

Двигатель

Научно-технический журнал № 4 (34) 2004



Необходимость в новых
решениях вынудит
ученых искать новые
подходы к осмыслению
полученных результатов

Редакционный совет

Абрамов Г.А.,

научный консультант Российского
Речного Регистра

Аршавский А.Л.,

гл. конструктор НПП "ЭГА"

Бондин Ю.Н.,

ген. директор ГП "НПК газотурбостроения
"Зоря"-Машпроект", Николаев

Губертов А.М.,

зам. директора ФГУП "Исследовательский центр
им. М.В. Келдыша"

Данилов О.М.,

ген. директор ЗАО "Центральная компания
МФПГ "БелРусАвто", Москва

Дическул М.Д.,

пред. совета директоров ОАО "Пермский
моторный завод" и "Авиадвигатель"

Жарнов В.М.,

ген. конструктор ПО "Минский моторный завод"

Иноземцев А.А.,

ген. директор - ген. конструктор
ОАО "Авиадвигатель", Пермь

Каблов Е.Н.,

ген. директор ГНЦ ВИАМ, член-корр. РАН

Каторгин Б.И.,

ген. конструктор, ген. директор НПО
"Энергомаш", академик РАН

Клименко В.Р.,

гл. инженер ОАО "Аэрофлот – РМА"

Кобзев С.А.,

начальник Департамента локомотивного
хозяйства ОАО "РЖД"

Коржов М.А.,

руководитель проекта "Двигатель"
ОАО "АвтоВАЗ", Тольятти

Крымов В.В.,

зам. ген. директора ФГУП "ММПП "Салют"
по науке

Кутенев В.Ф.,

зам. ген. директора ГНЦ НАМИ по
внешнеэкономическим связям

Муравченко Ф.М.,

ген. конструктор МКБ "Прогресс", Запорожье

Новиков А.С.,

ген. директор ММП им. В.В. Чернышева

Селезнев Е.П.,

ген. конструктор, ген. директор
КБХМ им. А.М. Исаева

Скибин В.А.,

ген. директор ГНЦ ЦИАМ им. П.И. Баранова

Тресвятский С.Н.,

ген. конструктор СНТК им. Н.Д. Кузнецова,
Самара

Троицкий Н.И.,

директор НИИ двигателей

Фаворский О.Н.,

академик, член президиума РАН

Чепкин В.М.,

первый зам. ген. директора НПО "Сатурн"

Черваков В.В.,

декан факультета авиадвигателей МАИ

Чуйко В.М.,

президент Ассоциации "Союз авиационного
двигателестроения"

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор

Александр Бажанов

Заместитель главного редактора

Дмитрий Боев

Ответственный секретарь

Александр Медведь

Финансовый директор

Дмитрий Чекин

Редакторы:

Александр Гомберг, Андрей Касьян,
Игорь Никитин, Валентин Шерстянников

Литературный редактор

Лидия Рождественская

Художественный редактор

Александр Медведь

**В номере использованы
фотографии, эскизы и рисунки:**

Александра Бажанова,

Дмитрия Боева,

Александра Медведа,

Игоря Никитина

**Адрес редакции
журнала "Двигатель":**

111116, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2

Тел.: (095) 362-3925

Факс: (095) 362-3925

engine@zitel.ru

engine@dvigately.ru

www.engines.da.ru

www.engine.avias.com

www.dvigately.ru

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ООО "Редакция журнала "Двигатели"

генеральный директор Д.А. Боев

зам. ген. директора А.И. Бажанов

Рукописи не рецензируются
и не возвращаются.

Редакция не несет ответственности
за достоверность информации
в публикуемых материалах.

Мнение редакции не всегда
совпадает с мнением авторов
Перепечатка опубликованных
материалов без письменного
согласия редакции не допускается.
Ссылка на журнал при перепечатке
обязательна.

Научно-технический журнал "Двигатель"
зарегистрирован в
Государственном Комитете РФ по печати
Пер. № 018414 от 11.01.1999 г.

Отпечатано

ЗАО "Фабрика Офсетной Печати"
Москва

Тираж 5000 экз.

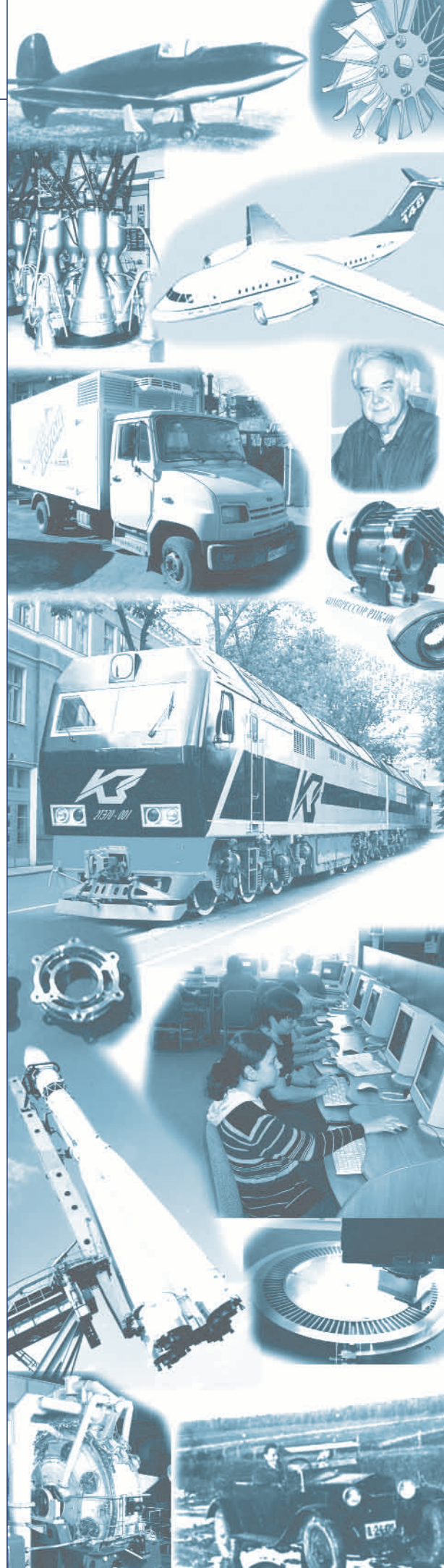
Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная



СОДЕРЖАНИЕ

- 2. Экологически чистый корм для "Бычка"**
Т. Смирнова, С. Захаров, В. Назаров
- 4. О выборе конструкторских решений при разработке роторно-поршневого компрессора с улучшенными экологическими характеристиками**
И. Пятов, Д. Чернышов, А. Шевкун, В. Белов, А. Швейцер
- 7. Исследование теплового и газодинамического воздействия воздушного заряда на развитие топливной струи**
В. Рудаков
- 11. Создатель "Синей птицы"**
О. Курихин
- 14. КГПТУ - опыт и новые решения для наземных и морских объектов**
Ю. Бондин, Б. Исаков, В. Кривуца, С. Мовчан, В. Романов, В. Спицын
- 16. "Осьминог" или о роли тормоза в прогрессе турбиностроения**
А. Головащенко, В. Спицын, А. Боцула, С. Коссе
- 18. Современные технологии, используемые в прецизионной электроэрозионной обработке и высокоскоростном фрезеровании в станках швейцарских фирм CHARMILLES и MIKRON**
И. Костычев, Б. Хатуцкий
- 22. Фирма AGIE отмечает юбилей: 50 лет инноваций в электроэрозии**
Х. Висс, М. Кац
- 22. Станки AGIETRON IMPACT и EXACT с технологией Hyperspark - обработка в два раза быстрее**
М. Боккардо
- 26. Решение сложнейших технических задач двигателестроения с применением современных технологий на станках фирмы KOVOSVIT MAS**
- 27. Увеличивать объемы, сохраняя качество**
В. Лесунов
- 30. Здесь создают современную криогенную технику**
В. Герасимов
- 32. Цель жизни - строить моторы**
Л. Берне
- 36. Интервью с А. Прудниковым**
- 41. Памяти Колесова Петра Алексеевича**
- 42. Разгары вкладышей критического сечения двигателей реактивных снарядов РСЗО**
Ю. Кочетков
- 44. Так начинались ЖРД и ракеты на жидком топливе**
А. Николаев
- 48. 75 лет НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко - лидеру ракетного двигателестроения**
В. Рахманин
- 52. Россия - общество техническое**
Д. Боев
- 54. "Совместными усилиями на пользу дела..."**
Г. Спирина, Т. Кравченко
- 56. Полвека + 1 год истории создания электроискровых станков**





ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЙ КОРМ ДЛЯ "БЫЧКА"

ФГУП "НИИД": Татьяна Смирнова, Станислав Захаров, Виктор Назаров

Статья "Новое топливо для городского транспорта", посвященная альтернативному виду горючего для поршневых двигателей – диметиловому эфиру (ДМЭ), была размещена в одном из первых номеров нашего журнала (№ 2 – 1999). С тех пор минуло более пяти лет. В нынешних непростых экономических условиях сотрудники ФГУП "НИИД" продолжают "тонкую доводку" систем топливной аппаратуры дизеля, способного работать как на ДМЭ, так и на привычном дизельном топливе. Уже выпущена небольшая серия дизельных автомобилей ЗИЛ-5301 "Бычок" с топливной аппаратурой такого типа.

ДМЭ ($\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$) – простейший эфир, нашедший применение в косметической промышленности в качестве газа-вытеснителя в аэрозольных баллонах благодаря благоприятным экологическим характеристикам. ДМЭ характеризуется коротким полупериодом жизни в тропосфере (менее одного дня), не поступает в стратосферу, полностью разлагается до воды и двуокиси углерода, нетоксичен, неканцерогенен, немутагенен. Он бесцветен, почти не имеет запаха и по внешнему виду напоминает воду. Диметиловый эфир – возобновляемое альтернативное топливо, поскольку для его производства используется синтез-газ, состоящий из смеси оксидов углерода и углеводородов и получаемый, например, из биомассы. Впрочем, наиболее дешевым источником для получения синтез-газа остается природный газ.

Идея применения ДМЭ в качестве моторного топлива для двигателей с воспламенением от сжатия, возможности его крупномасштабного производства и первые результаты использования в дизелях были опубликованы фирмами AMOCO и NAVISTAR (США), Haldor Topsoe (Дания) и AVL (Австрия) в 1995 г. на конгрессе SAE в Детройте (США). Уже первые испытания ДМЭ в качестве топлива для дизелей свидетельствовали о том, что ДМЭ представляет собой многообещающее альтернативное топливо как в техническом, так и в коммерческом отношении благодаря экономически целесообразной технологии его производства. В России и за рубежом накоплен немалый опыт работы дизеля как на химически чистом ДМЭ (99,99 %), так и на ДМЭ с

оказывался примерно одинаковым, а на режимах малой нагрузки и холостого хода при работе на "сыром" ДМЭ выбросы C_xH_y и СО оказывались большими, чем при работе на чистом.

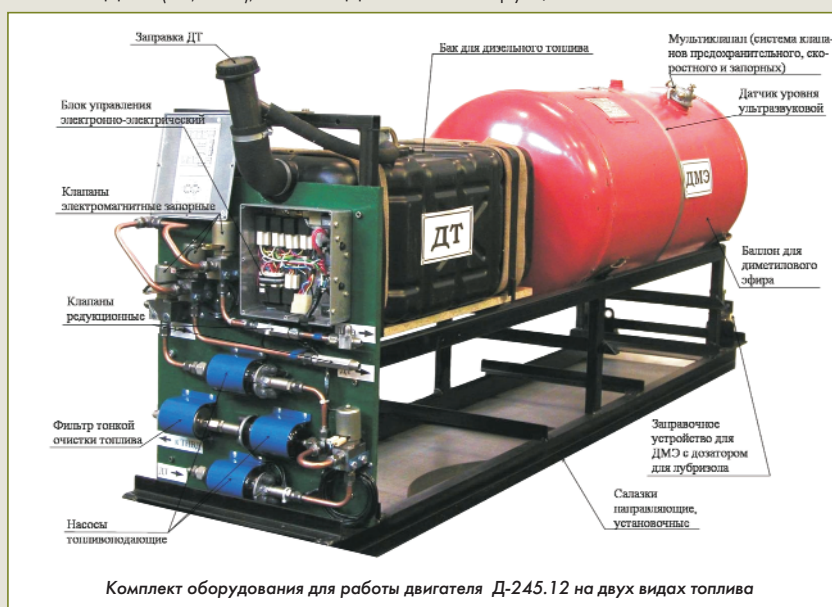
ФГУП "НИИД", обладающий многолетним опытом отработки параметров дизелей при работе на разных топливах, начал исследования по использованию ДМЭ в 1996 г. – сначала в инициативном порядке, а затем в рамках договора с "Москомприродой". В 1997 г. на топливном стенде была отработана система подачи ДМЭ применительно к двигателю Д-245.12 Минского завода, установленному на грузовике АМО ЗИЛ. Отсутствие сажи в выхлопном газе грузовика позволило считать результат проведенных на территории ФГУП "НИИД" испытаний положительными.

В 1998 г. двигатель Д-245.12 с отрегулированной макетной системой подачи горючего был установлен на стенде предприятия АМО ЗИЛ и испытан для определения величин удельных выбросов вредных веществ по 13-ступенчатому циклу в соответствии с Правилами № 49. Испытания показали, что применение ДМЭ в качестве моторного топлива полностью решает основную экологическую задачу, состоящую в одновременном значительном снижении уровня выбросов окислов азота и частиц углерода.

В 2002 г., после принятия постановления Правительства Москвы № 170, попытки приспособления транспортных дизелей к работе на ДМЭ возобновились. Было изготовлено несколько вариантов конструкции новой топливной системы, разработан алгоритм управ-

ления, изучены процессы функционирования элементов и агрегатов системы. Проводились стендовые испытания различных вариантов системы и их отдельных комплектующих с эксплуатацией как на ДМЭ, так и на обычном дизельном топливе (ДТ). Результаты работ позволили изготовить партию рефрижераторов (10 единиц) на базе автомобиля ЗИЛ-5301 "Бычок", на которых ДМЭ используется в качестве моторного топлива и хладагента.

ДМЭ обладает уникальными химмотологи-



Комплект оборудования для работы двигателя Д-245.12 на двух видах топлива

ческими и экологическими характеристиками. Отмечено лишь незначительное влияние на резиновые изделия (увеличение объема), что обуславливает необходимость поиска более стойких к ДМЭ уплотняющих материалов (фторопласты, фторкаучук, полиамид и др.). При нормальных условиях окружающей среды ДМЭ находится в газообразном состоянии, в жидком состоянии он сохраняется при давлении около 0,5 МПа. Из-за невысокой плотности и теплотворной способности, а также из-за низкой температуры кипения и вязкости ДМЭ традиционная топливная аппаратура дизелей требует определенной модернизации. В ней должно быть обеспечено герметичное уплотнение всех трубопроводов и, в том числе, гарантировано предотвращение потерь при испарении. Для преодоления одинакового расстояния емкость баллонов с ДМЭ должна быть в 1,7 раза больше, чем емкость баков дизельного топлива.

Помимо целого ряда преимуществ в физических, химических, экологических, экономических показателях, по эксплуатационным характеристикам ДМЭ во многом превосходит как другие альтернативные топлива, так и само дизельное топливо. Это связано, прежде всего, с повышением надежности работы двигателей, уменьшением их шумности и возможностью конвертирования обычных карбюраторных двигателей в дизели, работающие на диметиловом эфире.

Для гибкого использования в условиях московского региона при ограниченной (в первые годы применения) сети заправочных станций ДМЭ, а также для обеспечения показателей надежности в макете автомобиля ЗИЛ-5301 "Бычок" предусмотрена возможность работы на двух топливах: ДМЭ и ДТ. Двигатель комплектуется топливным насосом высокого давления (ТНВД), имеющим двукратный запас производительности, что обеспечивает хорошие пусковые качества и облегчает реализацию повышенных объемных подач при работе на ДМЭ. Основным топливом служит ДМЭ, для которого производится оптимизация конструкции элементов (размеры плунжера топливного насоса высокого давления (ТНВД), диаметр распыляющих отверстий форсунок и пр.) и регулировок (положение упора рейки ТНВД, давление затяжки пружины форсунки, угол начала подачи топлива в цилиндр и пр.). В качестве дублирующего топлива используется ДТ, на котором двигатель работает кратковременно при останове, а также длительно (например, при временном отсутствии ДМЭ). Штатный пуск и остановка двигателя производится на ДТ даже и в том случае, когда в дальнейшей работе будет проводиться на ДМЭ. При пуске система заполняется топливом, происходит смазывание элементов (это особенно важно, если останов произошел нештатно, на ДМЭ). Затем производится переключение на работу на ДМЭ. Перед длительным остановом двигателя производится переход на ДТ, вытеснение ДМЭ из системы в баллон и заполнение топливной системы ДТ.

Топливный насос высокого давления 4УТНИ-Т-111105-50 двигателя Д-245.12, как показали эксперименты, обеспечивает необходимую цикловую подачу ДМЭ на режиме номинальной мощности при изменении упора рейки на величину $\Delta h_y = 5,5$ мм. Иными словами, при переходе на ДМЭ для увеличения объемной цикловой подачи упор рейки ТНВД необходи-

мо сдвинуть (вручную или по команде системы автоматического управления) на эту величину. Перестановка упора рейки осуществляется посредством специального корректора, устанавливаемого на ТНВД.

Следует отметить, что заданный в ТЗ уровень мощности при использовании ДМЭ $N_e = 77$ кВт при частоте вращения вала 2400 об/мин (как на ДТ) может быть несколько увеличен, поскольку в этом случае не наблюдается признаков "предела дымления". Таким образом, мощность и крутящий момент при необходимости могут быть повышены примерно на 10 %.

Электромагнитные клапаны типа ЭГ предназначены для обеспечения работы двигателя на двух топливах, для чего проходные сечения у серийных клапанов (по документации ФГУП "НИИД") были расширены до 8...9 мм. На макетном бортовом ав-

томобиле ЗИЛ-5301 "Бычок" использована газобаллонная аппаратура "САГА-6", баллон которой имеет емкость 130 л. Он обеспечивает заправку, расходование, слив дренажа и утечек топлива из ТНВД и форсунок. Партия опытных автомобилей-рефрижераторов оснащена баллонами увеличенной емкости.

Комплект оборудования для автомобиля-рефрижератора, обеспечивающий работу двигателя на двух топливах, смонтирован на раме и включает баллон с ДМЭ емкостью 210 л, 60-литровый бак с ДТ, монтажный щит с агрегатами системы и трубопроводы. Комплект топливной аппаратуры установлен на шасси между термокузовом и кабиной водителя в закрытом отсеке.

На панель управления водителя вынесены переключатель вида топлива, указатель уровня ДМЭ и указатель давления на входе в ТНВД. Управление системой подачи топлива осуществляется посредством включения - выключения электромагнитных клапанов и электрических насосов.

Перевод двигателя на питание ДМЭ производится соответствующим переключателем, который обеспечивает перестановку упора рейки ТНВД на увеличенную подачу. На макетном образце перестановка упора рейки ТНВД производится водителем, в опытных образцах автомобилей-рефрижераторов эта операция осуществляется автоматически при переключении вида топлива на "ДМЭ".

Перевод двигателя на ДТ перед его остановом (или при отсутствии ДМЭ в баллоне) сопровождается переключением на пульте вида топлива в положение

"ДТ", при этом автоматически упор рейки ТНВД сдвигается в сторону уменьшения подачи. Некоторое время двигатель работает на смеси ДМЭ и ДТ. По истечении 10 с система управления переключает электромагнитные клапаны на подачу только ДТ. При останове двигателя система остается заполненной ДТ.

Испытания показали, что автомобиль ЗИЛ-5301 "Бычок" устойчиво работает на диметиловом эфире и дизельном топливе, нормально управляется, имеет хорошие динамические характеристики.

Что касается технических решений, принятых при создании образца автомобиля-рефрижератора, то в дальнейшем при сохранении общей концепции комплект топливной аппаратуры будет совершенствоваться, прежде всего в части повышения надежности работы узлов и агрегатов (фильтров, электромагнитных клапанов, подкачивающих насосов).



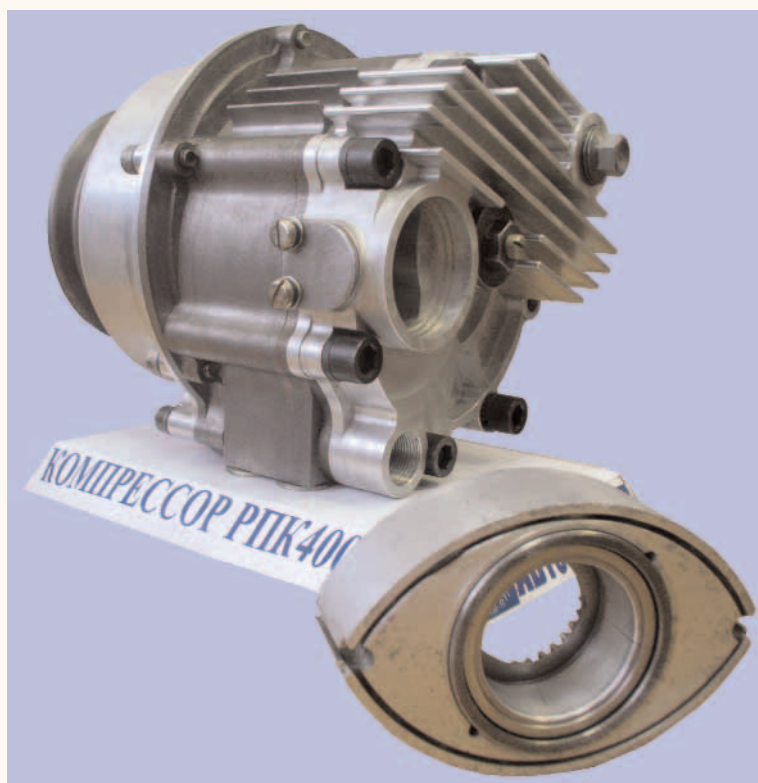
Установка комплекта оборудования на "Бычке"-рефрижераторе



Кабина автомобиля с органами управления

О ВЫБОРЕ КОНСТРУКТОРСКИХ РЕШЕНИЙ

ПРИ РАЗРАБОТКЕ РОТОРНО-ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ



ООО "РЕАМ-РТИ":
Иван Пятов, Дмитрий Чернышов
ООО "АВТО-РЕАМ":
Александр Шевкун
МГТУ "МАМИ":
Вячеслав Белов
АМО "ЗИЛ":
Адолф Швейцер

Современные экологические требования, предъявляемые к двигателям внутреннего сгорания транспортных средств, диктуют необходимость совершенствования не только к конструкции самого двигателя и его систем, но и агрегатов, которые приводятся в действие двигателем и связаны с его системами смазки, охлаждения и воздухоподачи.

