыс. человек, или на 0,7 %; численность безработных сократилась на 462 тыс. человек, или на 8,8 %.

По итогам 2011 года численность регистрируемой безработицы в России была не более 1,8 млн человек. Уровень безработицы (отношение численности безработных к численности экономически активного населения) в декабре 2011 г. по сравнению с 2010 г. несколько снизился и составил 6,1 % (без исключения сезонного фактора). Общая численность безработных в России в декабре 2011 года составила 4 млн 643 тыс. человек.

Уровень занятости населения (отношение численности занятого населения к общей численности населения обследуемого возраста) по сравнению с 2010 г. был выше и составил 64 % [4].

Численность безработных в России в январе 2012 г. по сравнению с аналогичным периодом прошлого года снизилась на 15,5 % - до 4,911 млн человек. При этом в государственных учреждениях службы занятости населения в качестве безработных были зарегистрированы 1,3 млн человек, в том числе 1,1 млн человек получали пособие по безработице [5].

Вместе с тем на рынке труда складывается весьма двусмысленная ситуация. Люди, которые уходят с предприятий, не спешат становиться на учет в территориальные органы службы занятости. Одновременно нельзя забывать о работниках, которые по вине администрации работают неполное рабочее время и в любой момент могут оказаться безработными.

Наиболее существенные диспропорции по уровню безработицы проявляются в региональном разрезе. На третий квартал 2011 г. самый низкий уровень безработицы, по методологии МОТ, отмечался в Центральном федеральном округе, самый высокий - в Северо-Кавказском федеральном округе. В 26 субъектах Российской Федерации уровень регистрируемой безработицы был выше среднероссийского значения, в том числе в 3 субъектах, - более чем в 2 раза. В группу регионов с наиболее высоким уровнем безработицы вошли Чеченская Республика, Республика Ингушетия, Республика Дагестан, Республика Тыва.

Из контекста вышесказанного становится ясно, что речь здесь может вестись лишь об условно удовлетворительной оценке ситуации на российском рынке труда. Несмотря на то, что данные официальной статистики фиксируют радужную картину по высокой занятости населения, выборочные обследования говорят об обратном: высокий процент трудоспособного населения, кто не работает и не учится, по-прежнему сохраняется [6].

Сохранение занятости произошло на фоне существенного снижения жизненного уровня занятого населения, ухудшения условий найма. Многие столкнулись с усиливающейся нестабильностью занятости, ростом трудовой нагрузки, ухудшением дел с охраной труда, его безопасностью. Не случайно, что по данным Минздравсоцразвития России в 2011 г. продолжительность жизни остается крайне низкой: у мужчин она составила - 64,3 года, что на 13 лет меньше, чем у женщин [7].

Очевидно, что структурные преобразования экономики нередко сопровождаются ростом безработицы. В этих условиях важнейшим индикатором эффективной занятости становится снижение продолжительности "периода" безработицы.

Согласно данным профсоюзной статистики за 2011 г. уровень безработицы для подавляющего большинства высвобождающихся остается достаточно высоким. Среди безработных 29,4 % составляют лица, срок пребывания которых в состоянии поиска работы (безработицы) не превышает 3-х месяцев. Один год и более ищут работу 32,6 % безработных (застойная безработица). Среди сельских жителей доля застойной безработицы составила 36,4 %, среди городских - 30,2 % [8].

При этом нельзя забывать, что для большинства безработных граждан пособие по безработице - единственный источник доходов. Согласно профсоюзному мониторингу во II квартале 2011 г.

максимальный размер пособия по безработице составлял 75 %, минимальный - 13 % от величины прожиточного минимума на душу населения. По состоянию на 30 августа 2011 г. минимальное пособие получали 47,5 % безработных [9].

Согласно статье 15 Конвенции МОТ № 168 "О содействии занятости и защите от безработицы" размер пособия по безработице должен обеспечивать минимум, необходимый для покрытия расходов на основные жизненные нужды.

Нельзя оставить без внимания и тот факт, что сегодня между городом и селом происходит перераспределение доли населения с доходом ниже установленного официального уровня, граничащего с бедностью. За 2007-2010 гг. численность бедного населения, проживающего в сельской местности, имела тенденцию к значительному росту. Так, например, в 2009-2010 гг. превышение уровня безработицы среди селян над уровнем безработицы среди городского населения составляло 40...80 %. В феврале 2011 г. уровень безработицы в целом по стране составил 7,6 %, в то время как в "городе" он был 6,3 %, а на селе - 11,2 %. Высокая безработица среди селян связана с нехваткой рабочих мест, слабо развитой инфраструктурой, низкой мобильностью местного населения [10]. По сути, многие государственные программы по развитию села были свернуты, либо проводились локально и не получили широкого развития (например, программы поддержки "молодых специалистов", "заключения социального договора" и др.).

Особую озабоченность вызывает увеличение доли жителей монопрофильных городов, населенных пунктов в общей численности безработных. Очевидно, что для решения проблем занятости в моногородах помимо реализации комплексных инвестиционных планов их развития и обеспечения диверсификации, важное значение имеет продолжение реализации активных программ занятости, в т.ч. тех, которые оказываются наиболее эффективными для снижения напряженности на рынке труда моногородов: профессиональное обучение, общественные и временные работы, развитие малого бизнеса, переезд в другую местность с целью временного трудоустройства. К сожалению, до последнего времени такая работа практически не велась, либо была "отдана" регионам.

Существенное влияние на формирование асимметрии между спросом на рабочую силу и его предложением оказывают наиболее типичные модели управления персоналом. В практике управления персоналом нередко выделяют два типа корпораций. Первый тип, ориентирован на территориальное перемещение трудовых ресурсов. В соответствии с концепцией данной формы управления подготовка персонала производится вне стен организации. Региональные трудовые ресурсы для организаций такого типа представляют "резервуар", из которого можно набирать персонал более высокой квалификации и соответственно "сливать" персонал, который по своим качествам не соответствует потребностям производства. Корпорации второго типа используют модели трудового капитала, которые ориентированы, прежде всего, на внутрифирменное движение работников. Ключевой задачей для таких организаций является максимально полное использование собственного трудового потенциала.

В большинстве своем известная часть отечественных компаний используют модель первого типа. На предприятиях вот уже в течение сравнительно продолжительного времени практически полностью отсутствует система подготовки и переподготовки персонала. Затраты, связанные с повышением собственных кадров, корпоративный менеджмент пытается переложить на общерегиональный уровень. Однако в ситуации, когда практически разрушился механизм переподготовки персонала, происходит массовое снижение уровня регионального потенциала, резкое понижение профессионально-квалификационной структуры [11].

Интерес представляет динамика численности выбывшего персонала организаций. Численность выбывших работников организаций в конце второго, начале третьего кварталов 2011 г. превышала численность принятых работников.

Так, в июле 2011 г. было принято на работу 3,1 % списочной

численности работников, выбыло по различным причинам 2,9 % списочной численности работников. В августе 2011 г. соответственно 3,0 % и 3,3 %.

Следует отметить несоответствие качества предлагаемых рабочих мест (по содержанию работы, территориальному расположению, уровню оплаты труда и др.) квалификации и ожиданиям лиц, ищущих работу и безработных. Наличие непрестижных рабочих мест также ограничивает выбор работы для молодежи, ведет к дополнительному давлению на рынок труда, увеличивает непроизводительные издержки на медицинскую реабилитацию лиц, пострадавших от производственных травм, снижает вероятность их последующего трудоустройства, отвлекает средства из бюджета, необходимые для расширения сферы приложения труда.

Сравнение профессионально-квалификационной структуры работающего населения России с аналогичной структурой США, показывает, что в Российской Федерации доля занятых физическим трудом, а в нем доля неквалифицированной работы, выше (в РФ соответственно 68 и 45 %; в США - 26 и 10 %). Среди специалистов с высшим и средним образованием в Российской Федерации доминируют кадры технического профиля. Причем удельный вес специалистов по гуманитарным и естественным специальностям в этом отношении не является преобладающим. В США доля последних специалистов несколько выше [12].

Одной из проблем, осложняющих ситуацию на российском рынке труда, является нарастающий дефицит высококвалифицированных работников. Во многом увеличению спроса на квалифицированную рабочую силу способствовало развитие частного сектора и рост доходов предпринимателей. Причем спрос на квалифицированных работников сконцентрирован в крупных городах и именно здесь он наиболее разнообразен по своей профессиональной структуре. Особенно сильно эта проблема затрагивает базовые промышленные предприятия и строительные организации [13]. Рыночные условия настоятельно требуют нового подхода к формированию персонала на предприятиях. Старые кадры, подготовленные в дореформенные времена, очень часто не способны адекватно адаптироваться к изменившимся условиям. Вероятно, это одна из причин неэффективной работы многих предприятий. Значительная роль в разработке модели формирования персонала предприятий должна принадлежать системе профессионального обучения и переподготовки кадров.

Эффективная занятость трудоспособного населения страны предполагает максимально возможную занятость на рабочих местах, обеспечивающих высокую производительность труда, оптимизацию управленческих и посреднических структур, исключение неформальных трудовых отношений, теневого рынка труда. Однако складывающаяся на рынке труда ситуация еще далека от оптимальной.

На нестабильную экономику чрезвычайно сильно отреагировала и неполная занятость. По самым скромным расчетам приток в вынужденную неполную занятость, связанную с переводами на неполное рабочее время и вынужденными отпусками, увеличился в последнем квартале прошлого года более чем в десять раз, а условно-добровольная неполная занятость, связанная с отпусками по заявлению работников, - в два раза. Весь этот массивный навес неполной занятости эквивалентен примерно 600-700 тыс. работников, занятым в "нормальном" режиме (полное рабочее время) [14].

Наибольшие размеры неполной занятости отмечались в организациях обрабатывающих производств. В августе 2011 г. 1,5 % работников списочной численности работали неполное рабочее время по инициативе работодателя и по соглашению между работником и работодателем, 0,9 % работников находились в простое по вине работодателя.

В августе 2011 г. доля работников, находившихся в отпусках без сохранения заработной платы по письменному заявлению работника, составила 4,2 % списочной численности работников (в июле 2011 г. - 4,0 %).

Практика предоставления отпусков без сохранения заработ-

ной платы по письменному заявлению работника наиболее широко распространена в организациях обрабатывающих производств и строительства (6,8 % и 4,9 % списочной численности работников соответственно).

Показательно, что общее количество работников, которым были предоставлены отпуска по инициативе администрации, почти вчетверо превышало количество уволенных.

Безусловно, гибкость наемного работника на рынке труда, его профессиональная, квалификационная и социальная мобильность, умение найти свое место в изменяющейся сфере социально-трудовых отношений повышает уровень конкурентоспособности и гарантирует занятость даже в условиях экономического кризиса. В настоящее время в связи с отсутствием государственного регулирования различных форм занятости наблюдаются элементы её саморегулирования.

Работники, находящиеся в вынужденных отпусках, пытаются заняться малым бизнесом либо найти работу по совместительству. Однако это лишь вынужденный способ поправить свое материальное положение. Часто такая вторичная занятость сопряжена с существенным повышением интенсивности труда, что негативно отражается на самих работниках, т.к. у них остается все меньше времени для восстановления затраченных сил.

В общей сложности на мероприятия по поддержанию занятости в рамках антикризисных действий в 2009 г. Правительством РФ было суммарно израсходовано 115,6 млрд руб. Большая часть из них (77,5 млрд руб.) пошла на поддержку безработных, и лишь только 38,1 млрд руб. - на реализацию дополнительных региональных программ по предупреждению безработицы. В 2010 г. на реализацию программ по снижению напряженности на рынке труда было выделено 36,3 млрд рублей [15]. Прослеживается общая тенденция передачи части полномочий от федерального уровня - региональному. Очевидно, что "потеря" централизованного управления над активными мероприятиями по содействию занятости будет поставлено в зависимость от региональных приоритетов, которые могут идти в разрез с ожиданиями местного населения и социально-экономической целесообразности развития РФ.

Масштабы высвобождений остаются не то чтобы скромными, но не представляющими "официальной" угрозы для стабильности страны и несут скрытый характер. Сохранение занятости происходило во многом за счет снижения степени социальной защищенности работников.

Сокращение занятости в промышленности, развитие информационных технологий, финансовых и деловых услуг в определенной степени привело к переориентации спроса с менее квалифицированных на более квалифицированные беловоротничковые группы работников. На этом фоне обострились многие социальные проблемы, произошло дерегулирование экономики, а также ослабление социальных норм, регулирующих отношение к неравенству.

Очевидно, что необходимо создание институтов и эффективных механизмов реализации стоящих задач, в том числе коллективно-договорного регулирования рынка труда и социально-трудовых отношений. При этом интересы ни одной из сторон не должны ущемляться. Государство должно сохранять существующее влияние на рынке труда, а его политика должна быть четко спланированной и нацеленной на формирование квалифицированной рабочей силы, способной в достаточно короткое время адаптироваться на рынке труда. В то же время нельзя перекладывать в полной мере решения данных проблем на бизнес, который теряет в этом случае стимулы к развитию, но, с другой стороны, наемные работники должны видеть перспективы улучшения своего социально-экономического положения.

Определяя обязательства по снижению уровня безработицы и эффективного выполнения региональных программ содействия занятости, в заключаемые социальными партнерами соглашения и коллективные договоры должны включаться мероприятия по недопущению массового увольнения работников за счет перепрофилирования производств, опережающего переобучения работников, информирования органов службы занятости о предстоящем уволь-

нении, установления предельного уровня безработицы и других мер, предусмотренных законодательством. При этом в соглашениях необходимо предусматривать комплекс мероприятий по социальной защите неконкурентоспособных групп на рынке труда. **А**

Литература

1. Правительство РФ назвало прогноз по безработице - <http://www.webground.ru/topic/2009/12/25/t73>
2. Доклад об осуществлении органами государственной власти субъектов Российской Федерации переданных полномочий Российской Федерации в области содействия занятости населения в первом полугодии 2011 года / Федеральная служба по труду и занятости. М., 2011.
3. Росстат - <http://www.finmarket.ru/z/nws/news.asp?id=2419305>
4. Официальный сайт Федеральной службы по труду и занятости. - <http://www.rostrud.ru/>
5. Росстат: "Численность безработных в России в январе 2012 г. снизилась на 15,5 % - до 4,9 млн человек" - <http://quote.rbc.ru/news/fond/2012/02/17/33567266.html>; <http://quote.rbc.ru/news/fond/2012/02/17/33567266.html>
6. Всероссийский центр уровня жизни - http://www.socpolitika.ru/rus/social_policy_research/organizations/document104.shtml
7. Минздравсоцразвития России - <http://www.minzdravsoc.ru/>
8. Профсоюзы России - <http://tradeunions.ru/main/NewsAMShow.asp?id=43481>
9. Сайт ФНПР - О проекте федерального закона № 607158-5 "О федеральном бюджете на 2012 года и на плановый период 2013 и 2014 годы".
10. Итоги 2010 г.: Прогноз экономического развития на среднесрочную перспективу. Центр макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования - <http://www.forecast.ru/>
11. Леонтьев Р.Г., Орлов А.Л. и др. Отраслевые корпорации и региональный бизнес: интеграция интересов. М., 2009. С. 67.
12. Рынок труда и доходы населения - <http://www.bibliotekar.ru/rynok-truda-i-dohody/15.htm>
13. Модернизация экономики России. Кардинальное улучшение инвестиционного климата. Деловая Россия - <http://www.delo.ru/ros.ru/FILEB/doklad-2010.pdf>
14. "Полит.ру". - <http://www.ikd.ru/node/9862>
15. Из доклада Т. Голиковой на расширенном заседании коллегии Минздравсоцразвития России: "Нам удалось избежать широкомасштабных социальных конфликтов". - <http://www.vedomosti.ru/career/news/2010/03/26/978221#ixzz1Y6G9Tb7Y>

Связь с автором: enwalker@bk.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, 1-4 - 2012)

На реализацию рекомендаций Госкомиссии по изменению конструкции двигателей и хвостового отсека, а также подготовку следующего лётного испытания Н1-Л3 ушло 2 года. За это время произошло много событий и главным из них в контексте описываемой истории стала высадка на Луну американских астронавтов 21 июля 1969 г. Изначальную задачу разработки комплекса Н1-Л3 - опередить американцев в посещении Луны - решить не удалось. Это событие, безусловно, наложило свой отпечаток на проведение работ по РН Н1. Но ещё большее влияние на участников разработки Н1 оказало вынужденное временное прекращение лётных испытаний. Перерыв в работе всегда ведёт к потере набранного темпа, а также к снижению интереса к прерванным работам, т.к. другие работы, выполняемые в этот промежуток времени, выходят на первый план. В данном случае эти "другие" работы не только заполняли паузу, но имели целенаправленное значение.

На контрастном фоне американских успешных полётов на Луну и аварийных пусков РН Н1 и других космических объектов (о них наши СМИ, естественно, умалчивали, но "Голос Америки" и другие "голоса" всё-таки доходили до слуха советских граждан) необходимо было поддержать у наших сограждан, привыкших к советским космическим успехам, веру в новые достижения отечественной космической техники. И тогда был обнародован пропагандистский лозунг об особом пути советской космонавтики - изучение космоса, в том числе Луны, автоматическими аппаратами. В подтверждении этого в сен-



Нейл Армстронг,
скончался 25 августа 2012 г.



На поверхность Луны спускается Эдвин Олдрин. Его снимает Нейл Армстронг, первый человек, только что ступивший на спутник Земли и сказавший: "Это один маленький шаг для человека, но огромный скачок для человечества"

тябре 1970 г. возвращаемым аппаратом беспилотного комплекса "Луна-16" был доставлен лунный грунт. К этой космической операции следует присовокупить долговременную работу на Луне управляемого с Земли аппарата "Луноход". Это были, безусловно, большие успехи советской науки и космической техники. Но по психологическому воздействию на людей, особенно для тех, кто не был причастен к космической деятельности, посещение Луны американскими астронавтами, имело большее значение. Это понимало как политическое руководство страны, так и руководство космической отрасли. Поэтому работы по Лунной программе в СССР продолжались.



Луна-16

В течение двухлетнего перерыва достроили и оборудовали вторую стартовую позицию и провели доработки двигателя НК-15 в свете выданных рекомендаций. В этот условно называемый второй этап отработки двигателя НК-15 было проведено около 420 огневых испытаний на 113 экземплярах двигателей. В процессе этих работ была исследована эффективность доработки конструкции двигателя, проверены ресурсные запасы, отработаны форсированные режимы. Общее время наработки двигателей за этот период составило больше 50 000 с. Эффективность конструкторской доработки двигателей была подтверждена успешным проведением МВИ второго этапа. Однако один из главных технических недостатков двигателя - его одноразовое использование - остался без изменений. О значимости для конечного успеха этого факта приведу афоризм, сформулированный однажды Альбертом Эйнштейном: "Бессмысленно продолжать делать то же самое и ждать других результатов".

Но не только техническими работами известен период между вторым и третьим лётными испытаниями Н1, происходили и другие события, имеющие отношение к лунной программе.

Осознание ограниченных технических возможностей комплекса Н1-Л3 на фоне американских "лунных" успехов и имеющиеся сомнения в целесообразности демонстрации для мирового сообщества ущербности советской Лунной программы по сравнению с американской послужили основанием для предложения разработать РН Н1М, способную выводить на опорную орбиту полезную нагрузку до 110 т, приближающуюся к нагрузке РН "Сатурн-5". Для этого требовалось ещё раз увеличить объёмы топливных баков путём установки цилиндрических вставок, форсировать тягу двигателей всех ступеней и внести изменения в конфигурацию силовой схемы носителя. Реализация совокупности всех изменений приводила практически к созданию новой сверхтяжёлой ракеты, отличающейся по эксплуатационным характеристикам от Н1 только увеличени-

ем полезной нагрузки, но не имеющей в то время других конкретно определённых целей, кроме пилотируемого полёта на Луну. Увеличение полезной нагрузки на 15...17 т позволит, по заявлению авторов предложения, осуществить экспедицию на Луну 2-х - 3-х космонавтов с длительностью их пребывания на её поверхности не менее двух недель. Эту космическую программу предполагалось осуществить в течение 1972-1977 гг.

На появление этого предложения отреагировали высшие государственные инстанции, поручившие Межведомственной экспертной комиссии под председательством Келдыша определиться с перспективой дальнейших работ по Лунной программе. По моему мнению, представляет интерес оценка такого развития событий Каманиным, который в дневниковой записи 4 марта 1971 г. отметил: "Уже в течение нескольких лет я доказываю (два раза специально был в ЦК партии и неоднократно - в ВПК), что ракета Н1 и лунный корабль Л-3 безнадежно устарели и что нашу программу экспедиции на Луну надо коренным образом пересмотреть. И вот, наконец, решением ЦК и Совмина создана комиссия под председательством Келдыша, перед которой поставлена задача: до 1 мая 1971 года ответить на вопрос, что дальше делать с лунным комплексом и как быть с существующей программой экспедиции. Я бы ответил на этот вопрос без малейших колебаний (хотя знаю, что на создание комплекса затрачены миллиарды рублей): на ракете Н1 и корабле Л-3 поставить крест, модифицировать ракету Челомея УР-700 и строить принципиально новый лунный корабль, планируя нашу первую экспедицию на Луну на 1974-75 годы.

Мишин и его защитники боятся такого решения: в состав экспертной комиссии они подобрали в основном тех, кто будет "смотреть им в рот". Наиболее вероятно, что комиссия Келдыша будет рекомендовать и дальше "лечить" плохую ракету и не менее плохой корабль. Правда, за последние полтора года в конструкцию и системы ракеты Н1 внесены существенные усовершенствования, но убеждён, что надёжным носителем она никогда не станет. Я считаю принятую нами программу экспедиции на Луну окончательно сорванной. В срыве программы виноваты Мишин, Келдыш, Смирнов, Сербин и Устинов, но они никогда не признают своей вины и будут продолжать тянуть время и маневрировать, делая ставку на пуски автоматических станций в ущерб пилотируемых полётов".

Как упоминалось выше, сомнения в целесообразности продолжения работ по комплексу Н1-Л3 были и у других авторитетных работников космической отрасли, достаточно вспомнить участников лоббирования РН УР-700. Учитывая эту оппозицию, вопрос о необходимости разработки нового комплекса обсуждался на высшем техническом форуме разработчиков космической техники - совместном заседании Межведомственной экспертной комиссии и НТС МОМ, на котором было принято решение поддержать предложение о создании комплекса Н1-Л3М. Принятие такого решения невольно порождало вопрос о целесообразности продолжения работ по комплексу Н1-Л3. Определиться с работами в ближайшей перспективе пытался ответственный за осуществление Лунной программы Афанасьев. На совещании в ЦКБЭМ в мае 1970 г. он "отчитался" о проделанной в этом направлении работе: "Обстановка вокруг Н1-Л3 сильно осложнилась. Я долго и обстоятельно разговаривал с Келдышем. Он считает, что с точки зрения большой науки высадка одного человека на Луну не интересна. Это вопрос техники и инженерных решений, фундаментальных результатов мы не получим. Я пытался возражать, но каждый остался при своём мнении. Я ходил советоваться к Рябикову. Задал вопрос: "Может не стоит выходить с предложением о посадке одного человека на Луну?". Он ответил, что отказа от посадки на Луну в Политбюро никто не поймёт. Надо, чтобы советский человек на Луну ступил. Это вопрос не науки, а большой политики. Эту операцию надо выполнить, по его мнению, в интересах отработки носителя. Как видите, всё сходится к тому, что нельзя бросать Н1-Л3. Каким же образом мы гарантируем надёжность всей операции? [...] После взрыва Н1 №5Л у членов Политбюро была разная реакция: Брежнев спросил: "Живы все? Ну, слава Богу! Хотя мало радостного вы нам сообщили, что делать дальше - подумайте!". Косыгин упрекал: "Что же вы не

разобравшись снова пошли на новый риск? Как же так? Кто это у вас там решает? Ещё раз посмотрите этапность отработки". Я понимаю, Косыгин эти вопросы не определяет, но считается с ним нужно.[...] Моё мнение: надо запланировать высадку на 1973 год - это даст нам дополнительно три - три с половиной года.[...] В разговоре с Келдышем он снова напомнил мне про огневые технологические испытания. Ему дали справку, что американские двигатели для "Сатурна" три раза проходили огневые испытания и после прожога в блоке без переборки идут в полёт. А вы с Кузнецовым ни одного не допускаете. Что прикажете мне отвечать? Мне Дементьев обещал, что Кузнецов тоже начнёт разработку многоразовых двигателей. Так может быть, подождём? Не будем спешить с Н1, пойдём "наверх", покажемся и попросим отложить полёт на Луну? Я только боюсь, что после этого совсем закроют Н1. Помяните моё слово".

Реализация позиции Афанасьева - взять паузу в лётных испытаниях в 3-3,5 года - создавала реальную возможность для разработчиков РН Н1 оглядеться, разобраться, устранить выявленные недостатки, обеспечить при наземных испытаниях требуемую надёжность ракетных систем и затем с большей степенью уверенности приступить к заключительному этапу отработки - лётным испытаниям. Но войти в Политбюро с предложением сделать такой перерыв не осмеливались ни Келдыш, ни Афанасьев, ни другие руководители Лунной программы, внутренне созревшие для такого решения. Все руководствовались правилами неписаной техники безопасности - личной. Думается: если бы после уже состоявшегося посещения Луны американскими астронавтами с обоснованным предложением взять паузу для отработки требуемой надёжности космической техники обратились в Политбюро секретарь ЦК КПСС Д.Ф. Устинов, президент АН СССР М.В. Келдыш, председатель ВПК Л.В. Смирнов, министры С.А. Афанасьев и П.В. Дементьев, главный конструктор В.П. Мишин, ряд главных конструкторов ракетных систем и при поддержке командования ракетных войск, то члены Политбюро были бы обречены принять эти предложения. Но при таком развитии событий была весьма велика вероятность, что последовали бы наказания и что некоторые из обратившихся с предложением о паузе лишились бы своих должностей. Скорее всего так бы и произошло, кто-то же должен отвечать за срывы сроков, указанных в ряде правительственных Постановлений? А тогда зачем самим напрашиваться на оргвыводы? Пусть уж всё идёт своим чередом.

Период между вторым и третьим пусками Н1-Л3 можно охарактеризовать несколько изменённой пословицей: "Пока умы сомневаются, руки делают". После реализации всех намеченных изменений конструкции РН и завершения второго этапа отработки двигателей НК-15, Совет главных конструкторов, а затем и Госкомиссия посчитали возможным провести третье лётное испытание комплекса Н1-Л3.

Пуск Н1-Л3 № 6Л состоялся 27 июня 1971 г. С первых секунд полёта была зафиксирована закрутка РН вокруг продольной оси. На 14 с полёта величина закрутки превысила допустимые значения, не справившиеся с величиной момента закрутки, сопла рулевого управления стали на механические упоры, система управления сформировала команду АВД, но она не прошла, т.к. все команды на отключение двигателей были заблокированы до 50 секунды полёта. В процессе дальнейшего полёта от больших перегрузок началось разрушение стыка третьей ступени с головной частью и по достижению 50-й секунды двигатели были выключены аварийной командой от концевых контактов giroприборов. Ракета упала в 20-ти км от старта. Если бы не блокировка отключения двигателей, они были бы выключены на 14 с полёта, в этом случае ракета упала бы всего в километре от старта. И снова стартовые сооружения были бы разрушены, на этот раз взрывной волной. В.П. Бармин оказался прав, потребовав ввести блокировку отключения двигателей для удаления возможного падения РН на безопасное расстояние от старта.



На этот раз причина аварии не имела отношения к двигателям, они работали без замечаний. В акте аварийной комиссии указано: *"Наиболее вероятной причиной аварии явилось действие совокупности возмущающих моментов, не выявленных и не учтённых ранее при выборе располагаемых управляющих моментов по крену"*. Основную "вину" возложили на крутящий момент, возникающий от сплошной "карусели" огненных факелов работающих двигателей. Такой эффект стал следствием кольцевой компоновки расположения 24 двигателей и проявился впервые, т.к. при пуске Н1 № 3Л с самого начала не работало 2 двигателя, огненная "карусель" имела два диаметрально расположенных разрыва, и крутящий момент был существенно меньше, сопла управления успешно с ним справились.

Выявленный в процессе этого испытания аэродинамический эффект, ставший причиной аварии, никогда ранее в практическом ракетостроении не встречался и поэтому предъявить какие-либо претензии к аэродинамикам ЦКБЭМ и консультирующим их специалистам ЦНИИМаш и ЦАГИ нельзя. Такой эффект, во-первых, присущ только схеме, реализованной на первой ступени Н1 и, во-вторых, в условиях отсутствия стенда для проведения огневых испытаний ступени, мог быть выявлен только в процессе лётных испытаний. Такую оценку причины появления аварии Н1 № 6Л можно встретить в большинстве мемуаров по истории разработки РН Н1. Не предвидели, потому что для этого не было ни оснований, ни возможностей. Но не всё так просто. В самом начале разработки новой ракеты в связи с небывало большой площадью торцевого днища



Двигатели первой ступени Н1

первой ступени и кольцевого расположения 24 двигателей имелись предположения о возможности возникновения ранее не встречающегося газодинамического эффекта. По результатам предварительных исследований особенностей обтекания кормовой части носителя Н1, проведённых в НИИ-88 в 1962 г., были выявлены предпосылки образования вихревого движения выхлопных газов многодвигательной установки. С такими сложными газодинамическими процессами раньше не встречались и руководство НИИ-88 обратилось к Королёву с просьбой поддержать заявку института на строительство со сдачей в эксплуатацию в 1964 г. стенда для исследования на крупногабаритных моделях ракеты газодинамических процессов, возникающих в кормовой части носителя Н1. Ответ последовал за подписью Мишина: ставить вопрос о строительстве стенда нецелесообразно: во-первых, не предусмотрено сметой, а, во-вторых, даже при положительном решении, стенд войдёт в строй после начала лётных испытаний Н1, так что отработка аэродинамики Н1 будет проводиться в процессе лётно-конструкторских испытаний. Мотив всё тот же: будем "учить ракету летать". Но как показали дальнейшие события, не "ракету учили", а "ракета учила" своих создателей правильному распределению этапов отработки между наземными и лётными испытаниями.

Вернёмся, однако, к работам после пуска Н1 № 6Л. Для устранения выявленного дефекта был намечен ряд работ, в частности, двигателю отделению ЦКБЭМ (технический руководитель - М.В. Мельников) поручили разработать ЖРД для установки их вместо сопел управления. Продолжалось и дальнейшее совершенствование конструкции двигателей НК-15. График реализации всех намеченных изменений и доработок РН Н1 по самым оптимистическим расчетам предусматривал проведение следующего пуска Н1-Л3 через год. На самом деле понадобилось около 1,5 лет, а точнее - 17 месяцев.

Следующий, четвёртый пуск комплекса Н1-Л3 был поведён 23.11.72 г. В преддверие этого пуска произошёл ряд событий, имеющих непосредственное отношение к его проведению.

15 августа состоялось заседание Совета главных конструкторов по ракете Н1 под председательством Мишина. Все главные конструкторы дали положительные заключения по разрабатываемым ими ракетным системам и поддержали предложение начать подготовку комплекса Н1-Л3 № 7Л к пуску.

21 августа Госкомиссия под председательством Афанасьева согласилась с предложением СГК и утвердила график работ по подготовке пуска.

В начале сентября Мишин заболел и был госпитализирован. К исполнению обязанностей главного конструктора ЦКБЭМ приступил первый заместитель С.О. Охапкин, который тоже вскоре заболел - инсульт. Следующим и.о. главного конструктора стал Черток. В разгар работ по подготовке к пуску министр Афанасьев назначил Чертока и.о. технического руководителя Госкомиссии по пуску Н1-Л3 № 7Л, мотивируя это назначением известностью и авторитетом Чертока среди главных конструкторов ракетных систем Н1-Л3. Далее в рассказе о предстартовой обстановке используются воспоминания Чертока.

Ракетные комплексы на стартовую площадку вывезли сразу же после принятия Госкомиссией решения о пуске. В процессе подготовки ракетного комплекса было обнаружено большое количество недоделок, подлежащих устранению. Так, на одной из первых оперативок А.Г. Мрыкин доложил о ходе подготовки ракеты к пуску: *"По Н1 № 7Л испытания ещё только начались, а мы уже имеем 17 серьёзных замечаний по 17 приборам системы управления и свыше 100 - по системам телеметрических измерений. При такой статистике следует более ответственно подумать о целесообразности пуска"*.

В ходе дальнейшей подготовки количество замечаний не уменьшалось. Приходилось менять десятки приборов и элементов различных ракетных систем. Работали в три смены в авральном режиме, стремясь быстрее подготовить ракету к пуску. Количество замечаний и авральный темп их устранения вызвал у Афанасьева сомнения в качестве проводимых работ и, соответственно, в успешном результате пуска. Своими безрадостными мыслями он поделился с руководством ЦКБЭМ: *"Вы делаете всё возможное, чтобы подготовить машину. Меняете уже на старте БЦВМ, десятки приборов, передатчики телеметрии - одним словом ползёте на пузе к кнопке "Пуск". Вам бы только пустить. А понимаете ли, что ещё одна авария - и работу могут закрыть вообще? Может быть, собрав все замечания, выйти с предложением отменить этот пуск?"*. К такой постановке вопроса о целесообразности проведения пуска Б.Е. Черток, как и.о. технического руководителя Госкомиссии, был готов. И он подробно изложил Афанасьеву итоги своих размышлений и обмена мнениями со своими ближайшими коллегами: *"Если я поставлю вопрос об отмене пуска на техническом руководстве, мне надо иметь веские доводы. Каждый главный заявит, что его система отработана, все имевшиеся замечания устранены и он даёт вместе с военным представителем заключение о допуске к полёту. Никто из них не скажет: "Подождите, через месяц или два я дам новую, более надёжную систему". И я действительно на сегодня уверен, что по каждой системе сделано всё возможное. За исключением*



Б.Е. Черток

двигателей. Всем известно, что ОКБ-276 работает над созданием качественно новых двигателей многоразового запуска с трёхкратным ресурсом после огневых технологических испытаний. Они будут поставляться на ракету без переборки. Значит Кузнецов не уверен в тех, которые есть сейчас. На № 8Л мы уже будем ставить новые двигатели. Но Кузнецов отнюдь не снимает гарантии со старых одноразовых. Если бы Кузнецов проявил инициативу и сказал: "Давайте подождём, новые многоразовые двигатели уже есть, надо их ставить на № 8Л, а № 7Л возратить со старта на доработку под новые двигатели, поскольку они принципиально более надёжны" - тог-

да другое дело. Но ведь Кузнецов никогда так не поступит. Есть согласованное решение, что новые двигатели идут только с № 8Л. Я разговаривал с Райковым и Ершовым. Райков без колебаний сказал, что полная уверенность в двигателях появится только после выпуска новых многоразовых. Работа в Куйбышеве идёт день и ночь.

Здесь никто из кузнецовских представителей об этом не говорит, но для многоразовых двигателей они доработали газогенератор и полностью переделали турбонасосный агрегат. Уже начались стендовые испытания и первые запуски проходят успешно. Завод начал подготовку к изготовлению первой серийной партии. Как ни планируй, с новыми двигателями раньше чем через года полтора ракета-носитель не полетит... Получается, что эти полтора года задержки будут по вине Кузнецова, то есть МАПа. Если с предложением подождать до новых двигателей выступит министр Деметьев, тогда техническое руководство не станет возражать. А без такого демарша у нас нет никаких формальных оснований для отказа от пуска.

Даже, если мы считаем № 7Л ненадёжной и выйдем с предложением отменить пуск, нас спросят, что делать с этой ракетой? Возвращать и переделывать под новые двигатели? Это себе дороже. Если без политики, то для программы в целом выгоднее пускать, чем снимать эту ракету и ждать ещё полтора года пока появится № 8Л".

На этом Черток свою "исповедь" закончил, но воспоминания имеют продолжение: "На том порешили и разошлись по своим делам. Но каждого мучил внутренний голос: может быть, действительно стоит остановить гонку? Но с самых первых ракетных лет наша психология была устроена так, что если ракета стоит на старте, то обратной дороги ей нет".

Госкомиссия по пуску Н1 № 7Л была проведена 21 ноября 1972 г. На состоявшихся до Госкомиссии локальных совещаниях с участием главных конструкторов ракетных систем было всё оговорено, имеющиеся вопросы сняты, замечания устранены и комиссия приняла решение о проведении пуска, который состоялся 23 ноября 1972 г.

На этот раз ракета ушла с пускового стола и летела без замечаний. На 95-й секунде в соответствии со штатной циклограммой полёта отключились шесть центральных двигателей. До отключения всех двигателей первой ступени оставалось менее 20 с. Но на 107-й секунде полёта произошёл сбой по телеметрическим каналам и сразу же полный обрыв связи по всем радиосистемам. Такое могло произойти только при взрыве первой ступени, что и было подтверждено последующим тщательным анализом всех телеметрических записей и осмотром матчасти в месте падения.

Для выявления причин произошедшего взрыва председатель Госкомиссии Афанасьев поручил провести анализ работ каждой ракетной системы в течение всего полёта ракеты, сконцентрировав внимание на работу систем в интервале времени от отключения шести двигателей до потери телеметрической информации. Задание проанализировать и обобщить результаты проведённых работ ракетным системам получил директор НИИ ТП В.Я. Лихущин, известный в ракетно-космическом сообществе своей беспристрастностью и объективностью.

Анализ работы ракетных систем и в первую очередь двигателей во временном интервале возможного появления причины возникновения аварийной ситуации вёлся с точностью до тысячных долей секунды. В результате такого анализа было установлено, что на 106,932 с прекратил работу двигатель № 4, а затем, последовательно в обе стороны от него, через тысячные и сотые доли секунды разрушались и прекращали работать соседние двигатели. Кроме двигателей была разрушена нижняя часть сферического бака окислителя, последовал сильнейший взрыв, ракета рассыпалась на отдельные фрагменты, что и привело к полной потере телеметрической информации.

Такая картина развития аварии хорошо вписывалась в версию взрыва двигателя № 4 и последовательном разрушении соседних двигателей от взрывной волны и разлетающихся осколков двигателей. Просматривалась аналогия со взрывом кислородного насоса в двигателе при пуске Н1 № 5Л и это обстоятельство многие члены Госкомиссии считали достаточным для признания такой же причины

аварии и при пуске Н1 № 7Л. Однако на этот раз работники двигательного ОКБ во главе с Н.Д. Кузнецовым взять вину на себя не желали. На установленных в ракете Н1 № 7Л двигателях были реализованы все замечания и рекомендации ведущих специалистов отраслевых НИИ, эффективность внедрённых изменений конструкции была подтверждена многочисленными стендовыми огневыми испытаниями, двигатели успешно прошли МВИ второго этапа, практически без замечаний отработали 106 с. до взрыва в хвостовом отсеке ракеты Н1 № 7Л. Всё это давало возможность двигателям чувствовать себя более уверенно по сравнению с ситуациями после первого и второго пусков Н1. Двигателистов можно было понять - нельзя же закликиваться только на аварийной работе двигателей, есть же и другие ракетные системы. И Кузнецов выдвинул встречный "иск" к ракетчикам: при одновременном выключении шести центральных двигателей в магистрали окислителя возник гидроудар, в результате чего произошло разрушение одного из трубопроводов, подводящих окислитель к двигателям. В обвязке двигателей имеется множество разъёмных соединений по линии горючего, от вибрации возможно нарушение герметичности и натекание в хвостовой отсек керосина. В версии двигателистов особо подчёркивалось, что после отключения центральных двигателей в хвостовой отсек практически прекратилась подача фреона, что позволило жидкому кислороду смешаться с имеющимся там керосином, и при попадании этой смеси на горячие детали работающих ЖРД произошёл взрыв. Взрыв в районе расположения двигателя № 4, а не внутри его.

Что же, предложенная двигателями картина "организации" взрыва более сложная, чем уже один раз признанный ими взрыв кислородного насоса, и поэтому менее убедительная, но тоже имеющая все основания для дальнейшего расследования. Тем более, что первая версия также имела ряд слабостей, убедительных причин взрыва насоса окислителя в двигателе, нормально работавшего в течение 106 с до возникновения аварии, её сторонниками привести так и не удалось. Попадание из бака металлического предмета должны были исключить установленные на входе в двигатели фильтры. Иначе зачем они? Опять попадание в насос диафрагмы от датчика давления? Эта причина и при аварии Н1 № 5Л была искусственно притянута, устраняли-то нерасчётное перемещение вала ТНА при повышенной осевой силе.

Назначенный в качестве независимого эксперта В.Я. Лихущин в своём докладе по результатам представленных ему экспрессанализов работы ракетных систем отметил, что никаких данных, свидетельствующих о разгерметизации топливных магистралей нет, и рассматриваемый случай более всего похож на аварию ракеты Н1 № 5Л. Т.е. вероятнее всего произошёл взрыв кислородного насоса. Последовали яростные споры сторонников и противников обеих версий. Конец спорам положил Афанасьев: "Теперь спешить некуда. Подкомиссии и рабочие группы должны обеспечить доставку всех материалов в Москву, там заслушаем результаты на коллегии и подготовим приказ о разработке техотчёта".

Но и в Москве, на коллегии МОМ, и в последующее время противостояние сторон только усиливалось. Составители отчёта об аварийном пуске столкнулись с практически неразрешимой задачей: для выпуска техотчёта, согласованного со всеми членами Госкомиссии, нужно было учесть интересы Мишина-Афанасьева, с одной стороны, и Кузнецова-Деметьева - с другой. А поскольку позиции сторон были прямо противоположны, то "сочинить" удовлетворяющие их выводы о причине аварии не представлялось возможным. А над всей этой вознёй, имеющей больше политическое, чем техническое значение, возвышалась грозная фигура Устинова. Обе стороны, спорящие о причине аварии, с опаской оглядывались на него. Но он не вмешивался в это "перетягивание каната", его беспокоило, как стало ясно позднее, не выявление настоящей причины аварии, а поиски достойного для себя выхода из того положения, в которое он попал, поддерживая многие годы разработку, как оказалось, провального проекта Н1.

Не сумев договориться с Кузнецовым-Деметьевым в формулировке причины аварии Н1 № 7Л, руководство МОМ в одностороннем порядке утвердило техотчёт, в котором были сделаны сле-

дующие выводы: "До 106,93 сек. полёт проходил нормально. Основные параметры конструкции, двигательных установок, системы управления и бортового электроснабжения находились в заданных пределах.

Анализ возможных причин аварии изделия показал:

- авария ракеты № 7 произошла в результате повреждений в хвостовом отсеке блока А, вызванных разрушением двигателя № 4;
- предположение о разрушении двигателя по внутренним причинам не противоречит данным телеизмерений по двигателю № 4 и стендовым испытаниям, результатам осмотра материальной части и физической картине развития аварии изделия;
- предположение о разгерметизации магистралей, подающих топливо к основным и рулевым двигателям, до начала аварии не подтверждается данными телеизмерений.

Причиной разрушения двигателя явился разгар насоса окислителя".

В этих выводах обращает на себя внимание констатация только причины разрушения двигателя - "разгар насоса окислителя" - без указания первопричины, приведшей к этому.

Выпуск одностороннего, не согласованного с разработчиками двигателя, заключения не закрыл вопрос о причине произошедшей аварии. Эта неоднозначность вошла в историю разработки РН Н1. В отличие от официального заключения в ряде мемуаров авторы излагают причину взрыва в хвостовом отсеке как следствие разрушения топливных магистралей. Неопределённость причины взрыва стала миной замедленного действия, "взрыв" которой, последовавший через некоторое время, привёл полному краху всего проекта Н1.

А сейчас вернёмся к ранее упоминавшемуся предложению ЦКБЭМ разработать новый носитель Н1М. В процессе подготовки к четвёртому пуску Н1-Л3, воспользовавшись присутствием на полигоне членов Госкомиссии и практически всех главных конструкторов космической техники, Афанасьев решил ещё раз обсудить перспективы создания носителя Н1М и, в частности, отрицательное заключение ЦНИИМаш. К этому времени первоначально принятая на "ура" идея создания более мощного носителя приобрела реальные контуры, из которых отчётливо вырисовывались проблемные вопросы создания нового носителя. Во-первых, в стране не было свободных промышленных мощностей, пригодных для развёртывания изготовления носителя, а, во-вторых, даже сама постановка задачи параллельного изготовления второго носителя, пусть и более совершенного, но предназначенного для достижения одной и той же космической цели, вызывает по меньшей мере недоумение. Только что отказались от разработки альтернативного носителя УР-700 и сразу же приступить к созданию нового носителя? При этом авторы предложения не предполагают прекратить работу по Н1-Л3. Но это означает, что комплекс Н1-Л3 пригоден для выполнения Лунной программы, а тогда зачем Н1М? Если для обеспечения длительного пребывания космонавтов на Луне, то зачем продолжать ненужную в таком случае программу Н1-Л3? На эти вопросы внятного ответа не последовало. Этим обсуждением, собственно, и завершилась история попытки разработать РН Н1М.

Сложилось такое впечатление, что предложение о создании нового носителя Н1М было сделано для подкрепления позиций Лунной программы, на случай прекращения работ по Н1-Л3, а также, чтобы получить ещё несколько дополнительных лет для проведения работ по обеспечению надёжности комплекса.

Не получив ожидаемой сдвиги сроков путём реализации предложений по разработке Н1М и в условиях фактической задержки с изготовлением модернизированной ракеты Н1, руководство ЦКБЭМ в 1973 г. предприняло попытку явочным порядком перенести срок Лунной экспедиции на 1975 г. Тем более, что такая практика широко использовалась в предыдущие годы. Министр Афанасьев, ранее уже высказывавшийся за такую сдвигу сроков, поддержал это предложение. Подготовленный проект постановления был согласован с ВПК, но председатель Межведомственной экспертной комиссии Келдыш отказался его визировать. Участвуя в разборе причин всех аварийных пусков Н1-Л3 и имея собственное представление о надёжности этого комплекса,

Келдыш усомнился в реальности осуществления высадки на Луну в указанные в проекте нового Постановления сроки и потребовал приложить к проекту Постановления заключения главных конструкторов всех ракетных систем с подтверждением требуемой надёжности их разработок к указанному в проекте сроку. По указанию министра все главные конструкторы представили свои заключения, в которых перечислили уже внедрённые и находящиеся в работе изменения конструкции, обеспечивающие, по их утверждениям, безаварийную работу всего комплекса Н1-Л3 в 1975 г. ЦНИИМаш, хотя он не был разработчиком ракетных систем, но как отвечающему за надёжность всей ракетно-космической техники, тоже было поручено представить своё заключение. Оно оказалось единственным, в котором было показано, что за два года, запрашиваемых на обеспечение требуемой надёжности комплекса Н1-Л3, выполнить эту задачу невозможно. В доказательство своей позиции руководство ЦНИИМаш предложило ЦКБЭМ разработать подробный план-график предстоящих работ, включающий не только проведение конструкторских доработок, но и проведение стендовых огневых испытаний первой ступени и последующего набора статистики лётных испытаний, подтверждающих достижение требуемой надёжности для успешной высадки на Луну. Для гарантированной реализации такого плана-графика потребовалось бы более длительный срок, чем 2 года. Это понимали все руководители основных работ по Н1-Л3, но вынуждены предлагать всего лишь 2 года, т.к. более отдалённый срок при имеющейся потере прежнего интереса к выполнению Лунной программы мог привести к её полному закрытию. (Операция по укорочению по частям собачьего хвоста - из гуманных, конечно же, соображений - продолжалась). Естественно, что заключение ЦНИИМаш Келдышу показывать было нельзя.

Как же поступали в таких случаях? Для этого была наработана специальная технология: либо руководство министерства требовало отозвать неудобный ему документ, либо взамен выпускался другой документ, соответствующий позиции руководства министерства, а неудобный предавался забвению. Поскольку первый вариант развития событий мог получить нежелательную огласку за пределами министерства, использовали второй вариант и представили Келдышу весь набор заключений, включая подготовленное в министерстве обобщающее заключение по обеспечению требуемой надёжности комплекса Н1-Л3 к моменту осуществления лунной экспедиции в 1975 г. В этом заключении в краткой форме перечислялись все проведённые доработки ракеты и двигателей, направленные на повышение надёжности после каждого аварийного пуска и утверждалось, что "объём наземных испытаний РН достаточен для обеспечения её необходимой надёжности, которая не хуже, а в некоторых случаях даже выше, чем у американского носителя "Сатурн-5". Однако Келдыш потребовал подписать это заключение в ЦНИИМаш. Директор института Мозжорин отказался поставить свою подпись под таким заключением, противоречащим выводам, сделанным в ранее утверждённом им заключении ЦНИИМаш. Мозжорина пытались "нагнуть" зам. министра В.Я. Литвинов при личном разговоре и министр С.А. Афанасьев по телефону. Но Мозжорин проявил принципиальность (и самоуважение) и подписывать подготовленное в министерстве заключение отказался. Понимая, что Келдыш имеет объективные основания сомневаться в возможности обеспечения требуемой надёжности РН Н1 в 1975 г. и что отсутствие подписи директора ЦНИИМаш под обобщающим заключением является только поводом, чтобы уклониться от визирования проекта постановления, Афанасьев предпринял обходной маневр. Под предлогом проведения "Госкомиссии по подготовке и проведению лётных испытаний Н1-Л3"



Ю.А. Мозжорин



Конструктивно-подобная модель РН Н1 в ЦНИИмаше

он собрал совещание расширенного состава (около 150 человек), пригласив для участия в нём Келдыша и Дементьева.

Основной доклад сделал Мишин, после чего выступил ряд главных конструкторов. Все они заверяли участников совещания и руководство отрасли в возможности обеспечения требуемой надёжности Н1-Л3 для осуществления высадки советского космонавта в 1975 г. Это же было главным выводом в проекте решения совещания, под которым рассчитывали получить подпись Келдыша, открывающую путь к дальнейшему оформлению проекта Постановления. Однако Келдыш и Дементьев не стали выслушивать доклад и выступления, а прочитав проект решения и не подписав его, покинули совещание под предлогом неотложных дел. Так что совещание прошло без их участия, а в этом случае оно потеряло своё предназначение. Ведь главной целью было получение подписи Келдыша. Подводя итоги совещания, Афанасьев дипломатично предложил проект решения доработать. Больше к этому проекту решения не возвращались...

Нам же самое время вернуться к работам по повышению надёжности двигателей первой ступени РН Н1. Параллельно с попытками руководства отрасли и ЦКБЭМ "отодвинуть" дату полёта экипажа советских космонавтов на Луну, в ОКБ Кузнецова интенсивно велись работы по существенному улучшению конструкции двигателя НК-15. Напомним читателю, что после катастрофической по последствиям аварии при попытке второго пуска комплекса Н1-Л3, ЦКБЭМ в середине 1970 г. выдало новое техническое задание на разработку более надёжного двигателя, имеющего трёхкратный запас

по ресурсу работы и пригодного для установки в ракету без переборки после проведения огневого технологического испытания. Для выполнения этих требований была существенным образом переработана конструкция насоса окислителя, заменены материалы уплотнений, улучшено теплозащитное покрытие турбины и тракта генераторного газа, приняты конструктивные меры для повышения устойчивости горения в газогенераторе, упрощена пневмогидравлическая схема двигателя, что дало возможность сократить число агрегатов автоматики с 12 до 7. Двигатели изменённой конструкции получили обозначение НК-33 (11Д111).

Для отработки новой конструкции было использовано 76 экспериментальных двигателей и проведено более 220 испытаний. В сентябре 1972 г. двигатели успешно прошли официальные МВИ. Возможность их многократного использования получила дополнительное подтверждение в 1973 г. при многократных испытаниях 24 дви-

гателей, один из которых успешно отработал 10 испытаний без съёма со стенда.

Положительная статистика результатов экспериментальных и официальных (МВИ) стендовых испытаний двигателей НК-33 позволила принять решение об их товарном изготовлении для комплектации РН Н1, начиная с Н1 № 8Л. Разработчики РН Н1 связывали большие надежды с комплексом Н1-Л3 № 8Л, пуск которого намечался на четвёртый квартал 1974 г. В программу этого пуска планировалось включить все космические операции беспилотного варианта полёта, исключалась только посадка космонавта на Луну.

Прорабатывалась возможность установки других двигателей на РН Н1 и в ОКБ Глушко. Напомним читателю, что в протоколе Госкомиссии от 30.07.69 г. этому ОКБ было поручено разработать в качестве дублирующего варианта двигатель на кислородно-керосиновом топливе тягой до 600 тс (п. 18 протокола) и проработать вопрос целесообразности использования двигателей типа 11Д43 (тягой 150 тс) на кислородно-керосиновом топливе (п. 19) на первой ступени РН Н1.

Начнём с более простого поручения. Использовать двигатель на кислородно-керосиновом топливе 11Д43К взамен двигателя НК-15 уже предлагалось. Однако это предложение тогда было отклонено. Сейчас же, выполняя поручение Госкомиссии, во второй половине 1969 г. в ОКБ Глушко была проведена оценка необходимого количества стендовых огневых испытаний для получения надёжности, соизмеримой с величиной надёжности двигателя 11Д43 на момент выдачи этого поручения. Для обеспечения достигнутой надёжности, равной 0,998 (подсчитано по результатам 503-х стендовых и лётных испытаний двигателей 11Д43), также необходимо будет провести 500 огневых испытаний на 250 двигателях 11Д43К. Суммарное время, потребное для проведения испытаний для достижения указанной надёжности единичного двигателя при темпе проведения 12 испытаний в месяц, составит около 3,5 лет. Это, конечно, не вписывалось в сроки, отведённые для начала лётной эксплуатации РН Н1, но обеспечение высокой надёжности требует больших временных затрат.