Одним из таких агрегатов является пневматический компрессор, обслуживающий тормозную систему и пневматические приводы грузовых автомобилей и автобусов. Как правило, этот агрегат традиционно выполняется в виде одно- или двухцилиндрового поршневого компрессора.

В настоящее время действуют 114 правил ЕЭК ООН по комплексной безопасности и экологии автотранспорта. Они содержат требования к многим системам автомобилей, в том числе к системе управления, тормозной системе, шинам, ремням безопасности, подголовникам, зеркалам, светотехнике.

Современные поршневые компрессоры вырабатывают сжатый воздух, в котором содержание твердых взвесей, масла и воды выходит за пределы, установленные стандартом ISO 8573-1 и соответствующие оптимальным условиям работы разного рода механизмов и оборудования с пневматическим приводом. При низкой температуре окружающей среды имеют место частые случаи отказов в работе тормозов, раздвижных дверей и другого оборудования из-за замерзания водомасля-

ного конденсата, попадающего вместе с воздухом в трубопроводы, исполнительные и регулировочные устройства (тормозные цилиндры, клапаны, воздухораспределители). Достаточная производительность, минимальная потребляемая мощность, минимальное количество масла в сжатом воздухе, малые габариты и масса, бесшумность работы, достаточная долговечность и минимальная трудоемкость технического обслуживания - все эти и многие другие требования, перечисленные ранее, в начальной или промежуточной стадии должен обеспечить компрессор.

Наряду с совершенствованием традиционных поршневых компрессоров, задача поиска, выбора и организации производства более прогрессивных конструкций компрессоров остается актуальной.

Достаточно прогрессивная конструктивная схема (рис. 1) трохойдного роторно-поршневого компрессора (РПК) применительно к задачам автомобильного двигателестроения была предложена и нашла применение в разработках 1970-1988 гг. агрегатного завода АМО "ЗИЛ" и НАМИ.

Эта схема эквивалентна по уровню пульсации в на-

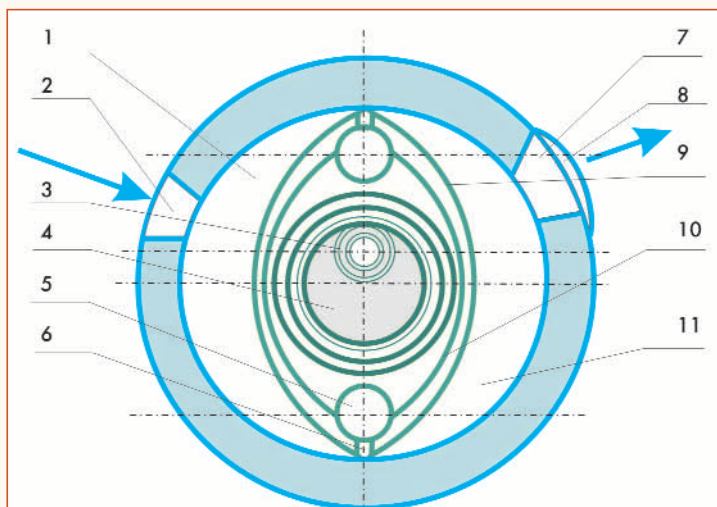


Рис. 2. Схема трохойдной роторной машины:

- 1 - рабочая камера I; 2 - полость всасывания; 3 - масляное кольцо;
- 4 - полость картера; 5 - сухарик; 6 - радиальное уплотнение;
- 7 - нагнетательная магистраль; 8 - лепестковый клапан; 9 - торцовая камера;
- 10 - торцовое уплотнение; 11 - рабочая камера II.

гнетательной полости одноцилиндровому поршневому компрессору.

Роторно-поршневые, как и поршневые компрессоры, относятся к объемным машинам, у которых рабочий процесс осуществляется циклически в замкнутых рабочих камерах. Они компактны, полностью механически уравновешены, не нуждаются во впускных клапанах.

Найденные конструктивные и технологические решения, связанные с созданием эффективных систем контактных уплотнений роторных машин (герметизация рабочих камер), сделали целесообразным развитие нового поколения роторно-поршневых компрессоров (РПК). Благодаря высокой герметичности рабочих камер, РПК позволяют осуществить высокоэффективный рабочий процесс (с производительностью 400...600 л/мин и более) при давлениях нагнетания до 10 кгс/см² и высокими степенями сжатия ($\varepsilon = 80$). При этом вполне уместно отметить высокое значение коэффициента подачи для РПК, так как этот параметр непосредственно связан с высокой степенью сжатия и влияет на массогабаритные и экономические характеристики. Для РПК коэффициент подачи λ может превышать 0,7 (у поршневых компрессоров этот параметр редко достигает 0,55).

Коэффициент подачи λ зависит главным образом от величины объемного коэффициента λ_v :

$$\lambda_v = 1 - \varepsilon_{во} \left(\pi_k^{\frac{1}{m}} - 1 \right), \quad (1)$$

где: $\varepsilon_{во}$ - относительный вредный объем;

π_k - степень повышения давления;

m - показатель политропы расширения, который для одноступенчатых компрессоров равен 1,2...1,3.

Степень повышения давления π_k связана для объемной машины с противодавлением в нагнетательной магистрали и является заданной величиной. Поэтому при проектировании компрессора для получения достаточно высоких значений λ_v (обычно $\lambda_v = 0,75...0,85$) при заданном π_k должно быть обеспечено определенное значение максимальной величины относительного вредного объема $\varepsilon_{во}$ (например, при $\pi_k = 9$ $\varepsilon_{во} < 0,05$). Графики, приведенные на рис. 2, иллюстрируют зависимость (1).

Относительный вредный объем:

$$\varepsilon_{во} = V_0 / V_h, \quad (2)$$

где V_0 - остаточный (вредный) объем;

V_h - рабочий объем одной камеры.

Остаточный (вредный) объем камеры трохоидного компрессора:

$$V_0 = V_c + V_k + V_3$$

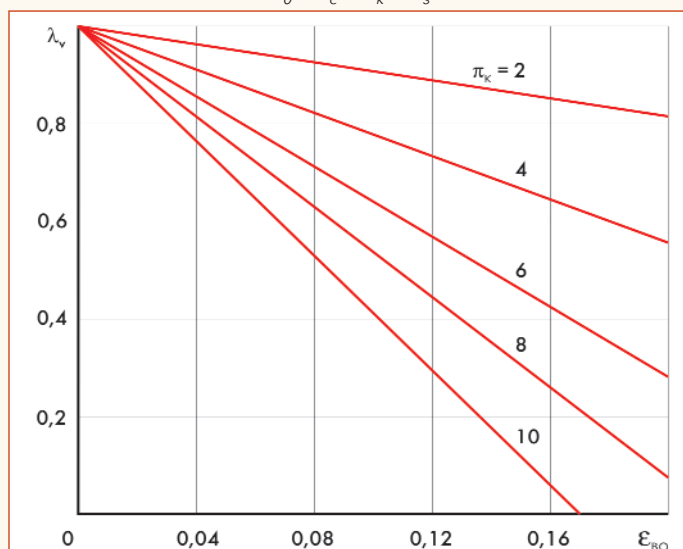


Рис. 2. Зависимость объемного коэффициента от относительного вредного объема при различных степенях повышения давления

Здесь объемы V_k - объем полостей и каналов органов распределения и V_3 - объем зазоров до уплотнительных элементов. Они имеют такой же физический смысл, как и у обычного поршневого компрессора, и при разработке РПК определяются конструктивно. Что касается геометрического остаточного вредного объема $V_c = F_c \cdot H$, то он целиком зависит от параметров выбранного РПК - передаточного отношения z и параметра формы k .

Поэтому эффективность различных схем можно приблизительно оценить по величине обеспечиваемого ими геометрического относительно вредного объема $\varepsilon_{вр}$:

$$\varepsilon_{вр} = \frac{V_c}{V_h} = \frac{z-1}{4kz^2 \sin \frac{\pi}{2}} \left(\pm \pi(2-z) + 6\sqrt{k^2 - z^2} + \frac{2}{z}(k^2 + 2z^2) \arcsin \frac{z}{k} \right) - \frac{1}{2}. \quad (3)$$

Коэффициент подачи λ_z для реальных машин может быть найден лишь экспериментальным путем. На стадии же выбора принципиальной схемы компрессора можно принять $\lambda_z = \text{const}$, имея в виду, что значения параметра формы k обеспечивают равенство λ_v .

Уровень надежности и долговечности компрессора в значительной мере обусловлен типом примененной системы газораспределения. Так, наличие самодельствующих клапанов накладывает определенные ограничения на быстроходность компрессора, поскольку увеличение быстроходности резко снижает долговечность клапанов. Известно, что клапаны являются наиболее недолговечной деталью компрессора, поэтому надежность, в т.ч. безотказность работы компрессора существенно увеличиваются при уменьшении количества клапанов. В силу геометрических и кинематических особенностей возможности различных схем в этом отношении неодинаковы. Для всех вращательных машин в принципе возможно газораспределение с помощью окон, управляемых непосредственно ротором (или ротором и корпусом). Но для некоторых схем это не удастся, так как при бесклапанном распределении у них нагнетательный канал в некоторые моменты сообщается через рабочую камеру с всасывающим, что недопустимо из-за непосредственной утечки сжатого воздуха из нагнетательной магистрали. В случае РПК это можно преодолеть путем применения торцевых впускного и выпускного окон и тем самым исключить возможность перекрытия фаз газораспределения. В РПК возможна рекуперация остаточного рабочего тела (газа) из мертвого объема обратно в цикл, а не на фазе впуска (т.е. возможна работа без выброса).

Ранее при термодинамических расчетах процессов в РПК определенную сложность вызывал вопрос о выборе коэффициентов теплоотдачи от газа к стенкам камеры α_c и ротора α_p . Величины α_c и α_p зависят от многих часто трудно учитываемых факторов, напри-

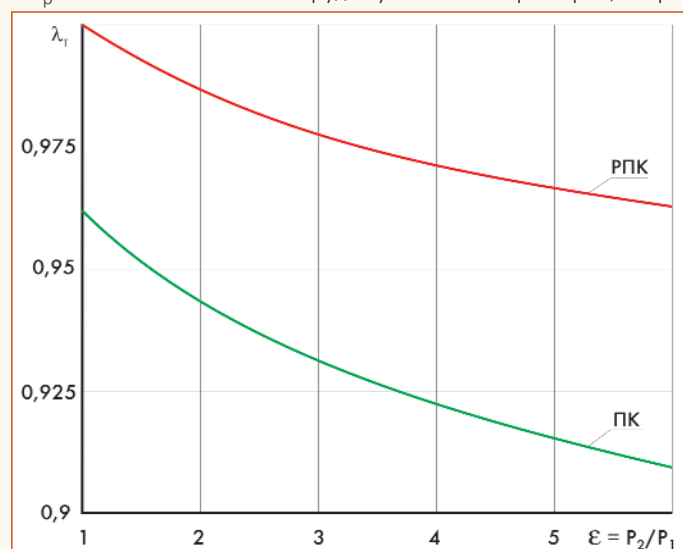


Рис. 3. Тепловой коэффициент λ_T в зависимости от ε

мер скорости и направления движения газа, температуры, плотности, состояния поверхностей и т.д. Для трохлоидных роторных компрессоров данный вопрос исследован, и по мере накопления экспериментальных данных сложился ряд решений, позволяющих снизить термонапряженность соответствующих деталей.

Несмотря на существенные конструктивные и технико-экономические отличия компрессоров, все они с термодинамической точки зрения оказываются одинаковыми, так как совокупность рабочих процессов, происходящих в них и образующих так называемый компрессорный цикл, изображается на диаграмме одними и теми же кривыми и подчиняется одним и тем же расчетным уравнениям.

Принципиальное отличие компрессорных циклов от циклов, по которым осуществляется работа тепловых двигателей, заключается в том, что первые являются "обратными" по отношению ко вторым, т. е. в них процессы сжатия на диаграмме $P - V$ располагаются выше процессов расширения. В связи с тем, что для осуществления компрессорного цикла необходимо затрачивать механическую энергию, представляет интерес - какие резервы существуют в оптимизации рабочего процесса для снижения затрат мощности двигателя на привод.

На диаграмме $P - V$, отображающей расчетный цикл (рис. 4),

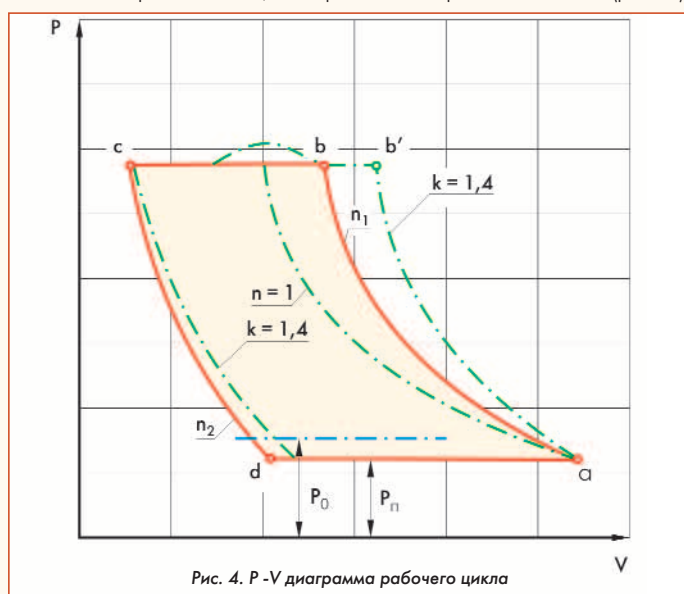


Рис. 4. $P - V$ диаграмма рабочего цикла

кроме соответствующих политропических процессов $(a - b)$ и $(c - d)$ с показателями политроты n_1 и n_2 , указаны также адиабатические процессы сжатия и расширения ($k = 1,4$) для теоретического цикла, в котором явления теплопередачи между газами и поверхностью статора не учитываются. Совместное рассмотрение приведенных кривых показывает, что охлаждение статора, с одной стороны, уменьшает энергию, затрачиваемую на совершение цикла, а с другой стороны, увеличивает количество молей газа, поступающего в рабочую полость, а следовательно, и уходящего из нее за цикл.

Действительно, чем сильнее охлаждается статор компрессора, тем меньше становится величина показателя политроты n_1 и кривая сжатия располагается ближе к кривой изотермического процесса ($n_1 = 1$), поэтому общая площадь диаграммы цикла, ограниченная указанными кривыми, заметно уменьшается, а следовательно, снижается и мощность, расходуемая на привод компрессора.

При охлаждении статора точка d на диаграмме $P - V$ смещается влево, что увеличивает объем поступающего газа (участок $d - a$); следовательно, при одном и том же числе оборотов эксцентрикового вала компрессора его часовая производительность должна возрасти.

Эти рассуждения наглядно подтверждаются также диаграммой $T - S$ компрессорного цикла, которая приведена на рис. 5. Обозначение типовых точек сохранено аналогичным использованному на диаграмме $P - V$.

Из всего сказанного следует, что в компрессоре для повышения экономичности установки выгодно применять интенсивное охлаждение стенок статора, а также клапанной системы.

В совокупности, применяя на практике отмеченные выше особенности РПК, можно говорить о нем как об объемной машине, являющейся оптимальным источником выработки энергии для тормозных механизмов и других агрегатов автомобиля, которые нуждаются в пневмоприводе.

В целом, более жесткие требования XXI века к экологическим параметрам двигателей и современные достижения в области технологий и материаловедения являются основанием для усовершенствования конструкции в части:

- повышения производительности (для современных грузовых автомобилей и автобусов требуется подача сжатого воздуха в диапазоне 400...600 л/мин давлением от 1,0 МПа и выше при минимизации массогабаритных показателей);
- исключения выброса масла;
- обеспечения автономности воздухоподготовки, в т.ч. воздухоочистки;
- снижения механических потерь на привод;
- повышения допустимых частот вращения вала компрессора;
- придания многоцелевых функций (универсальности) применения.

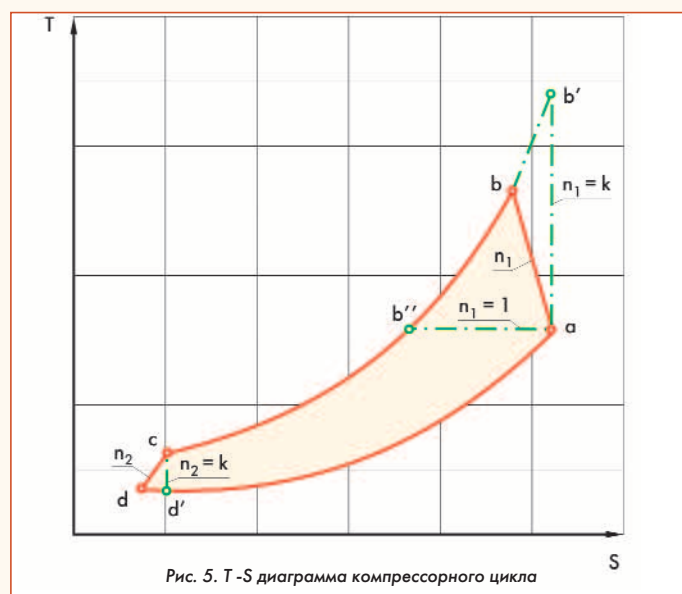


Рис. 5. $T - S$ диаграмма компрессорного цикла

Поставленных целей предлагается достичь путем:

- уточнения фаз впускного отверстия;
- уменьшения мертвого объема;
- осуществления усовершенствованного рабочего цикла (благодаря использованию технологии рекуперации энергии сжатого в предыдущем цикле воздуха);
- применения новых технологий уплотнения ротора (герметичные контактные уплотнения со сбалансированным усилием прижатия);
- применения материаловедческих решений в виде антифрикционных покрытий и материалов, позволяющих исключить циркуляционную жидкостную смазку.

Кроме того, среди приоритетных целей разработки - обеспечение технологичности и ремонтпригодности конструкции.

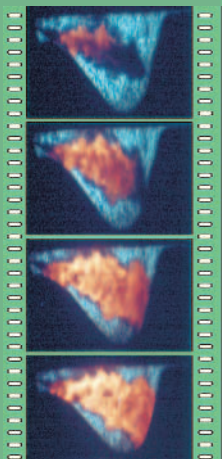
В заключение необходимо обозначить перспективную задачу разработки и внедрения в производство компрессора, не нуждающегося в циркуляционной системе смазки. При разработке бесшмазочных уплотнений ротора поставлены цели по уменьшению сил трения при высокой герметизирующей способности, обеспечению большего ресурса работы, минимизации габаритных размеров и массы, улучшению технологичности и экономичности производства, снижению трудоемкости технического обслуживания и ремонта.

Для реализации поставленной задачи разработана конструкция компрессора РПК 400/600, образцы которого в настоящее время проходят заводские доводочные испытания. Результаты доводки и исследований предполагается опубликовать в следующих статьях.



ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО И ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОЗДУШНОГО ЗАРЯДА НА РАЗВИТИЕ ТОПЛИВНОЙ СТРУИ

Владимир Рудаков



Экспериментальные исследования струйного смесеобразования, характерного для дизелей, в большинстве случаев проводятся в холодных статических бомбах (под холодной бомбой подразумевается герметичная емкость с закаченным в нее сжатым газом, предназначенная для проведения киносъемки распыленных струй жидкости) с применением оптических методов и скоростной кинорегистрации. Однако параметры воздуха в бомбе значительно отличаются от реальных условий в камере сгорания как по температурному, так и по газодинамическому режимам, что оставляет открытым вопрос о практической применимости результатов исследований. Несмотря на то, что в двигателестроении подобные работы проводятся достаточно продолжительное время, целенаправленных попыток выявить возможные различия развития струи в бомбе и камере сгорания не предпринималось. По этой причине была поставлена серия экспериментов с применением установки "двигатель с прозрачными окнами" (ДПО), позволивших получить данные о струе в реальном дизельном процессе, в процессе с пониженной температурой воздуха на такте сжатия без воспламенения и сгорания топлива, а также в холодной статической бомбе.

Условия экспериментов. Сопоставление развития топливной струи возможно при соблюдении максимально равных условий во всех вариантах эксперимента. Поэтому в качестве базового был принят реальный дизельный процесс, в котором температура воздуха за период движения струи до стенки камеры менялась от 724 до 736 К, а плотность воздуха от 16,3 до 17,75 кг/м³, угол опережения 15°, скорость вращения коленчатого вала 600 мин⁻¹, цикловая подача $q_{ц} = 0,083$ г. Система топливоподачи - аккумуляторная электрогидравлическая (АЭГСТ). С ее помощью задавались необходимая длительность впрыска ($T_{впр}$), давление, цикловая подача и угол опережения. Форсунка - однодырчатая с диаметром отверстия $d_c = 0,4$ мм. Так как диаграммы давления впрыска АЭГСТ отличаются от штатных (рис. 1), величина $P_{впр}$ выбиралась для некоторых частичных нагрузок из условия равенства интегральных значений $P_{впр}$ за период, обеспечивающий движение струи до стенки камеры. Во всех случаях сохранялось объемное смесеобразование и выдерживался профиль камеры сгорания двигателей размерности 26/26, включая расположение соплового отверстия, ориентацию топливной струи и профиль головки поршня. Эксперименты проводились при двух значениях давления впрыска: $\Delta P_{впр1} = 21,0$ МПа и $\Delta P_{впр2} = 17,5$ МПа. Соответственно, продолжительность топливоподачи состав-

ляла 4,1 и 4,7 мс, что превышало время движения струи до стенки. Для обоих значений $P_{впр}$ подача выдерживалась одинаковой. Контроль за величиной и продолжительностью $P_{впр}$ осуществлялся осциллографированием и регистрацией диаграмм давления топлива перед распыливающим отверстием.

Процессы, протекающие в камере сгорания, регистрировались на черно-белую и цветную киноплёнки с одновременной записью индикаторной диаграммы. Скорость киносъемки 3700...4900 кадров/с. По кинограммам определялись дальность (зависимость $S = f(t)$), угол конуса струи ($\alpha = f(t)$), площадь ее продольного сечения ($F = f(S)$) и другие параметры. По индикаторной диаграмме определялись параметры воздуха в камере сгорания.

Базовый процесс был обозначен индексом "Г" (горение).

Моделировался аналогичный процесс, в котором температура воздуха за период впрыска менялась от 474 до 480 К, что исключало воспламенение топлива. При этом p_v выдерживалось такой же, как и в первом случае. Параметры воздушного заряда выдерживались путем управления величинами P_k и T_k . Остальные параметры впрыска и работы ДПО сохранялись. По кинограммам и индикаторной диаграмме определялись те же параметры и зависимости. Этот процесс обозначен индексом "Д" (динамика).

В третьей группе экспериментов ДПО был переведен в режим холодной статической бомбы. Здесь p_v выдерживалась равной ее среднеинтегральному значению на такте сжатия за период движения струи до стенки камеры в дизельном процессе (17,06 кг/м³ для $\Delta P_{впр} = 21$ МПа и 17,16 кг/м³ для $\Delta P_{впр} = 17,5$ МПа). Температура воздуха в среднем составляла 20 °С. При переналаживании ДПО в бомбу поршень фиксировался в том положении, в котором струя достигала его поверхности при моделировании дизельного процесса. Для уменьшения загрязнения стекол брызгами топлива, возникающими при ударе струи о стенку камеры, $T_{впр}$ было сокращено до 2,5 мс. Предварительные съемки показали, что такое сокращение $T_{впр}$ не оказывает влияния на дальность струи. Остальные параметры топливоподачи не менялись. Этот процесс обозначен индексом "С" (статика).

Измерение параметров струи. Измерение длины струи производилось как по негативному проекционному изображению с помощью аппарата "Микрофот 5-ПО1", так и по отпечаткам с кинограмм, на которых размеры камеры сгорания выдерживались в масштабе 1:1. Следует отметить, что изме-

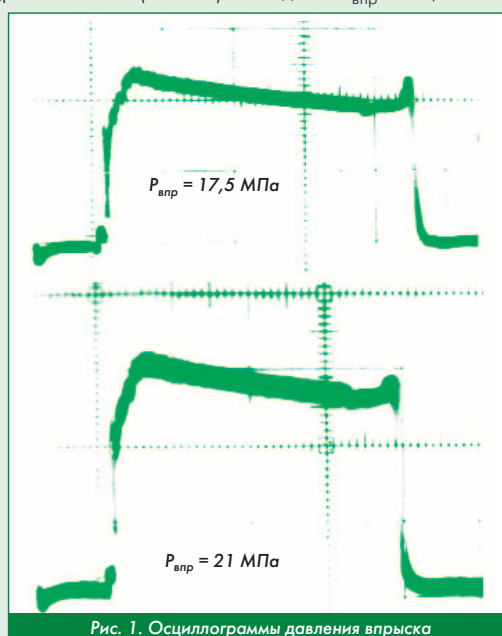


Рис. 1. Осциллограммы давления впрыска

рять параметры струи по отпечаткам проще, удобнее и точнее, чем по проекционному изображению, так как ее изображение в этом случае визуально воспринимаются легче и конкретнее, чем на негативной проекции.

Определение угла конусности оказалось более сложной операцией, чем измерение длины струи, так как ее шлейф имеет некоторые отличия от геометрического конуса, очертания его периферии неровные, а граница между струей и воздухом недостаточно четкая. При воспламенении вокруг очага зачастую образуется вздутие струи, нарушающее конусность шлейфа, а ось струи имеет изломы. Кроме того, при измерении угла конусности вносится заметная субъективная ошибка до 2...3°. Эти особенности затрудняют определение угла конусности, в связи с чем полученные данные, несмотря на достаточно отчетливое проявление тенденций его изменения, требуют дальнейших исследований, и их нельзя считать завершенными.

Дальнобойность. Сравнение данных по всем режимам показало, что на дистанции пробега струи до стенки камеры, составляющей 93 мм, наибольшее расхождение в перемещении вершины струи составляет 5...7 %, что укладывается в суммарную погрешность измерений приборного комплекса ДПО и обработки материала.

При $\Delta P_{впр} = 21 \text{ МПа}$ струя проходит 93 мм за 2 мс, при $\Delta P_{впр} = 17,5 \text{ МПа}$ - за 2,1...2,3 мс. Некоторое различие по дальнобойности в разных условиях ("Г", "Д", "С") объясняется некоторым расхождением в скорости нарастания переднего фронта диаграммы давления.

На всех кинограммах дизельного процесса наблюдается излом оси горячей струи в трех местах. Первый излом возникает при касании струей выпуклости головки поршня на расстоянии 21 мм от соплового наконечника и направлен к крышке. Его величина - 6...12°. Затем, на расстоянии 58 мм ось струи отклоняется вниз, к поршню, на 10...14°, но его днища не достигает. Третий излом наблюдается на втором кадре после касания струей стенки камеры на расстоянии 17...19 мм от стенки и направлен вверх. Его величина 1...9°. Если первый излом вызван отражением струи от поверхности поршня, а третий - взаимодействием струи со стенкой; можно полагать, что второй вызван силой тяжести. Величина угла встречи струи со стенкой определяет возможность попадания существенной массы топлива к крышке. По визуальной оценке, значительного воздействия на процесс сгорания излом струи, очевидно, не оказывает. Это подтверждается при сравнении с другими кинограммами, на которых струя не касается поршня. По ним видно, что в точке касания незначительно по-

нижается температура сгорания топлива и немного увеличивается выделение сажи. Количественные оценки этого явления визуальным способом дать сложно. На режимах "статика" и "динамика" наблюдается только второй излом струи, по величине совпадающий с наблюдаемым в режиме "горение". Обобщенные зависимости $S = f(t)$ приведены на рис. 2 и рис. 3.

Воспламенение и горение. Один или несколько первичных очагов воспламенения возникают в зоне, расположенной ближе к сопловому наконечнику, спустя примерно одинаковое время от начала впрыска. Струя при этом в большинстве случаев достигла стенки камеры или находится вблизи ее. При $\Delta P_{впр} = 17,5 \text{ МПа}$ воспламенение топлива происходит спустя 1,3...1,6 мс от начала впрыска на расстоянии 19...40 мм от соплового отверстия. При $\Delta P_{впр} = 21 \text{ МПа}$ воспламенение начинается спустя 1,35...1,9 мс на расстоянии 22...31 мм.

Для обоих режимов в основном наблюдается одноочаговое воспламенение. Многоочаговое воспламенение зафиксировано примерно на 10 % кинограмм. Наблюдаются до десяти точечных очагов, расположенных в одной зоне на небольшом расстоянии друг от друга. Первичные очаги фиксируются не на всех кинограммах. В ряде случаев в качестве первичного очага фиксируется значительный участок струи, уже охваченный пламенем и поглотивший один или несколько первичных очагов воспламенений. Отмечено также появление точечных очагов рядом с участком струи, уже охваченным пламенем.

Скорость распространения пламени от цикла к циклу меняется в широком диапазоне. Она зависит от направления

распространения и неодинакова для разных $P_{впр}$. Максимальная мгновенная скорость W_{max} отмечается в момент появления очага в направлении движения струи. Ее средняя величина W_{mc} составляет 337,6 и 205,8 м/с для $\Delta P_{впр} = 17,5$ и 21 МПа, соответственно. По мере приближения фронта пламени к вершине струи скорость его движения снижается. Величина снижения от цикла к циклу меняется в широких пределах. На некоторых кинограммах зафиксировано неоднократное ускорение и замедление распространения фронта пламени в процессе воспламенения одной струи. Средняя скорость распространения пламени W_c определялась как среднеарифметическое значение на дистанции от очага до вершины струи для каждого цикла. Ее значение менялось от эксперимента к эксперименту. Из всех значений W_c выводилось среднее значение скорости W_{cc} .

В обратном направлении скорость распространения пламени значительно ниже. В процессе впрыска при приближении к сопловому наконечнику пламя останавливается, не доходя до него 5...10 мм и может

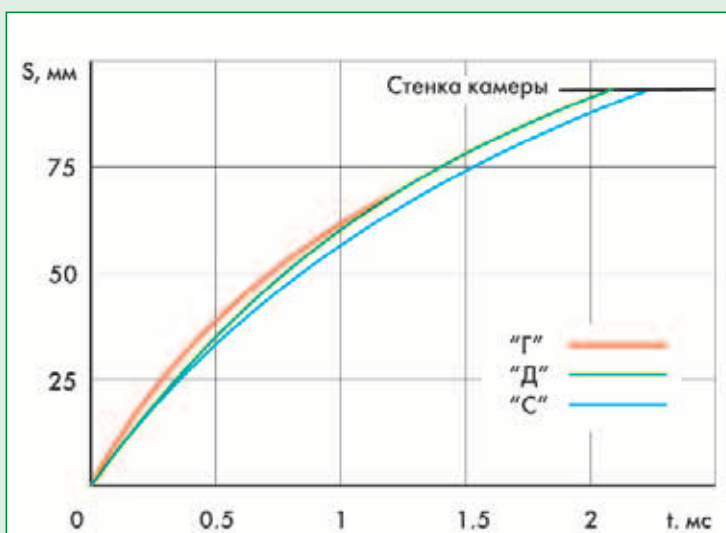


Рис. 2. Зависимость $S = f(t)$ для $P_{впр} = 17,5 \text{ МПа}$

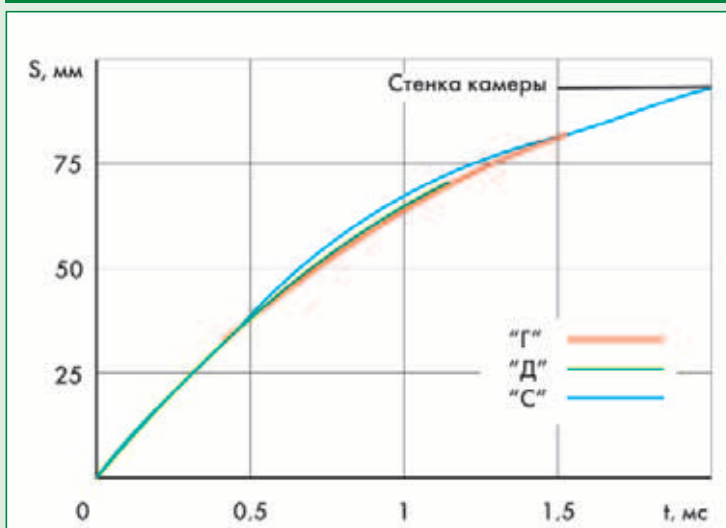


Рис. 3. Зависимость $S = f(t)$ для $P_{впр} = 21 \text{ МПа}$

возвращаться вспять, так как высокая скорость истечения топлива сносит его. Пламя охватывает корень струи лишь после посадки иглы. Движения охваченного сгоранием корня не отмечается. Сгорая, он распадается на несколько мелких очагов, которые выгорают, не перемещаясь. Шлейф выгорает за 2...2,5 мс, практически также не перемещаясь.

Значения скоростей распространения пламени приведены в таблице. Из таблицы видно, что при меньшем $\Delta P_{впр}$ значения скоростей увеличиваются.

Головная часть струи после удара о стенку увеличивается в объеме. Верхняя ее часть, растекаясь по стенке, через 2...3 мс начинает проникать в торцевой зазор. Нижняя часть заполняет выемку поршня и медленно, на протяжении примерно 20° угла поворота коленчатого вала, движется по днищу поршня к его центральной части. После выгорания шлейфа сосредоточенный на периферии камеры очаг горения растекается от торцевого зазора по ее стенке и днищу поршня, разделяется на две части - одну в районе торцевого зазора, другую на конической части центрального выступа - и здесь догорает. Значительных различий в протекании этого процесса при разных $P_{впр}$ не отмечено. Процесс распространения пламени иллюстрируется рис. 4. Здесь же приведены зависимости $S = f(t)$ и $\alpha = f(t)$ этого цикла.

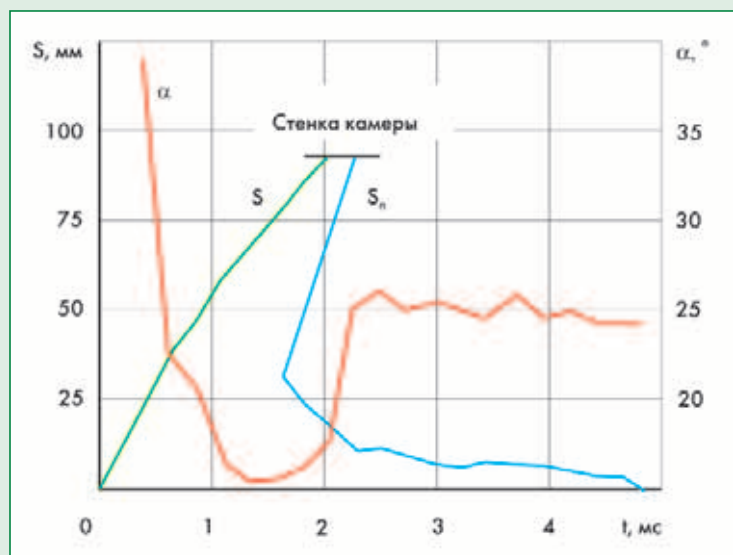


Рис. 4. Зависимости $S = f(t)$, $S_n = f(t)$ и $\alpha = f(t)$

Появление продуктов сгорания отмечается почти сразу после полного воспламенения струи. Сначала это небольшие слабосветящиеся и слабо выраженные скопления, расположенные между крышкой и горячей струей. Спустя примерно 2 мс после воспламенения они увеличиваются в размерах, но полностью зазор между струей и крышкой не заполняют. В этот же момент продукты сгорания появляются между струей и поршнем в нижней ее части. После отсечки, по мере деформации струи, они заполняют близлежащее к сопловому наконечнику пространство и маскируют прохождение света от лампы. Их уже становится значительно больше, чем прежде. По мере растекания пламени по днищу поршня продукты сгорания "поглощаются" пламенем. В дальнейшем, в конце фазы догорания, они появляются снова, но полностью просвет камеры не маскируют, а выглядят как темные пятна, оставшиеся на месте потухших очагов горения.

Фрагмент кинограммы, демонстрирующий впрыск, воспламенение и сгорание топлива при $\Delta P_{впр} = 17,5$ МПа, приведен на рис. 5. Темные пятна в месте контакта горячей

Параметр	$\Delta P_{впр} = 17,5$ МПа		$\Delta P_{впр} = 21$ МПа	
	в прямом направлении	в обратном направлении	в прямом направлении	в обратном направлении
W_{max} , м/с	111,1... 833,3	27,4 ...128,2	90,1... 384,6	23,6 ...103,1
$W_{мс}$, м/с	337,6	73	205,8	63,5
$W_{сг}$, м/с	71,4 ... 136,0	15,3 ... 44,6	90,1... 133,3	18,7... 60,2
$W_{сгг}$, м/с	98,8	28,4	106,5	29,9
Распределение W_{max}	До 100 м/с	0	14 %	-
	100...200 м/с	55 %	57 %	-
	300...400 м/с	18 %	29 %	-
	500...800 м/с	27 %	0	-

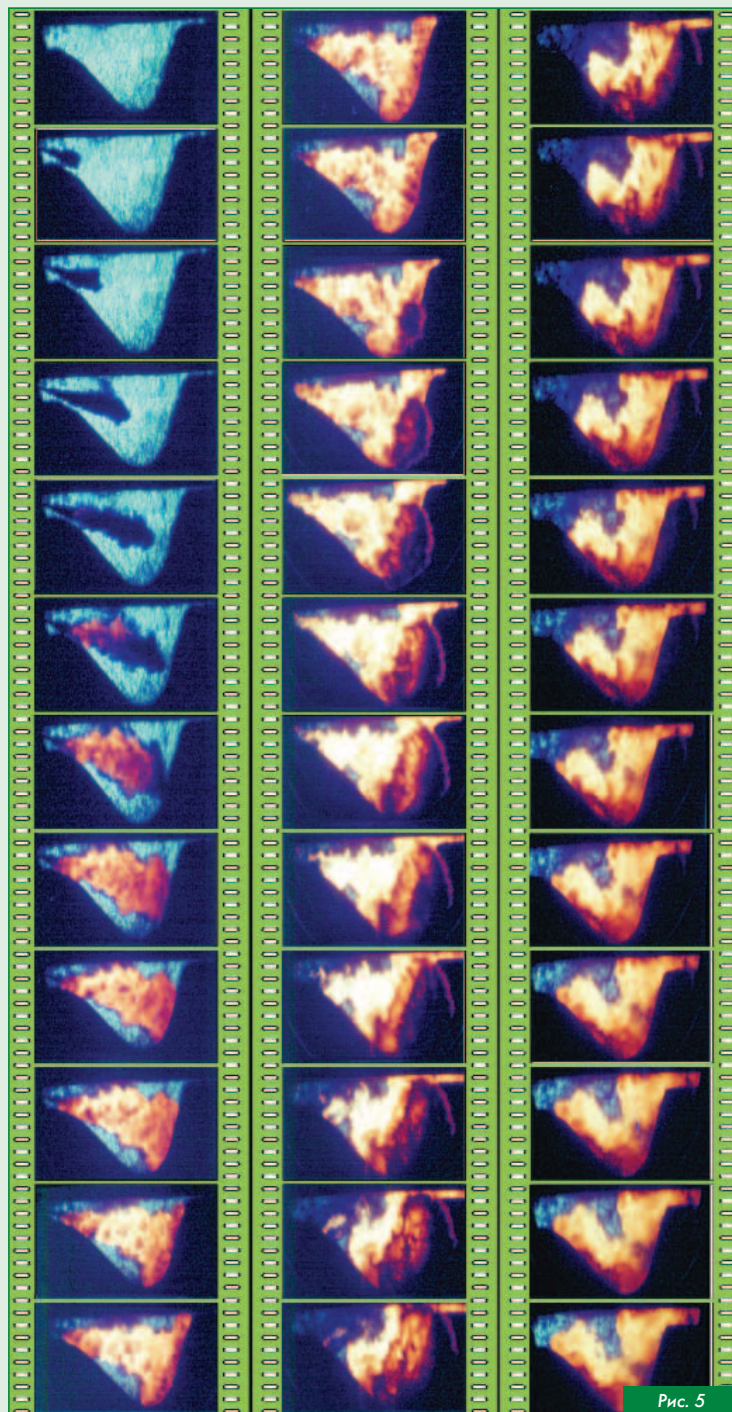


Рис. 5

струи с головкой поршня вызваны повышенным сажевыделением в тех местах, где пламя касается смотровых стекол, имеющих более низкую температуру. Языки пламени, выравнявшиеся за пределы просвета камеры, - это проникшее в зазор между поршнем и стеклом горящее топливо.

(Окончание в следующем номере)

В конце июля руководством ОАО "АСМ-холдинг" был проведен традиционный Круглый стол, в работе которого приняли участие представители правительства, руководители и специалисты автомобильной промышленности, ученые отраслевых институтов. На этой встрече присутствовали журналисты, которые более часа задавали участникам Круглого стола вопросы самой разнообразной направленности: от политических и социальных до сугубо технических.

Основная часть вопросов родилась у журналистов после заслушивания доклада заместителя генерального директора ОАО "АСМ-холдинг" Александра Ковригина. В докладе были приведены данные о состоянии дел в мировом автопроме в прошлом году; итоговые результаты работы отечественного автопрома за первое полугодие 2004 г.; изменение парка автомобилей в 2003 г. и сводные данные о продаже новых иномарок на российском рынке. Кроме того, докладчик осветил ход подготовки к VIII Московской международной автомобильной выставке MIMS-2004.

По данным OICA (Статистический комитет Международной организации производителей автомобилей), 2003 г. в целом характеризовался относительной стабильностью мирового автомобильного рынка. Общий объем производства автомобилей в мире вырос в 2003 г., по сравнению с 2002 г., на 2,7 % и достиг 60,6 млн единиц. Динамика изменения объемов производства автомобилей по регионам мира в 2003 г. была весьма неоднород-

ной. Заметное сокращение производства автомобилей в Северной Америке (-3,0 %) и падение уровня производства в странах Европейского Союза (-0,5 %) компенсировались ростом производства в других регионах, в первую очередь - в странах Юго-Восточной Азии. Наиболее интенсивное увеличение производства вновь наблюдалось в Китае, где общий объем выпуска автомобилей до-



А. Ковригин

стиг 4,4 млн единиц (среднегодовой темп роста 35,2 %), из которых более двух миллионов составили легковые автомобили (рост 83,2 %). По общему объему производства автомобилей Китай опередил Францию и вышел на четвертое место в мире после США, Японии и Германии.

Данные о мировом производстве автомобилей по странам показывают, что от мировых лидеров автомобилестроения Россия отстает еще очень далеко. В этом рейтинге она занимает лишь 13 место. Еще дальше от лидеров в рейтинге мировых фирм-производителей стоит основной российский производитель автомобилей - ОАО "АвтоВАЗ". Он занимает в этом списке 17 место.