К концу 1969 г. отношение Глушко к применению двигателей тягой 150 тс изменилось. Он пришёл к выводу о необходимости установки на носитель Н1 двигателей тягой не менее 600 тс. Поэтому выполнение указанного поручения Госкомиссии носило формальный характер, как, в прочем, и последующее решение ЦКБЭМ о нецелесообразности проведения дальнейших работ с двигателями типа 11Д43К в связи с началом в ОКБ Кузнецова модернизации двигателя НК-15, обеспечивающей его многократное использование. Это решение никто не оспаривал и вопрос о применении на РН Н1 двигателей типа 11Д43К был окончательно закрыт.

К другому поручению Госкомиссии - разработать в качестве дублирующего варианта для ракеты Н1 кислородно-керосиновый двигатель тягой 600 тс - Глушко отнёсся со всей ответственностью. В 1970 г. был выпущен аванпроект такого двигателя, получившего обозначение 11Д120. Этот однокамерный двигатель, работающий по схеме с дожиганием окислительного газа, при давлении газов в камере 200 атм имел тягу 600 тс на земле и 645 тс в пустоте и, соответственно, удельный импульс 310 с и 333 с. В аванпроекте предусматривалась возможность форсирования двигателя по тяге до 650 тс (на земле). Однако для применения и этого двигателя в составе РН Н1 ЦКБЭМ не нашло положительного решения. Главный конструктор ЦКБЭМ Мишин в своём ответе Глушко проинформировал, что использование однокамерных двигателей мощностью 600...650 тс приведёт к существенной перекомпоновке ракеты, а на текущем этапе её отработки это нецелесообразно.

Разработка проекта двигателя 11Д120 стала последней попыткой Глушко принять участие в создании ракеты Н1. Очередной отрицательный ответ Мишина окончательно убедил Глушко, что любой разработанный под его руководством двигатель несовместим с ракетой Королёва-Мишина. И он занялся анализом алгоритма создания жидкостных ракет и пришёл к выводу о неэффективности сложившейся практики разработки ЖРД - наиболее наукоемких образцов современной ракетной техники. С середины 40-х



НК-33

и до начала 70-х годов практически для каждой ступени вновь разрабатываемых ракет создавался новый двигатель. (Исключение составляло при блочном построении двигателя первой ступени использование одного из блоков для установки на вторую ступень. Но эта так называемая межпроектная унификация применялась достаточно редко, в тех случаях, когда разработка двигателей обеих ступеней велась одним ОКБ).

Практика создания ракеты показывала, что среди ракетных систем наиболее трудоёмкой и затратной по времени и средствам является разработка двигателя. На основе проведённого анализа Глушко сделал вывод о необходимости разработки новой концепции создания космических ракет. В его представлении основой вновь разрабатываемой ракеты должен стать унифицированный двигатель-модуль. Такой двигатель, единожды прошедший полный цикл наземной и лётной отработки, с минимальными конструкторскими отличиями мог быть использован в любой ракете. Универсальность новой концепции позволяла использовать различные количества модулей, включая и их сочетание с центрально расположенными двигателями при пакетной схеме. Таким образом, набирая различное количество двигателей-модулей, появляется возможность создания ракет-носителей любого класса, от лёгких до сверхтяжёлых. Это был революционный подход к созданию ракетной техники, опрокидывающий привычно-традиционную последовательность создания ракеты. В какой-то мере он напоминал детскую игру с кубиками, когда, используя их разное количество, можно получить различные сооружения. Родившийся принцип звучит как лозунг: *"Через двигатель - к ракете!"*. Вспоминал ли при этом Глушко сформулированный им при выборе направления приложения своих творческих сил в 1933 г. принцип приоритета ЖРД в ракетостроении: *"Я выбрал то, с чего начинается ракетная техника, то, что лежит в её основе, определяет её возможности и лицо - ракетное двигателестроение?"*

Как оценивать это поистине революционное предложение Глушко? Опять двигателестроитель "лезет" в сферу деятельности ракетчиков или, как на это уже указывалось ранее, опять проявляет *"неуместное вмешательство в дела, являющиеся прерогативой ракетного КБ"*? Конечно, реализация предложения Глушко накладывала ограничения на проектные разработки ракетчиков, заставляла соотносить их творческие поиски с жёсткими рамками существующих двигателей-модулей. Но эти ограничения восполнялись наличием практически отработанного двигателя, что в свою очередь даёт возможность:

- значительно сократить расходы на лётную отработку и организацию производства новых средств выведения;
- существенно уменьшить цикл разработки средств выведения;
- обеспечить высокую надёжность.

При создании двигателя-модуля главной задачей стал рациональный выбор величины его тяги. Двигатели "средней тяги" (150...200 тс) расширяли возможность комплектования ракет лёгкого и среднего класса, но приводили к необходимости установки на ракету сверхтяжёлого класса неоправданно большого количества двигателей, как это произошло на РН Н1. Исследования в ОКБ Глушко в начале 60-х годов по выбору оптимальной тяги одиночного двигателя, в последствии завершившиеся разработкой экспериментального двигателя 8Д420 тягой 640 тс в одной камере, а также положительный опыт эксплуатации РН "Сатурн-5" с пятью двигателями тягой 680 тс каждый на первой ступени, показали, что для перспективных отечественных ракет среднего, тяжёлого и сверхтяжёлого класса целесообразно использование двигателей-модулей тягой не менее 600 тс. Это обеспечит установку на первой ступени сверхтяжёлой ракеты не более 8 таких двигателей.

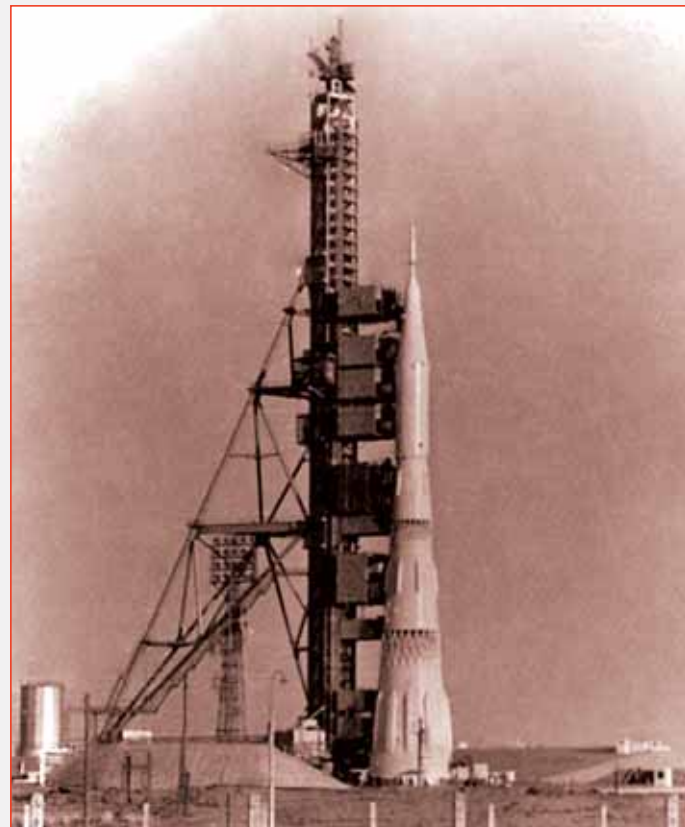


8Д420

Сформировав основные принципы нового подхода к созданию космических ракет, Глушко приступил к его проектной реализации. В КБ Энергомаш были проведены проектно-расчётные исследования и осенью 1973 г. состоялся расширенный научно-технический совет предприятия. Он продолжался три дня: в первый день был рассмотрен проект однокамерного кислородно-керосинового двигателя тягой более 600 тс, во второй день - проект четырёхкамерного двигателя с теми же параметрами, третий день был посвящён обсуждению проектов и окончательному выбору варианта двигателя. В итоге выбрали четырёхкамерный вариант, который позволял более полно использовать имевшееся технологическое оборудование и обеспечивал возможность применения методики автономной отработки узлов и агрегатов двигателя до их совместной доводки в составе двигателя. Выбранные предельно высокие параметры двигателя, главным образом его тяга (более 600 тс) и давление в камере сгорания (250 атм.), вызвали волну критики некоторых специалистов из отраслевых НИИ. Но Глушко считал, что ракетная техника должна постоянно прогрессировать, каждая новая разработка должна иметь более высокий уровень параметров по сравнению с предыдущими и не считал необходимым снижать выбранные характеристики перспективного двигателя-модуля.

Стиль работы Глушко отличался педантичностью. Он практически всегда доводил начатую работу до конца. Вот и сейчас, определившись с размерностью и обликом предлагаемого двигателя-модуля, он на этом не остановился и разработал перспективный ряд космических ракет-носителей различного класса: РЛА-120, РЛА-130 и РЛА-150. Из предложенной аббревиатуры обозначения ракет РЛА (реактивный летательный аппарат) видно, что Глушко считал символическим рассматривать эти ракеты как продолжение своих работ в 1930-х годах. Предполагалось создать семейство ракет-носителей с широким диапазоном стартовых масс, построенных по принципу блочной структуры с минимальным числом маршевых двигателей большой тяги. Самая лёгкая ракета-носитель - РЛА-120 - при стартовой массе 980 т выводила на околоземную орбиту полезную нагрузку массой 30 т, что на 10 т больше того, на что способна РН "Протон". Самой мощной РН предполагалась РЛА-150, способная вывести на орбиту полезную нагрузку 250 т.

(Продолжение следует.)



Н1 на старте



"...ВОПЛОТИТЬСЯ

В ПАРОХОДЫ, КНИГИ

И ДРУГИЕ НУЖНЫЕ ДЕЛА"

памяти В.М. Калнина

Валентин Алексеевич Шерстянников, д.т.н.

Виктор Мартынович Калнин сотрудник ЦИАМ, выдающийся ученый в области ракетных двигателей, лауреат премии Н.Е. Жуковского в области авиационно-космической науки и техники, к.т.н., почетный ветеран космонавтики, выдающийся специалист по системам управления ЖРД. На протяжении многих лет принимал активное участие и внес большой вклад в создание отечественных ЖРД для ракет космического и оборонного назначения.

В.М. Калниным впервые предложены эффективные нелинейные математические модели основных элементов ЖРД и разработаны методы исследования и математического моделирования на ЦВМ полного цикла эксплуатационных режимов работы двигателей. Они позволили решать путем математического эксперимента в наиболее полной постановке сложные вопросы, связанные с управлением и отработкой переходных режимов ЖРД и анализом аварийных ситуаций, что привело к существенному сокращению материальных затрат на огневую отработку двигателей.

Разработанные В.М. Калниным в соавторстве методы комплексного использования методов гидродинамического и математического моделирования и натурной отработки двигателей на огневых стендах позволили выявить принципиальные закономерности процесса запуска ЖРД закрытой схемы и разработать эффективные мероприятия по обеспечению надежного запуска двигателей этого типа.

Работы над созданием эффективных методов физического и математического моделирования процесса запуска двигателей перспективных схем и изысканию надежных способов управления этих процессов обобщены в двух монографиях под редакцией В.Р. Левина и А.А. Шевякова и отмечены премией Н.Е. Жуковского.

В 1965 году состоялся первый запуск ракеты-носителя "Протон". Носители этого типа, созданные более 45 лет назад успешно используются и по настоящее время для вывода на околоземную орбиту пилотируемых станций длительного функционирования и запуска космических аппаратов различного назначения. Созданные в ОКБ В.П. Глушко и С.А. Косберга ЖРД для ракет-но-

сителей "Протон" имеют высокую надежность, хорошие энергетические и динамические характеристики, превосходящие аналогичные двигатели, созданные в этот период за рубежом. В этих двигателях нашли применения разработки, выполненные коллективом ученых ЦИАМ при участии В.М. Калнина.

Работы по физическому и математическому моделированию, учитывающие реальные условия работы двигателя в составе ракеты, нашли широкое применение при создании двигателей в 60-80 годы прошлого века. В том числе для обеспечения механического подобия двигателя НК-33 ракеты Н1.

В.М. Калниным и автором статьи в сотрудничестве с ОКБ С.П. Королева и Н.Д. Кузнецова была разработана схема и методика специальных огневых испытаний ЖРД НК-33 на упругом подвесе с заданием дозированных низкочастотных колебательных перегрузок в местах крепления двигателя к ракете.

Расчеты показали, что для проверки работоспособности двигателя НК-33 в заданном диапазоне перегрузок, требуется всего 4-5 огневых испытаний двигателя с заданиями динамических возмущений по предложенной методике. Однако эти испытания не были проведены в связи с прекращением работ по ракете Н1 в 1974 г.

Разработанные динамические испытания выходят за рамки обычной наземной отработки ЖРД и относятся к разряду специальных исследований работ, направленных на повышение эффективности функциональных стендовых проверок двигателей и их систем.

Вклад В.М. Калнина в создание мощных кислородно-керосиновых ЖРД НК-33 для ракеты Н1 ОКБ С.П. Королева отмечен высокой правительственной наградой - орденом Дружбы народов.

Мне посчастливилось более 30 лет вместе с В.М. Калниным принимать участие в создании отечественных ЖРД. В сентябре этого года уже 10 лет, как нет с нами Виктора Мартыновича. Он был высокоинтеллектуальным человеком, доступным для свободного общения и научных контактов. Пусть же светлая память о нём навсегда сохранится в сердцах его учеников и товарищей по работе. 

ИНФОРМАЦИЯ

Американский корабль Dragon компании Space Exploration Technologies /SpaceX/ 10 октября стартовал с космодрома на мысе Канаверал к Международной космической станции /МКС. Это первый коммерческий полет этого корабля.

Dragon пристыковался к модулю Harmony с помощью 17-метрового манипулятора Canadarm. Корабль доставил на станцию около 450 кг груза, включая материалы и оборудование для проведения 166 научных экспериментов. Возвращение капсулы запланировано на конец октября. Dragon, согласно плану экспедиции, должен приводниться в Тихом океане недалеко от побережья штата Калифорния. Он доставит на Землю результаты научных исследо-

ваний, а также почти 230 кг деталей оборудования станции.

В мае этого года корабль совершил свой первый испытательный полет к МКС, пополнив ее запасы продовольствия и благополучно вернувшись на Землю с результатами научных экспериментов.

В целях экономии собственных денежных ресурсов НАСА заключило со SpaceX контракт на сумму 1,6 млрд долларов, предусматривающий создание надежного средства для доставки людей и полезных грузов на МКС и околоземную орбиту. Этой суммы должно хватить на 12 рейсов Dragon, который рассчитан на многократное использование. Его масса составляет 3 т плюс груз до 6 т. Аппарат в перспективе

может брать на борт семь человек. По оценке SpaceX, стоимость доставки одного человека к МКС на Dragon составит 20 миллионов долларов. Приняв несколько лет назад решение отказаться от эксплуатации шаттлов для доставки своих астронавтов на МКС НАСА сейчас пользуется услугами российских "Союзов", выплачивая за каждое место по 56 миллионов долларов. 



ТУРБУЛЕНТНОСТЬ В УСЛОВИЯХ КАВИТАЦИИ ПОТОКОВ

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

В двигателях и других аппаратах иногда возникает феномен под названием кавитация. Это такая особенность, присущая текущим средам, которая предполагает локальный фазовый переход от жидкого состояния к газообразному (пару). В насосной, турбинной и лопастной технике, где жидкость разгоняется с помощью механических устройств до очень высоких угловых и абсолютных скоростей, таких как центробежные насосы в ракетной технике или гребные винты в кораблестроении, проблема кавитации стоит очень остро. В большинстве случаев кавитирующие жидкости приводят к эрозии и разрушению конструкции. С научной точки зрения проблема кавитации на сегодняшний день далека от завершения.

Основные трудности решения проблем кавитации заключаются в том, что экспериментальные исследования локальных зон кавитирующих жидкостей весьма затруднительны в силу мелкомасштабности и быстротечности процессов. Визуально картина кавитирующего течения представляется как некоторый каскад пузырьков, либо, так называемых каверн, напоминающих размытые облака пены. Причем внутри и пузырьков и каверн тоже происходит течение, но уже пара или парожидкости. В силу ограниченности экспериментального инструментария локальных особенностей в этой области зафиксировать не удастся.

Утверждается [1], что образование кавитационных течений связано с разрывом сплошности жидкой среды под действием уменьшающегося давления. Это происходит из-за того, что скорость жидкости увеличивается. В специальных гидравлических системах в энергетике, химической промышленности, авиационной и ракетной технике используется и перекачивается с большой скоростью широкий ассортимент жидкостей в разнообразных температурных условиях - от расплавленных металлов до криогенных жидкостей. Падение давления в этих условиях из-за увеличения скорости может привести к достижению предела существования жидкой фазы. Давление достигнет уровня давления насыщенных паров и жидкость превратится в пар. Часто в практическом общении инженеры называют этот факт холодным кипением жидкости. Другими словами происходит разрыв жидкости при холодном кипении (кавитации), то есть разделение ее на отдельные слои или области паровыми "подушками" (пузырьками, кавернами и т.д.). Это значит, что процесс кавитации отделяет турбулентное течение жидкости от течения пара внутри пузырей или каверн. Следует отметить, что в самом начале, непосредственно у границы кавитационной области (в зоне кавитации - аналог зоны горения продуктов сгорания ЖРД) течение пара ламинарное и определяется только градиентом давления. Далее за счет изменения параметров паровой среды, формы канала и собственно формы каверны, течение может стать турбулентным. Очевидно, что при повышении давления в канале, то есть при большом положительном градиенте давления может также произойти отрыв потока пара от стенок канала. Более того в практике исследований кавитационных течений констатируется, что при определенных условиях ($dp/dx > 0$) пузырь или каверна могут схлопываться. При этом паровая полость пропадает.

Понятие кавитации можно охарактеризовать следующим образом. Кавитация - это процесс фазового перехода текущей с большой скоростью жидкой субстанции в паровую за счет снижения статического давления до уровня давления насыщенных паров. Кавитационная зона - это граница, либо размытая область, между течениями жидкой и паровой средами. Другими словами возникающий кавитационный процесс разделяет течения (турбулентные или ламинарные) жидкой и паровой фазы.

Для того, чтобы оценить границу раздела между фазами часто используют уравнение Бернулли. При этом правая часть этого

уравнения записывается для граничных условий до момента начала кавитации:

$$P_{\text{ж}} + \frac{\rho_{\text{ж}} V_{\text{ж}}^2}{2} = P_{\text{нп}} + \frac{\rho_{\text{нп}} V_{\text{нп}}^2}{2},$$

где индексы "ж" и "нп" принадлежат членам, описывающим жидкую фазу и фазу в области насыщенных паров. На основании этого Тома и Прандтлем было введено число кавитации σ [2]:

$$\sigma = P_{\text{ж}} + \frac{2(P_{\text{ж}} - P_{\text{нп}})}{\rho_{\text{ж}} V_{\text{ж}}^2}.$$

Отдавая должное классикам следует также отметить, что термин "кавитация" был впервые введен в гидродинамику Фрудом [3]. Анализ формулы показывает, что наступление кавитации зависит прежде всего от свойств жидкости и пара. При этом существуют нюансы при использовании криогенных жидкостей - водорода, гелия, неона, азота, кислорода и т.д. [4]. На рис. 1 показано кавитационное течение в шнековом насосе.

Даниил Бернулли.

Основополагающее уравнение газодинамики



Даниил Бернулли выдающийся физик и математик, в истории науки известен многими результатами первостепенной значимости. Он существенно повлиял на облик физики восемнадцатого века. Бернулли, как выдающийся естествоиспытатель, занимался очень многими разделами точного естествознания. Он занимался механикой, теорией интегрирования дифференциальных уравнений, гидродинамикой, теорией упругости, теорией вероятностей, кинетической теорией газов, электростатикой. В кругу его творческих интересов оказывались и физиология, и анатомия, и ботаника. В 1738 г. появился его основной труд "Гидродинамика", в котором было сформулировано основополагающее уравнение гидродинамики - уравнение Бернулли $P_0 = P + (V^2/2)$, которое доказывало постоянство полного давления P_0 в гидродинамическом тракте и представлялось в виде суммы статического и динамического давлений. С этого уравнения начинается изложение основ гидро- и газодинамики практически во всех монографиях.

Свои классические исследования в области гидродинамики Даниил Бернулли начал в те годы, когда жил в России и работал в Петербургской Академии Наук. Он был одним из представителей многочисленной династии выдающихся ученых-естествоиспытателей. На протяжении ста лет члены этой фамилии заведовали кафедрой математики в Базельском университете, около двух веков состояли



Рис. 1

профессорами этой кафедры, внесли неоценимый вклад в развитие точного естествознания восемнадцатого и девятнадцатого веков.

Зарождение и схлопывание кавитационных пузырьков

Зарождение и схлопывание кавитационных пузырьков в настоящее время является вопросом практически открытым. Однозначного мнения в литературе нет. Например, причиной возникновения кавитационных пузырьков отдельные авторы, например [3], считают достижение потоком критического давления и локальное испарение с образованием пузырьков малого объема (зародышей). Другие считают [4], что зародыши могут образоваться из-за гетерогенных флуктуаций в жидкости, из-за квантовых гетерофазных флуктуаций и даже из-за влияния бозе-конденсации (применительно к криогенному водороду), при которой происходит переход классической жидкости в квантовую. Кроме того, известно, что в потоке жидкости, как правило, содержится некоторое количество воздуха, мельчайшие пузырьки которого имеют радиус $\sim 10^{-9}$ м и невидимы для невооруженного глаза. Эти пузырьки являются зародышами. Они переносятся потоком жидкости и, попадая в область низкого давления, начинают расти. Через поверхность пузырька происходит диффузия газа (воздуха): внутрь пузырька или из него в зависимости от концентрации газа в пузырьке и окружающей его жидкости. Возникает так называемая паро-газовая кавитация.

Самым очевидным местом, где может задержаться газ являются также микроскопические трещины на поверхности каналов и лопастей. Кроме того, газ может также непосредственно абсорбироваться стенками.

Вопрос зародышеобразования весьма важен для начала стабильного процесса кипения жидкости. В литературе он никогда не обходится вниманием и по возможности исследователи пытаются объяснить причины данного процесса. С этим связано наличие в научных работах многообразия различных мнений и моделей.

Процесс зародышеобразования можно характеризовать как пусковой механизм процесса парообразования.

Было также экспериментально установлено, что начало парообразования может стимулироваться при акустическом воздействии на жидкость. При этом периодические изменения давления в зоне предполагаемой кавитации на жидкость могут переводить ее как в пузырьково-жидкостную фазу, так и в паробразную.

Зародившись, пузырьки в кавитирующей зоне могут взаимодействовать друг с другом, образуя каверны или даже довольно

продолжительные паровые следы. Если условия для существования паровых образований приемлемы, то процесс кавитации будет устойчив. Если нет, например пузырек (каверна) развивается в направлении положительного градиента давления, то он может схлопнуться. Известные из литературы механизмы схлопывания имеют так же неоднозначную интерпретацию. Этот процесс объясняют либо прямым воздействием внешнего (со стороны жидкости) давления, и тогда пузырек сжимается и вновь конденсируется, либо потерей устойчивости из-за недостатка сил поверхностного натяжения. Во всех случаях этот процесс происходит скачкообразно и носит волновой и даже ударный характер. В силу многочисленности зон возникновения и схлопывания мелких пузырьков и их случайный характер появления, процесс их образования имеет пульсирующий вид. Локальный прирост давления от каждого схлопывающегося пузырька может быть описан как функция пространства и времени, а вид функции может быть представлен как сумма давления в жидкости и пульсационное давление:

$$P(x, \tau) = P_{\text{ж}}(x, \tau) + \tilde{P}(x, \tau).$$

В отдельных работах (например, [4]) авторы осмеливаются записать пульсационный член как сумму гармоник, объясняя при этом возможность появления при ударах шумов и даже звуков.

Воздействие кавитационных процессов на стенки каналов и лопастей

Возникшая в процессе работы технических устройств (шнеко-центробежного насоса, гребного корабельного винта, каналов переменного сечения и пр.) кавитация может приводить к эрозии и даже разрушению их стенок и лопастей. Виды эрозии зависят от условий кавитации. Если кавитация неустойчива, что наблюдается, в основном, при наличии пузырьковой структуры (структура в виде большой каверны практически всегда устойчива), то начинается процесс эрозии поверхности. В силу стохастического характера схлопывания пузырьков, сопровождающегося многочисленными гидроударами жидкости о стенку, процесс ее разрушения носит характер язвотвидного изнашивания (рис. 2). Попадая на стенку нависающая над



Рис. 2

пузырьком жидкость воздействует на нее с большой кинетической энергией. В стенке возникают локальные углубления с появлением микротрещин по периметру, которые являются концентраторами напряжений и в дальнейшем разрушений. При последующих многочисленных ударах материал поверхности начинает уноситься. Можно считать, что удары носят циклический характер и вид разрушения при этом похож на разрушения при усталостном воздействии.

Кавитация может вызывать износ любых твердых тел [1]. Так, все металлы, твердые и мягкие, хрупкие и вязкие, химически активные и инертные, а также резина, пластмасса, стекло, кварц, бетон и другие неметаллические материалы могут быть подвержены износу под действием кавитации.

Литература

1. Р. Кнепп, Дж. Дейли и Ф. Жэммит. Кавитация. М. Мир, 1974.
2. Б.И. Боровский, Н.С. Ершов, Б.В. Овсянников и др. Высокооборотные лопаточные насосы. М. Машиностроение, 1975.
3. В.В. Рождественский. Кавитация. Ленинград, "Судостроение", 1977.
4. В.А. Акуличев. Кавитация в криогенных и кипящих жидкостях. М. Наука, 1978.

"РУССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ ИДЕЯ" В ДЕЙСТВИИ:

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИЕ ЦЕНТРЫ И ЗАДАЧА МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ В РОССИИ

Владимир Марьямович Витвицкий, зам. директора Музея железнодорожного транспорта Московской железной дороги, заслуженный работник культуры РФ
Дмитрий Александрович Боев, ведущий научный сотрудник Политехнического музея, помощник генерального директора ЦИАМ им. П.И. Баранова, зам. главного редактора журнала "Двигатель"

Глобальные структурные изменения в экономике страны требуют столь же глобального технического перевооружения научной и производственной базы. В свою очередь это предполагает подготовку молодежи к освоению высокоинтеллектуальных технологий. Эти перемены приводят общество к пониманию настоятельной необходимости выработки различных подходов к осуществлению образовательных программ, глубокой их дифференциации. Сердцевиной таких реформ должно быть формирование у учащихся мотивации к получению специальных знаний. Это - непременное условие, поскольку ясно, что научно-технический прогресс невозможен без поиска и внедрения новых научных идей и теорий, а следовательно, привлечения молодежи к получению естественнонаучного и технического образования, научно-исследовательской работе. Особое внимание необходимо уделить привлечению внимания молодежи к техническим дисциплинам, без чего мы не получим ни квалифицированного рабочего, ни высокопрофессионального инженера, ни творчески подходящего к работе учёного, что жизненно необходимо для решения поставленных задач модернизации страны.

Учреждения, входящие в систему среднего образования, как в настоящее время, так и в будущем, будут испытывать большие затруднения при попытке формирования у себя качественной демонстрационной и лабораторной базы, необходимой для выполнения всех этих работ, что наглядно демонстрирует пример стран с самым различным уровнем развития экономики. И это полностью объяснимо, прежде всего, с точки зрения экономической целесообразности такой деятельности. Новации "задешёво взять" не получается. Тем более, когда берёшься строить по ним учебную базу для введения в дело новых специалистов.

В доперестроечные времена подготовка кадров и среднего, и высшего звена производственников, имела вид системной и систематической работы. Все понимали, насколько для страны в целом эта деятельности была значима. В ней были задействованы как государственные просветительские организации: музейные комплексы, общество "Знание" и т.п., так и спортивные и общественные организации: технические станции Домов и Дворцов пионеров, ДОСААФ, система технических и спортивно-технических детских и молодёжных кружков и групп. Периодически проводились выставки НТТМ, издавался целый спектр технических журналов, направленных на самую различную аудиторию - от "Юного техника" и "Юного натуралиста" до "Техники-молодёжи", "Кванта", "Науки и жизни", "Знания - силы" и др. Создавались фильмы, радио и телепередачи по различным областям техники. Выпускались брошюры и книги. Таким образом, удалось сделать так, чтобы творческая работа в науке и технике стала целью ни одного поколения советского народа. На всё это тратились значительные государственные средства, а курировали работу ЦК ВЛКСМ и КПСС.

В последние четверть века, с разрушением структуры СССР и ликвидацией партийно-комсомольских структур, одновременно осталась без поддержки и вся работа по привлечению молодежи к работе в науке и промышленности. Новых желающих "подставить плечо" под эту работу не нашлось. И, находясь в таком состоянии, она очень быстро сошла на нет, как системная деятельность. Вместе с водой выплеснули и ре-

бёнка. Остались только попытки отдельных предприятий и общественных организаций сугубо на инициативных началах заниматься техническим творчеством молодежи. Так общество авиастроителей регулярно проводит олимпиады по авиации, то же делают по космической тематике в Королёве, завод "Салют" и некоторые другие предприятия поддерживали технические лица и станции детского технического творчества (бывшие Дворцы и Дома пионеров). Не так давно, вновь стали организовываться выставки системы НТТМ, на самофинансировании сохранилось (правда, в сильно изменённом виде) большинство технических журналов. Но всё это не является системной работой, не обладает синкретической силой совместной целенаправленной деятельности, а потому не даёт такой высокой отдачи, как в советское время.

Для того, чтобы кадрово подкрепить программы по техническому перевооружению отечественной промышленности, решение задачи

привлечения подрастающего поколения к получению технического образования необходимо рассматривать как одну из наиболее приоритетных целей (вплоть до статуса Национального проекта). Иначе говоря, надо опять строить систему привлечения кадров к работе в реальном секторе экономики. Журнал "Двигатель" ещё в 2007 году вынес на свою обложку слова генерального директора ВИАМ академика Е.Н. Каблова: "Надо сделать так, чтобы в России наступила мода на интеллект, чтобы молодежи было интересно заниматься техникой, работать в науке. Это и есть та самая «русская национальная идея», которую столь долго и безуспешно пытаются найти".

Для начала такой работы, необходимо озаботиться созданием сети Научно-технических просветительских центров. В качестве первого шага, такой центр целесообразно создать в Москве. В перспективе он должен стать головной организацией, на базе кото-

рой в дальнейшем организуется сеть таких Центров во всех субъектах РФ, и в отдельных крупных научных и промышленных центрах страны.

Основными целями создания Центра являются:

- формирование интереса к получению естественно - научных и технических знаний;
- содействие к получению самообразования в различных его формах;
- ознакомление с национальными достижениями в области науки и техники;
- оказание содействия в проведении демонстрационных и лабораторных экспериментов учреждениям, входящим в систему народного образования;
- реализация целевых проектов в области истории, культуры, искусства, экологии;
- проведение мониторинга и экспертизы научных идей и теорий;
- создание опытных образцов техники на основе новых научных разработок.

Центр должен осуществлять следующие мероприятия:

- организация тематических, обзорных и научно-популярных лекций-демонстраций;
- проведение выездных научно-популярных лекций-демонстраций с



привлечением набора интерактивных экспонатов;

- оснащение лабораторий для практических занятий;
- организация и проведение научно - практических конференций для учащихся и специалистов;
- организация специализированных мастерских и лабораторий;
- формирование интерактивной экспозиции и интерактивного технопарка для всех категорий посетителей.

Структурно Научно-технический просветительский центр должен включать в себя следующие подразделения:

- интерактивный технический музей с технопарком, возможно и разбитый на ряд связанных технических музеев, делающих упор на различные области техники;
- театр занимательной науки (физическое и техническое шоу);
- лекторий;
- лабораторный комплекс (различные учебные практикумы в различных областях науки);
- планетарий;
- передвижной лекционно-демонстрационный комплекс или системе таких комплексов;
- компьютерный клуб;
- клубы по интересам любителей техники - коллекционеров и подвизников своих интересов;
- центр мониторинга и экспертизы научных идей и теорий;
- молодёжный научно-исследовательский комплекс ("генератор идей");
- комплекс технического конструирования и дизайна;
- тематические мастерские - вспомогательные и имеющие самостоятельное значение;
- справочно-информационный комплекс.

Основу просветительской части Центра должны составлять интерактивная экспозиция и лабораторный комплекс, позволяющие посетителям стать непосредственными участниками эксперимента, на собственном опыте убедиться в правильности законов, объясняющих различные природные явления, способах их использования и применения, известных в технике, изучить принципы действия различных механизмов. В таком виде могут существовать экспозиции по разным отраслям науки и техники, которые могут быть взаимозаменяемыми в показе и дополняющими друг друга. Это обеспечивает широкие возможности популяризации науки и техники среди различных слоев общества, в том числе и среди его социально ущемленных представителей, семей с низкими доходами, инвалидов, детей, воспитывающихся без родителей. Новых Ломоносовых надо находить в любых социальных слоях и по всей территории страны.

В мировой практике имеется богатый опыт по созданию аналогичных образовательных центров, широко использующих интерактивные методы обучения. Не только в развитых странах, но и во многих развивающихся, создается широкая сеть различных "Технопарков", "Эксплораториумов", "Научных центров", "Городков открытий", являющихся специфическими учреждениями музейного типа с интерактивными экспозициями, в которых отражены практически все отрасли человеческих знаний. Особый интерес в этом плане вызывает опыт Индии, создавшей по всей стране глобальную сеть научных центров, охватившую население даже небольших поселков и оказывающую огромную помощь национальной системе образования. Стоит заметить, что именно просветительство в области науки и техники, пробуждение интереса к техническим наукам было той точкой опоры, благодаря которой в Америке удалось победить инерцию и застой в промышленности и науке времён "Великой депрессии". Так же, по сути дела, преодолевал Китай отставания, возникшие вследствие "Большого скачка" в 70-е годы XX века.

Главное при этом, конечно же, не порастерять своей собственной технической истории, собранной музеями, не разменять её на текущую работу.

В нашей стране также имеется опыт организации подобной работы. Именно так действовали в Советской России в эпоху начала Индустриализации. Так, ещё в 20-х годах разрабатывался грандиозный проект Дворца техники, в 30-х годах в Ле-

нинграде работал и пользовался огромной популярностью Дом Занимательной Науки (ДЗН), основателем которого был известный сегодня во всем мире ученый и популяризатор науки Я.И. Перельман. Во время войны ДЗН был разрушен и в последующее время попытки его воссоздания, к сожалению, так и не увенчались успехом.

В настоящее время в Москве и ряде других городов создаются небольшие "сайенс центры", как на средства города, так и коммерческие, но их количество недостаточно даже для одного нашего города. К тому же, они не связаны системной направленностью совместных действий и, по большому счёту, являются скорее конкурентами, чем партнёрами.

Реализация указанного проекта позволит повысить у населения и, в первую очередь, у молодежи интерес к получению более глубоких знаний в области науки, техники, культуры, истории, будет воспитывать чувства патриотизма, бережного отношения к людям и окружающей природе, а также способна обеспечить поиск и реализацию новых научных идей и теорий.

Научно-технический просветительский центр в Москве должен включать в себя комплекс зданий общей площадью 9000...12 000 кв. м. для размещения интерактивных экспозиций, лабораторий, мастерских, лекционных аудиторий, конференц-залов, современного планетария, а также интерактивного технопарка - экспозиции под открытым небом, имеющей развлекательно-обучающее назначение. Часть парка может быть отведена под учебный сельскохозяйственный комплекс и ботанический сад. На территории центра необходимо расположить также гостиницу и систему объектов питания. Он может объединять и несколько площадок различной тематической направленности, состоящих из уже действующих технических музеев и станций, работающих на единую идею Центра. Скажем, планируемая сейчас реконструкция Политехнического музея в Москве вполне может стать частью такого проекта. Но и она будет пустой тратой сил и средств, если не станет частью системной работы.

Так как Научно-технический просветительский центр, работая на коммерческой основе, не сможет в полном объёме решать свои задачи, его финансирование должно осуществляться из разных источников. В первую очередь это госбюджет, а также спонсорское участие и собственная хозяйственная деятельность.

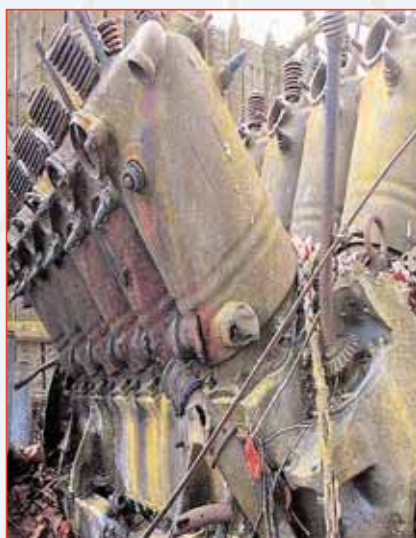
Для осуществления контроля и оказания содействия деятельности Центра необходимо создать из представителей заинтересованных организаций попечительский совет, который будет контролировать правильность расходования средств, а также участвовать в обсуждении и принятии решения по основным направлениям развития Центра.

В настоящее время экономическое положение в стране позволяет реализовать уникальный проект, качественно превосходящий существующие аналоги в других странах, что даст возможность не только показывать всему миру, как и куда надо двигать науку и образование, но, наконец, и самим реализовать свои возможности и вывести страну в первые ряды мировой экономики.

Экономическая стабильность и высокое благосостояние населения в нашей стране невозможны без современной промышленной базы, а это требует, как уже говорилось выше, большого количества высокопрофессиональных рабочих и инженерно-технического персонала, которых надо ещё подготовить. Но чтобы молодежь захотела работать в производственной сфере, получать инженерно-техническое образование, нужно создать для неё соответствующие мотивации. Часть таких задач (за исключением чисто экономических) и призван решать Научно - технический просветительский центр.

Такая деятельность потребует больших вложений, но начинать решать её надо сегодня, тогда лет через 20-25 у нас есть шанс получить модернизированную конкурентоспособную экономику. Упор только на сырьевой сектор в экономике шансов на выживание в недалёком будущем нашей стране не даёт. И такая мысль в самых разных формах высказывалась и Президентом России и некоторыми высшими чиновниками. Полагаем, что скоро это дойдёт и до остальных.

Дело за малым: захотеть начать.



ПАРОВОЗЫ КОЛОМЕНСКОГО ЗАВОДА

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

(Окончание. Начало в № 6 - 2011, 1-4 - 2012.)



Грузовой паровоз (1-5-0, тип ПЗ2)

Война нанесла громадный ущерб - многие дороги были разрушены, а наскоро отремонтированные имели слабое верхнее строение пути. Локомотивный парк был сильно изношен. Требовалось не только восстановить его, поднять технический уровень, но и значительно увеличить, так как во время войны он почти не пополнялся новыми паровозами. Понимая это, конструкторы Коломенского завода в самый разгар войны в 1944 году начали проектировать новый грузовой паровоз 1-5-0, тип ПЗ2.

Ко Дню Победы проект был завершен, и в том же году построены два опытных образца. Испытания показали, что создание этого паровоза явилось большой технической победой коломенских локомотивостроителей. При мощности 2200 л.с. и скорости

до 90 км/ч паровоз ПЗ2 имел нагрузку на ось 18 тс, что позволяло эксплуатировать его практически на всей сети железных дорог.

По экономичности он превосходил все отечественные паровозы. Водил почти такие же составы, как ФД, хотя был легче его на 22 %, превосходил по мощности и экономичности американский паровоз Е^А, производство которого предполагалось освоить в нашей стране. За создание этого паровоза главному конструктору Л.С. Лебедянскому, ведущим конструкторам Г.А. Жилину, В.Д. Уткину, В.К. Чистову, В.Д. Дьячкову, Д.В. Львову в 1947 году была присуждена Сталинская премия.

Паровозу присвоили серию "Л" в честь главного конструктора и приняли к серийному производству. Кроме головного Коло-



Пассажирский паровоз (2-4-2, тип ПЗ6)

менского завода, паровозы "Л" крупной серией строили Ворошиловградский и Брянский заводы. Еще ряд предприятий работал с ними в кооперации, поставляя отдельные узлы и детали.

С 1946 года Коломенский машиностроительный завод был переименован в паровозостроительный, чем подчеркивалась его важная роль в локомотивостроении. Основной продукцией в послевоенный период были паровозы, дизели и турбины для метро.

В 1949 году был построен новый пассажирский паровоз 2-4-2, тип П36. В создание этого локомотива, предназначенного для обеспечения растущих пассажирских перевозок, большой вклад внесли Л.С. Лебединский, Г.А. Жилин, М.И. Гресюк и др. Паровозы серии Л и П36 были наиболее совершенными из созданных Коломенским заводом. Они строились вплоть до прекращения паровозостроения в 1956 году.

Следует отметить, что в Коломне были созданы и построены все типы отечественных опытных сочлененных паровозов. В 1948 г. был создан опытный паровоз 1-3+3-1, тип П34. В 1954-1955 гг. были построены четыре опытных образца сочлененного паровоза 1-4+4-2, тип П38, мощностью 4600 л.с., разработкой которого руководили Л.С. Лебединский и И.И. Сулимов. Он был последним типом парового локомотива, разработанным конструкторами предприятия и самым мощным паровозом из построенных Коломенским заводом.

За 88 лет паровозостроения коломенцами создано около 200 типов паровозов. Конструкция их достигла высокого технического уровня, что оказало большое влияние на успешное развитие железнодорожного транспорта страны. Всего было построено чуть менее 10 420 паровозов разного назначения (как принято считать). Окончательную цифру на сегодня установить достаточно сложно. Связано это с тем, что с началом войны была прервана заводская нумерация где-то на заводском номере 8290/1941, последний известный построенный паровоз - С^{УМ} 218-38 (однако, он не был принят НКПС). Также в заводской нумерации были еще отведены номера (8219-8248) для 30 паровозов типа П24, из которых было построено лишь 9 единиц. А началась постройка с паровоза серии ЭР 750-01 с заводским номером 8381/1943. Поэтому наиболее правдоподобное количество паровозов, построенных заводом - 10308.

Несмотря на то, что конструкции паровозов непрерывно совершенствовались, а объем их производства на всех заводах нарастал быстрыми темпами, железнодорожный транспорт не справлялся с перевозками все увеличивающегося потока грузов, главным образом потому, что его основная техническая база - паровозы - исчерпали свои возможности.

Устранить основной недостаток паровозов - низкий коэффициент полезного действия - не представлялось возможным, поэтому они должны были уступить место более экономичным локомотивам - тепловозам и электровозам. Необходимые предпосылки для этого были созданы развитием экономической базы страны и дизелестроения. В 1956 году решением Правительства был прекращен выпуск паровозов, и Коломенский завод получил задание перейти на производство тепловозов.



Сочлененный паровоз (1-3+3-1, тип П34)

Литература

1. Альбом фотографий. Минтрансгидмаш СССР. Коломенский завод им. Куйбышева. Паровозы. Т. 1, 2. 1953.
2. Альбом чертежей "Общество Коломенского машиностроительного завода в Коломне. Типы товарных и пассажирских паровозов, построенных с 1869 года". А. Тембурский. Коломна. 1895.
3. Альбом чертежей "Типы товарных и пассажирских паровозов, построенных с 1869 года". Типо-лито-фотография и светопечатание А.Б. Тембурского в Коломне. 1904.
4. Архив музея ОАО "Коломенский завод". Ф. 5.1.1.Д. Книга номерации паровозов с 1869 года, выпускаемых Коломенским заводом.
5. Ефремов Г.П. История Коломенского завода. Очерк истории Коломенского тепловозостроительного завода имени Б.Б. Куйбышева за 110 лет. (1863-1973) - М.: "Мысль", 1973. 352 с.
6. Ефремов Г.П. История Коломенского завода. 1863-1983 гг. - М.: "Мысль". 1984. 366 с.
7. Иллюстрированное описание Всероссийской художественно-промышленной выставки в Москве. 1882. Издание Германа Гоппе. С.-П., Большая Садовая, л. Коровина, 16; Москва, Кузнецкий мост, 15.
8. Коломенскому тепловозостроительному заводу 100 лет. - М.: "Московский рабочий". 1963. 180 с.
9. Мокрицкий Е.И. История паровозостроения СССР. - М.: Трансжелдориздат, 1941. 260 с.
10. Москалев Л.М. Наши узкоколейные паровозы. - М.: "Железнодорожное дело". 1997. 408 с.
11. Паровозы. Общий курс конструкций и элементы теории. Под ред. Сыромятникова С.П., Чиркова А.А. - М.: Трансжелдориздат. 1949. 692 с.
12. Подопросветов А.В., Морозкин Б.Н. Традициям - жить и крепнуть Коломенскому локомотивостроению - 130 лет. // "Локомотив". 1999. № 9.
13. Раков В.А. Локомотивы отечественных железных дорог. 1845-1955. - М.: "Транспорт". 1995. 564 с.
14. РГАНТД. г. Самара. Фонд № Р-201, Опись № 1-2; Фонд № 2, Опись № 1-2.
15. Ростовский К.Б. Паровозы, построенные Коломенским заводом. Ч. 1, 2, 3. 1976 г.
16. ЦГБИА. Ф. 802. Опись 8. Крепостное отделение. 1863-1913. Дело 1633. Дело о заказе КмЗ ж/д подвижного состава для крепостных ж/д. 25.05.1893-21.06.1896. 189 л.

Связь с автором: oiso@kolomzavod.ru



Сочлененный паровоз (1-4+4-2, тип П38)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОГО РЕСУРСНОГО ЦЕНТРА СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ (ИТОГИ 3-ГО ЭТАПА РЕАЛИЗАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЙ ЦЕЛЕВОЙ ПРОГРАММЫ)

Елена Викторовна Невмержицкая,

доктор педагогических наук,
руководитель Межрегионального ресурсного центра ГБОУ СПО КАС № 7 г. Москвы,
профессор кафедры Социологии, психологии и педагогики

На основании задач, сформулированных в Федеральной целевой программе "Модернизация системы начального профессионального и среднего профессионального образования для подготовки специалистов в приоритетных отраслях экономики на базе ресурсных центров", начиная с 2011 г. проводится регулярный мониторинг мероприятий, реализуемых межрегиональным ресурсным центром Колледжа архитектуры и строительства №7 города Москвы. В статье представлены обобщенные результаты по вопросам эффективности использования в образовательном процессе инновационных методов и технологий с включением их кратких характеристик.

On the base of the tasks formulated in the Federal special-purpose programme "The modernization of primary and secondary professional education for training specialists in priority economic branches based on the resources centers" since 2011 the regular monitoring of affairs is held. This monitoring is realized on the base of State-run Secondary Professional Educational Institution College of Architecture and Construction № 7 of Moscow. The summarized results of innovative methods and technologies usage effectiveness with their brief characteristics are described in the article.

Ключевые слова: Федеральная целевая программа, межрегиональный ресурсный центр, программы повышения квалификации, метод непосредственной инструкции, метод электронного самонаправляемого обучения, метод работы педагогической мастерской, метод исследования случая, метод междисциплинарного экологического проектирования, результативность использования инновационных методов и технологий.

Keywords: Federal special-purpose programme, inter-regional resource centre, programmes of staff-rising qualification, method of direct instruction, method of electronic self-directed education, method of pedagogic laboratory work, method of studying the case, method of inter-discipline ecologic projecting, effectiveness of innovative methods and technologies usage.

В свете задач Федеральной целевой программы "Модернизация системы начального профессионального и среднего профессионального образования для подготовки специалистов в приоритетных отраслях экономики на базе ресурсных центров", реализуемой с октября 2011 г. Межрегиональным ресурсным центром (МРЦ) ГБОУ СПО Колледжа архитектуры и строительства № 7 города Москвы, апробированы и внедрены в образовательный процесс инновационно-педагогические методы и технологии. Основная смыслообразующая идея инновации - раскрытие творческого потенциала личности, коллектива, целенаправленное проектирование и организация процесса образования и воспитания с целью создания максимально благоприятных условий для развития личности при условии ее непосредственного активного участия в процессе [2, с. 59]. Широкий спектр возможностей для удовлетворения потребностей индивидуального, личностного развития, индивидуализации траектории профессионального образовательного процесса предоставляют:

1. Метод непосредственной инструкции [8], эффективность применения которого наглядно демонстрируют различные формы учебных занятий, проводимые, в частности, на базе ресурсного центра строительной направленности ГБОУ СПО КАС № 7 г. Москвы [4, с. 38-39].

Учебное занятие с применением метода непосредственной инструкции может считаться успешным, если пройдены три ведущих шага к достижению цели: общая демонстрация и презентация целей и задач занятия, выполнение заданий под руководством преподавателя и индивидуальных упражнений без его руководства. Основное внимание следует уделять тому, чтобы обучающиеся усвоили запланированный к овладению ими учебный материал, а не на то, соблюдается ли модель метода буквально, включая все его составляющие. Однако эффективность метода непосредственной инструкции достигается при соблюдении условий внедрения в образовательный процесс: ориентирующего вступления в начале занятия, самостоятельного выполнения задания после урока и его результирующей проверки на следующем уроке (рис. 1).



Рис. 1. Этапы занятия с применением метода непосредственной инструкции

Метод непосредственной инструкции реализуется в процессе ориентирующей фазы (объявляется информация о цели, времени занятия, рабочих шагах для достижения цели и т.п.), самостоятельного выполнения задания (осуществляется после учебного занятия; развивается способность работать успешно независимо от помощи преподавателя) и результирующей перепроверки (охватывает рабочее состояние каждого обучающегося, которое дополняется разными видами работ над заданиями), как, например, при обучении по программе повышения квалификации "Внедрение инновационного учебно-производственного оборудования для обеспечения опережающей подготовки преподавателей специальных дисциплин и мастеров производственного обучения для реализации сетевых модульных программ по специальности СПО 270841 "Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения" (для углубленной подготовки (ПМ.01 "Участие в проектировании систем газораспределения и газопотребления"; ПМ.02 "Организация и выполнение работ по строительству и монтажу систем газораспределения и газопотребления"; ПМ.03 "Организация, проведение и контроль работ по эксплуатации систем газораспределения и газопотребления").

Использование метода непосредственной инструкции является

ся целесообразным при проведении ролевой игры, выполнении практических заданий, групповых динамичных семинаров, лабораторных работ: "Проверка качества изоляции с применением электроизмерительных приборов (измерителя сопротивления изоляции, мультиметр-мегаомметра, измерителя увлажненности и степени старения электроизоляции)"; "Выполнение проверки схем электропитания при оценке состояния защиты газопроводов от электрохимической коррозии" (Модуль 2 "Изучение приборов и оборудования электроизмерительной лаборатории при выполнении работ по эксплуатации электрохимической защиты при проектировании и строительстве инженерных сетей").

В процессе обучения по новой образовательной (модульной) программе для профессии "Мастер отделочных строительных работ" (ПМ. 07 "Выполнение декоративных покрытий", ПМ. 03 "Выполнение малярных работ") на базе ресурсного центра ГБОУ СПО КАС № 7 осенью 2011 г. применение данного метода позволило определить эффективность процесса обучения (рис. 2), который был ориентирован на концентрацию ясной, специализированной постановки задачи, что позволило преподавателю:

- обратить внимание на результирующее обеспечение занятия, одновременно препятствуя возможным отклонениям на неспециализированные темы курса;
- поддерживать учебный процесс, предоставляя короткие индивидуальные направления (в форме вопросов, тематических заданий и т.п.), способствующих учебному прогрессу;
- предлагать небольшие пояснения при возникающих у слушателей курса трудностях понимания материала / задания;
- способствовать вере в успех, активно поддерживая для этого деятельность учащихся.

Использование метода непосредственной инструкции осенью 2012 г. при обучении по доработанным образовательным (модульным) программам повысило эффективность их усвоения (по сравнению с полученными результатами в 2011 г.), что подтверждается итогами мониторинга, проведенного на базе МРЦ КАС № 7 с привлечением специалистов - участников сетевого взаимодействия по реализации ФЦП из АНО МЦРМСО (Международный центр развития модульной системы обучения), ГБОУ СПО КАС № 7, ОГБОУ СПО "Смоленского строительного колледжа" (рис. 2).

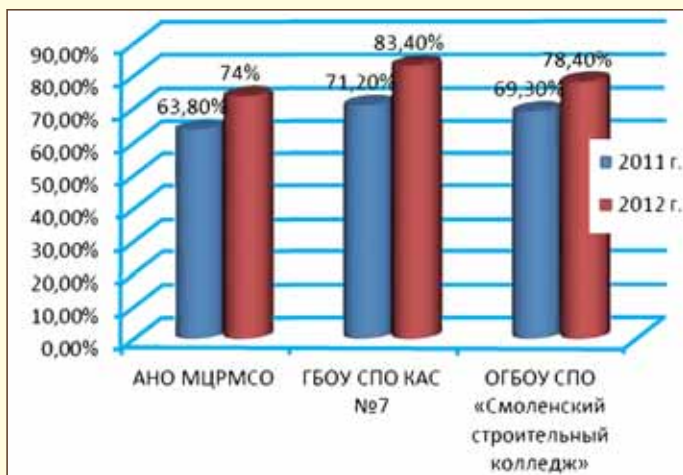


Рис. 2. Результативность освоения новой образовательной программы по профессии "Мастер отделочных строительных работ" с использованием метода непосредственной инструкции

При этом преподаватель, являясь авторитетом в педагогической области, не вел себя авторитарно, что позволяет определить структуру хода занятия (с соблюдением правил обращения между объектом и субъектом образовательного процесса) как заблаговременно продуманную, практикоориентированную, гибкую на возможные психолого-педагогические отклонения.