Как известно, мощь компании в определенной степени характеризуется величиной ее рыночной капитализации. По данным, опубликованным недавно газетой Financial Times, капитализация ОАО "АвтоВАЗ" оказывается в 15 раз ниже занимающей последнее место в рейтинге FT-500 (рейтинг 500 крупнейших компаний мира по показателям рыночной капитализации) компании Johnson Controls, специализирующейся на производстве автокомпонентов.

Эти соотношения свидетельствуют как о низкой концентрации производственного потенциала в отечественном автомобилестроении, а, следовательно, и о малых возможностях реализации крупных проектов, так и о низкой инвестиционной привлекательности наших предприятий.

Более подробно об отечественном автопроме одновременно с отчетом об итогах выставки MIMS 2004 (25-29 августа), а также о работе VI Конференции "Двигатели для российских автомобилей" (26 августа) и II Конгрессе технологов автомобилестроения (27 августа) журнал расскажет в одном из следующих номеров.

Соб. инф.

ИНФОРМАЦИЯ

Специалистами Коломенского завода разработан и построен новый тепловоз 2ТЭ70 - первый грузовой тепловоз российского производства, изготовленный полностью из отечественных комплектующих. Новый российский локомотив по технико-экономическим и экологическим параметрам полностью соответствует классу современных магистральных тепловозов. По мощностным и скоростным характеристикам 2ТЭ70 значительно превосходит грузовые тепловозы, эксплуатируемые сегодня на железных дорогах России и стран СНГ. Введение в эксплуатацию 2ТЭ70 позволит увеличить пропускную способность, повысить безопасность движения поездов, снизить затраты на обслуживание и ремонт, уменьшить вредное воздействие на окружающую среду.

Грузовой двухсекционный тепловоз 2ТЭ70 мощностью 6000 кВт с электрической передачей переменного тока предназначен для вождения тяжеловесных составов массой до 6000 т, что позволит на 20...25 % увеличить массу составов на линиях с тепловозной тягой. Кроме того, тепловоз 2ТЭ70 позволит увеличить скорость движения грузовых составов на 10...20 км/ч (конструкционная скорость составляет 110 км/ч), умень-

шить эксплуатационные расходы благодаря снижению расхода топлива (удельный расход топлива при полной мощности всего 195 г/кВт·ч) и масла, улучшить условия работы локомотивных бригад.



Грузовой тепловоз 2ТЭ70

Сегодня более 80 % грузовых перевозок осуществляется железнодорожным транспортом, и задача обновления локомотивного парка является первоочередной для обеспечения потребностей экономики страны. В настоящее время железнодорожная отрасль нуждается в новых магистральных локомотивах, в том числе грузовых тепловозах, производство которых после распада

СССР осталось на территории Украины. По расчетам специалистов, в перспективе к 2010 г. грузооборот возрастет в 1,7...1,8 раза (по сравнению с 2003 г.). Если не принять незамедлительных мер, к 2010 г. выработают срок службы 93,9 % магистральных грузовых тепловозов.

2ТЭ70 изготовлен по техническому заданию, утвержденному ОАО "Российские железные дороги", и предназначен для замены выработавших срок службы тепловозов типа 2ТЭ10 и 2ТЭ116. На тепловозе установлен высокоэкономичный дизель-генератор 2А-9ДГ-02 с улучшенными экологическими характеристиками. Новый тепловоз оборудован микропроцессорной системой управления, регулирования и диагностики с поосным регулированием касательной силы тяги.

В качестве базовой конструкции для создания грузового тепловоза 2ТЭ70 принята конструкция нового пассажирского тепловоза ТЭП70БС, построенного на Коломенском заводе в 2002 г. В настоящее время ТЭП70БС проходит завершающую стадию типовых испытаний и в ближайшее время будет освоен в серийном производстве.

Екатерина Быкова,

пресс-секретарь ОАО "Коломенский завод"

СОЗДАТЕЛЬ "СИНЕЙ ПТИЦЫ"

Олег Курихин



Становление отечественного автопрома началось сразу же после окончания Гражданской войны. В 1925 г. впервые в нашей стране освоили серийное производство грузовиков: АМО-Ф-15 в Москве и Я-3 в Ярославле. 23 июня того же года выпускник Московского механико-электротехнического института им. М.В. Ломоносова (ныне это МАМИ) Константин Андреевич Шарапов с оценкой "отлично" защитил дипломный проект на тему "Малолитражный автомобиль для российских условий эксплуатации и производства". Вскоре на основе дипломного проекта Шарапов с помощниками создал первую в стране малолитражку, выпускавшуюся серийно в течение 1927-1930 гг. Всего изготовили 369 таких автомобилей.

Видно птицу по полету

Костя Шарапов (фамилия матери) родился 2 мая 1899 г. в Москве. Восьми лет Костя поступил в Московское городское Средненское училище, а осенью 1911 г. - в Комиссаровское среднее техническое училище на специальность техника.

Старший сын в большой семье - кормилец: Константин совмещал учебу с работой. С 1914 г. он был помощником слесаря, потом шесть лет помощником машиниста, а затем и машинистом паровоза. В те годы эта профессия была высокооплачиваемой и престижной, требовала здоровья, ответственности, внутренней дисциплины, природного ума. Этими качествами Костя Шарапов обладал. В 1917 г. К.А. Шарапов закончил среднее техническое училище. Лишь в 1921 г., навсегда распрощавшись с паровозом, Константин стал студентом Московского механико-электротехнического института им. М.В. Ломоносова по специальности "автомобиль", причем по рекомендации ректора профессора И.В. Грибова он сразу был зачислен на 2-й курс.

Шарапов оказался способным студентом, но не забывал и о развлечениях. Так, в 1921 г. Константин обучал молодежь современным танцам (танго, фокстроту и пр.). Его партнершей в этом увлечении была обаятельная девушка Лена Брилинг, отец которой - известный профессор - преподавал в нескольких ВУЗах, в том числе и в том, где учился Костя. В следующем году Константин, не оставляя занятий в институте, поступил в Московскую консерваторию, где на вечернем отделении учился игре на трубе по классу профессора Табакова.

На выпускном курсе профессор Е.А. Чудаков предложил толковому студенту актуальную для того времени тему дипломной работы: разработать проект малолитражного автомобиля. В качестве прототипа руководитель дипломного проекта предложил чехословацкую "Татру-11". Что же в ней его привлекало? В жесткую конструкцию соединялись картеры двигателя и коробки передач, которую труба большого диаметра (150 мм) скрепляла с картером главной передачи у задних колес. К оппозитному двухцилиндровому 4-тактному мотору крепилась поперечная рессора, а к ее концам - ступицы передних колес, соединенные балкой. Разгруженные задние полуоси качались на шарнирах. Кузов устанавливался на кронштейны, приваренные к центральной трубе.

Дипломнику предстояло на основе прототипа создать легковушку, максимально соответствовавшую тогдашним условиям производства и эксплуатации в нашей стране, характеризовавшимся отсутствием массового производства автомобилей и очень плохим качеством дорог. Константин, защитив дипломный проект с оценкой "отлично", стал одним из 45 инженеров-механиков первого выпуска института. Директор МАМИ профессор Н.Р. Брилинг сразу же пригласил молодого инженера Шарапова работать в свой институт.

В конце 1925 г. К.А. Шарапова назначили ведущим конструктором по проекту малолитражки на основе его же дипломного проекта - факт уникальный даже для того времени. Руководил проектом Н.Р. Брилинг. Он привлек к работе молодых сотрудников А.А. Липгарта и Е.В. Чарнко. За 1926 г. задание было выполнено. Малолитражку назвали НАМИ-1, поскольку она стала первым автомобилем, спроектированным МАМИ.

В этой модели конструкторы постарались предельно уменьшить неподдресоренную массу автомобиля. Был спроектирован компактный V-образный верхнеклапанный двигатель воздушного охлаждения мощностью 22 л. с. Колеса переднего моста не имели тормозов, а у задних колес тормозные механизмы были сдвинуты впритык к картеру главной передачи. Руль был правосторонним. Дверь в переднюю часть двухдверного открытого салона расположили слева, а в заднюю - справа. Все в машине упростили: контрольных приборов, стартера, электрогенератора, бензонасоса не было, масло в двигатель подавалось ножным насосом, зажигание работало от магнето. Конструкторы полагали: если в поездке потребуется пользоваться фарами, то на правую подножку шофер установит предварительно заряженный аккумулятор.

В январе 1927 г. на московском авторемонтном заводе "Спартак" началось изготовление трех опытных образцов малолитражек. К 1 мая сделали первое шасси (в таком виде машина и прошла с первомайской демонстрацией по Красной площади), а к 30 июня - собрали все три автомобиля. Их испытали на стендах МАМИ и в пробегах. В чертежи внесли необходимые уточнения и с января 1928 г. начали выпускать серийно.

На одном из первых серийных НАМИ-1 К.А. Шарапов участвовал во Всесоюзном мотопробеге. Стоило колонне мотоциклов и



На первомайской демонстрации в 1927 г.



Шарапов за рулем НАМИ-1 в подмосковье

автомобилей прибыть в какой-либо из городов по трассе пробега и восхищенные горожане узнавали, что за рулем НАМИ-1 ее создатель, его тут же с возгласами "качать Шарапова!" подхватывали и под аплодисменты собравшихся долго "качали", благодарили и угощали. И так - в каждом пункте остановки колонны мотопробега.

В мире конструкторских замыслов и свершений

Автомобиль НАМИ-1 москвичи заметили. На нем, как правило выкрашенном в ультрамариновый цвет, шоферы гоняли по немногочисленным улицам столицы быстрее тяжелых американских и английских "рыдванов". Эти впечатления побудили москвичей прозвать малолитражку "Синей птицей". Специалисты находили в ней много недостатков. Главным же стала вибрация кузова из-за плохой уравновешенности двигателя, жестко крепившегося к центральной трубе. Пока Липгарт на заводе устранял многочисленные технические дефекты, Шарапов проектировал другой мотор (4-цилиндровый, воздушного охлаждения, той же кубатуры и мощности), а под него - новую малолитражку НАМИ-2. Эту работу Константин Андреевич закончил в 1933 г. К тому времени НАМИ преобразовали в НАТИ (Научный автотракторный институт) и в соответствии с этим опытные машины обозначили НАТИ-2. Всего сделали четыре опытных образца: два несколько отличавшихся кабриолета, родстер и пикап. Испытания прошли успешно, но в серию их не приняли, поскольку к тому времени в Горьком освоили серийный выпуск более комфортабельного легкового автомобиля марки ГАЗ-А.

В конце того же года Константин Андреевич взялся за проектирование семейства мощных двигателей для тяжелых грузовиков, многоместных автобусов, пожарных машин и другой тяжелой промышленной техники. Для ознакомления с достижениями в двигателестроении его командировали в США, где он пробыл первые три месяца 1934 г., посетив многие автомобильные фирмы. Вернувшись, он написал объемистый отчет, опубликовал несколько статей об аме-

риканских автомобильных моторах.

К.А. Шарапов впервые в стране создал максимально унифицированную серию автомобильных моторов. Работа была столь значимой и перспективной, что им присвоили обозначение - двигатели серии "Ш". В нее входили пять карбюраторных бензиновых моторов (ШБ), три дизеля (ШД) и два двигателя, работавших на газе (ШГ). На-

бор мощностей был в пределах 95...160 л.с. Предполагалось, что двигатели будут иметь одинаковые габариты и посадочные места, а также многие взаимозаменяемые узлы. Константин Андреевич считал, что двигатели серии "Ш" следует изготавливать на одном заводе. Всемирная унификация обещала экономию средств и времени при разработках новых моделей автомобилей. Удалось изготовить и испытать два опытных образца двигателей: ШБ и ШД. Унификация новых моторов достигала 75 %, что было вполне удовлетворительно для опытных моделей. Этот показатель предполагалось увеличить в процессе их доводки.

Попутно с выполнением этой важной для страны работы К.А. Шарапов немало сделал по заданию руководства НАТИ. Так, он спроектировал и испытал независимую подвеску передних колес легкового автомобиля ГАЗ-А, выполнил проект установки 45-метровой выдвижной лестницы на трехосное шасси грузовика ЯГ-10, разработал эскизный проект трехосной модификации легкового автомобиля ГАЗ-А... всего не перечислить.

В 30-х годы ярко проявились увлечения Константина Андреевича. Он играл на трубе в танцевальном оркестре Дома ученых и занимался спортом. Летом ему нравилось играть в теннис на открытых кортах и плавать, а зимой кататься на коньках в Парке культуры и

отдыха им. Горького и гонять на лыжах по лесам Подмосковья. Обычно он пробегал до 40 км за день. Угнаться за ним было непросто. Для улучшения техники бега он изобрел и сконструировал на креплениях типа "ротонфеллы" для своих лыж особый "задник", облегчавший повороты при спуске с горы на большой скорости.

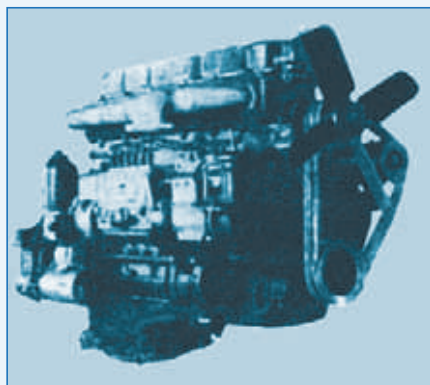
Константин Андреевич отличался смелым и азартным характером. Однажды "на спор" он обязался проехать на мотоцикле по одному трамвайному рельсу вдоль всего Садового кольца. Наблюдатели сопровождали его на машине. В конце "трассы" оказался участок, на котором ремонтировали рельсовый путь. Колесо мотоцикла соскочило с рельса в углубление, мотоцикл бросило на кучу булыжника, Шарапов упал и сильно разбил колено, потом долго лечил его, а друзья над ним подшучивали.

Красивая, насыщенная радостью жизнь и многогранная творческая деятельность внезапно прервались 23 марта 1938 г.

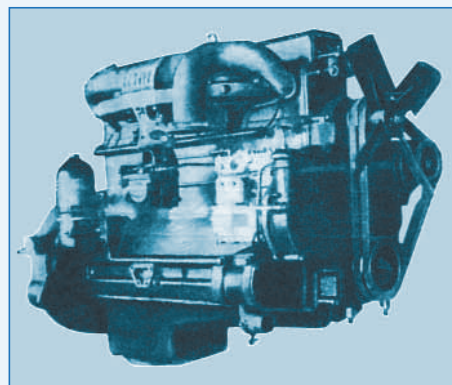
Превратности судьбы и твердость духа

В тот роковой день К.А.Шарапова арестовали органы НКВД. Ему инкриминировали "передачу чертежей гражданину Греции, который за это угощал его кофе в ресторане "Националь". Константин Андреевич оказался в ГУЛАГе на шестой автобазе Магадана.

...В зону, где работал К.А. Шарапов, привезли из США экскаватор в разобранном виде. Начальник лагеря приказал узнать, кто владеет английским языком и возьмется собрать и запустить машину. Константин Андреевич решился. Ему пообещали в помощь всех заключенных, дали три дня на сборку и предупредили: не справишься - расстрел, справишься - отправят на "большую землю". К.А. Шарапов справился, однако из лагеря его не отпустили, хотя и создали условия для жизни и работы. С тех пор он был экскаваторщиком и ведал состоянием машинного парка,



Близнецы: двигатель ШД-1...



... и его "родной брат" ШБ-1

мог заниматься конструированием. Сначала он спроектировал газогенератор для сжигания местных спекающихся аркоглинских углей, затем создал обогреватель кабины водителя грузовиков ЗИС-5 и другие агрегаты.

Уже во время войны по собственной инициативе Константин Андреевич спроектировал авиационный дизель мощностью 2000 л.с., названный "Дальстрой", после чего его перевели в "шарашку", организованную на авиазаводе № 16 в Казани, определили в ОКБ и назначили главным конструктором спецобъекта. Для торпедных катеров он спроектировал реверсивную муфту ЗИГ-3, изготавливавшуюся серийно в специальном цехе, а затем - реверсивно-редукционную муфту с гидравлическим дистанционным управлением для авиадизеля мощностью 1000 л.с.

После окончания войны его перевели в Рыбинск на авиазавод № 36, назначили первым заместителем главного конструктора ОКБ-36-II и поручили разработку "объекта 24" - турбореактивного двигателя. В 1948 г. Константин Андреевич завершил эту работу, в августе был освобожден и сразу же назначен заместителем главного инженера Кутаисского автозавода. Однако 17 января 1949 г. его вновь арестовали и сослали в Енисейск Красноярского края. Там он заведовал гаражом "Аэродромспецстрой", водил грузовик, выпускал чертежи для ремонта использовавшихся и им же спроектированных механизмов. 10 марта 1953 г. начальник Енисейского стройучастка объявил ему благодарностью "за хорошую работу", а в декабре Константина Андреевича полностью реабилитировали.

Второе дыхание

Возвращение в родной город было счастливым. Его помнили и уважали. В 1953 г. умер академик Е.А. Чудаков, после чего научная автомобильная лаборатория НАТИ распалась. Часть сотрудников ушла в НАМИ, а оставшийся коллектив возглавил академик Б.С. Стечкин. "Осколок" института он переименовал в Лабораторию двигателей АН СССР и пригласил к сотрудничеству Шарапова. 30 июня 1954 г. Константин Андреевич стал и.о. начальника конструкторского отдела. Сначала он занялся совершенствованием автомобиля ЗиЛ-130, а затем разрабатывал дизель для грузовика ЗиЛ-130Д, унифицированного с карбюраторным мотором для ЗиЛ-130. Одновременно он продолжал исследования, начатые в 30-х годах, но на более высоком теоретическом уровне, готовился к защите кандидатской диссертации.

Незаметно пролетели пять лет в упорных трудах и наступило время назначения Константина Андреевича заведующим конструкторским отделом на следующие пять лет. При утверждении его на эту должность возникли трудности из-за утери в годы войны и лагерей диплома об окончании ВУЗа. Для восстановления утраченного диплома требовалось авторитетное поручительство. К счастью для Константина Андреевича с этим все разрешилось благополучно, ведь новое удостоверение подписали академик Б.С. Стечкин, член-корр. АН СССР Н.Р. Брилинг и главный конструктор НАМИ д.т.н. А.А. Липгарт. Стечкин хорошо знал его по совместной работе в "шарашке" завода № 16, а Брилинг и Липгарт - по работе в НАМИ и НАТИ.

В 1954-1959 гг. Константин Андреевич собрал сведения о двигателях грузовиков, созданных в США, Англии, Германии и других странах, работавших на бензине (карбюраторные), соляре (дизеля) и природном газе. Он проанализировал их конструкции, параметры, свойства, сопоставил с отечественными моторами и выдвинул собственные идеи, связанные с унификацией двигателей для отечественных грузовиков. В сущности, этим была продолжена работа, начатая в 30-е годы при создании двигателей серии "Ш".

На должность заведующего конструкторским отделом его, конечно, утвердили. Он удачно руководил подразделением, завершил



К.А. Шарапов

оформление диссертации и защитил ее 9 мая 1961 г. Примерно в это же время было принято решение ЦК КПСС и Совета министров СССР о выводе всей инфраструктуры, занимавшейся прикладной наукой, из состава Академии наук. В связи с этим Лабораторию двигателей передали в министерство среднего машиностроения и назвали Институтом двигателей. Произошло это 26 июня 1961 г. Новую организацию пополнили сотрудниками из других институтов и передали ей новую тематику. Предстояло создать бортовую электростанцию для навигационного спутника Земли с ядерным источником энергии. Константину Андреевичу поручили разработку стендов для испытаний наиболее ответственных деталей системы. Работа продолжалась около пяти лет. За это время под началом К.А. Шаропова изготовили несколько десятков стендов. Сделанное стало основой для разработки более совершенной системы бортового питания искусственного спутника Земли.

Руководство отмечало высокое качество созданного под руководством Константина Андреевича нестандартного оборудования. К нему превосходно относились, но сам он чувствовал, что интенсивная работа по космической тематике стала утомительной. Сказывался возраст и пережитое в 30-50-е годы. Пришлось подыскать нечто не столь напряженное, но более знакомое.

Возвращение к автомобилю

В 60-х годах автомобилизация достигла таких масштабов, что выхлопные газы стали сильно загрязнять воздух больших городов и особенно мегаполисов. Наличие окисей углерода, азота и других токсичных газов в атмосфере ухудшало самочувствие горожан, приводило к заболеваниям, словом, снижало уровень их жизни. Аналитики прогнозировали дальнейший рост загрязнения и побуждали общество противостоять надвигающейся экологической катастрофе.

Американцы столкнулись с этой проблемой раньше всех и первыми взялись за ее решение. Предстояло добиться более полного сгорания топлива в двигателях и нейтрализации вредных выбросов. К решению второй задачи приступили в первую очередь. В Москве для ведения таких исследований создали Лабораторию нейтрализации на правах филиала Центрального института топливной аппаратуры, находившегося в Ленинграде. Несколько позже на ее базе в столице организовали Центральный научно-исследовательский институт моторостроения. В нем вели научный поиск, изготавливали макеты нейтрализаторов газов, проводили многочисленные испытания. В 1966 г. конструкторские работы возглавил К.А. Шарапов. Первоначально занимались конструированием несложных экспериментальных образцов. Константин Андреевич наладил работу, растил кадры специалистов, лично конструировал и участвовал в испытаниях опытных нейтрализаторов, быстро стал авторитетом и в этой области автомобильной техники. А досуг он, как и раньше, посвящал теннису и лыжам.

27 апреля 1974 г. общественность торжественно отметила 75-летний юбилей К.А. Шаропова. Его поздравляли организации, в которых он трудился, коллеги по работе, специалисты автомобильной отрасли, многочисленные знакомые, друзья и родственники. О нем появились статьи в газетах и журналах. Признание заслуг волновало и радовало, однако время брало свое. В 1975 г. Шарапов впервые серьезно заболел. Сказалось переутомление. Спустя четыре месяца он вырвался из больницы и после этого работал еще настойчивее. Осенью 1979 г. Константин Андреевич снова заболел и на этот раз серьезно. Шарапов умер 6 мая 1980 г. и был похоронен на Химкинском кладбище Москвы.