Таким образом, метод непосредственной инструкции может быть применен при изучении таких тем, которые хорошо структурируемы. Однако структурность - это не имманентное качество совершенно определенных тем. Напротив, их необходимо допол-

нять основными структурными элементами (например, при изучении курсов, дисциплин, разделов, которые традиционно считаются максимально иллюстрированными (используют в процессе занятия иллюстративный, фото-, аудио-, видеоматериал) и т.п.).

2. Метод электронного самонаправляемого обучения [1], который в зависимости от цели, мотива, условий электронного обучения, базирующегося на различных инструментах и технологиях может использоваться как: самообучение; управляемое обучение; обучение, направляемое инструктором; встроенное обучение; теленаставничество и дистанционная подготовка.

Цель электронного самонаправляемого учащимся обучения заключается в передаче высокоэффективных знаний независимым учащимся (тем, кто желает получить образование на своих собственных условиях). Например, содержание обучающего курса по программе повышения квалификации для преподавателей и мастеров производственного обучения МРЦ КАС № 7 "Внедрение в практику образовательной деятельности инновационного учебно-производственного оборудования для обеспечения сетевых программ подготовки специалистов в области организации монтажа и эксплуатации санитарно-технических, вентиляционных систем и оборудования по специальности СПО 270839 "Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, кондиционирования воздуха и вентиляции" для базовой и углубленной подготовки (ПМ. 01 "Организация и контроль работ по монтажу систем водоснабжения и водоотведения, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха"; ПМ. 02 "Организация и контроль работ по эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха"; ПМ. 03 "Участие в проектировании систем водоснабжения и водоотведения, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха") может включать мультимедийные презентации, web-страницы, другую интерактивную обучающую информацию при подготовке или проведении практического занятия на тему "Изучение комплекта учебного оборудования "Автономная автоматизированная система отопления" (Модуль 2 "Внедрение комплектов учебного оборудования по направлению "Теплоснабжение и отопительные приборы" в образовательный процесс реализации сетевых образовательных программ"). При этом все инструкции по самообучению даются в материалах курса, так как самообучающийся лишен возможности в силу территориальной отдаленности от МРЦ проявить сложные моменты у инструктора, попросить о "помощи".

Целесообразность использования метода самонаправляемого обучения была подтверждена в 2012 г. при обучении по программам профессиональных модулей "Участие в проектировании зданий и сооружений", "Сварка и резка деталей из различных сталей, цветных металлов и их сплавов, чугунов во всех пространственных положениях" в Тамбовском ОГАОУ СПО "Многопрофильный колледж имени И.Т. Карасева", ОГБОУ СПО "Иркутский техникум архитектуры и строительства", ГБОУ СПО Колледж городской инфраструктуры и строительства №1 города Москвы, ГБОУ СПО КАС №7 города Москвы, ГБОУ СПО "Волгоградский государственный колледж управления и новых технологий", ГБОУ СПО "Брянский техникум машиностроения и автомобильного транспорта имени Героя Советского Союза М.А. Фанасьева" (рис. 3).

Встроенные (внедренные) курсы - еще один тип электронного самонаправляемого обучения, предоставляющий подготовку по требованию: они обычно внедряются в компьютерные программы, файлы справочной системы, web-страницы или сетевые приложения. Вложенные программы электронного обучения могут располагаться в web-е либо на компьютере учащегося.

Д.п.н., профессор Т.М. Бальхина, автор метода рекомендует использовать дистанционную подготовку как тип электронного самонаправляемого обучения при проведении видеоконференции, используя Интернет и другие инструменты совместной работы.

Средства, инструменты электронного обучения в зависимости от характера организации диалога между участниками учебного процесса - могут быть синхронными и асинхронными. Синхронные



Рис. 3. Результаты промежуточного тестового контроля знаний студентов, обученных по новым образовательным программам без использования (2011 г.) и с использованием (2012 г.) метода электронного самоуправления обучения в образовательных учреждениях РФ

взаимодействия осуществляются в режиме реального времени, т.е. все участники процесса находятся в сети в одно и то же время. Медиакомпоненты синхронного взаимодействия включают совместное использование чатов, приложений, белых досок, аудио- и видеоконференций. Асинхронные взаимодействия не требуют одновременного присутствия участников обучения в сети. Асинхронные медиакомпоненты включают электронную почту и онлайн-форумы. Инструменты совместной работы, такие как онлайн-дискуссионный форум - своеобразная доска объявлений, новостей, способ обмена идеями; белая доска - средство, позволяющее обмениваться графическими образами, инструмент совместной работы, имитирующий деятельность инструктора, когда он рисует учебную информацию на доске, привлекая к этому процессу учащихся; чаты - средство, дающее возможность мгновенного обмена сообщениями, web-туры и путешествия - средство и способ учебного "путешествия" вслед за ведущим по Интернету; односторонние (обучающий показывает слайды, которые воспринимаются в сопровождении поясняющей информации учащимися) и двусторонние презентации (позволяют учащимся задавать вопросы по ходу презентации, делать комментарии, иным образом участвовать в происходящем и т.д.) - делают возможным свободное взаимодействие удаленных учащихся для решения общих учебных задач.

3. Метод работы педагогической мастерской [5, с. 18-20]

включает восемь методических рабочих шагов, которые структурируют, дисциплинируют и постепенно подводят обучающихся и преподавателей к его эффективной реализации (рис. 4).

Исходный пункт практической направленности метода работы педагогической мастерской - предварительная презентация темы непосредственно руководителем образовательного процесса. Тема может звучать, например: "Основы охраны труда при газовой сварке" (для специальности СПО 270841 "Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения"). В предварительной формулировке темы допускается ее небольшое изменение: "Пожарная и экологическая безопасность при выполнении газовой сварки".



Рис. 4. Совокупность дидактических действий в рамках метода работы педагогической мастерской

Первый шаг. Формулирование темы

Исходный пункт практической направленности метода работы педагогической мастерской - предварительная презентация темы непосредственно руководителем образовательного процесса. На данном этапе каждый участник мастерской должен получить короткое задание.

Второй шаг. Фаза критики

Рекомендуется использовать опрос, беседу, анонимное тестирование, т.е. методы, которые позволяют узнать точку зрения каждого отдельного участника образовательного процесса. В конце фазы критики проходит обзор проблем, который требует их практического обсуждения всеми участниками группы.

Третий шаг. Креативное упражнение

Для данного методического шага полезным может быть использование в составе задания творческого задания.

Четвертый шаг. Промежуточный контроль

Обучающимся рекомендуется самостоятельно повторить учебную проблему; при этом допускается ее произвольная формулировка. Задача преподавателя-ведущего заключается в концентрации работы учащихся исключительно на производстве конструктивных идей, процесс сбора которых может происходить в различных формах (например, метод мозговой атаки / мозгового штурма). В конце этой фазы озвученные идеи упорядочиваются в соответствии с целевой установкой занятия.

Пятый шаг. Проверка исполнения

В данном случае речь идет не о реализации предлагаемых идей на практике, а лишь о проверке выдвинутых учащимися гипотез на соответствие исполнению поставленных целей. Это проверка на возможность или невозможность выполнения рабочего задания.

Шестой шаг. Стратегическая проверка

Данный методический шаг посвящен решению вопросов возможного выполнения задания: Нужно ли выполнять все сформулированные задания в пределах отведенного на их решение времени? Какие препятствия могут встречаться в ходе выполнения заданий? Какие могут быть последствия в результате выполнения или невыполнения задания? Какие конкретные пути для успешной работы вы можете предложить?

Седьмой шаг. Фаза преобразования

Данная фаза метода работы педагогической мастерской является самой длительной, так как напрямую зависит от заявленной темы. Особо следует отметить, что ввиду ограниченного времени, отведенного для выполнения задания, необходимо, чтобы этапы работы были спланированы преподавателем вместе с обучающимися (работа в сотрудничестве) и ориентированы на положительный результат.

Восьмой шаг. Фаза реконструкции

С дидактической точки зрения итоги учебного процесса рекомендуется предметно обсудить на заключительном занятии, и имплицитные знания, полученные учащимися, следует объяснить в процессе групповой беседы.

Модель метода работы педагогической мастерской ориентирована, прежде всего, на обучение студентов старших курсов, слушателей программ повышения квалификации, являясь альтернативой формальному или неформальному образованию.

4. Метод исследования случая [6] подразумевает использование интерактивных возможностей обучающихся в процессе получения ими знаний, ориентированных на выполнение определенных действий. В процессе творческой, свободной деятельности реализуется возможность поиска правильных решений в условиях неизвестной, новой для учащегося ситуации.

В небольших группах (как правило, от 4 до 6 человек) изучается предлагаемый преподавателем материал, и вырабатываются варианты решения, которые затем выносятся на пленарное обсуждение посредством:

- анализа проблемы,
- сбора и оценивания информации,
- анализа фактов,
- разработки альтернативных вариантов решения,

- оформления решения [6, с. 37].

Преподавателю необходимо помнить, что структура метода исследования случая включает в себя: самостоятельное овладение новыми знаниями по конкретному выполняемому вопросу/задачу; обсуждение всеми членами группы возможных путей принятия верного решения; выбор правильного решения на основании сравнения всех имеющихся/озвученных; принятие правильных решений, близких к реальным.

Как показывает собственная педагогическая практика, использование метода исследования случая носит междисциплинарный характер. Так, на примере обучения на базе МРЦ ГБОУ СПО КАС № 7 по программе повышения квалификации "Использование вспомогательного учебно-производственного оборудования для обеспечения сетевых программ подготовки специалистов на базе учебных полигонов и учебно-производственных участков строительных организаций" по профессии НПО 150709.02 "Сварщик (электросварочные и газосварочные работы)" (ПМ. 02 "Сварка и резка деталей из различных сталей, цветных металлов и их сплавов, чугунов во всех пространственных положениях"; ПМ. 03 "Наплавка дефектов деталей и узлов машин, механизмов, конструкций и отливок под механическую обработку и пробное давление") слушателям предлагается самостоятельно:

- провести сравнительный анализ эффективности использования технологий автоматической однодуговой наплавки под флюсом и двухдуговой на примере наплавки круга диаметром Ø 2000 мм, толщиной 60 мм из легированной стали;
- подобрать технологию наплавки деталей, работающих в условиях абразивного износа с указанием наплавочного материала, параметров режима наплавки, оборудования. Обосновать свой выбор;
- выполнить газопламенную наплавку латуни на изготовленные стальные и чугунные детали. Описать технологию наплавки с учетом способности сплава интенсивно окисляться, интенсивно испаряться, интенсивно отводить тепло от места наплавки;
- описать последовательность газовой многослойной наплавки внутренней поверхности кольца, выполненного из низкоуглеродистой стали способом уравнивания деформаций. Составить эскиз последовательности нанесения кольцевых валиков на поверхность и т.д.

Таким образом, исследования случая - это, как правило, вербальные исследования случая, которые могут принимать разные формы и содержать вместе с тем не только вербальную информацию согласно значению, предлагаемому при выполненной работе/задании. При методе исследования случая рекомендуется использовать как имеющуюся в образовательном учреждении учебно-материальную, учебно-производственную базу, так и компьютерные программы, информационные источники (СМИ, интернет-порталы, аудио-, видеоматериалы), фотографии, рисунки, символы и т.п. В данном аспекте описание исследуемого случая носит в некоторой степени живой характер, если, конечно, речь идет о реальных случаях, которые возможно записать или задокументировать на цифровой или медианоситель.

Эффективность использования метода исследования случая при обучении по программе повышения квалификации для преподавателей и мастеров производственного обучения по профессии НПО 150709.02 "Сварщик (электросварочные и газосварочные работы)" (ср. данные на рис. 5, рис. 6) подтверждается результатами мониторинга, базирующимися на четырех критериях [6]:

- 1) ясное представление слушателями исследуемой ситуации,
- 2) научное представление об исследуемом объекте,
- 3) субъективное значение исследуемого случая и
- 4) субъективная адекватность / неадекватность решения проблемы.

5. Метод междисциплинарного экологического проектирования успешно реализуется при обучении по программе повышения квалификации "Экологические основы зеленого строительства в практике реализации сетевых образовательных программ на базе инновационного материально-технического обеспечения" по специальности СПО 270802 "Строительство и эксплуатация зда-

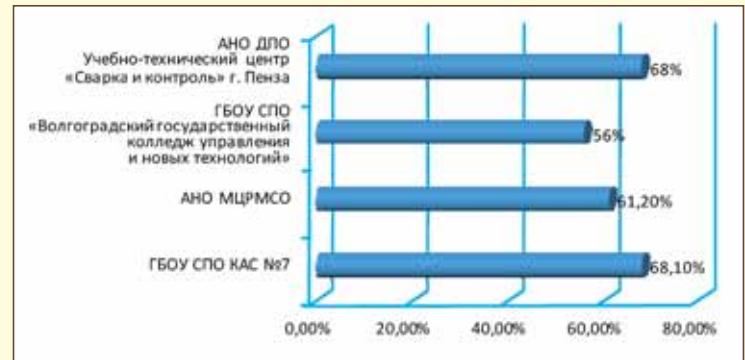


Рис. 5. Оценка результатов выполненных практических заданий слушателями, обученными по программе повышения квалификации без использования метода исследования случая (по профессии НПО 150709.02 "Сварщик (электросварочные и газосварочные работы)")

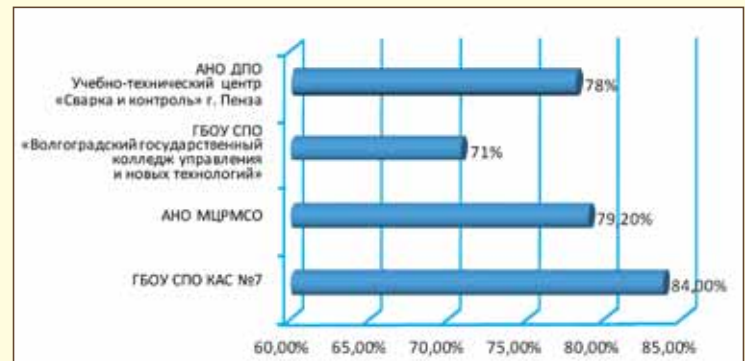


Рис. 6. Оценка результатов выполненных практических заданий слушателями, обученными по программе повышения квалификации с использованием метода исследования случая (по профессии НПО 150709.02 "Сварщик (электросварочные и газосварочные работы)")

ний и сооружений" для базового уровня (ПМ.01 "Участие в проектировании зданий и сооружений").

Современное отношение к экологическим проблемам требует формирования экологического сознания обучающихся, их ответственного отношения к своим действиям на каждом этапе профессиональной подготовки средствами всех изучаемых дисциплин. Исследования показали, что одним из эффективных инновационных методов обучения студентов технических специальностей является междисциплинарное экологическое проектирование, которое позволяет интегрировать знания обучающихся из разных областей наук вокруг решения одной проблемы, в данном случае - экологического содержания. Междисциплинарное экологическое проектирование представляет собой процесс творчества студентов, решающий нестандартные научно-учебные задачи. В ходе обучения с применением вышеуказанного инновационного метода усваиваются новые знания, умения и навыки, комплекс профессиональных и специальных компетенций [3, с. 34 -36].

Как известно, любая инновация или образовательный проект опирается на отдельные, уже сложившиеся и эффективно функционирующие в существующей практике средства и условия. В основе инновационного метода междисциплинарного экологического проектирования лежит специально разработанная профессионально-интегрированная интенсивно-коммуникативная технология обучения студентов, слушателей технических специальностей.

Система знаний специалиста, сочетающая в себе специальные (функциональные) и социальные (экстрафункциональные) знания, определяет так называемый конечный продукт - специалиста нового уровня. Отсутствие какого-либо элемента в этой системе не может обеспечить высокий профессионализм в деятельности специалиста вообще и инженера в частности, способствовать развитию его мобильности. Если ранее обучение в ссузе, вузе рассматривалось как освоение необходимых знаний, умений и навыков, формирование готовности к самостоятельной профессиональной деятельности, то сегодня в сфере образования речь идет о профессионально личностном развитии. Как утверждает

автор метода д.п.н. С.Е. Каплина: "Оно проявляется в изменении личностных отношений, развитии профессионального самосознания, динамике "образа Я", профессиональных самооценок, критериев профессионального успеха, формировании профессиональной ментальности и мобильности при выполнении следующих условий:

- создание необходимой мотивации, обеспечивающей конкретный интерес к содержанию рассматриваемой экологической проблемы;

- важность информации и ее значение для студентов, которая получена при рассмотрении и решении данной конкретной экологической проблемы;

- отражение междисциплинарных связей поставленной экологической проблемы в методах, формах и средствах реализации экологического проектирования".

Метод междисциплинарного экологического проектирования с учетом профессионально-интегрированной интенсивно-коммуникативной технологии основывается на следующих педагогических принципах:

- 1) *принципе целеполагания и осознанной перспективы*, который предопределяет мотивацию обучающихся, направленную на осознанное восприятие учебного материала и предполагает:

- усвоение знаний, умений и навыков;
- формирование профессиональной компетентности, метапрофессиональных качеств и квалификаций;

- создание условий для раскрытия творческого потенциала в профессиональной деятельности;

- формирование определенного уровня экологического сознания;

- 2) *принципе модульности*. Экологическое содержание предметов учебного курса разделено на модули, изучение которых ведется в соответствии со специально разработанным графиком и приоритетом формирования метапрофессиональных качеств специалиста, повышающего, в частности, свою квалификацию.

Каждый модуль представляет собой логически завершённый блок учебного материала, направленный на формирование или совершенствование того или иного компонента экологической компетенции, например, Модуль 1 "Экология строительства и зеленые стандарты", Модуль 2 "Инновационные средства инженерного проектирования", Модуль 3 "Технологии ситуационного моделирования при проектировании объектов зеленого строительства". В содержании каждого блока предусмотрено относительно самостоятельное изучение отдельных его элементов: "Базовые стандарты Зеленого строительства по оценке качества и контроля за способом изготовления материалов", "Деятельность российских центров стратегирования в области стандартов зеленого строительства", "Выбор и обоснование альтернативных источников энергии для строительства объектов городской инфраструктуры на основе принципов зеленого строительства" и др. (при изучении темы "Зеленые стандарты как механизм ускорения перехода от традиционного проектирования зданий и сооружений к энергоэффективному экологичному и комфортному строительству");

- 3) *принципе динамичности и оперативности*. В каждом модуле предусматривается соответствие объема учебного материала программе повышения квалификации (или новой образовательной (модульной) программе) при одновременной возможности изменения его содержания с учетом социального заказа, видами экологических задач, а также дальнейшим развитием науки и техники;

- 4) *принципе интеграции*. Становление специалиста с широким научным кругозором и высоким уровнем экологического сознания наиболее успешно решается при интегрированном подходе к образовательному процессу;

- 5) *принципе интенсификации*. Под "интенсификацией" процесса формирования личности будущих специалистов. понимается комплексная система, интегрирующая многосторонние меры (социального, психологического, методического, организационного порядка), направленные на повышение эффективности про-

цесса обучения в соответствии с поставленными целями и задачами [3, с. 43-45];

- 6) *принципе проблемности*, основой которого являются следующие положения:

- содержание каждого блока излагается проблемным методом;

- при изучении конкретной дисциплины у студентов, слушателей появляется возможность самостоятельно включать усвоенную систему гуманитарных, специальных (технических, общепрофессиональных) и общенаучных знаний в процесс решения поставленных перед ними проблемных учебных задач;

- предусматривается применение активных форм обучения;

- 7) *принципе индивидуализации*, что позволяет вести педагогический учет дифференциально-психологических и профессиональных особенностей обучающихся, базирующийся на следующих положениях:

- учитывается индивидуальный темп формирования профессиональной и экологической компетенций в процессе обучения, в соответствии с которым отбираются оптимальные формы и методы обучения;

- предусматривается свобода выбора уровня сформированности компетенций;

- в начале и в завершении изучения каждого блока программного материала предусматривается применение индивидуального контроля и самоконтроля как формы обратной связи с преподавателем, что при неадекватном восприятии решаемой проблемы позволяет своевременно вносить необходимые коррективы;

- учитываются индивидуальные потребности обучающихся, в связи с чем, исходя из индивидуализированных целей обучения, содержание и глубина изучения отдельных блоков предопределяется специализацией и типом экологических задач;

- 8) *принципе коммуникативного подхода*, когда общение в процессе обучения является, по существу, специфической системой взаимопонимания и взаимодополнения друг друга для всех участников совместной деятельности; оно становится таким элементом, который повышает кругозор, обеспечивает апробацию полученных знаний, создает условия для публичной дискуссии и обмена мнениями обучающихся между собой [7];

- 9) *принципе личностно-деятельностного подхода*, позволяющему реализовать комплексную дидактическую цель, определяющую структуру и содержание программы повышения квалификации дисциплин. При этом студент / слушатель ставится в центр образовательного процесса.

Таким образом, метод экологического проектирования ориентирован, в первую очередь, на развитие самостоятельности учащихся, их интеллектуальной, познавательной и творческой активности; во-вторых, он позволяет выстроить учебный процесс в соответствии с профессионально-интегрированной интенсивно-коммуникативной технологией; в-третьих - способствует развитию экологического сознания и формированию экологической компетенции обучающихся по техническим специальностям.

В качестве примера тем междисциплинарного экологического проектирования, при изучении которых на базе Иркутского техникума архитектуры и строительства - участника сетевого взаимодействия с МРЦ КАС № 7 по реализации ФЦП используется инновационный метод, можно привести следующие: "Проект реконструкции лесопильного цеха с участком суши пиломатериалов на ООО "Дульдургинский межлесхоз", предусматривающий ликвидацию зон экологического риска (п. Дульдурга)", "Проект реконструкции участка автотрассы "Чита-Хабаровск" с учетом особенностей ландшафта и рельефа территории", "Проект устранения негативных инженерно-геологических процессов на участке строительства микрорайона "Солнечный", "Проект восстановления зеленых клиньев на основе реабилитации малых рек Забайкальского Края" и др.

Сегодня сфера образования представляет собой одну из наиболее инновационных отраслей, изменения в которой во многом определяют конкурентоспособность российской экономики в целом. Инновационный вектор развития России в условиях глобали-

зации современности требует новых подходов и к профессиональному образованию. В этой связи важнейшими задачами, которые ставят перед собой образовательные учреждения, являются:

- разработка практически-ориентированных учебных программ, соответствующих потребностям обучающихся, студентов и работодателей;
- совершенствование методов обучения профессиональным дисциплинам;
- поддержка использования технических и мультимедийных средств в подготовке современных кадров;
- интеграция требований работодателей отрасли и современных образовательных стандартов, предъявляемых к профессиональным знаниям инженерно-педагогического состава образовательных учреждений;
- управленческая подготовка специалистов, преподавателей, мастеров производственного обучения;
- содействие защите окружающей среды.

Инновационные и интерактивные методы и формы обучения завоевывают сегодня все большее признание и открывают новые возможности, связанные с налаживанием межличностного взаимодействия путем внешнего диалога в процессе усвоения учебного материала. Умелая организация взаимодействия обучающихся на основе учебного материала может стать мощным фактором повышения эффективности учебной деятельности в целом. 

Литература

1. Балыхина Т.М. Метод электронного самонаправляемого обучения: возможности и перспективы // Профессиональное образование. Столица. - 2012. - № 10.
2. Делин В.П. Формирование и развитие инновационной образовательной среды гуманитарного вуза: монография. - М.: ДЕПО, 2008.
3. Каплина С.Е. Характеристика метода междисциплинарного экологического проектирования // Неформальное образование. - 2012. - № 6. Спецвыпуск.
4. Невмержицкая Е.В. Применение метода непосредственной инструкции в работе ресурсного центра // Среднее профессиональное образование. - 2012. - № 1.
5. Невмержицкая Е.В. Метод работы педагогической мастерской // Среднее профессиональное образование. - 2012. - № 2.
6. Невмержицкая Е.В. Метод исследования случая // Профессиональное образование. Столица. - 2012. - № 9.
7. Трайнев В.А. Интенсивные педагогические игровые технологии в гуманитарном образовании: методология и практика. - М.: Дашков и К°, 2007.
8. Wiechmann, J. (Hrsg.). Zwölf Unterrichtsmethoden. Vielfalt für die Praxis. - 4.Auflage. - Beltz: Weinheim und Basel, 2008.

Связь с автором: alenalena03@mail.ru

УДК 658.512.22 ББК 30.2-05+65.3

ИНТЕГРАЦИЯ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ И САПР КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ

Галина Михайловна Новикова,
кандидат технических наук, доцент.

Доцент кафедры Информационных технологий Российского университета дружбы народов

Рассматриваются вопросы интеграции САПР и корпоративной инфокоммуникационной системы (КИКС) строительной организации, показано место САПР в системе управления жизненным циклом изделия, а также связь системы с компонентами КИКС как на уровне оперативного, так и в контуре стратегического менеджмента, описываются возможности среды SAP BS по созданию интегрированного решения для строительной компании.

The questions of integration of SAPR and corporate info-communicative system (CICS) in building branch are considered. The place of system automation projecting (SAPR) in the life cycle of a product's management system is shown. The system's bond with the components of CICS at operating as well as at strategic management is described. The possibilities of SAP BS medium for integrative decision formation in building branch are pointed out by the author.

Ключевые слова: корпоративная инфокоммуникационная система, управление жизненным циклом, PLM-решение, PDM-система, ERP-система, AutoCAD, ArhiCAD, САПР, SAP BS, CAD/CAM/CAPP-системы.

Keywords: corporate info-communicative system (CICS), life cycle of a product's management, PLM-decision, PDM-system, ERP-system, AutoCAD, ArhiCAD, system automation projecting (SAPR), SAP BS, CAD/CAM/CAPP-systems.

Сегодня трудно представить деятельность строительной компании без использования систем автоматизации проектирования (САПР), представляющих собой комплекс технических, программных и информационных средств, автоматизирующих выполнение функций проектирования. Традиционное назначение САПР - поддержка решения конструкторских задач и оформления конструкторской документации. В среде AutoCAD, например, можно создать сложные чертежи и искать оптимальные решения в области технического и архитектурного проектирования. Система ArhiCAD позволяет строить аксонометрические и перспективные изображения, создавать трехмерные модели объектов, проводить расчет прочности изделия.

Основные цели САПР - повышение эффективности труда специалистов-проектировщиков, сокращение трудоемкости, сроков и, в конечном счете, себестоимости проектирования и изготовления продукции, повышение качества и технико-экономического уровня результатов проектирования. Достижение этих целей обеспечивается, прежде всего, за счет унификации проектных решений и процессов проектирования.

Возможности САПР постоянно расширяются - современные системы поддерживают технологию параллельного проектирования, применяют методы вариантного проектирования и оптимизации, включают средства автоматизации оформления проектной документации. Функциональные возможности таких программных

комплексов как AutoCAD (ArhiCAD) включают развитые средства работы с текстовой и графической информацией, библиотеки встроенных программ и средств создания графических объектов. Системы позволяют не только проектировать изделие¹, но и вести проектную документацию на всем его жизненном цикле, начиная с определения его технических характеристик и требований и заканчивая эксплуатацией и модернизацией.

Однако, с точки зрения повышения эффективности деятельности строительной компании, спектр задач, который решается с помощью САПР, может быть гораздо шире. Интеграция САПР и корпоративной инфокоммуникационной системы предприятия может существенно расширить рамки и возможности использования САПР как для совершенствования производственных процессов и повышения качества продукции, так и для повышения эффективности деятельности строительной компании в целом.

Корпоративная инфокоммуникационная система (КИКС) - это открытая интегрированная система реального времени, автоматизирующая бизнес-процессы компании всех уровней и направлений деятельности, в том числе процессы принятия управленческих решений и интерактивного взаимодействия со стейкхолдерами² компании: поставщиками, клиентами, акционерами, инвесторами [1]. В основе КИКС лежит процессный подход, когда деятельность организации рассматривается как совокупность взаимодействующих между собой производственных, инвестиционных (стратегических), обеспечивающих и управленческих процессов. В этом контексте процессы, поддерживаемые САПР, являются лишь частью производственных (основных) бизнес-процессов строительной организации.

КИКС - неотъемлемая составляющая корпоративной системы управления, объектами которой являются:

- ресурсы компании (производственные, материально-технические, информационные, финансовые и трудовые),
- стейкхолдеры (клиенты, поставщики, подрядчики),
- виды деятельности, продукты и услуги,
- процессы и подсистемы.

Сегодня КИКС вышла за рамки инфокоммуникационной системы. Актуальным направлением повышения эффективности управления производственно-экономическими системами является создание интегрированных комплексов, включающих как технические (инженерные), так и инфокоммуникационные системы. Место технической (инженерной) системы в интегрированном комплексе зависит от ее функционального назначения. Техническая система может быть:

- источником первичной информации об объекте и среде управления,
- средством мониторинга, регистрирующим отклонения фактических значений параметров от плановых значений,
- инструментом, реализующим управляющее воздействие.

Для строительной компании инженерными (техническими) системами в первую очередь являются системы автоматизации проектирования строительных объектов и технологических процессов. Таким образом, САПР должна стать неотъемлемой частью КИКС, и являться источником первичной информации для таких компонент системы, как: управление финансами, персоналом, проектами, качеством, материально-техническим обеспечением, техническим обслуживанием и ремонтом оборудования и т.д.³ В то же время современная полнофункциональная КИКС строительной компании должна включать следующие компоненты:

- систему управления ресурсами предприятия - ERP систему (Enterprise Resource Planning),
- систему управления взаимоотношениями с клиентами (CRM - Customer Relationship Management) и поставщиками (SRM -

Supplier Relationship Management),

- систему управления логистической сетью (Supply Chain Management - SCM),
- систему поддержки внутрикорпоративного, торгового и закупочного порталов,
- систему электронного документооборота (СЭД),
- систему управления проектами,
- систему оперативного управления производством (MES - Manufacturing Execution System).

Контур стратегического менеджмента строительной организации должен поддерживаться такими компонентами КИКС как:

- BI-система, включающая средства поддержки хранилища данных BW,
- BPM-система - система моделирования и управления бизнес-процессами,
- KD-система управления базой знаний.

Современные средства обработки информации позволяют сегодня автоматизировать весь жизненный цикл изделия, начиная с проектных работ и заканчивая эксплуатацией, а порой и ликвидацией объекта⁴.

Полный жизненный цикл процесса строительства включает не только проектирование и реализацию строительного объекта, но и маркетинговые исследования, работы по материально-техническому обеспечению и производству строительных материалов, техническое обслуживание и ремонт оборудования, поддержку эксплуатации и модернизации объекта (рис. 1).



Рис. 1. Управление жизненным циклом изделия

Одной из базовых компонент КИКС строительной компании сегодня становится PLM (Product Lifecycle Management) - система, поддерживающая методологию и технологию управления жизненным циклом изделия [2]. PLM представляет собой интегрированный комплекс подсистем, которые поддерживают и автоматизируют решение задач, относящихся к различным аспектам проектирования. Цель PLM-системы - связать проектирование изделия с его производством,

PLM-система обеспечивает управление данными и информацией об изделии, а также всех связанных с изделием процессах на всем жизненном цикле от проектирования и производства до завершения эксплуатации. В системе формируется полная информационная модель изделия, начиная от конструкторской спецификации и заканчивая данными о фактическом изготовлении. На рис. 2 представлены компоненты PLM-системы и их взаимосвязь. Помимо САПР или в английском варианте - CAD (computer-aided design)-систем PLM включает следующие функциональные компоненты:

- CAE (Computer Aided Engineering) - система, поддерживающая проведение инженерных расчетов и анализа технических ха-

¹Под изделием понимается любой строительный объект.

²Стейкхолдеры-от англ. stakeholder, букв. "владелец доли (получатель процента)", в широком смысле - все лица (физические и юридические), заинтересованные в деятельности компании.

³КИКС строительной организации должна интегрироваться также с геоинформационными системами, которые используются на всех стадиях жизненного цикла строительного объекта.

⁴Подумать про ликвидацию особенно актуально при проектировании экологически опасных объектов.

рактических изделия - прочности, кинематики, механических взаимодействий и т.д. Необходимо отметить, что в САПР могут быть встроены расчетные программы, например, в ArchiCAD 15 можно сделать расчет прочности элементов конструкции, однако для точных расчетов существует специальное программное обеспечение - пакеты прикладных программ, например SCAD, Лира, Мономах, совместимые с ArchiCAD.

- CAPP (Computer Aided Production Process Planning) - система технологической подготовки производства. Задача технологической подготовки - по заданной CAD-модели изделия составить план его производства, называемый операционной или маршрутной картой. Данный план содержит указания о последовательности технологических и сборочных операций, используемых станках и инструментах. Технологическая подготовка производства всегда осуществляется по имеющейся базе данных типовых техпроцессов, применяемых на конкретном предприятии. CAPP соответствует САПР ТП (система автоматизации проектирования технологических процессов), широко внедряемые в нашей стране в конце прошлого века в области машиностроения и приборостроения. В результате работы САПР ТП (CAPP) конструкторская модель изделия, созданная в САПР (CAD), преобразуется в модель (структуру) технологического процесса.

- CAM (Computer Aided Manufacturing) - система для разработки управляющих программ для станков с ЧПУ, также активно внедряемых в нашей стране в конце прошлого века. Входными данными CAM-системы является геометрическая модель изделия, разработанная в системе автоматизированного проектирования (CAD-системе). В процессе интерактивной работы с трехмерной моделью в CAM-системе инженер определяет траектории движения режущего инструмента по заготовке изделия (т.н. CL-данные, от cutter location - положение резца), которые затем автоматически верифицируются, визуализируются и обрабатываются постпроцессором для получения программы управления конкретным станком (называемой также G-кодом). Несмотря на то, что основная область применения CAM-систем - машиностроение и приборостроение, в строительной компании CAM-системы могут использоваться в сфере материально-технического обеспечения, поэтому также представляют интерес с точки зрения автоматизации производственных и обеспечивающих процессов.

- MPM (Manufacturing Process Management) - система моделирования и анализа производства изделия. MPM является ключевым элементом концепции управления жизненным циклом изделий, являясь связующим звеном между системами автоматизации проектирования (CAD/CAPP) и системой управления ресурсами предприятия (ERP-системой). Система взаимодействует также с MES (Manufacturing Execution System) - системой, предназначенной для оперативного управления производственными процессами.

САПР является начальной точкой в жизненном цикле изделия,

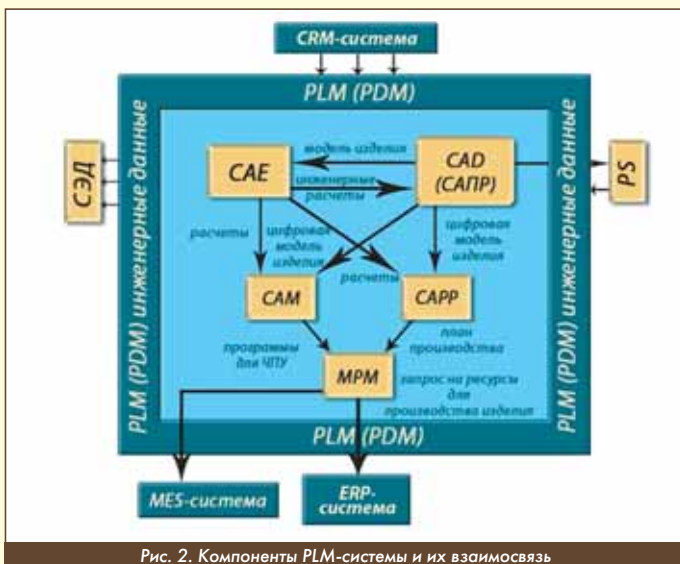


Рис. 2. Компоненты PLM-системы и их взаимосвязь

источником и инструментом получения первичной информации для систем, входящих в состав PLM-комплекса. С помощью САПР (CAD-системы) создаётся трехмерная геометрическая модель изделия, которая используется в качестве входных данных в системах CAM и CAPP, и на основе которой в CAE-системе формируется модель, требуемая для инженерного анализа.

Концепция PLM-систем базируется на построении и использовании интегрированных моделей данных об изделии и бизнес-процессах предприятия. Таким образом, одной из важнейших компонентой PLM-системы является система управления данными об изделии - PDM (Product Data Management) - система, которая поддерживает их оцифровку, хранение и управление.

PDM-система хранит в базах данных инженерные данные об изделии (CAD-модели и чертежи, цифровые макеты, спецификации материалов, метаданные и др.), поддерживая целостность, полноту, версию и актуальность информации об изделии на всем протяжении его жизненного цикла, уменьшая стоимость разработки за счет повторного использования инженерных данных. Большинство PDM-систем позволяют одновременно работать с инженерными данными, полученными от разных САПР. В настоящее время на рынке САПР работает несколько крупных производителей, одним из которых является фирма AUTODESK - поставщик систем Autocad и Arhcad [3]. В то же время важна интеграция данных в рамках PLM-комплексов как с САПР ведущих производителей, так и с менее распространенными CAD-системами.

PDM-система, обеспечивая одновременный доступ к данным различных категорий сотрудников, позволяет реализовать принципы параллельного проектирования изделий и организации совместной работы распределенных коллективов. Кроме того, PDM-система позволяет увязать процессы проектирования с другими бизнес-процессами организации, в частности с информационными процессами, поддерживающими производство продукции и материально-техническое обеспечение. С помощью PDM-системы САПР интегрирована с системой планирования и управления ресурсами предприятия (ERP-системой), системой управления проектами (PS-системой), с системой управления клиентами и поставщиками (CRM и SCM), с системой электронного документооборота (СЭД), с системой управления производством (MES-системой) (рис. 3).

Интеграция данных, созданных в САПР и поддерживаемых PDM-системой, в единое инфокоммуникационное пространство корпорации является необходимым условием повышения эффективности деятельности не только специалистов в области проектирования - инженеров разработчиков, но и сотрудников, участвующих в производственных, обеспечивающих и управленческих процессах.

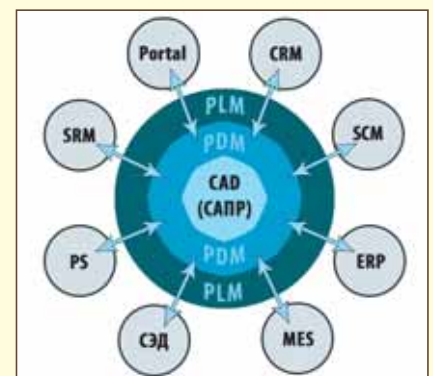


Рис. 3. Интеграция САПР с компонентами КИКС

Проектирование зданий и сооружений затрагивает все бизнес-процессы и сферы управления компании:

- производство,
- материально-техническое обеспечение,
- техническое обслуживание и ремонт оборудования,
- управление ресурсами,
- управление взаимоотношениями с клиентами, поставщиками и подрядчиками,
- внешние и внутрикорпоративные порталы,
- управление проектами строительных работ,
- управление качеством продукции и работ,
- электронный документооборот.

Рассмотрим информационные обмены САПР с некоторыми из систем, приведенных на рис.3.

Система электронного документооборота работает с оцифрованными моделями объектов и текстовой документацией на изделие, которая составляет обычно значительную часть проекта. СЭД поддерживает права доступа к документам, отслеживает текущее состояние документов, поддерживает взаимодействие между участниками проекта, осуществляет маршрутизацию документов на этапе согласования, обеспечивает контроль исполнения.

CRM-система - реализует поддержку обратной связи с клиентами, является инструментом проведения маркетинговых исследований, САПР участвует в формировании рекламы и заказов на продукцию, с помощью САПР достигается высокая степень прозрачности и визуализации выполнения заказов и отслеживания их статуса.

ERP - система. Степень интеграции с системой управления ресурсами предприятия может меняться в широких пределах - от простой передачи спецификаций из САПР в ERP до создания единой полномасштабной среды, которая интегрируется с такими компонентами ERP-системы, как управление персоналом, качеством, финансами (затратами), производством, материально-техническим обеспечением (МТО), техническим обслуживанием и ремонтом оборудования (ТОРО). САПР - источник первичной информации при расчете затрат на изделие в системе управления финансами и конфигурации заказа на материалы для системы МТО. Спецификация на оборудование и материалы может формироваться непосредственно в процессе проектирования на основе нормативно-справочной информации, заложенной в САПР, на основе конструкторских спецификаций формируется производственная спецификация на изделия для системы управления производством. В то же время система ТОРО является источником для САПР информации о произведенных ремонтах и заменах, необходимой для совершенствования как геометрии конструкций, так и инженерных расчетов. Одной из составляющих САПР является организационное обеспечение, включающее штатное расписание и должностные инструкции, которые создаются в компонентах КИКС, поддерживающих систему управления персоналом. Важно подчеркнуть, что первоначальная цель ERP-систем - планирование ресурсов предприятия. Расчет потребности в ресурсах может проводиться с использованием информации САПР уже на стадии проектирования изделия.

Управление проектом (PS) - является неотъемлемой частью инвестиционной деятельности любой крупной компании. Однако для строительных компаний понятие "проект" используется на всех стадиях и уровнях производственного процесса, начиная с разработки пилотных проектов и новых серий зданий и сооружений, заканчивая работами по их реализации. Таким образом, проектные работы могут относиться как к инвестиционным проектам, так и быть одним из этапов основной (производственной) деятельности. Кроме того, в рамках деятельности строительной организации может быть как серийное производство, так и производство на заказ, которое, по сути, является реализацией индивидуального (не типового) проекта. В любом случае строительство объекта необходимо рассматривается как проект, который имеет несколько стадий. Управление проектной деятельностью включает:

- построение структурного плана проекта (СПП) - определение стадий и этапов и спецификации работ,
- планирование работ, в том числе календарное планирование - определение сроков исполнения работ составление графиков Ганта,
- определение ресурсов (трудовых, финансовых, производственных, материально-технических), требуемых для выполнения работ,
- распределение ресурсов по стадиям и работам проекта,
- контроль, анализ и корректировка СПП и ресурсов проекта.

Встроенные функции САПР позволяют автоматизировать процесс календарного планирования, определение номенклатуры и последовательности выполнения работ при строительстве объекта, расчет трудоемкости и продолжительности выполнения работ. Кроме того, САПР является не только инструментом расчета ресурсов проекта, но и инструментом контроля его исполнения, дающим визуальную информацию о том "как должно быть".

Новые требования стандартов и потребности клиентов, развитие технологии в области строительства и появление новых инновационных разработок в области производства строительных материалов, изменение конструкторских и технологических решений требуют развития и оптимизации деятельности строительной компании, в том числе совершенствования ее системы управления. В то же время интеграция САПР средствами PDM-системы в единое информационно-коммуникационное пространство делает САПР участником всех бизнес-процессов организации, включая процессы стратегического менеджмента и анализа данных (рис. 4).

Контур стратегического менеджмента включает системы моделирования и прогнозирования (ARIS, BPM), информационно-аналитические системы и системы поддержки принятия решений (BI- системы), а также систему менеджмента качества, вырабатывающую предупреждающие и корректирующие воздействия для совершенствования деятельности организации.

Рассмотрим связь САПР с хранилищами данных, входящих в состав BI-систем. Современный уровень развития информационных технологий позволяет сегодня хранить и обрабатывать большие объемы неструктурированной информации. Информация хранилищ данных, содержащих проектные решения различных лет, позволяет создавать многомерные отчеты, а также искать зависимости между такими характеристиками как стоимость, качество, технологичность, востребованность, время реализации проектных решений. В то же время с помощью OLAP-технологий и средств Data mining, реализованных в современных хранилищах данных, возможно не только хранение, но и обработка, в том числе, неструктурированной информации с целью определения неявных причинно-следственных связей.

САПР является не только инструментом, но и объектом стратегического менеджмента. Сегодня недостаточно разработать и внедрить статичные "версии" объектов. Необходимо постоянное изменение и улучшение, как самих объектов, так и процессов (технологии) их создания. Измерение, анализ, оптимизация и реинжиниринг бизнес-процессов является областью систем менеджмента качества. Для СМК объекты и технологии САПР - источник информации и предмет совершенствования.

Интеграция САПР с системами моделирования (ARIS) и управления бизнес-процессами (BPM) позволит сделать более наглядным процесс принятия решений, а также соединить в одной визуальной среде как конструкторские, так и технологические модели.

Лидером в области интеграции и автоматизации производственных процессов и процессов управления предприятием является сегодня немецкая фирма SAP AG с линейкой продуктов SAP BS (Business Suite), в которую входит решение по управлению жизненным циклом изделия SAP PLM (mySAP PLM). Решение включает интерфейсы к таким системам автоматизации проектирования (CAD-системам) как AutoCAD, Inventor, CATIA Unigraphics, I-DEAS, Pro/Engineer и др. SAP PLM поддерживает процесс распределенного проектирования, позволяя строить модели изделия из элементов, разработанных в различных CAD-системах. Одним из важных дос-

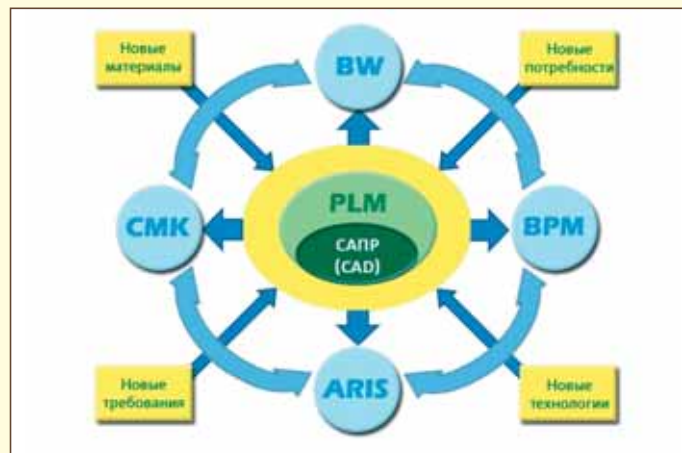


Рис. 4. САПР в контуре стратегического менеджмента

тоинств SAP-интерфейса к CAD-решениям является интеграция с компонентой "Управления изменениями". При необходимости внесения изменений в конструкцию изделия или в CAD-чертежи система SAP автоматически найдет все связанные с изменяемым объектом данные и предложит внести необходимые изменения также и в связанные документы. Благодаря интеграции с системой управления изменениями, достигается непротиворечивость и прозрачность проводимых в конструкции изделия изменений. Компания SAP AG постоянно расширяет спектр интерфейсов с CAD системами различных, возможно и не крупных производителей. Благодаря партнерской программе, реализуемой компанией SAP, ориентированной на поддержку различных CAD-систем, количество новых поддерживаемых CAD-интерфейсов постоянно увеличивается [4].

Помимо компонент PLM-решения, SAP включает набор базовых приложений, на основе которых можно создать полнофункциональную корпоративную инфокоммуникационную систему:

- систему управления ресурсами предприятия - SAP ERP (Enterprise Resource Planning),
- систему управления взаимоотношениями с клиентами - SAP CRM (Customer Relationship Management),
- систему управления взаимоотношениями с поставщиками - SAP SRM (Supplier Relationship Management),
- систему электронного документооборота SAP DMS (Document Management System),
- систему управления логистической сетью - SAP SCM (Supply Chain Management),
- систему поддержки стратегического менеджмента, базы знаний, интеллектуального анализа и хранилища данных - SAP BI (Business Intelligence).

В свою очередь, SAP ERP включает компоненты, которые поддерживают управление финансами и персоналом, производством и материально-техническим обеспечением, основными средствами и техническим обслуживанием и ремонтом оборудования. Компонентом SAP ERP, важной для создания КИКС строительной организации, является модуль PS - управление проектами, а также PP - планирование и управление производством, интегрированный с MES-системой [5].

Таким образом, в среде SAP BS сегодня можно как создать полнофункциональную корпоративную инфокоммуникационную систему, поддерживающую комплексное управление предприятием, так и сделать сквозное решение по интеграции КИКС с производственными системами и системами автоматизации проектирования (рис. 5).



Кроме того, разработано и внедряется, в том числе на отечественном рынке, типовое решение для строительных компаний, которое поддерживает ключевые бизнес-процессы и включает стандартные схемы по управлению и планированию ресурсов строительной компании. Решение включает типовые планы и сметы строительных проектов, классификацию мест возникновения и видов затрат, большую нормативно-справочную базу, позволяющую оптимизировать процесс создания структурных планов проектов, оце-

нить сроки выполнения всего проекта и его этапов, стандартизировать отчетность по планированию и исполнению.

Повышение эффективности работы строительной компании невозможно без интеграции САПР и корпоративной инфокоммуникационной системы и участия ее на всех стадиях жизненного цикла изделий и во всех сферах управления организацией. Интеграция САПР в КИКС не только повышает производительность труда архитекторов-проектировщиков, но и снижает финансовые затраты, сокращает время подготовки производства, повышает качество продукции, совершенствует выпускаемую продукцию.

САПР может использоваться как на всех стадиях жизненного цикла изделия, так и поддерживать автоматизацию большинства задач, возникающих в процессе управления строительной организацией. Таким образом, сегодня САПР не только инструмент архитектора-проектировщика. Систему автоматизации проектирования необходимо рассматривать как одно из функциональных приложений, которое должно быть интегрировано в систему управления предприятием и поддерживать менеджмент строительной организации в решении таких задач управления как планирование, учет, мониторинг и принятие решений.

Интеграция в рамках единого инфокоммуникационного пространства компонент КИКС и САПР позволяет организовать обратную связь "от готовой продукции к проекту", определяя наиболее рентабельные, конкурентоспособные, оптимальные, востребованные проектные решения, а использование технологии хранилища данных позволяет устанавливать связь между проектными решениями и финансовыми, производственными, клиентскими и др. показателями.

Глобализация и интеграция в мировую экономику, все возрастающая конкуренция не только на внутреннем, но и на внешнем рынке требует от современных строительных компаний качественного скачка не только в области материально-технологической базы, но и в сфере инфокоммуникационных технологий. Совершенствование деятельности строительной организации невозможно без интеграции в едином инфокоммуникационном пространстве КИКС и систем автоматизации проектирования. В свою очередь, новый уровень автоматизации производственных, инвестиционных, управленческих и обеспечивающих процессов предъявляет новые требования к сотрудникам предприятия, в частности к специалистам, участвующим в проектировании зданий и сооружений. Таким образом, современный уровень геоинформационных и инфокоммуникационных технологий, средств автоматизации проектирования и управления производственными и технологическими процессами выдвигает новые требования к уровню их профессиональной подготовки. Представление о КИКС строительной организации, ее функциональности, инструментальной среде разработки и интеграции с инженерными системами, месте систем автоматизации проектирования в инфокоммуникационном пространстве предприятия - необходимые знания для специалистов в области автоматизации проектирования. Студентам архитектурно-строительных специальностей, помимо изучения таких программных комплексов как ArchiCAD и AutoCAD, необходимо понимать место САПР в системе управления жизненным циклом изделия - PLM-системе, связь САПР с компонентами PLM-, ERP-, BI-систем, а также возможности ее интеграции с CRM-, SRM-системами и системой управления проектами строительной работ.

Литература

1. Новикова Г.М. Основы разработки корпоративных инфокоммуникационных систем. - М.: РУДН 2008. - 152 с.
2. Дубова Н. PLM на пороге зрелости / Открытые системы - 2011 - № 05.
3. <http://www.autodesk.ru> - интернет-ресурс компании Autodesk.
4. http://www.sap.com/cis/pdf/CAD_integration.pdf - интернет-ресурс компании SAP СНГ.
5. <http://www.sap.com/cis/solutions/business-suite/index.epx> - интернет-ресурс компании SAP СНГ.

Связь с автором: Novikova_gm@mail.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО КРИПТОАНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА "ГРУБОЙ СИЛЫ"

МГТУ "Станкин":

Наталья Михайловна Кузнецова,

Татьяна Владимировна Карлова,

д-р социол. наук, профессор

аспирант, преподаватель кафедры "Автоматизированные системы обработки информации и управления"

Представлен способ усовершенствования известного криптоаналитического метода "грубой силы" путём применения алгоритма кластерного анализа текста. Описано использование указанного метода в автоматизированной системе разграничения доступа к конфиденциальной информации.

Well-known cryptanalytic method "Brute-Force Attack" advanced by means of application of algorithm for cluster analysis of the text is presented. Usage of the method in automatic access control system to confidential information is described.

Ключевые слова: информационная безопасность, разграничение доступа, автоматизированная система, кластерный анализ текста.

Keywords: information security, automatic access control, automated system, cluster analysis of the text.

Современные промышленные предприятия и организации всё чаще сталкиваются с проблемой утечки конфиденциальной информации, связанной с нелегальными действиями сотрудников. Существует множество способов предотвращения подобной угрозы информационной безопасности, однако ни один из них не способен решить поставленную задачу в случае, если злоумышленник воспользуется одним из методов симметричного шифрования и произведёт попытку передачи конфиденциальной информации в зашифрованном виде.

В статье предложено использование автоматизированной системы разграничения доступа к конфиденциальной информации (АСРДкКИ) с применением модуля контроля потенциальных каналов утечки секретных данных. Основной особенностью модуля контроля является использование усовершенствованного криптоаналитического метода "грубой силы" с применением алгоритма семантической кластеризации текста.

В качестве каналов утечки могут выступать локальная вычислительная сеть (ЛВС), глобальная вычислительная сеть (ГВС), съёмные носители данных, принтеры и факсы, ошибки программного обеспечения, неисправности аппаратного обеспечения [1]. Контроль над ЛВС, ГВС, съёмными носителями данных, принтерами и факсами возможно реализовать за счёт применения организационно-правовых, инженерно-технических, программно-аппаратных методов и средств обеспечения информационной безопасности.