В памяти людей имя Константина Андреевича Шаропова накрепко связано с его первой инженерной работой - созданием первого отечественного малолитражного автомобиля и его двигателя.



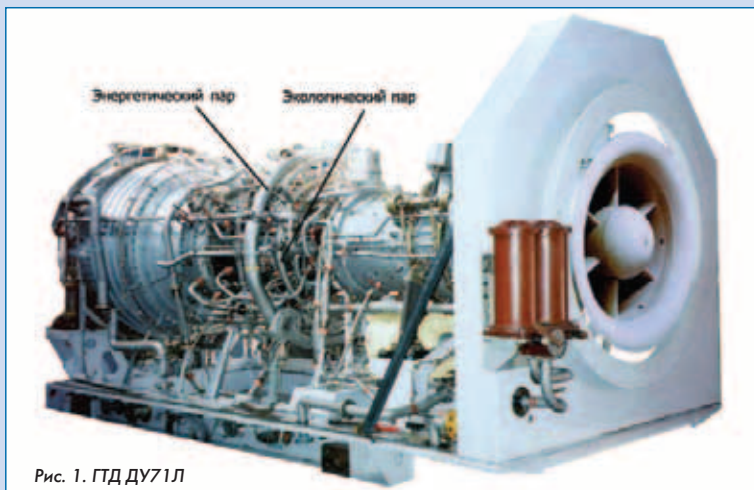


Рис. 1. ГТД ДУ71Л

Совершенствование газотурбинных установок – главная цель их разработчиков. Современная конкурентоспособная энергетическая установка должна характеризоваться высокими показателями экономичности, надежности и экологичности. О возможностях контактных газопаротурбинных установок, опыте их разработки на базе промышленно выпускаемых газотурбинных двигателей и перспективах их применения в составе энергетических установок газоперекачивающих агрегатов, электростанций, судов и морских объектов рассказывается в этой статье.

КГПТУ - ОПЫТ И НОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ НАЗЕМНЫХ И МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ

ГП Научно-производственный комплекс газотурбостроения "Зоря"- "Машпроект":

Юрий Бондин, генеральный директор

Борис Исаков, 1-й зам. генерального директора,
главный конструктор, директор ЦНИОКР "Машпроект"

Виль Кривуца, главный конструктор проекта

Сергей Мовчан, начальник отдела

Виктор Романов, ведущий конструктор

Владимир Спицын, зам. директора ЦНИОКР

"Машпроект", начальник конструкторского отделения

Анатолий Шевцов, гл. научный сотрудник АООТ "НЭТ"



Одним из направлений повышения эффективности газотурбинных установок за счет утилизации теплоты и массы отработавших газов является использование тепловых схем контактных газопаротурбинных установок (КГПТУ). В этих установках часть теплоты отработавших газов возвращается с паром в камеру сгорания газотурбинного двигателя (ГТД) и часть паров воды, образовавшихся при сгорании углеводородного топлива после конденсации, - в утилизационный контур.

Практическая реализация таких схемных решений КГПТУ сводится к созданию следующих образцов новой техники:

- ГТД, способного работать на газопаровой смеси при подачах энергетического и экологического пара;
- компактного котла-утилизатора;
- контактного конденсатора, способного при низких значениях аэродинамического сопротивления обеспечивать конденсацию пара и улавливание воды из газопаровых смесей с низким влагосодержанием.

При создании газоперекачивающей установки ГПУ-16К мощностью 16 МВт разработана КГПТУ-16К, основу которой со-

ставляет двигатель ДУ71Л, разработанный на основе серийного ГТД мощностью 10 МВт (с соответствующими доработками для подачи пара в камеру сгорания).

ГТД ДУ71Л (рис. 1) трехвалный, открытого цикла, с подачами энергетического и экологического пара в камеру сгорания. Компрессоры двигателя низкого и высокого давления - осевые девятиступенчатые, приводятся осевыми одноступенчатыми турбинами. Для согласования с увеличенным расходом рабочего тела проточная часть турбин перепрофилирована. Турбина нагнетателя четырехступенчатая с частотой вращения 5300 об/мин при номинальной мощности 16 МВт.

В 1998 г. первый экземпляр ГТД ДУ71Л был изготовлен НПП "Машпроект" и поставлен на опытно-дождевые испытания для отработки технологических и эксплуатационных задач подвода пара, определения характеристик двигателя и доводки различных узлов. Предприятием проведены длительные стендовые испытания для проверки надежности. Нарботка на стенде ГП НПКГ "Зоря"- "Машпроект" составила около 650 часов.

Котел утилизационный паровой КУП-2700 изготовлен по оригинальной документации НПП "Машпроект" в 1996 г. Он включает горизонтально расположенные трубчатые пучки из стальных труб с наружным приварным ленточным оребрением и три коллектора - входной (питательной воды), выходной (пароводяной смеси) и комбинированный (подвод насыщенного и отвод перегретого пара).

Конденсатор контактный КК-40 включает конденсатосборник, сетчато-канальную насадку, форсуночный ороситель и инерционный каплеотделитель. Конденсатор изготовлен по специально разработанной документации с учетом результатов исследовательских испытаний на стендах НПП "Машпроект", Николаевского кораблестроительного института (НКИ) и Киевского политехнического института. Конденсатор КК-40 был изготовлен в 1997 г. и вместе с котлом-утилизатором КУП-2700 в 1998 г. отправлен на компрессорную станцию КС-35 "Ставищенская" (Украина) для монтажа на агрегате № 5 цеха Б (рис. 2).



Рис. 2. Энергоблок КГПТУ-16 на компрессорной станции "Ставищенская"

Массогабаритные и технологические показатели установки КГПТУ-16К следующие. Масса сухая по элементам: ГТД ДУ71Л - 8 т, КУП-2700 с сепаратором пара - 32,8 т, контактный конденсатор КК-40 - 12 т. Габариты (длина×ширина×высота), соответственно: ГТД ДУ71Л (в контейнере) - 4440×2000×2240 мм; КУП-2700 - 4300×4900×2400 мм; сепаратора - 3850×2100×2330 мм; КК-40 - 5200×3800×3600 мм. Такие размеры позволили на компрессорной станции "Ставищенская" использовать укрытие, аналогичное укрытию для газоперекачивающих агрегатов ГПА-16, серийно выпускаемому СМНПО им. Фрунзе. Однако вызывает сомнение эффективность комплексного воздухоочистительного устройства таких укрытий.

Основные элементы КГПТУ-16К выполнены в блочно-контейнерном исполнении, что позволяет существенно сократить сроки их монтажа на компрессорных станциях и снизить стоимость сооружений.

В 2002 г. установка КГПТУ-16К была полностью смонтирована на компрессорной станции. В феврале 2003 г. начались пуско-наладочные работы по всем агрегатам и системам установки для подготовки ее к предварительным испытаниям. В ноябре 2003 г. она была предъявлена Государственной комиссии и в том же месяце передана в опытно-промышленную эксплуатацию. К концу июня 2004 г. наработка КГПТУ-16К в составе газоперекачивающей установки ГПУ-16, включенной в газовую магистраль, составила 1200 часов. Основные показатели установки следующие (при температуре наружного воздуха от минус 5 °С до плюс 10 °С):

- эффективность установки в условиях компрессорной станции 42,1 % (в условиях ISO - 45 %) при мощности установки 16 МВт;
- содержание вредных выбросов с газопаровой смесью - NO_x - 54 мг/нм³, CO - 58 мг/нм³;
- температура газопаровой смеси за установкой - 25...35 °С;
- эффективность возврата воды из уходящей газопаровой смеси - 1,0...1,1;
- содержание солей в котловой воде при длительной непрерывной работе установки практически постоянно и даже уменьшается вследствие эффективной продувки сепаратора.

ГП НПКГ "Зоря"- "Машпроект" имеет большой опыт применения КГПТУ как электрогенерирующего агрегата. В 1995 г. полноразмерная установка мощностью 25 МВт (КГПТУ-25К) была изготовлена и смонтирована в испытательном цехе предприятия. Установка включала доработанный серийный двигатель ДС90, котел-утилизатор КУП-2500, спроектированный и изготовленный в 1995 г., конденсатор контактный КК-90 (оригинальной разработки и изготовления НПП "Машпроект").

За время эксплуатации на КГПТУ-25К был исследован широкий круг вопросов, связанных с подачей пара в ГТД, улавливанием воды из газопаровой смеси, накоплением в воде различных веществ от контакта с продуктами сгорания и др. Отмечено, что увеличение расхода экологического пара по отношению к расходу топливного

газа до значений 1,5...1,6 позволяет снизить содержание NO_x в уходящих газах до 30...35 мг/нм³ без существенного увеличения выбросов оксида углерода.

Помимо экспериментальной отработки установки, проработав более 10 000 часов, выработала свы-



Рис. 3. Компоновка энергоблока на базе КГПТУ

ше 180 млн кВт·ч электроэнергии для собственных нужд предприятия.

Накопленный опыт проектирования, изготовления и эксплуатации КГПТУ-16К и КГПТУ-25К позволяет ГП НПКГ "Зоря"- "Машпроект" предлагать заказчику КГПТУ различной мощности на основе серийно выпускаемых ГТД. Основные показатели таких установок приведены в таблице, а схема компоновки энергоблока на базе КГПТУ показана на рис. 3.

КГПТУ можно рассматривать как альтернативу эксплуатирующимся судовым бинарным газопаровым установкам, а более высокие удельные мощности КГПТУ определяют перспективу их применения в судовых энергетических установках. Прежде всего, это целесо-

образно для водоизмещающих судов с повышенной скоростью хода и для морских объектов - плавучих электростанций, буровых и добывающих платформ.

Особенностью судовых ГТД является использование жидких топлив, в которых в разных количествах содержится примесь серы.

Еще в начале 90-х годов прошлого столетия в НПП "Машпроект" совместно с НИИ были проведены работы, связанные с исследованием влияния серы, содержащейся в жидком топливе, на химический состав циркулирующей в КГПТУ воды.

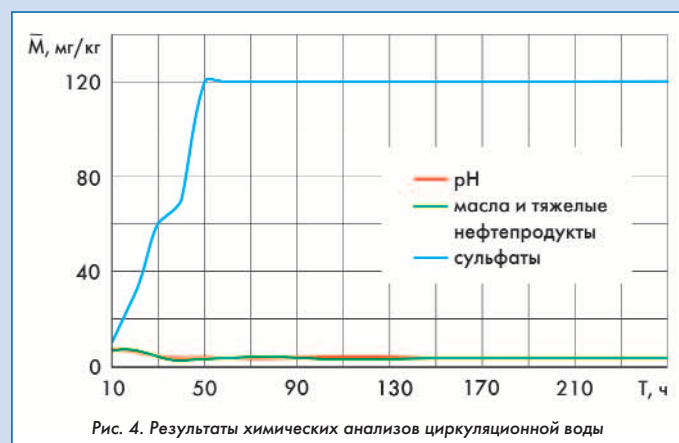


Рис. 4. Результаты химических анализов циркуляционной воды

В результате длительных испытаний получены данные, которые свидетельствуют, что при начальном массовом содержании серы в топливе 0,5 % в течение 40...50 часов происходит ее накопление в циркуляционной воде с образованием серной кислоты (H_2SO_4). При очистке и коррекционной обработке воды, идущей на питание котла-утилизатора, содержание кислоты в циркуляционной воде стабилизируется на уровне 0,1 % и в последующей эксплуатации остается практически неизменным. Данные химанализов циркуляционной воды за 250-часовой период испытаний иллюстрируются рис. 4.

Изложенное выше дает основание утверждать, что КГПТУ являются высокоэффективными энергетическими установками с низкими уров-

нями тепловых и экологических вредных выбросов.

Неоспоримым преимуществом таких установок является модульность их изготовления, что позволяет значительно ускорить монтаж КГПТУ на объектах заказчиков.

Основные технические данные установок "Водолей"

Тип установки	Водолей 4	Водолей 16	Водолей 25	Водолей 40
Тип двигателя	UGT2500	UGT10000S2	UGT15000S2	UGT25000S2
Мощность КГПТУ, МВт	4000	16 000	25 000	40 000
Эффективный к.п.д., %	33,4	42,1	42,0	42,8
Расход топлива:				
жидкого (Н _и 10 200 ккал/кг), кг/ч	1010	3200	5030	7880
газа (Н _и 10 200 ккал/кг), нм ³ /ч	1200	3820	6000	9390
Расход пара на ГТД (общий), т/ч	7,75	20	29,3	46,4
Температура пара, °С	280	320	370	390
Эмиссия NO_x/CO , мг/нм ³	50/40	50/40	50/40	50/40
Температура выхлопных газов, °С	45	45	45	45

"ОСЬМИНОГ"

ИЛИ О РОЛИ ТОРМОЗА

В ПРОГРЕССЕ ТУРБИНОСТРОЕНИЯ

ГП Научно-производственный комплекс газотурбостроения "Зоря"-Машпроект:

Александр Головащенко, начальник управления маркетинга, к.т.н.

Владимир Спицын, зам. директора ЦНИОКР "Машпроект", начальник КО

Анатолий Боцула, главный конструктор проекта

Сергей Коссе, инженер-конструктор II категории

Роль различных испытаний при создании и опытно-конструкторской отработке газотурбинных двигателей трудно переоценить. Испытаниям подвергаются все без исключения опытные и серийные (поставочные) двигатели. При проведении испытаний огромная энергия, вырабатываемая двигателем, должна быть воспринята и преобразована нагрузочным устройством, роль которого может играть электрогенератор, вырабатывающий электрическую энергию, компрессор, сжимающий воздух или другой газ, и, наконец, гидротормоз, превращающий механическую энергию вращения турбины в тепло, воспринимаемое водой.

Применение гидротормоза - не самый экономичный способ восприятия энергии двигателя при его испытаниях (особенно по сравнению с выработкой электроэнергии, которую можно продать). Однако в некоторых видах испытаний, например, при выполнении тензометрирования рабочих лопаток, ступенчатом нагружении, определении внешней характеристики силовой турбины и т. п. к нему приходится прибегать для обеспечения работы двигателя на заданных режимах и выполнения необходимых для его доводки проверок. При выполнении газодинамической и прочностной отработки турбин газогенераторов на газодинамических стендах применение гидротормозов становится обязательным условием.

Гидротормоз - это наиболее совершенный на сегодняшний день инструмент для измерения генерируемой двигателем мощности, обеспечения требуемого соотношения отбираемой от привода мощности и частоты вращения ротора турбины. Поэтому уровень гидротормозостроения в стране, степень оснащенности ее предприятий гидротормозами различного назначения косвенным образом характеризует уровень двигателестроения (прежде всего - с передаточной мощностью на вал).

В свое время испытательные подразделения ГП НПК газотурбостроения "Зоря"-Машпроект оснащались исключительно иностранными гидротормозами. С некоторых пор предприятие комплектует свои стенды гидравлическими нагрузочными устройствами и гидротормозами только собственной разработки. Несколько единиц гидротормозов изготовлено для российских предприятий, ремонтных предприятий дальнего зарубежья. "Акула", "Краб", "Парус", "Искра", "Бизон", "Катран", "Дельфин", У-440, ПЛ92 - это далеко не полный перечень гидротормозов, разработанных и изготовленных на предприятии. Можно с уверенностью утверждать, что в Центре НИОКР "Машпроект" создана школа гидротормозостроения, наличие которой позволило отказаться от закупок тормозов в дальнем зарубежье (в других странах СНГ гидротормоза практически не выпускаются).

Разработка и поставка гидротормозов производится и для других предприятий и организаций, разрабатывающих, изготавливающих и ремонтирующих газотурбинные двигатели (в Российской Федерации, Греции, Индии, Китайской Народной Республике).

В 2002 г. с пермским ОАО "Авиадвигатель" был заключен контракт на разработку, изготовление и поставку гидротормоза, получившего впоследствии индекс ГТ-20/3000 "Осьминог".

В соответствии с техническим заданием заказчика и конструкторским замыслом "Осьминог" представлял собой концептуально новое изделие, не имеющее аналогов в практике гидротормозостроения.

Так, техническим заданием предусматривалось использование тормоза с нагрузкой по винтовой характеристике (имитация гребного или воздушного винта), с нагрузкой по нагрузочной характеристике с постоянной частотой вращения турбины (имитация электрогенератора), а также с нагрузкой при постоянной мощности двигателя (имитация изменения нагрузки при постоянной мощности привода).

Это потребовало обеспечения чрезвычайно широкой характеристики тормоза. Кроме того, требовалось обеспечивать быстрое изменение нагрузки тормоза в широком диапазоне воспринимаемых мощностей.

Как от средства измерения крутящего момента и мощности, от гидротормоза требовалась высокая точность измерения: погрешность измерения не должна была превышать 0,5 %. По заданию гидротормоз должен быть полностью автоматизированным, что также представляло собой новую и достаточно сложную задачу.

В ходе разработки проекта и рабочей конструкторской документации были решены принципиальные проблемы, связанные с обеспечением требуемых параметров тормоза и его регулированием при помощи быстродействующих пневмоуправляемых клапанов перепуска и слива воды.

На рис. 1 приведена ограничительная характеристика гидротормоза ГТ-20/3000 "Осьминог", подтвержденная в ходе его стендо-

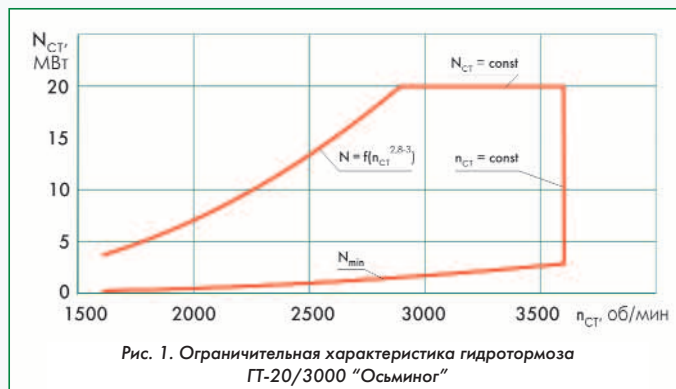


Рис. 1. Ограничительная характеристика гидротормоза ГТ-20/3000 "Осьминог"

вых испытаний. Качество гидротормоза (параметр, равный частному от деления величины максимальной мощности, воспринимаемой гидротормозом, на минимальную мощность при постоянной частоте вращения ротора) превышает 10. Такая широкая характеристика гидротормоза стала возможной в результате совместного действия ряда факторов:

- применения определенной конфигурации рабочего диска, рабочей, приемной камер и околосдвигового пространства;
- использования соответствующего требуемому сочетанию

воспринимаемой мощности и частоты вращения ротора соотношения расходов воды на входе в гидротормоз, на сливе из него и перепуска между рабочей и приемной камерами, которое обеспечивается пневмоуправляемыми клапанами перепуска и слива, а также дистанционно управляемой водяной задвижкой при помощи микропроцессорной САУ.

Конструкцией гидротормоза (рис. 2) не предусматривается изменение в процессе работы конфигурации околосдвиговой и рабочей камер корпуса, как это делалось на ранних моделях тормозов. Управление загрузкой при помощи клапанных устройств позволило существенно повысить стабильность работы тормоза, точность задания режима в пределах рабочей зоны, надежность его работы и маневренность. Так, изменение загрузки гидротормоза от минимальной до максимальной величины можно осуществить в течение нескольких секунд, что представляет несомненный интерес для испытаний двигателей, предназначенных для привода электрогенератора, с имитацией быстрых приемов и сбросов нагрузки.

Корпус гидротормоза изготовлен из коррозионно-стойкой стали, а рабочий диск - из титана. Применение таких материалов потребовалось для обеспечения повышенной стойкости к кавитационному, коррозионному и эрозионному износу конструкций.

Так как гидротормоз ГТ-20/3000 "Осьминог" предполагается использовать и в качестве измерительной системы для испытаний двигателей, был выполнен большой комплекс конструкторских проработок, связанный с обеспечением заданной точности измерения крутящего момента, частоты вращения и мощности. Конструкцией гидротормоза предусмотрен ряд мер, направленных на снижение погрешности измерения. В первую очередь эти мероприятия обеспечивают уменьшение опорных и внеопорных реакций, влияющих на величину измеряемого крутящего момента. Система передачи окружной реакции от корпуса гидротормоза (введение качающегося подвеса силоизмерительного блока) позволила исключить радиальную составляющую реакции. Все подводы к корпусу (воды, смазки, воздуха) выполнены с использованием гиб-

ких элементов, имеющих достаточную податливость. Конструкция устройств отвода воды исключает применение внеопорных связей и появление реакций, искажающих результаты измерения. Тарировочные гири и система рычагов для калибровки тормоза изготовлены с большой точностью. Применена система бесконтактного измерения частоты вращения ротора, обеспечивающая необходимую точность. Все эти меры позволили выполнить заданные технические требования по точности измерения крутящего момента, частоты вращения и мощности.

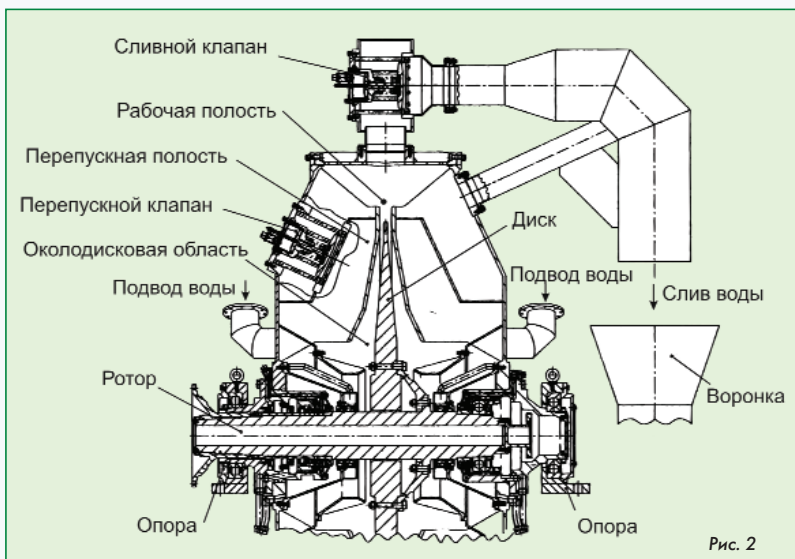


Рис. 2



Рис. 3

Гидротормоз оснащен детекторами металлической стружки на сливах из масляных полостей и приспособлен для работы с системой виброконтроля заказчика. Эти устройства наряду с другими датчиками контроля параметров и сигнализаторами обеспечивают условия для правильной эксплуатации и предупреждения аварийных ситуаций.