Однако существующие технологии не предлагают решения задачи криптоанализа предварительно зашифрованной передаваемой конфиденциальной информации.

Применение расширенного алгоритма "грубой силы" в модуле контроля технических каналов утечки способно предотвратить описанную угрозу информационной безопасности предприятия (организации).

Существует несколько методов криптоанализа, позволяющих расшифровать данные: атаки класса "встреча посередине" ("meet-n-the-middle"), дифференциальный и линейный криптоанализ, метод "бумеранга" ("boomerang attack"), сдвиговая атака, метод интерполяции, "невозможные дифференциалы" ("impossible differentials"). Самым простым с точки зрения реализации, но требующим больших временных затрат является метод "грубой силы" ("brute-force attack").

Метод "грубой силы" предполагает перебор всех возможных вариантов ключа шифрования до нахождения искомого ключа [2].

Очевидно, основным недостатком метода является необходимость наличия больших вычислительных мощностей, в том числе специализированных устройств. Однако если преобразовать алгоритм таким образом, чтобы входное множество возможных ключей шифрования постоянно уменьшалось, данное условие можно обойти.

Уменьшение входного множества возможных ключей можно обеспечить за счёт внедрения в основной алгоритм дополнительного алгоритма семантической кластеризации текста.

На сегодняшний момент существует несколько алгоритмов кластеризации текста, среди которых следует отметить: STC (Suffix Tree Clustering), Single Link, Complete Link, Group Average, Scatter/Gather, K-means, CI (Concept Indexing), SOM (Self-Organizing Maps).

В основе семантической кластеризации текста лежит логическое разделение текста на группы - кластеры.

В тексте выделяются семантические центры - ключевые слова, вокруг которых формируются "семантические облака" - близкие по значению слова, встречающиеся чаще остальных рядом с ключевым. Чем чаще слово появляется рядом с ключевым, тем ближе оно находится к центру "семантического облака".

Кластеризация текста происходит путём анализа открытой текстовой информации. Чем больше объём входных данных, тем точнее формируется структура "семантического облака".

Модуль кластеризации текста является обязательной составляющей проектируемой АСРДкКИ. Особенностью модуля является то, что его работа может протекать в автономном режиме.

Рассмотрим взаимодействие модуля кластеризации текста с остальными составляющими АСРДкКИ.

Как показано на рис. 1, расширение алгоритма "грубой силы" в АСРДкКИ происходит за счёт применения модуля кластеризации текста.

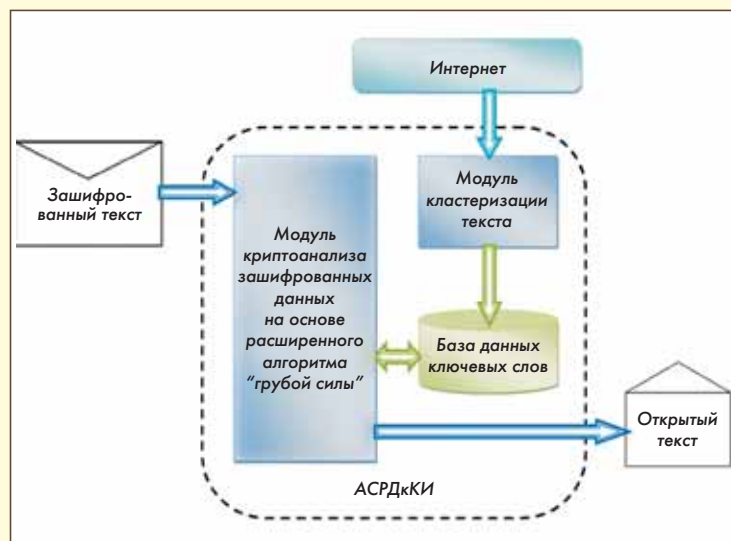


Рис. 1. Структурная схема взаимодействия модуля кластеризации текста с модулем криптоанализа в АСРДкКИ

Модуль кластеризации текста постоянно взаимодействует с глобальной сетью Интернет для своевременного обновления баз данных ключевых слов (и соответствующих "семантических облаков"). Постоянно производится "парсинг" - целенаправленный просмотр текстовой информации.

Необходимо отметить, что несмотря на то, что модуль кластеризации информации подключен к ГВС, данная архитектура АСРДкКИ удовлетворяет требованиям информационной безопасности: взаимодействие с "Интернет" производится одноплатно. Модуль считывает текстовую информацию, анализирует её и пополняет базу данных ключевых слов. Вероятность проникновения в ЛВС предприятия вредоносного программного обеспечения через данный узел практически равна нулю.

Модуль криптоанализа зашифрованных данных на основе расширенного алгоритма "грубой силы" в процессе работы при нахождении группы символов, расшифрование которых могло бы привести к получению осмысленного слова (назовём данную группу "возможной семантической единицей"), обращается к базе данных ключевых слов, получает "семантическое облако" и ищет в ближайшем окружении "возможной семантической единицы" элементы полученного "семантического облака". Структура алгоритма представлена на рис. 2.

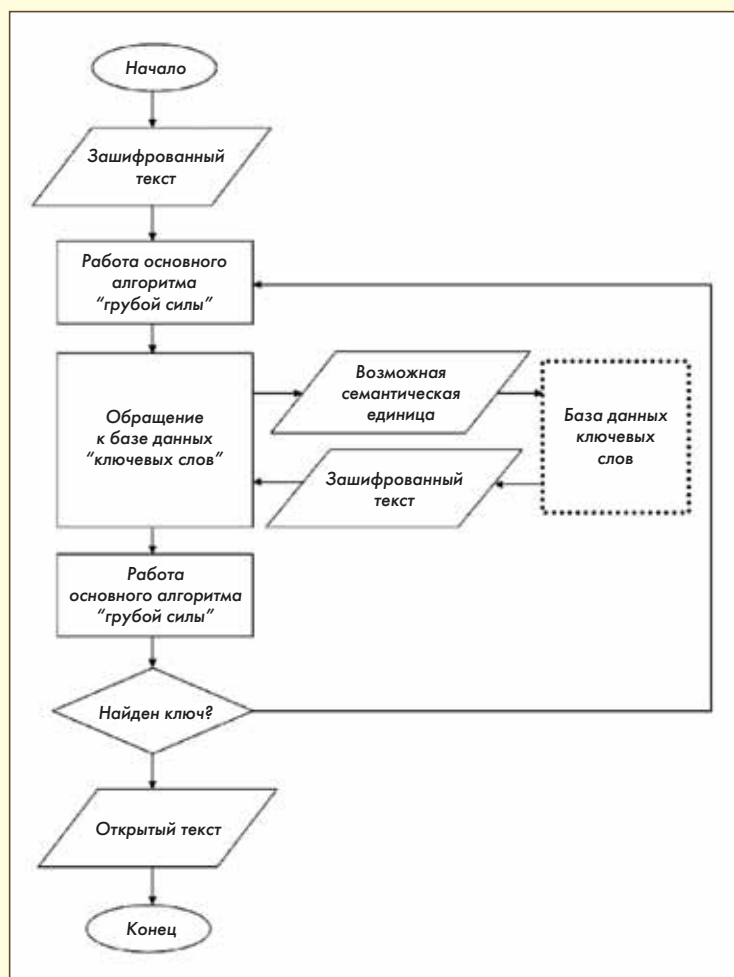


Рис. 2. Структура расширенного криптоаналитического алгоритма "грубой силы"

Обращение к базе данных "ключевых слов" происходит в двух случаях: пополнение "семантического облака" со стороны модуля кластеризации текста, запрос "семантического облака" со стороны модуля криптоанализа.

Модуль кластеризации текста и модуль криптоанализа можно объединить в модуль мониторинга исходящего информационного трафика предприятия. Применение данного модуля повысит эффективность АСРДкКИ, позволит производить постоянный контроль над внешним электронным документооборотом предприятия.

Как показано на рис. 1, основной модуль не модифицирован и работает согласно простому алгоритму "brute force attack", однако особенностью его является постоянное обращение к основной таблице базы данных ключевых слов: при возникновении подозрения на соответствие происходит поиск подходящего ключевого слова. Если совпадение произошло, из базы данных основному модулю возвращается массив "близких" слов, сформированной модулем кластеризации текста. "Близкие" слова с большей вероятностью могут оказаться рядом. Важно отметить, что эта вероятность довольно велика, т.к. кластеризация данных принадлежит к классу семантических методов анализа текста. С применением предложенного метода уменьшается диапазон возможных вариантов и осуществлять подбор становится намного легче. Как следствие, повышается скорость работы основного алгоритма, а также его эффективность.

В свою очередь модуль кластеризации текстовой информации постоянно корректирует базу данных ключевых слов за счёт регулярно пополняемого "сканируемого" входного незашифрованного текста. Пополнение текста может осуществляться из сети Интернет при использовании специальных роботов-программ ("ботов", "пауков"), которые осуществляют анализ всей текстовой информации, размещенной в глобальной сети [3].



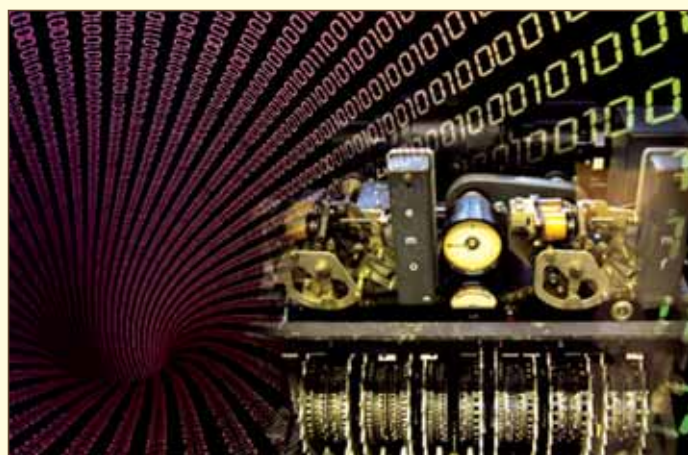
Рис. 3. Уменьшение диапазона подбора (изменение множества выборки)

В статье описан расширенный алгоритм метода "грубой силы". Применение данного алгоритма в АСРДкКИ обеспечит увеличение производительности системы за счёт оптимизации работы модуля мониторинга исходящего информационного трафика предприятия, основанной на применении дополнительного модуля кластеризации информации.

Литература

1. Хорев П.Б. Методы и средства защиты информации в компьютерных системах: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / П.Б.Хорев. - 4-е изд., стер. - М.: Издательский центр "Академия", 2008. - 256 с.
2. Панасенко С.П. Алгоритмы шифрования. Специальный справочник. - СПб.: БХВ-Петербург, 2009. - 576 с.
3. Карлова Т.В., Кузнецова Н.М. Разработка концепции обеспечения многоуровневого доступа к конфиденциальной информации // Вестник МГТУ "Станкин" № 2 (14), 2011, С.87-90.

Связь с автором: knm87@mail.ru



РАССКАЗ О ТОМ, КАК МОНЕТНЫЕ ДВОРЫ МИРА ОТМЕТИЛИ ПОЛУВЕКОВОЙ ЮБИЛЕЙ ЗАПУСКА ПЕРВОГО ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЗЕМЛИ

Андрей Викторович Барановский

Насколько дружно всей планетой отмечали 50-летие прорыва человека в космос, настолько же незаметно в этом году прошло 55-летие этого события. Даже в России центральные СМИ умудрились "не заметить" этой славной даты. Потому, говоря о юбилее, будем вспоминать то, что было сделано в память этого события пол десятилетия назад.

В СССР не было практики выпуска памятных монет до решения о запуске юбилейных серий к революционным датам. Так, на советских монетах так называемого "регулярного чекана", то есть находившихся в широком обращении: 10 копейках и медно-никелевом рубле, выпущенным в обращение в 1967 и 1977 годах в ознаменование 50-ти и 60-тилетия Советской власти, на аверсе монет помещен памятник Покорителям космоса возле метро ВДНХ.

Первая монета из серии "космической нумизматики" и конкретно полета ИСЗ-1 была отчеканена в нашей стране только в 1979 г.

Она входила в большую серию, посвященную Московской Олимпиаде. Как и все монеты серии, она была изготовлена из медно-никелевого сплава и имела номинал в 1 рубль. На монете изображен целый ряд "космических событий" сразу: первый спутник, памятник покорителям космоса, установленный недалеко от ВВЦ и состыкованные космические корабли "Союз" и "Аполлон" во время их совместного полета.

Второй раз ИСЗ-1 появился на российской монете в 2007 г., когда праздновалось 50-летие его запуска. По этому поводу Центральный банк России выпустил коллекционную серебряную монету номиналом три рубля. На ней помещены рельефные изображения первого искусственного спутника Земли, планеты Земля и звезд.

Серебряной монетой отметил этот юбилей монетный двор австралийского города Перт. Она выпущена от имени остров Кука и стоит в нумизматических магазинах мира 89,5 австралийских долларов и продается в серебристых подарочных футлярах с надписями на русском и английском языках "Первый искусственный спутник Земли". Интересен большой для памятной монеты высокий качест-

ва тираж чеканки - 25 тысяч штук. Надо отметить интересную задумку австралийцев: монета имеет такую любопытную конструкцию, что на ней изображение спутника... вращается вокруг изображения Земли.

По заказу Резервного банка Фиджи монетный двор Новой Зеландии отметил указанную дату памятной серебряной полихромной монетой. Номинал её - 2 фиджийских доллара с изображением на обратной стороне планеты Земля в цвете, ИСЗ-1 и ракетоносителя. Впрочем, на монете изображена уже легендарная "семерка", которая вывела на орбиту уже "Восток" с Гагариным. На аверсе монеты изображен портрет Ее Величества Королевы Елизаветы II.

Монетой была начата космическая серия из пяти монет, каждая из которых посвящена определенной исторической вехе в изучении человеком космоса. Интересен также и футляр, в который положена монета. Он выполнен в виде земного шара, а при его открытии можно услышать звук сигнала первого спутника.

Третьей страной, отметившей юбилей выхода в Космос стала Чехия. На лицевой стороне серебряной монеты достоинством 200 крон, на фоне карты Земли изображен сам спутник и проекция траектории его полета. На обратной стороне монеты изображен тот же спутник, только крупным планом, а также планеты и звезды.

Полувековой юбилей запуска спутника отметил Казахстан выпуском двух монет с одинаковым рисунком. Монета, изготовленная из серебра и тантала, имеет номинал в 500 тенге, из нойзильбера - 50



тенге. На аверсе монет в центре изображена композиция, символизирующая единство человека и вселенной, связь прошлого и настоящего. На реверсе - ИСЗ-1 на фоне Земли.

Монголия в честь полувекового юбилея космонавтики выпустила серию полихромных монет высокого качества ("пруф") из серебра номиналом 500 тугриков. На реверсе одной из них помещен на фоне Земли первый ИСЗ, на реверсе второй - ИСЗ, система "Энергия-Буран" и портреты Циолковского, Королева и Гагарина. На всех монетах на обратной (цветной) стороне на русском языке написано "50 лет космонавтики" и даты 1957-2007.

Маршалловы острова, выпустили в 1989 году большую серию из 26 пятидесятидолларовых серебряных монет на космическую тему. Эту серию, условно можно назвать "Первые", так как в ней монеты посвящены именно важнейшим достижениям в освоении космоса, которые можно назвать "первыми". Вошел в серию и ИСЗ-1. Интересно, что во всех прочих случаях страна, сделавшая в освоении чего то нового в космосе, указывалась только в том случае, если это...

были США.

Второму спутнику, в котором летала Лайка, с нумизматической точки зрения повезло меньше. Изображение этой собаки и самого спутника помещено только на монгольской монете из указанной выше серии.

Долгие годы реальные изображения советских ракет, а тем более их стартовых комплексов были засекречены. Сейчас когда гриф снят, в нашей стране выпущены две монеты с изображением таких комплексов. В большой серии "Вооруженные силы Российской Федерации" в 2007 году выпущены три серебряные монеты номиналом 1 рубль серии, посвященные космическим войскам. На аверсе первой монеты расположено рельефное изображение эмблемы Космических войск Российской Федерации, второй монеты - рельефное изображение стартового комплекса космодрома Плесецк в Архангельской области и третьей - рельефное изображение стартового комплекса космодрома Байконур. Все монеты изготовлены качеством "пруф" тиражом до 10 тыс. шт. каждая.

Национальный банк Республики Казахстан

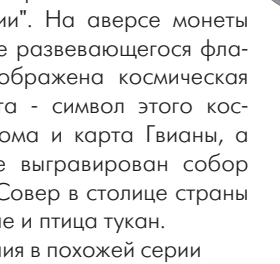
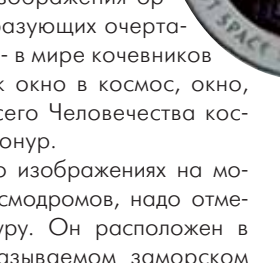
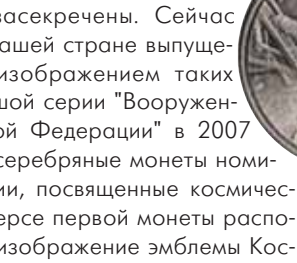
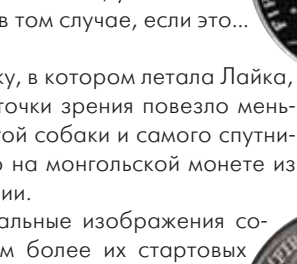
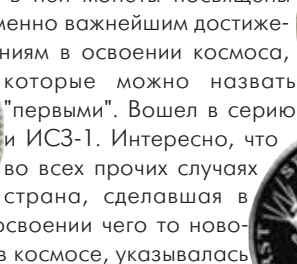
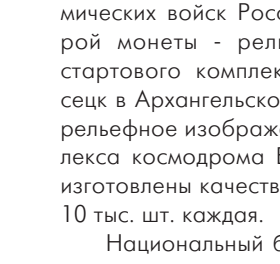
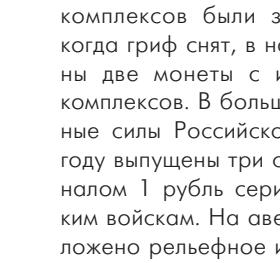
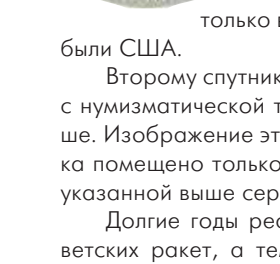


27 июля 2012 года выпустил в серии "Достоинство Республики" монету "Байконур". Номинал монеты - 500 тенге, тираж - 5000 штук. Монета изготовлена в биколорном исполнении (кольцо из серебра, диск из тантала), качество чеканки - "пруф". На аверсе монеты изображена композиция из стилизованного звездного неба и двух человеческих фигур как символа единства человека и Вселенной. На реверсе представлены стилизованные изображения орбит спутников, образующих очертание "Шанырака" - в мире кочевников трактуемого как окно в космос, окно, открытое для всего Человечества космодромом Байконур.

Говоря о изображениях на монетах космодромов, надо отметить Куру. Он расположен в так называемом заморском департаменте Гвиана в Южной Америке и имеет не последнее отношение к исследованию космоса, поскольку на нём размещён французский космодром, построенный в 1964 году. Номинал монеты 10 евро и она вошла в серию памятных серебряных монет "Регионы Франции". На аверсе монеты на фоне развевающегося флага изображена космическая ракета - символ этого космодрома и карта Гвианы, а также выравнирован собор Сен-Совер в столице страны Кайенне и птица тукан.

Япония в похожей серии монет под названием "Префектуры Японии" отчеканила серебряную монету "Ибарак", где расположен космодром страны Восходящего Солнца. На аверсе её изображен старт японского ракетополета Н-II.

Человечеству есть, чем гордится и люди хотят, чтобы это запомнилось.



ЧТО СТАРЕНЬКОГО?

Александр Идин



Демонстрационная модель автомобиля "Москвич-401".
Экспозиция Политехнического музея

Основным событием Олдтаймер-Галереи на этот раз стал Фестиваль технических музеев, которые представили уникальные технические артефакты, извлеченными специально для Фестиваля из запасников и архивов. Фестиваль организован при поддержке Политехнического музея, отмечающего в этом году свое 140-летие. Каждый из музеев представил на Фестивале свои самые интересные экспонаты - приборы, машины и механизмы, многие из которых можно было попробовать в работе.

Как всегда, самые интересные экспонаты - автомобили. Остановим свой взгляд на некоторых из них.

Начнем с Opel Admiral (Германия, 1938 г.). Воинские звания в обозначениях моделей у автомобилей марки Opel появились в 30-е годы. Самым младшим был малолитражный Kadett, средним - Kapitän, а флагманским, естественно, Admiral.

Opel Admiral появился в 1937 г., когда фирме, основанной Адамом Опелем, исполнилось 75 лет. Начав со швейных машинок, фирма перешла к изготовлению автомашин.

Среди своих консервативных современников Opel Admiral выделялся своими обтекаемыми формами, к которым приложил руку американский автомобильный художник Фрэнк Херши - еще с конца 20-х годов Opel перешел под контроль General Motors. Такой дизайн был не только эффектным внешне, но еще и функциональным. Так, обтекаемые формы улучшали аэродинамику, повышая скорость и уменьшая расход бензина, а избавление от подножек позволило расширить салон. Эффектный "бобровый хвост" скры-

вал внутри объемистый багажник, которым не могли похвастаться другие немецкие автомобили тех лет. Admiral отличался необычайной плавностью хода - в этом была заслуга передней независимой подвески типа Дюбонне, представлявшей собой пару пружин с амортизаторами внутри, а также длинных и мягких рессор сзади.

На машине ездили не только немецкие, но и советские военачальники, среди которых генерал-полковник танковых войск Катуков, маршалы Конев и Василевский, генералы Рыбалко и Ерёмченко. Этот автомобиль и в кино засветился, именно на Opel Admiral ездил советский разведчик Федотов в фильме "Подвиг разведчика".

Автомобилей Opel Admiral было выпущено немало, как, впрочем, и должно быть. Но существовали и авто, произведенные в единичном экземпляре. Такая судьба постигла ЗИС-101-Спорт (СССР, 1939). Это был самый мощный и самый красивый советский автомобиль довоенного периода.

Родстер создан на базе модели ЗИС-101 - первого советского серийного лимузина, выпуск которого Завод имени Сталина начал в конце 1936 г. Авторами ЗИС-101-Спорт были молодые инженеры завода Владимир Кременецкий, Анатолий Пухалин, Николай Пульманов и Валентин Ростков. Все свободное от основной работы время они посвящали проекту спортивного автомобиля, оставаясь после смены у чертежных досок.

При этом автоспорта в Советском Союзе в 30-е годы как такового не существовало. Только стараниями отдельных энтузиастов в полукустарных условиях создавались единичные гоночные машины, добивавшиеся незначительных результатов в скоростных заездах. Но государство никак не поддерживало эти начинания - стране требовались грузовики и легковушки, а не "бесполезные" спортивные автомобили. Долгое время проект существовал только на бумаге, но на счастье молодых инженеров в 1938 г. в СССР намечался громкий юбилей - двадцатилетие Всесоюзного ленинского (а тогда еще даже ленинско-сталинского) коммунистического союза молодежи. С полагавшимися по такому случаю социалистическими обязательствами по выполнению и перевыполнению планов, а также подарками к славной дате. На ЗИСе молодежь организовала целое движение по подготовке трудовых подарков под лозунгом "Матери Родине - в честь 20-летия ВЛКСМ". Родстер и стал самым главным из них. 17 октября 1938 г. о ЗИС-101-Спорт написала газета "Комсомольская правда", и про такой подарок узнала вся страна.

11 декабря 1938 года директор ЗИСа Иван Алексеевич Лихачев издал приказ № 79, давший жизнь ЗИС-101-Спорт, - в нем буквально по дням был расписан график создания автомобиля. Изготовление главных комплектующих планировалось выполнить



Opel Admiral



ЗИС-101-Спорт

к 1 июня, а их сборку и испытание на стендах - к 15 июня 1939 года. Кузов должен был быть готов еще раньше - к 1 мая. Все работы по ЗИС-101-Спорт всемогущий Лихачев взял под личный контроль. Один из пунктов его приказа гласил: "Вести подробный график выполнения работ по спортивному автомобилю и обо всех задержках своевременно ставить меня в известность".

Как вспоминал Пульманов: "Большинство наших заказов выполняли бесплатно и в кратчайшие сроки, весело, без волокиты, под неусыпным контролем за прохождением технологических операций - заготовки, механической обработки, термообработки, гальваники. Здесь следует заметить, что эта машина изготовлялась не в какой-то одной кустарной мастерской, а всеми специализированными цехами огромного завода. Как нам пришлось бегать! Запускать чертежи в дело, согласовывать технологию, снимать вопросы, исправлять ошибки в чертежах, выявлять брак, принимать готовые детали и так далее..."

По выбранному эскизу художника Росткова в натуральный размер расчертили на плазах будущие лекала кузова.

По этим лекалам сделали деревянный макет, а уже по нему вручную выстучали из железа кузовные панели. Каркас кузова по технологиям тех лет изготовили из дерева. Готовый автомобиль окрасили в темно-зеленый цвет, отполировали и установили хромированный декор, а справа на носу капота поместили надпись "XX лет ВЛКСМ".

На ходовых испытаниях ЗИС-101-Спорт развил скорость 168 км/ч. Но результат не засчитали, так как это был "неофициальный" заезд без полагающихся замеров. На официальном автомобиле показал 162,4 км/ч - его провели летом 1940 г. на 43-м километре Минского шоссе.

Затем автомобиль отправили в Колонный зал Дома союзов для показа на XVII Московской партконференции. На первом этаже места ей не нашлось, и родстер решили поместить в фойе второго. Для этого накануне вечером проломили стену, и через проем рабочие внесли автомобиль в здание на руках, а к утру привели его торец в порядок. Во время конференции Сталин, а вслед за ним Молотов, Хрущев, Каганович и другие товарищи одобрили необычный автомобиль.

Однако, такая слава обернулась потом забвением. Побыв подарком комсомолу и гвоздем партконференции, ЗИС-101-Спорт оказался не нужен. Сам родстер затерялся, и его судьба остается неизвестной. Некоторые энтузиасты до сих пор ищут оригинал, но в реставрационном центре "Молотов-Гараж" ждать не стали и воссоздали автомобиль по сохранившимся чертежам и фотографиям.

Другая судьба ГАЗ-61-73 (СССР, 1940). Техническое задание на разработку полноприводного легкового автомобиля, предназначенного прежде всего для Красной Армии, было выдано в конце июля 1938 г., а уже в сентябре началось его проектирование. Первые экземпляры завод собрал перед самой войной - они были



МТБ-82

вручены высшим советским военачальниками Ворошилову, Буденному, Жукову, Коневу. Проходимость ГАЗ-61-73 была очень высокой. По этому показателю полноприводный седан значительно превосходил поставлявшиеся в СССР по ленд-лизу американские джипы Willys и Bantam. Автомобиль мог преодолевать подъемы крутизной 38 градусов, без труда поднимался по крутой пешеходной лестнице, преодолевал брод глубиной 720 мм.