Гидротормоз установлен на собственной раме (рис. 3), имеющей устройства для бескранового его монтажа на испытательном стенде заказчика. Выполненный в виде функционально законченного агрегата маслблок входит в комплект гидротормоза и обеспечивает его автономную циркуляционную смазку, фильтрацию и охлаждение масла. На маслблоке установлены контрольно-измерительные приборы.

Система автоматического управления (САУ) гидротормозом обеспечивает обмен данными с САУ газотурбинного двигателя и позволяет с виртуального пульта управления задавать требуемую по программе загрузку (т.е. сочетание поглощаемой мощности и частоты вращения ротора). САУ обеспечивает также контроль текущих параметров в ходе испытаний, защиту гидротормоза при возникновении недо-

пустимых значений быстроменяющихся параметров, блокировку неправильных действий обслуживающего персонала, создание архивов.

Гидротормоз ГТ-20/3000 "Осьминог" после испытаний, которые проводились на стенде ГП НПКГ "Зоря"-Машпроект, с технологическим приводным двигателем UGT 15000 и с САУ, обеспечивающей необходимые законы регулирования двигателя, в 2003 г. отгружен ОАО "Авиадвигатель".

При создании гидротормоза ГТ-20/3000 "Осьминог", который является концептуально новым агрегатом, прошли апробацию и были успешно подтверждены в процессе приемочных испытаний новые методики расчета и конструирования подобных изделий.

В настоящее время в соответствии с рядом контрактов и запросов от компаний-разработчиков и производителей турбинной техники НПКГ "Зоря"-Машпроект разрабатывает аналогичные гидротормоза увеличенной мощности, рассчитанные на более высокую частоту вращения.



СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПРЕЦИЗИОННОЙ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКЕ И ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ В СТАНКАХ ШВЕЙЦАРСКИХ ФИРМ **CHARMILLES** и **MIKRON**

Игорь Костычев, к.т.н.

Борис Хатуцкий

Предлагается полная гамма электроэрозионных копировально-прошивочных станков **ROBOFORM** и проволочно-вырезных станков **ROBOFIL**, производимых в Швейцарии компанией **CHARMILLES**, ряд универсальных многоцелевых фрезерных обрабатывающих центров компании **MIKRON**, экономичных электроэрозионных станков фирмы **ACTSPARK** (Пекин), оснастки фирм **EROWA** и **SYSTEM 3R**, электродных материалов фирмы **POCO GRAPHITE**, запасных частей и расходных материалов к указанным типам оборудования.

Электроэрозионные станки **ROBOFORM** и **ROBOFIL** фирмы **CHARMILLES**

Электроэрозионные копировально-прошивочные и проволочно-вырезные станки швейцарской компании "Шармий" используются в инструментальном производстве для изготовления штампов и пресс-форм, а также в основном производстве для обработки деталей сложных форм из труднообрабатываемых материалов. Высокое качество поверхностных слоев заготовок достигается благодаря использованию в станках с ЧПУ оригинальной схемы генераторов типа **ISOPULSE**, вырабатывающих изотенергетические импульсы, и системы **SPAC**, которая предотвращает возникновение коротких замыканий в зазоре. Конструкция станков с неподвижным столом позволяет обрабатывать крупногабаритные и тяжелые детали и обеспечивает высокую точность и надежность процесса обработки. Важным преимуществом проволочно-вырезных станков являются закрытые беззазорные направляющие проволоки и система автоматической заправки и перезарядки любого типа проволоки. Оригинальная конструкция копировально-прошивочных станков представляет собой С-образную станину из полимерного ма-

териала, которая обеспечивает стабильность, точность позиционирования, высокую чистоту обрабатываемой поверхности и максимально снижает возникающие вибрации.

ROBOFORM

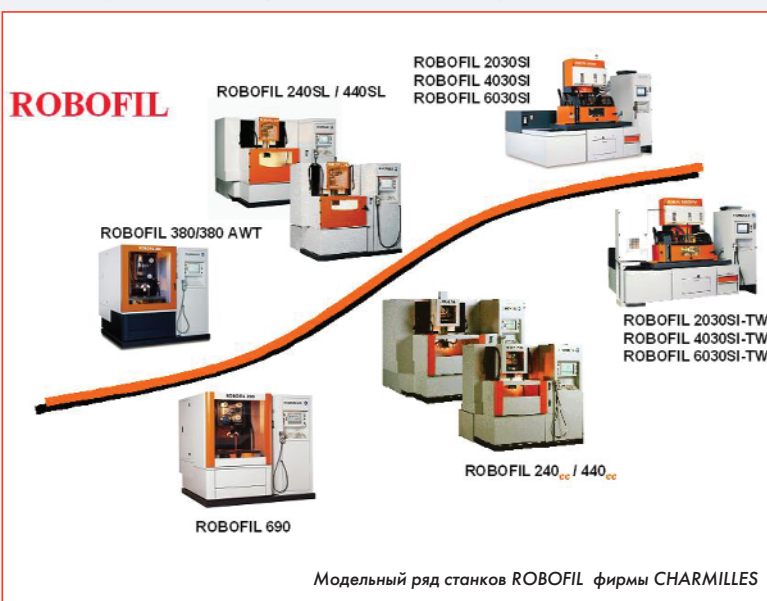
В новых станках **ROBOFORM 350/550** увеличены скорости перемещения электрода по всем осям, что повышает эффективность выполняемых работ. Высокие скорости (60 мм/с) перемещения электрода по осям позволяют значительно улучшить производительность обработки сложных объектов и уменьшить время наладки, в том числе с использованием

необходимых измерительных циклов, ускорить смену инструментов и т.п.

Важными отличительными особенностями новых моделей являются их системы ЧПУ типа **MILLENNIUM CNC** с новыми функциями **DPControl** динамического управления процессом и новым интерфейсом пользователя.

Стандартные функции **DPControl**:

- D-JOB (Direct Job) для выполнения простых работ;
- интерактивная графическая помощь;
- контекстное меню с графическими пояснениями;
- автоматические изме-



Модельный ряд станков **ROBOFIL** фирмы **CHARMILLES**

Основные технические характеристики станков **ROBOFIL**

Характеристики станка	Robofil 380/ Robofil 380AWT (с автозаправкой проволоки)	Robofil 690	Robofil 240/ Robofil 240cc	Robofil 440/ Robofil 440cc	Robofil 2030SI/ Robofil 2030SI-TW	Robofil 4030SI/ Robofil 4030SI-TW	Robofil 6030SI/ Robofil 6030SI-TW
Тип обработки	В струе под давлением		С погружением				
Максимальные перемещения по осям XxYxZ, мм	400x300x250	800x800x400	350x220x220	550x350x400	318x218x114	448x318x158	62,8x39,8x15,8
Максимальные перемещения по осям UxV, мм	±30	±30	350x220	550x350	±48	±48	±48
Макс. размеры детали, мм	980x730x250	1380x1000x400	1000x550x220	1200x700x400	1130x510x250	1250x730x350	1350x690x360
Максимальная масса детали, кг	1000	2000	750	1500	500	800	800
Макс. угол наклона проволоки, °	±15	±15	±30	±30	±30	±30	±30
при высоте детали, мм	110	110	220	400	65	65	65
Диаметр проволоки, мм	0,1...0,3	0,1...0,3	0,1...0,3	0,1...0,3	0,03...0,3	0,03...0,3	0,03...0,3
Минимальная шероховатость поверхности Ra, мкм	0,28	0,28	0,28	0,28	0,1	0,1	0,1

рительные циклы измерения электрода инструмента и детали;

- импорт данных измерений со станции предналадки;
- 3D-циклы обработки;
- специализированные технологии для конкретных применений, в том числе технологии RIB (обработка узких и глубоких пазов), SURFACE (обработка поверхностей), МИКРООБРАБОТКА, К-НМ (обработка твердых сплавов), контурная обработка;
- помощь в определении занижений размеров и количества электродов;
- помощь в составлении последовательности обработки в соответствии с выбранными технологиями и приоритетами - производительность обработки, износ электрода-инструмента, шероховатость поверхности или их комбинация;
- обработка в автоматическом режиме без участия оператора с контролем процесса обработки, включающим его оптимизацию, обеспечиваемую экспертными системами - PILOT-EXPERT-3, POWER-CONTROL-3 и SPAC, введенными в УЧПУ и гарантирующими достижение требуемых результатов;
- имитационное графическое моделирование обработки;
- прерывание обработки плановой детали при необходимости изготовления срочной детали с последующим продолжением прерванной обработки;
- предоставление информации в виде отчета о выполненной работе;
- уведомление оператора по сотовой SMS связи о состоянии станка и ходе обработки;
- встроенная (в электронном виде) документация по эксплуатации станка.

Максимальная эффективность станков ROBOFORM достигается путем:

- уменьшения времени подготовки станка к работе;
- применения генератора изощренных импульсов Isopulse;
- достижения высоких динамических характеристик электроприводов станка и обеспечения возможности обработки по различным схемам;
- использования новой системы адаптивного управления разведением электродов АС при работе без прокачки рабочей жидкости;
- применения блоков К-НМ для обработки твердых сплавов;
- применения блоков SPAC защиты от коротких замыканий;
- применения экспертных систем Program Expert, Pilot-Expert и Power Control Expert, обеспечиваю-

щих оптимальные режимы обработки в различных условиях, определяемых площадью обработки, глубиной внедрения электрода и т.п.;

- внедрения контурной обработки фасонных поверхностей деталей вращающимися цилиндрическими электродами (электроэрозионное фрезерование);
- использования электроэрозионной полировки;
- применения микрообработки;
- использования системы "Авторестарт", обеспечивающей возобновлении работы станка при кратковременных случайных отключениях его от сети.

ROBOFIL

Применение в проволочно-вырезных станках моделей ROBOFIL 240сс и 440сс новых цифровых генераторов импульсов CleanCut позволило довести скорость вырезки до значений, превышающих 400 мм²/мин, в том числе при обработке криволинейных контуров. Этому способствовали повышенная на 25 % амплитуда поджигающих импульсов напряжения и увеличенная до 1200 А амплитуда импульсов тока, а также применение специальной проволоки с покрытием. Свойства материала обрабатываемой детали в поверхностном слое реза не изменяются, а лучшее качество поверхности обеспечивается при меньшем количестве чистовых проходов. Кроме этого генератор CleanCut предотвращает возникновение явлений электролиза и электрохимической коррозии деталей на всех режимах обработки на станка ROBOFIL 240сс и 440сс.

Наибольший эффект достигается при обработке деталей большой высоты, деталей пресс-форм, экструзионных матриц и др. При использовании обычной латунной проволоки генератор CleanCut обеспечивает повышение скорости резки на 20...30 %.

Станки серии ROBOFIL 2030 Si-TW, 4030 Si-TW и 6030 Si-TW имеют двойную систему перемотки и автозаправки проволоки для обработки с автоматической сменой проволоки одного диаметра (например, 0,25 мм) при черновой обработке на проволоку другого диаметра (например, 0,1 мм) при чистовой обработке. Это позво-

ляет на 30...50 % уменьшить время обработки деталей по сравнению со временем обработки проволокой одного диаметра. Переход с проволоки одного диаметра на проволоку другого диаметра занимает менее 45 с. Не требуется специального программирования, так как оно выполняется одновременно для проволоки обоих диаметров.



Модельный ряд станков ROBOFORM фирмы CHARMILLES

Основные технические характеристики станков ROBOFORM

Характеристики станка	Roboform 23	Roboform 350	Roboform 550	Roboform 2400
Максимальные перемещения по осям XxYxZ, мм	300x250x250	350x250x300	600x400x450	320x220x320
Максимальные размеры детали XxYxZ, мм	940x540x350	780x530x300	1200x850x400	880x550x245
Максимальная масса детали, кг	200	500	1600	600
Максимальная масса электрода, кг	50	50	100	200
Количество позиций в сменнике электродов	4/32	4/5/16/32	6/24/48	4/20/40
Максимальный ток генератора, А	32/64	64	64/128	64/128
Тип ванны	неопускаемая	опускаемая	опускаемая	неопускаемая

Максимальная эффективность станков ROBOFIL достигается благодаря:

- уменьшению времени подготовки станка к работе;
- повышению скорости вырезки;
- уменьшению требуемого числа проходов и времени обработки для получения поверхности деталей с заданной шероховатостью;
- применению стратегии предупреждения обрывов проволоки, заложенной в программном обеспечении Pilot Expert;
- применению системы Profil-Expert, обеспечивающей высокую точность обработки деталей, в том числе с острыми углами контура и малыми радиусами закругления;
- внедрению системы Taper-Expert, обеспечивающей точную обработку конических поверхностей;
- применению эффективной системы защиты от столкновений по всем осям;
- внедрению системы автозаправки проволоки Thermocut, не требующей технического обслуживания, вследствие отсутствия механических узлов;
- применению системы "Авторестарт", обеспечивающей возобновление работы станка при кратковременных случайных отключениях его от сети.

Фрезерные обрабатывающие центры фирмы MIKRON

Швейцарские обрабатывающие центры MIKRON отличаются от оборудования других производителей высокой жесткостью и точностью. Станки успешно применяются в инструментальном производстве, в том числе для изготовления штампов и пресс-форм. Широкая универсальность этих станков позволяет эффективно использовать их в любых производствах, применяя высокие скорости и высокоточный режущий инструмент, обеспечивая при этом качество обрабатываемой поверхности Ra до 0,1 мкм. Станки MIKRON оснащаются инструментом, предназ-

наченным для обработки различных материалов: керамики, металлов, сплавов, графита, пластмассы, а также труднообрабатываемых материалов типа титана и закаленных сталей твердостью до 65 HRC и др. На станках MIKRON выполняются 3-5-координатные операции, такие, как фрезерование, точение, сверление, резьбонарезание, изготовление глубоких точных отверстий и т.д.

ООО CMD предлагает фрезерные обрабатывающие центры MIKRON следующих серий:

- XSM (U) - прецизионные станки с 3(5)-осевым управлением для сверхскоростной обработки (скорость быстрых перемещений до 80 м/мин, ускорение - до 2,5 g, частота вращения - до 60 000 об/мин);
- HSM (U) - прецизионные станки с 3(5)-осевым управлением для скоростной обработки (скорость быстрых перемещений до 40 м/мин, ускорение - до 1,7 g, частота вращения - до 60 000 об/мин);
- VCP (UCP) - прецизионные станки с 3-, 4- и 5-осевым управлением для скоростной обработки до 42 000 об/мин;
- VCE Pro - универсальные станки для стандартных работ со шпинделем до 14 000 об/мин.

Все перечисленные станки оснащены системой ЧПУ фирмы HEIDENHAIN (кроме станка XSM 400, у которого оригинальная УЧПУ EXPERT CYCLONE).

Станины большинства высокоскоростных станков выполнены из полимербетона типа Renocast.

В моделях HSM U, VCP и UCP с 5-осевым управлением используются наклонно-поворотные столы, а в станках больших типоразмеров серии UCP - поворотные столы с прямым приводами и поворотные шпиндельные головки.

Станки MIKRON могут быть оснащены устройством смены палет с деталями; в состав некоторых станков включены роботы для смены инструментов и палет с многоместными магазинами. **А**

Основные технические характеристики фрезерных обрабатывающих центров MIKRON

Модель	Максимальные перемещения по осям XxYxZ, мм	Макс. частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	Макс. скорость перемещений по XxYxZ, м/мин	Макс. ускорения по осям XxYxZ, м/с ²	Рабочая поверхность стола, мм	Максимальн. нагрузка на стол, кг
XSM 400	400x450x350	60000	80	25	320x320	200
XSM 400U	400x240x350	60000	80	25	320x320	25
XSM 600	600x600x500	42000	80	25	700x600	800
XSM 600U	800x600x500	42000	80	25	700x600	120
XSM 800	800x600x500	42000	80	25	900x600	1000
HSM 400	400x450x350	60000	40	17	320x320	200
HSM 400U	400x240x350	60000	40	17	320x320	25
HSM 600	600x600x500	42000	40	17	700x600	800
HSM 600U	600x600x500	42000	40	17	700x600	120
HSM 800	800x600x500	42000	40	17	900x600	1000
VCP 600 Vario	600x450x450	12000	30	15	850x530	400
UCP 600 Vario	600x450x450	12000	30	15	Диам. до 450	200
VCP 800 Vario	800x450x450	12000	30	15	1050x590	400
UCP 1150	1000x750x700 (895)	24000	30	15	Диам. до 1000	1000
VCP 1150	1000x750x750	24000	30	15	1150x875	1000
VCP 1350	1350x900x750	24000	30	15	1425x875	1800
UCP 1350	1350x1150x700 (895)	24000	30	15	Диам. до 1100	1500
VCE 600 Pro	600x500x540	14000	24	15	700x500	800
VCE 800 Pro	800x500x540	14000	24	15	910x500	1100
VCE 800W Pro	860x560x600	14000	24	15	1000x560	1350
VCE 1000 Pro	1020x560x600	14000	24	15	1000x560	1350
VCE 1000W Pro	1100x600x675	14000	24	15	1220x620	1700
VCE 1200 Pro	1200x600x675	14000	24	15	1220x620	1700



По всем вопросам, связанным с технологическими возможностями электроэрозионных станков ROBOFORM и ROBOFIL, а также фрезерных станков для высокоскоростной обработки и их приобретением, можно обратиться к эксклюзивному дистрибьютеру станков ООО CHARMILLES & MIKRON DIFFUSION.

Тел.: (095) 219-9604, 218-9246.

Факс: (095) 232-3625, E-mail: lazer@orc.ru



ОРГАНИЗАТОРЫ:

РОСМАРК-СТАЛЬ

СЕМИНАР:

ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ АВИАДВИГАТЕЛЕЙ

ТЕМЫ:

Обработка рабочих колес турбин, компрессоров,
моноколес

Обработка корпусов и корпусных элементов
турбин

Обработка турбинных
дисков



PIETRO CARNAGHI

breton

Driven by Innovation



OPEN MIND

LAPOINTE KLINK



WJS

WATER JET SWEDEN

Вторник, 21 сентября 2004 г., 9.00 - 18.00
Москва, ул. Большая Якиманка, д. 24
"Президент-Отель",
конференц-зал «Санкт-Петербург»

По вопросам участия в семинаре просим Вас обращаться
по телефону: (812) 336-27-27; факсу: (812) 336-27-14; e-mail: trudov@rosmark.ru
Организационные мероприятия бесплатны для участников семинара.

Фирма AGIE отмечает юбилей: 50 лет инноваций в электроэрозии



1954 2004

PARTNER TO THE BEST

Уважаемые читатели!

2004 год - юбилейный год для фирмы AGIE. За 50 лет своего существования фирме, основанной в 1954 году, есть чем гордиться, ведь она представила на мировом рынке много новинок в области электроэрозионной обработки, имеет более 20 000 пользователей и изготовила за это время более 50 000 прошивочных и вырезных станков.

Примером последних инноваций фирмы AGIE служит выпуск вырезного станка AGIECUT PROGRESS, а также прошивочные станки AGIETRON HYPERSPARK, которые впечатляют своей производительностью при однопроходной обработке.

AGIE
PARTNER TO THE BEST

Станки AGIETRON IMPACT и EXACT с технологией Hyperspark -

обработка в два раза быстрее

Может ли еще быть увеличена скорость обработки методом электроэрозионной прошивки? Данный вопрос задается снова и снова, так как метод электроэрозионной прошивки относительно медленный процесс и фактор времени играет большую роль при обработке.

Скорость - это не решение

Одним из первых решений может стать увеличение скорости привода. Таким образом, непродуктивное время на отвод инструмента будет сокращено, но при этом выигрыш в скорости распространяется лишь на маленькие электроды и большей частью на очень глубокие полости. Кроме того, износ электродов значительно растет, начиная с определенной скорости, и очень высокие скорости перемещения осей означают экстремальную нагрузку на механику, удорожают станки и укорачивают даже их срок службы. Таким образом, ошибочно полагать, что только быстрым отводом инструмента якобы можно достичь общего увеличения скорости процесса. Вклад "быстрых" осей в процесс обработки является только дополнительным аспектом комплексного взаимодействия, которое охватывает генератор, контроль процесса, регулирование величины зазора и механику. Поэтому процесс электроэрозион-

ной вырезки нуждается в "интеллигентной промывке".

Потенциал заложен уже в промывке

Можно представить себе процесс эрозии как равновесие между разрушенным в зазоре и удаленным материалом. Если этого равновесия нет, то либо напрасно промывается зона обработки, что связано с потерей времени и дополнительной нестабильностью процесса (минимальное загрязнение зазора необходимо, так как если зазор слишком чист, сервопривод должен подавать электрод слишком близко к детали, чтобы вызвать разряды, затем, однако, сразу отводить его обратно, чтобы не повреждать поверхность), либо разрушаются неоднократно одни и те же частицы, которые не могут удаляться достаточно быстро из зазора (рис. 1).

Прежде чем материал может быть удален из зазора, нужно его снять с заготовки. Как можно достичь большего

съем? При всех проблемах оптимизации самый большой потенциал совершенствования находится, как правило, там, где к.п.д. самый маленький. К.п.д. отдельного разряда с катодно полярizedанной деталью составляет теоретически примерно 25 %.

К этому добавляются несколько факторов, которые ухудшают к.п.д. еще больше, например, проблемы регулирования процесса, не идеальные условия промывки, маленькая величина зазора, так что нужно реалистично рассчитывать на к.п.д. меньше, чем 10 %.

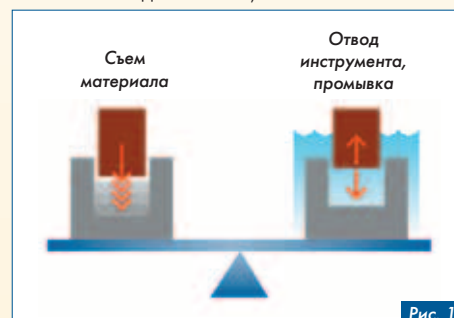


Рис. 1

Высокая скорость: система электроэрозионной резки Agiecut Progress

Производительность станка зависит от многих факторов. Этот важнейший показатель станка для электроэрозионной резки определяется не одними высокими скоростями рабочего процесса: только сумма всех его взаимозависимых функций, таких как наладка, программирование, оптимизация длительности вспомогательных операций и технологий резки, обеспечивает максимальную производительность. Благодаря комплексному подходу к решению проблем система Agiecut Progress дает клиентам важные преимущества в конкурентной борьбе, начиная от планирования работ, наладки и кончая изготовлением готовых изделий. Для этой цели отдел НИОКР фирмы рассмотрел и оценил более 1200 конкретных предложений клиентов. На этой базе основывались последние усовершенствования Agiecut Progress. Все факторы влияния были снова и снова исследованы и проверены на практике, после чего были оценены в соответствии с их значимостью. Рассматривались следующие требования клиентов:

▲ Высокая точность и качество наружных поверхностей после единственного реза.

▲ Длительности обработки, которые могут представлять интерес и при изготовлении запчастей.

▲ Минимальные эксплуатационные расходы.

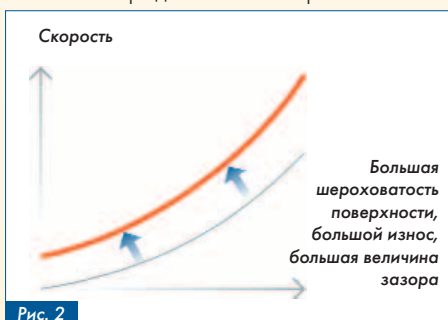
▲ Максимально возможный съем материала при обработке деталей различной высоты.

▲ Электроэрозионная обработка на высоких скоростях, позволяющая в то же время получать высокую точность угловых и скругленных участков.

Результат: системы электроэрозионной резки, осуществляющие обработку за один чистовой проход, что исключает необходимость в дополнительных проходах. Новая технология электроэрозионной обработки eCut позволяет экономить время, электродную проволоку и деионизирующую смолу в до сих пор невиданных размерах. При использовании стандартной проволоки и наиболее часто применяемых высот реза достигнута скорость резки от 350 до 500 мм²/мин. Новые возможности системы управления Agievision вдвое уменьшают вспомогательное время. Выполнение углов и скруглений благодаря системе динамического управления обработкой углов осуществляется с высочайшей точностью, не требуя уменьшения скорости резки. Применение системы управления изгибом электродной проволоки (Wire Bending Control) позволяет при помощи определения и корректирования прогиба проволоки получать высокую точность готовых изделий. Системы электроэрозионного реза Agiecut

Съем материала и качество поверхностей определяют потребность во времени

При электроэрозионной обработке всегда речь идет о том, чтобы достичь, с одной стороны, оптимизации производительности съема материала при обработке и, с другой стороны, качества поверхностей обрабатываемой детали. Обработанная деталь должна иметь определенную конечную шероховатость и определенную точность формы. Дополнительно требуется по возможности минимальное термическое влияние на поверхность детали и по возможности более незначительный износ электродов. Эти рамочные условия определяют время обработки и таким образом стоимость изготовления детали. На практике используется последовательность технологических параметров, во время которой постепенно уменьшается импульсная энергия, исходя из настроек черновой и чистовой обработки, до тех пор, пока не получаются желательные технологические результаты. И еще раз видим в действии закон природы, который гласит, что можно прийти быстро к результатам умеренного качества, но только медленно к результатам высокого качества. Это представлено на рис. 2.



Решения - физика процесса

Приближение к идеальному состоянию означает двигать планку вверх. Это значит обрабатывать быстрее при той же самой величине зазора, шероховатости и износе. Если энергия разряда электроэрозионных импульсов увеличивалась до сих пор, то получали, к сожалению, также большую шероховатость и большую величину зазора, так что выигрыш в скорости при черновой обработке терялся из-за более долгой чистовой обработки. Решение находится, если возвратиться к основам теории электроэрозии, к физическим процессам, которые ведут к образованию искры и к съему материала. Можно выделить три основных, следующих одна за другой физических фазы во время разряда: фазы возникновения, разряда и затухания. В первой фазе создается канал разряда. После пробоя рабочей среды ток течет почти исключительно на боковой поверхности канала разряда и анод частично испаряется под электронным обстрелом. Здесь, главным образом, происходит износ электрода. Каждый импульс, снимает он материал или нет, вызывает микроскопический износ. В фазе разряда поданная электроэнергия вызывает плавление или испарение материала преимущественно на детали. Фаза затухания начинается с выключения подачи энергии. Канал плазмы обрушивается и частично испарившийся, частично жидкий материал выбрасывается.

Найти правильный момент прерывания импульсов

Во время разряда в детали образуется кратер. Фундаментальные исследования разрядов показали, что увеличение

кратера в детали замедляется, начиная с определенного момента. Это потому, что образуется равновесие между поданной энергией и потерями энергии, а также энергией для поддержания плазмы и теплоотдачи в деталь и диэлектрик. По напряжению и току разряда можно регистрировать эту "асимптоту" увеличения кратера в реальном времени. Однако почему асимптота увеличения кратера так важна? Так как это правильный момент для прерывания импульса. Нет необходимости позволять продолжаться импульсу дальше, если заданный радиус кратера и желаемая шероховатость были достигнуты. Можно сразу давать следующий импульс. Необходимое время для импульса, чтобы достичь этого состояния, также непостоянно, так как скорость, с которой разряд достигает определенного диаметра основания искры, зависит от макроскопической ситуации в зазоре и от местной геометрии в зоне искрового разряда. Уже с помощью только этой меры оптимизируется количество разрядов на единицу времени и таким образом повышается съем материала (рис. 3, 4).

Найти правильный момент увеличения силы тока

Если рассмотреть теперь фазу затухания разряда, увидим, что съем материала с детали вызывается обрушением канала плазмы. Внезапно наступающее падение давления, вызванное отключением тока, вызывает испарение и извержение сверхнагретого материала. Канал плазмы имеет, однако, очень высокую температуру и очень высокое давление. Градиент его обрушения влияет на съем материала. Чем внезапнее исчезновение энергии, тем лучше извергается материал кратера. Чтобы усилить

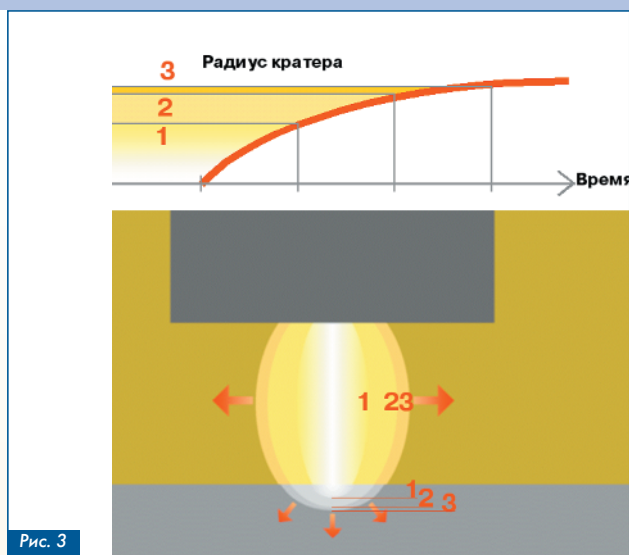
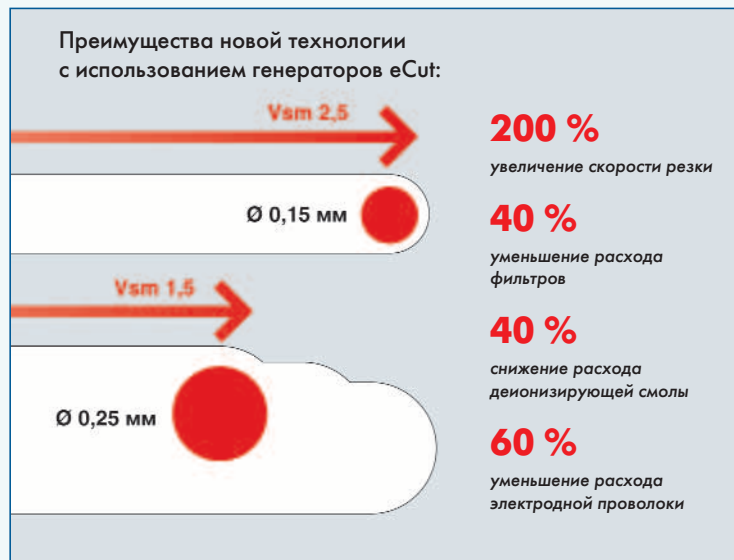
Progress, благодаря специальной технологии врезания, высоким скоростям резки, уменьшению вспомогательного времени и быстрой оптимизации конкретных параметров обработки оператором, предоставляют широчайшие возможности применения как при изготовлении инструментов и штам-

пов, так и при создании опытных образцов и другой продукции машиностроения.

Максимальные показатели съема материала: система AGIETRON Hyperspark 2 и 3

Новая стратегия обработки (определение асимптот, повышение силы тока и прерывание подачи импульсов) представляет собой предмет патентования и применяется под фирменным названием Hyperspark во всех новых системах электроэрозионной прошивки Agie. Результаты соответствуют теоретическим предпосылкам, и, прежде всего, в тех случаях, где гарантируется хорошая промывка, как, например, при прошивке предварительно обработанных заготовок. В этих ситуациях нам удалось удвоить скорость съема материала. В приведенных ниже примерах применения получено повышение эффективности в пределах 25...40 %.

Вообще говоря, новый генератор Hyperspark обеспечивает повышение производительности в среднем на 30 %, но в случае предварительно фрезерованных штампов - до 100 %, что в сочетании с высокоскоростными фрезами дает еще больший эффект. Это относится ко всем видам обработки - от черновой до чистовой, при использовании как медных, так и графитовых электродов. Преимущества особенно велики при хороших условиях промывки и, прежде всего, в случае предварительно фрезерованных заготовок. Эти ре-



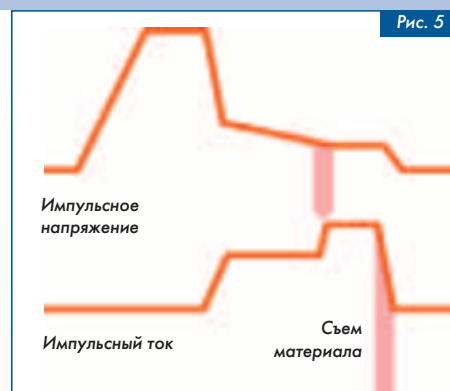
этот эффект, используется специальный прием: прежде, чем импульс прерывается, повышают на короткое время ток. Идея

повысить импульсный ток не нова, новшество - это определение момента, когда это повышение должно состояться. Повышение импульсного тока никак не влияет на шероховатость, износ или величину зазора, однако увеличивает съем материала (рис. 5).

Так как съем материала за импульс все-таки больше, то требуется меньше импульсов для обработки и поэтому снижается износ.

Скорость съема материала частично удвоилась

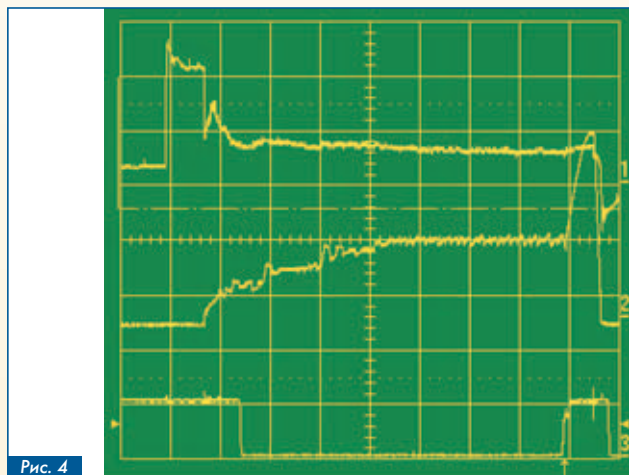
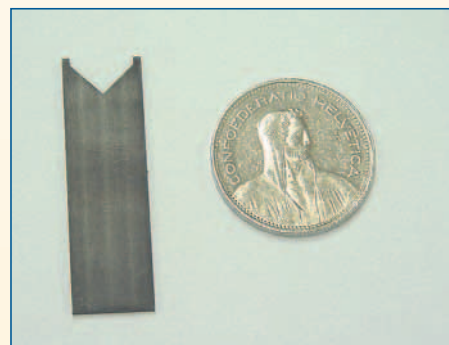
Эта новая стратегия обработки (обнаружение асимптот, повышение тока и прерывание импульса) - является предметом заявки на патент и используется под именем Hyperspark во всех новых системах электроэрозионной прошивки фирмы AGIE. Результаты соответствуют теоретическим предположениям, прежде всего, там, где гарантирована хорошая промывка, как, например, при предварительно обработанных деталях. Для этих обработок мы удвоили скорость съема. При по-



следующих применениях экономия составляет от 25 до 40 %.

Пример 1

С помощью пластинчатого электрода типа ласточкин хвост (15x1 мм), глубина 20 мм велась прошивка без Hyperspark за 70 минут, а с Hyperspark - за 50 минут, что соответствует **увеличению скорости на 40 %**, при неизменной шероховатости, величине зазора и износе электродов (износ 0,2 мм, прокачка только за счет возвратно-поступательного движения электрода).



зультаты убедительно подтверждают реальную возможность повышения скорости и производительности процесса электроэрозионной прошивки. И второе: потенциал совершенствования этой технологии еще далеко не исчерпан.

Глубокоуважаемые специалисты!

Около 2000 станков AGIE находятся в эксплуатации на территории СНГ и России, некоторым из них уже около 30 лет. И у нас есть конкретные примеры: АВТОВАЗ ППШ AGIETRON BF № 050-006, год выпуска 1973.

Высокое качество и длительный срок службы - характерные особенности станков AGIECUT и AGIETRON.

С момента своего основания фирма AGIE проделала большую работу, и первая представила на мировом рынке новинки, например первый электроэрозионный вырезной станок с ЧПУ (1969 г.). Достигнутый фирмой AGIE прогресс в электроэрозии впечатляет. Скорость резания увеличивалась каждые 10 лет вдвое. Сейчас мы обрабатываем со скоростью 500 мм²/мин (это означает 10 мм подача в минуту при обработке стальной матрицы толщиной 50 мм). При обработке алюминия скорость резания на станке AGIECUT PROGRESS достигает 1500 мм²/мин!

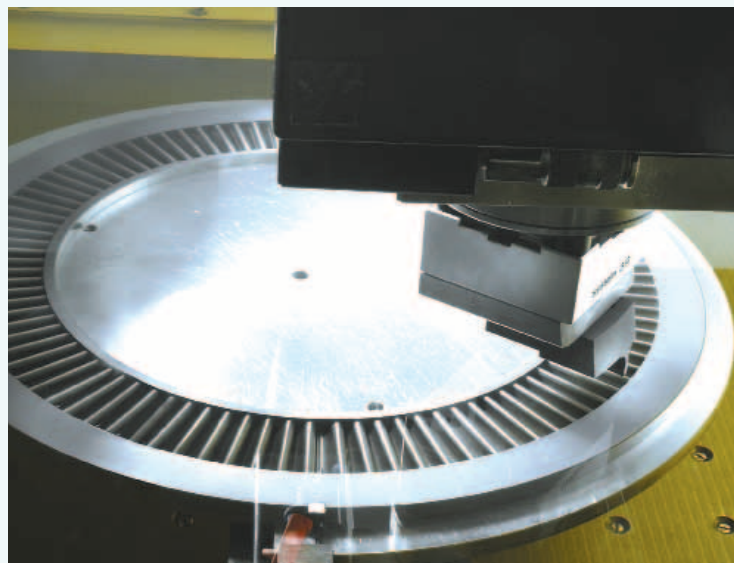
AGIECUT PROGRESS и AGIETRON HYPERSPARK

Мы надеемся, что наши новейшие генераторы и технологии помогут Вам, наши дорогие партнеры, в ближайшем

будущем изготавливать Ваши сверхпрецизионные инструменты еще быстрее и удобнее.

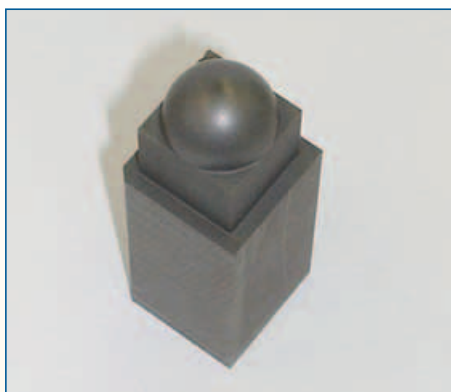


**Ханс Висс,
Михаэль Кац**



Пример 2

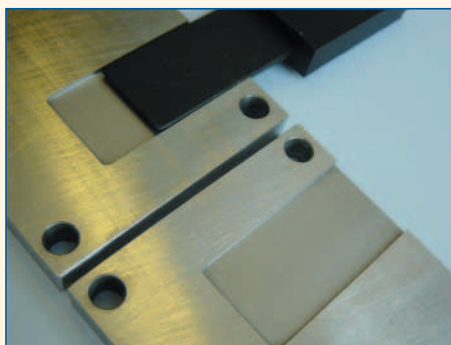
Шарообразным электродом диаметром 20 мм производилась прошивка на глубину 20 мм с получением конечной



шероховатости VDI 24. Здесь благодаря Hyperspark **выигрыш в скорости обработки составляет примерно 25 %.**

Пример 3

Коническая щель глубиной 40 мм прошивается пластинчатым электродом. В этом известном примере трудность заключается в достижении оптимальной однородности ше-



роховатости поверхности. С помощью пластинчатого электрода (20 x 1 x 40 мм, 1 градус конусности, нижний предел размера 0,5 мм, графит EDM3, прокачка только за счет возвратно-поступательного движения электрода) без Hyperspark глубина 40 мм с качеством поверхности VDI 24 была достигнута за 230 минут. С Hyperspark потребность во времени составила только 170 минут, что соответствует **увеличению скорости на 36 %**. Износ электрода был 0,3 мм, а качество поверхности безупречным.

Пример 4

Большие преимущества черновой и чистовой обработки при использовании



медных или графитовых электродов (в данном примере применены медные электроды).

Еще более эффективная обработка с хорошей промывкой:

- предварительно обработанные заготовки;

- применение с промывкой.

Обработка данной детали

- 14 часов без HYPERSPARK;

- 7 часов с HYPERSPARK, при этом качество и износ остаются неизменными.

Экономия времени. Обработка детали вдвое быстрее.

Hyperspark дает значительное повышение производительности

Инновационный генератор Hyperspark повышает производительность примерно на 30 % и до 100 % при предварительно фрезерованных формах, что благодаря сочетанию со скоростным фрезерованием встречается сегодня все чаще.

Это относится ко всем видам обработки (от черновой до чистовой) при применении медных, а также графитных электродов. Преимущества особенно заметны при хороших условиях промывки, и, прежде всего, при предварительном фрезеровании деталей. Эти убедительные результаты могут дать положительный ответ на вопрос, поставленный в начале этой статьи: Да, возможно увеличивать скорость и производительность процесса электроэрозионной прошивки. И: потенциал улучшения этой технологии еще значителен.



Marco Boccardo

El. Ing. Dipl. ETHZ

AGIE SA

6616 Losone / Schweiz



РЕШЕНИЕ СЛОЖНЕЙШИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА СТАНКАХ ФИРМЫ KOVOSVIT MAS

В настоящее время перед предприятиями авиадвигателестроения России встал ряд сложных задач, решение которых не терпит отлагательств. Это, прежде всего, повышение технических и экономических показателей двигателей до мирового конкурентоспособного уровня. Зачастую на многих предприятиях отрасли изношенный и морально устаревший станочный парк не позволяет в полной мере применять и осваивать современные технологии, что приводит к значительным экономическим и временным затратам, а это значительно усложняет поддержание высокого конкурентоспособного уровня. Поэтому техническое перевооружение является ключевым этапом для будущего всего авиадвигателестроения России.

Металлорежущие станки чешского завода KOVOSVIT MAS получили известность на авиационных предприятиях с 1972 г. Такие станки, как SPT 16, SPT 32, MCSY 80 и VR (VO 32, 50), до сих пор находятся в эксплуатации, заслужив только положительные отзывы, что является лучшим доказательством высокого качества и надежности станков завода KOVOSVIT MAS. Но прогресс не стоит на месте, и на смену ветеранам приходят новые поколения металлорежущих станков, позволяющие воплощать в металле самые прогрессивные технологические решения.

На территории Российской Федерации официальным представителем чешского завода KOVOSVIT MAS является ООО "КОВОСВИТ-РУСЬ", специализирующееся на поставках металлообрабатывающих станков завода KOVOSVIT в комплексе с разработкой всех этапов технологии для решения задач, поставленных заказчиком. При решении сложных технических задач специалисты ООО "КОВОСВИТ-РУСЬ" нередко прибегают к нестандартным решениям, которые учитывают не только технические аспекты, но и экономическую эффективность выбранного метода. ООО "КОВОСВИТ-РУСЬ" имеет многолетний опыт сотрудничества с такими ведущими авиационными предприятиями как ОАО "КМПО", ОАО "УМПО", ОАО "ИАПО", ФГУП "ММПП "САЛЮТ", ОАО "ТЕПЛООБМЕННИК".