Представленный на выставке экземпляр ГАЗ-61-73, переданный в августе 1941 г. маршалу Коневу, все четыре года войны нес свою фронтową службу, а по ее окончании на протяжении длительного времени находился в гараже генерального штаба. Этому ГАЗ-61-73 даже удалось сняться в нескольких исторических фильмах о Великой Отечественной войне. После нескольких лет реставрации автомобиль впервые демонстрируется в законченном виде.

Нельзя было на Олдтаймер-Галерее пройти мимо представленных образцов общественного транспорта, среди которых был троллейбус МТБ-82Д (СССР, 1948). Этот серийный троллейбус средней вместимости для внутригородских пассажирских перевозок, серийно производился с 1946 по 1961 год. Изначально выпуск МТБ-82 был развернут на заводе № 82 Народного комиссариата авиационной промышленности СССР в подмосковном Тушино. В 1951 году производство было перенесено на завод имени Урицкого в город Энгельс Саратовской области (в настоящее время ЗАО "Тролза"). Названием машины является аббревиатура от "московский троллейбус", индекс соответствует номеру первого завода-изготовителя.

Прилагательное "московский" в названии было следствием двух причин: секретности местоположения завода № 82 и расположения Тушино поблизости от Москвы. Количество выпущенных троллейбусов МТБ-82 превышает 5000 единиц. Это позволило МТБ-82 занять доминирующее положение среди работавших в СССР того времени моделей троллейбусов. Основная масса троллейбусов этого типа была списана в конце 60-х - начале 70-х годов. Несколько сохранившихся МТБ-82 в различных городах СНГ в настоящее время являются музейными экспонатами.

Троллейбус МТБ-82 не раз попадал в кадры художественных и документальных фильмов, снятых в 1950-х годах, и стал одним из видимых символов той эпохи. Поскольку практически все МТБ-82 окрашивались в синий цвет, у советских горожан того времени в разговорной речи даже появилось устойчивое выражение "синий троллейбус". В этом качестве он не раз попадал в поэтическое творчество тех лет. Достаточно вспомнить известную "Песенку о полном троллейбусе" Булата Окуджавы.

Следующая, XXI Олдтаймер-Галерея состоится 7-10 марта 2013 года в Крокус Экспо.



ГАЗ-61-73



Научно-исследовательское судно с роторными двигателями Жака Ива Кусто

РОТОРНЫЕ СУДА

Виктор Сергеевич Шитарёв,

капитан дальнего плавания

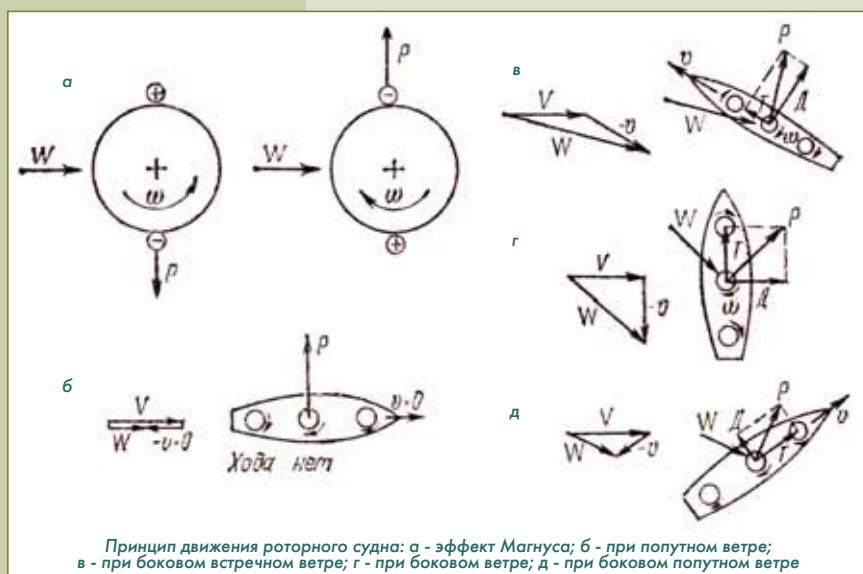
Государственный инспектор безопасности мореплавания и портового надзора

Эти суда имеют особое устройство в виде вращающихся башен (роторов), которые позволяют более рационально использовать основную энергию для их движения - ветер. Роторные суда могут иметь от одного до четырёх роторов, которые вращаются вспомогательным двигателем. Как видно из рисунка, суда могут ходить всеми курсами относительно ветра и лавировать. Однако они имеют два существенных недостатка:

- для движения судна необходимо вращение его роторов, а, следовательно, двигатель и запас топлива для его работы;

- судно должно лавировать при движении не только против ветра, как видно из рисунка, но и при плавании с попутными ветрами.

На рисунке изображены, схематично, направление вращения роторов (их угловая скорость ω); V - вектор ветра; v - вектор скорости судна; W - вектор воздушного потока на ротор (образуется в результате сложения двух векторов - V и v); P - вектор силы, возникающей при взаимодействии потока воздуха и вращающегося ротора (эффект Магнуса); T - проекция вектора P на ось судна; D - проекция силы P в направлении, перпендикулярном к оси судна. Вектор силы P всегда перпендикулярен к направлению набегающего потока воздуха W , а его направление зависит от направления вращения ротора ω .



Принцип движения роторного судна: а - эффект Магнуса; б - при попутном ветре; в - при боковом встречном ветре; г - при боковом ветре; д - при боковом попутном ветре

По ряду объективных причин после постройки нескольких опытных судов дело не пошло, и в настоящее время роторные суда не рассматриваются как

перспективные типы ветроходов. Теперь совершим небольшой экскурс в историю. В 1924 году французский инженер Константен, воскрешая идею XVIII века, предложил применить ветродвигатели для движения судов. Движение вала ветродвигателя можно передавать с помощью трансмиссии, имеющей двойную угловую зубчатую передачу и валы, на обычный гребной винт, движущий судно. Если многие проекты судов до сих пор были и в будущем, вероятно, останутся мыслями, идеями, то упорство и вера, с которыми осуществлены проекты одних из самых оригинальных судов прошедшего века - роторных, ещё продолжают удивлять и привлекать к ним внимание.

Роторы А. Флетнера. Итак 6 октября 1924 года на рейде порта Киль появилось необычное судно, не большое и не быстроходное. Над его палубами в носовой и кормовой части возвышались две огромные трубы, между которыми в районе миделя была установлена ажурная мачта. Собравшиеся на берегу люди задавали себе один вопрос - почему эти мощные трубы не дымят? И вообще - трубы ли это? Скорее, судя по внешнему виду это ни то колонны, не то башни. К тому же ещё оказалось, что они довольно быстро вращаются. Трубы вращаются, судно движется, а парусов нет! Странно, не правда ли? Вот так было воспринято современниками появление на рейде Кили первого в мире роторного судна спроектированного и построенного Антоном Флетнером и названного "Бука".

Идея заменить сложную, дорогую и быстро изнашивающуюся, паутину из тросов бегучего и стоячего такелажа парусника достойной альтернативой давно зрела в уме А. Флетнера. Несмотря на то, что парусное вооружение постоянно совершенствовалось, но ему на смену уверенно шли паровые машины и двигатели внутреннего сгорания (ДВС). К тому же, для работы с парусами на паруснике было необходимо иметь многочисленную и высоко квалифицированную палубную команду, которая в течении всего рейса напряжённо работала с парусами. Понимая преимущества использования энергии ветра, А. Флетнер решил необычным путём избавиться от недостатков, присущих парусным судам.

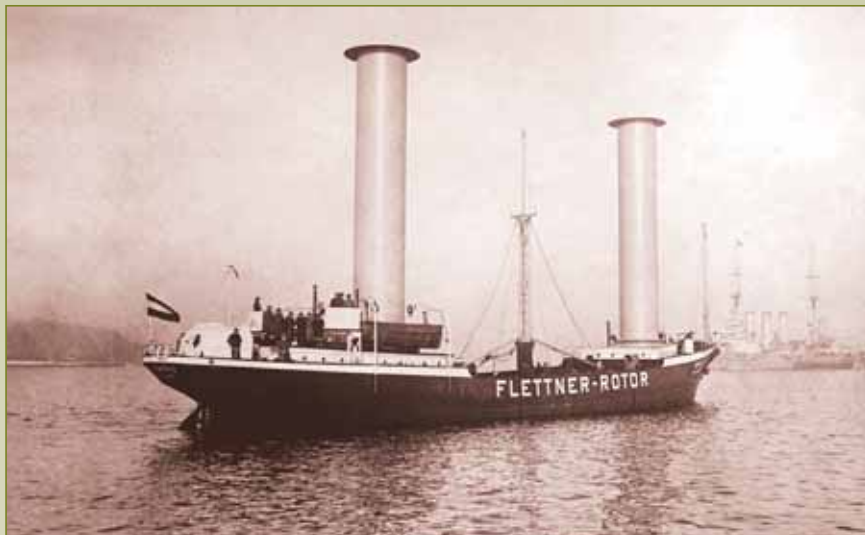
Во времена первой мировой войны он хорошо изучил преимущества авиационных профилей и решил заменить обычный паруса парусами типа авиационного крыла, поставленного вертикально. Такой парус должен был быть изготовленным из металла, предпочтительно, алюминия, который в те времена был не дешёв. По сравнению с обычным, парус жёсткой конструкции имел площадь на 20...30 % мень-

шую, чем у обычного паруса. Установка такого паруса в нужное положение должна была осуществляться обычным рычагом. Но здесь "всплыла" другая проблема. При усилении ветра на паруснике легко можно было уменьшить площадь парусности "взяв рифы" (зарифить паруса), а вот "зарифить" металлическое крыло - более чем проблематично. Во всяком случае, решить эту проблему А. Флетнеру с помощью автоматически действующих приборов и механизмов, разворачивающих крыло в нужное положение при штормовом ветре, так и не удалось. Поэтому он продолжал поиски способа уменьшения площади парусности и обеспечения остойчивости судна в штормовых условиях.

В 1923 году, брат Антона Флетнера, Андрей, познакомил его с опытами, проводившимися в то время аэродинамическим экспериментальным институтом Гёттингенского университета под руководством доктора Л. Прандтля. Опыты над пограничным потоком, осуществлявшимися им с 1904 года, работы Лафе, опубликованные в 1912 году, привели доктора к изучению давно забытого эффекта Магнуса и позволили получить весьма обнадеживающие результаты, которыми заинтересовался А. Флетнер. Проведя ещё несколько экспериментов на лодке с крылом на озере Ванзее под Берлином, А. Флетнер решил отдать предпочтение вращающимся цилиндрам - роторам. К тому времени было установлено, что сила, действующая на ротор, зависит от отношения окружной скорости к скорости ветра, а при постоянном соотношении этих скоростей сила пропорциональна квадрату скорости и площади вертикального сечения цилиндра. Вначале приступили к разработке проекта судна с тремя роторами, каждый из которых состоял из вертикальных вращающихся цилиндров с натянутой между ними полосой мягкого материала и узкого вертикального стабилизатора. Из-за сложности от этого проекта пришлось отказаться.

После заключения соглашения с институтом были проведены модельные испытания роторного судна. На основании результатов исследований был разработан проект по переделке трёхмачтовой шхуны "Букау". Её парусность площадью 833 м² заменили два ротора, и шхуна на верфи "Германия" превратилась в роторное судно, вызвавшее столь заметный интерес у обитателей Кильского порта. Позднее её переименовали в "Баден-Баден". Если судно с одним ротором - "Флетнер-яхт" - имело недостаточную маневренность, то судно "Баден-Баден" могло неплохо лавировало, но не столь уверенно как, например, парусник с прямыми парусами. Зато роторное судно могло, при необходимости, дать задний ход - что для обычного парусника невозможно.

Приведём некоторые характеристики "Баден-Бадена": длина 45 м; ширина 9 м; осадка 3,6 м; водоизмещение 900 т. Его роторы имели диаметр 2,8 м; высоту - 15,6 м и были изготовлены из листовой стали толщиной - 1...1,5 мм; они были установлены на специальных опорах. Скорость их вращения на испытаниях достигала 144 оборота в минуту, тангенциальная скорость достигала 17,6...21,12 м/с. Привод для вращения роторов имел мощность 33 кВт; а двигатель обеспечивающий судну скорость хода скорость хода 7,5 узла - дизель - 88 кВт. Роторы вращали, расположенные в них, два электромотора. Регулировка скорости и направления их вращения осуществлялась оператором с мостика. Таким образом, преимущества роторного судна перед парусни-



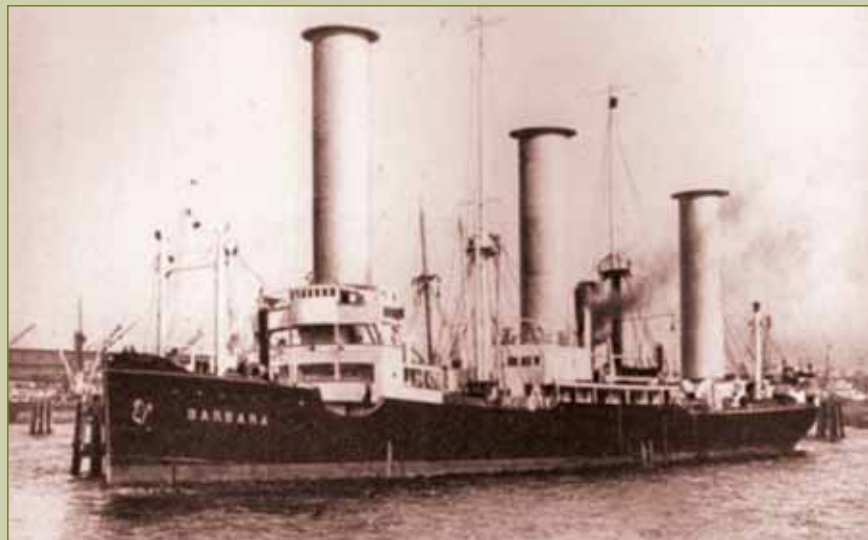
Первое в мире роторное судно "Букау"

ком аналогичных размерений в том, что площадь роторов была меньше, чем площадь парусности; возможность плавать при сильных штормовых ветрах (брать рифы на парусах нет необходимости, на судне их просто нет); управление всем комплексом может осуществлять один оператор.

Будучи человеком энергичным А. Флетнер, не дожидаясь окончательных результатов испытаний судна "Баден-Баден", находит заказчика на специальное судно с тремя роторами. На этом судне он обещает сэкономить на судовой энергетической установке, используя в ней вместо двух только один дизель. Пока шли переговоры о строительстве нового судна в ноябре 1924 - январе 1925 гг., проведённые испытания показали, что скорость "Баден-Бадена" при курсе 25 градусов к вымпельному ветру (такой курс ещё называют "крутой бейдевинд") составила 4,36 узла; при 45 градусах - 7,5 узла; при 60 градусах - 7,75 узла; при 120 градусах - 8,2 узла.

Результаты испытаний первого судна послужили дополнительным толчком при проектировании нового судна. Его судовладелец Р.М. Сломан, фирма Флетнера при поддержке правительства и совместно с судоверфью "Везер" разработали в 1925 году проект нового судна "Барбара". Оно имело длину 89,5 м; ширину 13,2 м; высоту борта 5,795 м; дедвейт (полная грузоподъёмность) 2830 т при осадке 5,4 м. Два дизеля общей мощностью 780 кВт обеспечивали скорость хода 10 узлов. Предполагалось, что при необходимости, судно может быть использовано в качестве военного транспорта. В этой связи становится понятным, что вопросу экономии топлива и увеличения автономности уделялось особое внимание при установке роторов в качестве вспомогательных движителей. По своей архитектуре судно мало отличалось от подобных обычных судов, за исключением самих роторов.

Роторы располагались на носовой и средней рубках и переборке между трюмами № 3 и № 4 так, что носовой ротор был выше среднего, а средний - выше кормового. Диаметр каждого ротора был 4 м; высота 17 м; масса 4 т. Общая площадь их проекции равнялась 204 м². Отношение окружной скорости к скорости ветра принято равным 3,5. При силе 118 000 Н, возникавшей на роторах, скорость судна достигала 9,2 узла. Материалом для изготовления роторов послужил дюралюминий со сложным набором внутри и примерно на одну треть и две трети своей высоты роторы опирались на подшипники. Как и на "Баден-Бадене", каждый ротор снабжался концевыми



"Барбара"



шайбами для уменьшения индуктивных потерь. Двигатель постоянного тока мощностью 33 кВт раскручивал ротор до 160 оборотов в минуту, но рабочая скорость не превышала 140 оборотов в минуту.

Ходовые испытания, проводившиеся 16, 24, 28 и 30 июля 1926 года, показали, что при работе машин скорость без роторов достигала 9 узлов, а при работающих роторах и частоте их вращения 150 оборотов в минуту, при неработающих главных двигателей на курсе бакштаг - 9 узлов в условиях 6...7 балльного ветра. При работе обеих дизелей и частоты вращения роторов 130 оборотов в минуту была достигнута скорость хода 10,5 узла (ветер силой 6...7 баллов по шкале Бофорта). При работе одного дизеля и частоте вращения роторов 130 оборотов в минуту была достигнута скорость хода 9,5 узла.

Весной того же года "Баден-Баден" отправился в Нью-Йорк, но за океаном должного внимания со стороны морских специалистов, кроме вежливого удивления, не удостоился. В 1928 году судно было продано в США, а после демонтажа роторов, было продано в Панаму, а позднее - Коста-Рику.

"Барбара" в 1926 году сделала один рейс в Средиземное море, далее как плавало судно до 1932 года - сведения отсутствуют. В 1932 - 1933 гг. "Барбара" стояла на приколе. Роторы были демонтированы, и она стала обычным транспортным судном торгового флота. После второй мировой войны судно было переименовано и продолжало плавать под именем "Елсе Скоу" у датских судовладельцев. Модернизированное в 1949 году оно имело скорость хода 12 узлов, неплот-

но для транспорта. Затем его продали в Грецию, где оно продолжало плавание под названием "Сотис 11".

Итак, подводя итог, констатируем, что идея А. Фленера о строительстве роторных судов в морском торговом судоходстве существенной поддержки не получила, хотя проработки по их эксплуатации в условиях торгового мореплавания были. Роторы оказались слишком громоздки и создавали судну большое лобовое сопротивление при плавании в бейдевинд. Например, "Барбара" при работе обеих машин и 4-бальном встречном ветре развивала скорость хода около 6 узлов, если же она шла лавируя против ветра, то при смене галсов приходилось изменять и направление вращения роторов. При плавании в фордевинд скорость уменьшалась в 4 раза, и судно начинало испытывать бортовую качку, которая была сильнее, чем у парусника такого же водоизмещения. Не будем забывать, что на вращение роторов расходуется не менее 10...15 % мощности всей главной энергетической установки судна. Кроме того, роторы занимают слишком много места и они не могут быть установлены на всех типах коммерческих судов, например, на пассажирских. Оказалось несомненным только одно их достоинство - лёгкость управления роторами, которую принято называть "кнопочной".

Спустя 40 лет учёный Института судостроения Гамбургского университета Б. Вагнер убедительно доказал, что роторное судно во многом уступает парусному. Исследуя применение роторов на современных судах длиной около 150 м (2 ротора высотой по 75 м над уровнем воды при диаметре 12,5 м) доктор Д.Ж. Велликам пришёл к выводу, что роторы можно использовать лишь в качестве вспомогательных двигателей для снижения мощности судовой ЭУ или расхода топлива, поскольку мощность частично расходуется на вращение роторов. Эта мощность условно ограничена 50 % мощности, необходимой для движения теплохода со скоростью 9 узлов. Такая мощность обеспечивается при ветре силой 8 баллов и скоростью 23 узла.

Не смотря на все выявленные недостатки роторных судов англичанин С. Бэррон предложил свой проект роторного балкера (судно для перевозки сыпучих грузов в трюмах насыпью - руда, каменный уголь и т.п.). Такие перевозки можно будет осуществлять на судах, специализирующихся на перевозке любых грузов, если на их главной палубе будет достаточно места для установки роторов. Для перестройки может, например, подойти балкер средней грузоподъёмности "Марк 3" датской фирмы "Бурмейстер ог Вайн" класса ПАНАМАКС, отличающийся высокой экономичностью в эксплуатации. Расход топлива этим балкером, по сообщению фирмы, на 30 % меньше, чем на аналогичных судах. Секрет такой экономии достигается совершенством обводов погруженной части корпуса; удачным подбором гребного винта и; наконец, прекрасными эксплуатационными качествами дизелей, выпускаемых фирмой "Бурмейстер ог Вайн".

Судно имеет следующие характеристики: длина наибольшая 226 м (между перпендикулярами - 213 м); ширина 32,32 м; высота борта 18 м; осадка средняя 13,1 м; дедвейт (максимальная или полная) грузоподъёмность 63 800 т; мощность главного двигателя 8750 кВт (11 888 л.с.); скорость полного хода 16 узлов (29,6 км/ч); расход топлива в сутки 46 т.

Установка роторов производится в Диаметральной плоскости судна (ДП) над водонепроницаемыми переборками грузовых трюмов; крышки которых открываются в сторону наружного борта. Необычного



Яхта Флетнера

Современное роторное судно
E-SHIP-1
на рейде Кёльна



вида носовая рубка должна защищать носовой ротор от ударов штормовых волн. Высота каждого (всего их три) ротора 53,5 м; диаметр - 12,5 м; роторы изготовлены из алюминиевых сплавов и устанавливаются на стальном внутреннем полоне; вращение ротора обеспечивается электродвигателем, питающемся от дизель генератора мощностью 550 кВт. Скорость вращения ротора регулируется автоматически в зависимости от силы ветра в качестве датчика скорости ветра задействован анемометр. Давление на вращающемся роторе при собственной скорости вращения, в 3,5 раза превышающей скорость ветра, и скорости ветра 8 м/с составляет 35 000 Н, что, приблизительно в 30 раз больше, чем на неподвижном роторе.

Принцип использования роторов, предлагаемый автором проекта, такой. Принимая скорость судна в 16 узлов (29,6 км/ч) за постоянную при благоприятном ветре, когда роторы способны повысить тягу, мощность главной энергетической установки (ГЭУ) можно уменьшить. Сила сопротивления окружающей среды движению судна достигнет 1 170 000 Н (без учёта сопротивления гребного винта, но с учётом сопротивления неподвижных роторов).

Роторы спроектированы так, что в случае идеальных погодных условий обеспечивают судну скорость хода 16 узлов при ветре силой 8 м/с и скорости вращения ротора 42,5 оборота в минуту (общая тяга составит не менее 1 090 000 Н). Нагрузка в 354 000 Н на стационарный ротор не будет опасной до силы ветра 51,5 м/с (напомню, что по Шкале Бофорта ветер силой более 29 м/с классифицируется как ураган). Однако, необходимо обеспечить прочность ротора для скорости, которая в 1,5 раза больше приведённой. В расчётах скорости принимались во внимание особенности плавания носом на волну и в фордевинд, но не учитывались условия плавания курсами, рекомендованными для парусных судов.



Так, по представлению энтузиастов роторного движителя будет выглядеть круизное судно

Рейсы рассчитывались по картам Метеорологического атласа Бартоломью и аппроксимацией по силе и направлению ветров для каждого рейса. Расписанием предусмотрена эксплуатация судна в течение 252 дней (из них 30 % - плавание в балласте), в течение которых оно проходит 96 520 миль между основными портами США, Японии, Австралии, Чили, Африки и Северной Европы. С. Бэррон был уверен, в конце XX века роторные суда появятся на современных морских путях. Однако этого не произошло, хотя стоимость роторов значительно ниже аналогичного парусного вооружения. Совсем списывать эти суда тоже не хочется, ведь роторы - это пока единственные движители, которые можно устанавливать на существующие суда без каких-либо их существенных переделок, а стоят они почти в 2 раза дешевле традиционного парусного вооружения.



Современный вариант роторной яхты



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

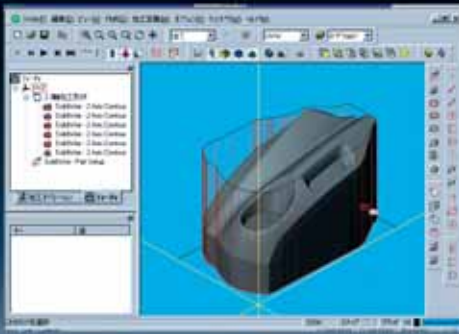


ООО "ХЕРМЛЕ-ВОСТОК":
Россия, 127018, Москва, ул. Полковая, 1, стр.4
Тел.: +7 (495) 627-3634.
Факс: +7 (495) 627-3635.
E-mail: info@hermle-vostok.ru
www.hermle.de





Nano&Solution



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

AQ400L

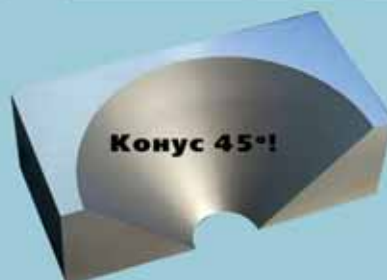
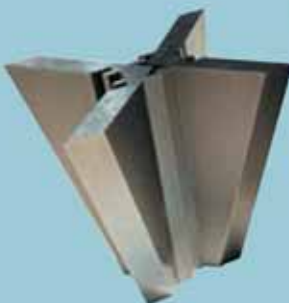
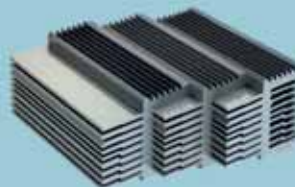
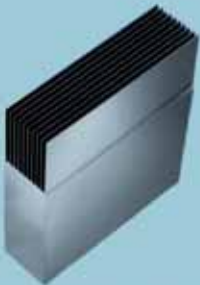


**Пионер и лидер
нанотехнологий
в металлообработке**

AQ600L

Sodick

**Компактные электроискровые
проволочно-вырезные станки**



Точность позиционирования:
гарантия 10 лет
Впервые в отрасли!

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



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

УСЛУГИ, ПО, ОБУЧЕНИЕ

➔ НАДЕЖНОСТЬ

➔ ОТКАЗОБЕЗОПАСНОСТЬ

➔ АНАЛИЗ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ

ОТ РАЗРАБОТКИ ДО ЭКСПЛУАТАЦИИ ВАШЕГО ИЗДЕЛИЯ



ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ALD

RAM Commander

Оптимальный инструментарий: надежность и отказобезопасность

FavoWeb

Мировой стандарт мониторинга отказов в эксплуатации

D-LCC

Контроль стоимости жизненного цикла

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

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