Одним из примеров решения подобных задач является изготовление детали типа "обойма" (рис. 1б), являющейся элементом коробки агрегатов двигателя АЛ-31Ф. Заготовкой является титановая поковка (рис. 1а). Классическая технология изготовления данной детали предусматривает 17 пооперационных переходов обработки. Для этого необходимо иметь несколько видов металлорежущего оборудования, сложных крепежных приспособлений и высококвалифицированный коллектив рабочих. Основные минусы такой технологии связаны с необходимостью частой переустановки детали, что ведет к нарушению соосности и возникновению недопустимых биений поверхностей относительно баз. При каждом переходе для закрепле-

ния детали приходится использовать оригинальную технологическую оснастку. Ее изготовление и ремонт требуют обязательного привлечения инструментального производства, а это ведет к потере времени и увеличению финансовых вложений.

Технологическое решение, предложенное специалистами ООО "Ковосвит-Русь", заключается в уменьшении количества переустановок до двух без изготовления сложной крепежной оснастки (рис. 2 и 3). Благодаря этому увеличивается точность изготовления детали и экономятся средства, необходимые для изготовления дополнительной оснастки. Для обработки выбран токарный обрабатывающий центр SPM 16 CNC, име-

ющий четыре управляемых оси и позволяющий сочетать токарную и фрезерную обработку. Система ЧПУ позволяет непосредственно на станке создавать объемную модель и формировать на ее основе управляющую программу обработки детали. Высокая жесткость станка и применение метода высокоскоростной обработки с использованием высококачественного твердосплавного инструмента позволяют значительно уменьшить время обработки и отказаться от некоторых шлифовальных операций. Данное техно-

логическое решение предложено и реализовано для одного из ведущих моторостроительных предприятий России - ОАО "УМПО". Время обработки детали уменьшилось в 7,3 раза.

Без внедрения современных технологий и освоения нового оборудования развитие двигателестроения России окажется проблематичным, поэтому мы надеемся на дальнейшее взаимовыгодное сотрудничество.

ООО "Ковосвит-Русь":

111024, Москва, шоссе Энтузиастов, д. 5.

Тел./Факс: (095) 781-2208

Тел.: (095) 362-6090

E-mail: kovosvitrus@pochtamt.ru

info@kovosvitrus.ru

Http: www.kovosvitrus.ru



Рис. 1



Рис. 2

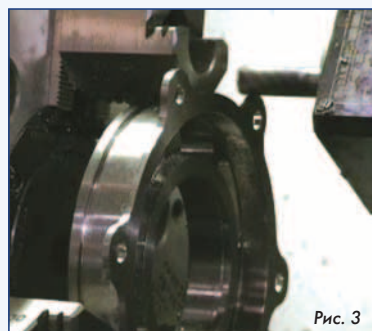


Рис. 3

Технологии обработки	Применяемое оборудование	Кол-во механич. операций	Общее время обработки, мин	Уменьшение трудоемкости, %
Классическая	16K20, 2H132, 6M13H, 6T12	17	159,7	-
Прогрессивная	SPM 16 CNC	2	21,8	732



УВЕЛИЧИВАТЬ ОБЪЕМЫ, СОХРАНЯЯ КАЧЕСТВО



Валерий Лесунов, генеральный директор ОАО "УМПО"

В последние годы экономика России демонстрирует устойчивый рост и положительную динамику макроэкономических показателей. Значительно выросло промышленное производство, что позволило заложить основу стабильности всех отраслей экономики, в частности, авиадвигателестроения.

Несколько лет назад, перед ОАО "Уфимское моторостроительное производственное объединение", специализирующимся на выпуске двигателей для боевой авиации и наземной техники, как и перед другими предприятиями отрасли, остро встал вопрос выживания в условиях рынка. В 1996 году, переломив отрицательную динамику падения объемов производства, вызванную обнулением госзаказа, благодаря экспорту двигателей АЛ-31Ф для самолетов семейства Су-27 объединение вышло на положительные темпы развития, ежегодно наращивая объемы выпускаемой продукции.

Когда Президент РФ В.В. Путин поставил перед предприятиями страны задачу - за ближайшие десять лет вдвое увеличить валовой внутренний продукт, в УМПО с этой задачей справились. В 2003 году рост объемов производства увеличился в 2,2 раза по сравнению с уровнем 2001 года. И в последующие годы объединение планирует увеличивать объемы, так как уже сейчас обеспечено заказами на поставку своей продукции на несколько лет вперед.

Обновление основных фондов, внедрение новых, высокопроизводительных технологий позволяют нам качественно изготавливать современную наукоемкую продукцию. Стабилизация производства в немалой степени способствовало и восстановлению кооперации с предприятиями аналогичного профиля: московским ФГУП "ММПП "Салют", рыбинским "НПО "Сатурн"



и его НТЦ "А. Люлька", запорожским ОАО "Мотор Сич".

Да, экспорт двигателя АЛ-31Ф позволил нам добиться значительного роста объемов производства. Но для того, чтобы удержаться на рынке, нужно постоянно увеличивать номенклатуру. В УМПО сделали ставку на непрерывное освоение производства новых изделий.

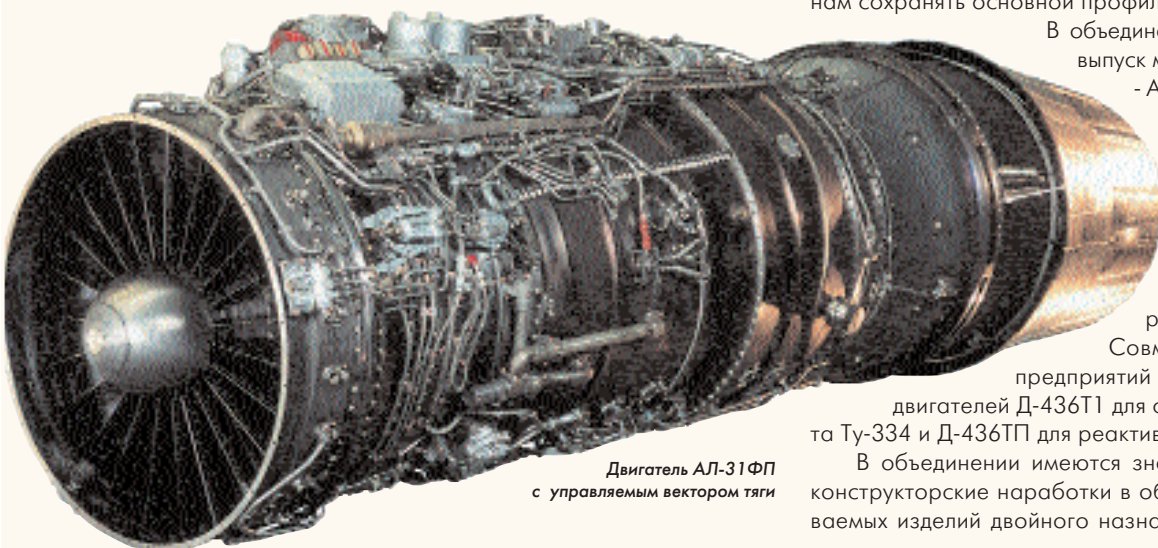
Долгосрочную перспективу развития объединения мы связываем в первую очередь с накопленным потенциалом приоритетных высоких технологий авиастроения, которые позволяют нам сохранять основной профиль.

В объединении освоен и начат серийный выпуск модификации двигателя АЛ-31Ф - АЛ-31ФП - с управляемым вектором тяги, относящийся к поколению "четыре плюс". Пока УМПО является единственным в мировой практике серийным производителем подобного двигателя.

Активно внедряемся на рынок гражданской авиации.

Совместно с рядом родственных предприятий нами освоено производство двигателей Д-436Т1 для среднемагистрального самолета Ту-334 и Д-436ТП для реактивной амфибии Бе-200.

В объединении имеются значительные технологические и конструкторские наработки в области производства так называемых изделий двойного назначения. На базе авиационного



Двигатель АЛ-31ФП
с управляемым вектором тяги



двигателя АЛ-31Ф созданы стационарные газотурбинные приводы АЛ-31СТ и АЛ-31СТЭ. Сегодня мы предлагаем потенциальным заказчикам целую гамму продукции в различной компоновке, включая сдачу "под ключ" целых станций. В результате интенсивного освоения производства ОАО "УМПО" выполняет полный технологический цикл изготовления и сборки АЛ-31СТ собственными силами.

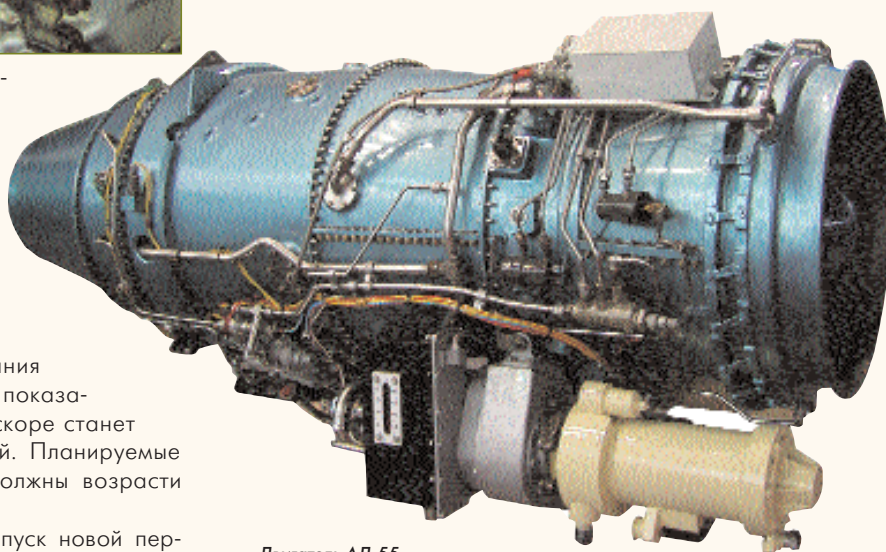
Рынок газотурбинного оборудования стремительно развивается, и в стоимостных показателях потенциал этой тематики для УМПО вскоре станет сравнимым с производством авиадвигателей. Планируемые объемы производства этого направления должны возрасти наполовину.

Объединение постоянно наращивает выпуск новой перспективной продукции. Например, в 2003 году доля новых изде-

лий составила 22,6 %, что на 6,6 % больше уровня 2002 года. В 2004 году этот показатель должен увеличиться еще больше за счет новых изделий, которые необходимо изготовить.

Способность предприятия продать произведенную продукцию является важнейшим индикатором работы в рыночных условиях. В УМПО служба маркетинга, на основе тщательного анализа и последующего бизнес-планирования, определяет целесообразность освоения любого вида продукции. Позиция четкая: не работать на склад, а запускать в производство только то изделие, которое будет гарантированно реализовано.

В 2004 году у нас намечено несколько исключительно авиационных проектов, которые предстоит выполнить. Во-первых, это освоение двигателя АЛ-55 для учебно-тренировочных самолетов. Он необходим для учебно-тренировочных самолетов российских и зарубежных ВВС.



Двигатель АЛ-55

Следующая реальная программа - адаптация, с соответствующей модернизацией, двигателя АЛ-31Ф применительно к самолетам МиГ-27 - касается не всего двигателя, а лишь наружной его части.

В течение 2003 года велась доработка действующей системы качества ОАО "УМПО" до уровня требований новой версии ГОСТ Р ИСО 9001-2001. В январе-феврале 2004 года органом по сертификации при ИНИС ВВТ (Институт испытаний и сертификации вооружений и военной техники), аккредитованном в системе добровольной сертификации "Военный Регистр", проведена проверка и оценка документации и деятельности ряда подразделений объединения, направленных на обеспечение необходимого уровня и стабильности качества выпускаемой продукции. В результате объединение получило сертификат соответствия на систему менеджмента качества со сроком действия до 24 февраля 2007 года. Этот документ подтверждает, что система менеджмента качества ОАО "УМПО" соответствует требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2001, а также требованиям ГОСТ РВ 15.002-2000 (для оборонных предприятий).

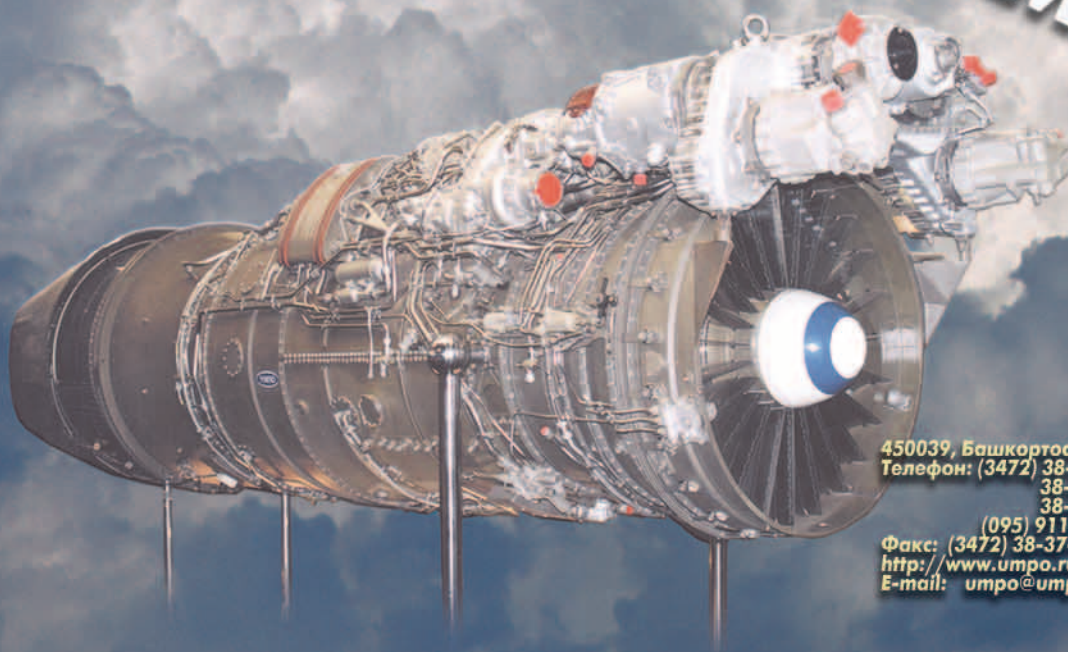
Внедрение и сертификация системы менеджмента качества дает ощутимый эффект. Длительными испытаниями двигателей АЛ-31Ф и АЛ-31ФП на ресурс 2000 часов подтверждено стабильное качество этих изделий, что позволило подготовить производство к внедрению в УМПО "Методики контроля стабильности качества выпускаемых изделий".

Ежегодно подтверждая систему менеджмента качества, в ОАО "УМПО" понимают: завоевать доверие потребителей - полдела, важно сохранить высокий уровень производства. Чтобы долго оставаться в лидерах на рынке, нужно всегда двигаться чуть впереди остальных. Успех выбирает сильнейших! **А**

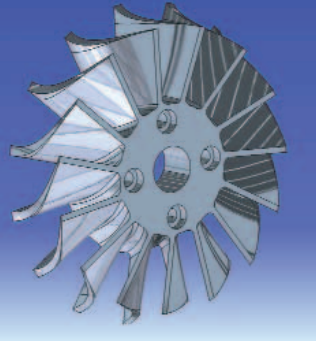




ЛУЧШИЕ ДВИГАТЕЛИ ДЛЯ ЛУЧШИХ САМОЛЕТОВ



450039, Башкортостан, г. Уфа, ул. Ферина, 2
Телефон: (3472) 38-58-02 для справок
38-75-44 отдел маркетинга
38-58-11 отдел поставок
(095) 911-1311 представительство в г. Москве
Факс: (3472) 38-37-44
<http://www.umpo.ru>
E-mail: umpo@umpo.ru



ЗДЕСЬ СОЗДАЮТ СОВРЕМЕННУЮ КРИОГЕННУЮ ТЕХНИКУ

Владимир Герасимов,

заместитель исполнительного директора по науке - директор инжинирингового центра

Криогенная техника находит широчайшее применение во всех сферах народного хозяйства. Это – воздухоразделительные установки, обеспечивающие технологические процессы предприятий металлургической, химической, атомной промышленности и энергетики; криогенные установки производства и хранения компонентов ракетного топлива (жидкий кислород, водород), обеспечивающие работоспособность ракетно-космических комплексов; криогенные системы подготовки и заправки сжиженным углеводородным топливом разнообразных транспортных и энергетических устройств; установки поддержания соответствующего газового состава в медицинских установках и в помещениях, где выращивается и хранится сельскохозяйственная продукция; криогенновакуумная техника для имитации космоса и др.

Инжиниринговый Центр ОАО "Криогенмаш" представляет собой единый научно-технический комплекс, на высоком профессиональном уровне обеспечивающий выполнение широкого спектра работ, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией криогенной техники.

Благодаря высококвалифицированному персоналу, новому программному обеспечению и современным вычислительным средствам, Инжиниринговый Центр ОАО "Криогенмаш" является передовым предприятием в области создания криогенной техники в России и странах СНГ.

При проектировании своих изделий Инжиниринговый Центр использует новые технологии, созданные в процессе сотрудничества с ведущими Российскими научно-исследовательскими институтами и фирмами, которые работают в области криогенной техники.

Опираясь на накопленный научный потенциал (что особенно ценят наши заказчики) и богатый производственный опыт, Инжиниринговый Центр способен решать сложные комплексные задачи и при необходимости подтверждать экспериментально принимаемые решения.

Инжиниринговый Центр - Ваш надежный партнер при проведении различных работ в области криогенного машиностроения. Основные задачи, решаемые Центром:

- разработка эскизных и технических проектов;
- разработка технической части технико-коммерческих предложений на поставку оборудования;
- разработка документации для торгов;
- разработка инвестиционных намерений и технико-экономических обоснований;
- разработка и согласование с заказчиком ТЗ на поставляемую продукцию;
- разработка и выпуск рабочей конструкторской документации для изготовления и комплексной поставки следующих изделий:
 - ▲ воздухоразделительных установок;
 - ▲ ожижительных установок;
 - ▲ систем заправки, хранения и транспортировки криогенных продуктов;
 - ▲ криотермовакuumных систем;
 - ▲ гелиевых криогенных систем;
 - ▲ мембранных газоразделительных установок;
 - ▲ криогенных турбодетандеров;
 - ▲ автоматизированных систем контроля и управления;

▲ криогенных систем для пищевой и медицинской промышленности;

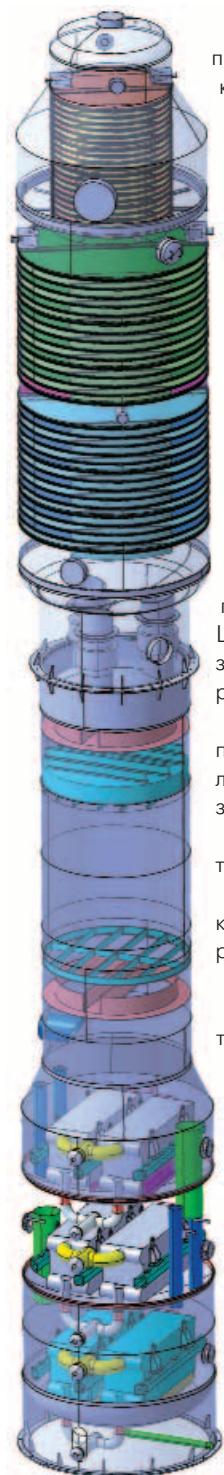
- разработка технологии переработки и ожижения природного газа;
- шеф-монтажные, пуско-наладочные работы и испытания оборудования на месте эксплуатации;
- авторский надзор за изготовлением, монтажом и эксплуатацией оборудования;
- проведение обследований и выдача рекомендаций по восстановлению, ремонту и модернизации криогенной техники;
- организация и проведение гидро-газодинамических испытаний ТДКА;
- выполнение научно-исследовательских работ;
- создание 3D-электронных моделей изделий на заказ;
- проведение инженерных расчетов по прочности, динамике, кинематике, акустике, долговечности, гидро-газодинамике и тепломассопереносу;
- моделирование многофазных схем и химических процессов;
- непараметрическая (топологическая) оптимизация конструкции;
- создание конечно-элементных сеток с учетом требований заказчика;
- проведение численного моделирования технологических процессов объемного формообразования.

Проектирование в Инжиниринговом Центре выполняется с использованием сертифицированных современных комплексных технологий - CAD\CAM\CAE.

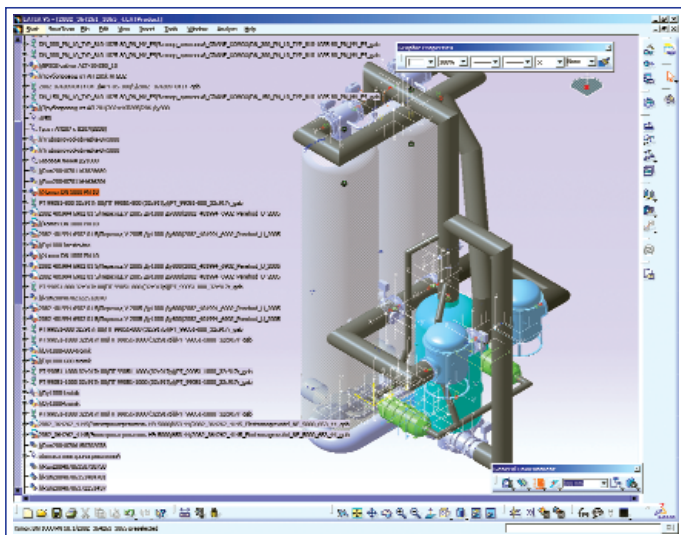
Конструирование осуществляется на базе САПР системы CATIAv5 фирмы Dassault Systemes, что позволяет создавать 3D-цифровые модели отдельных деталей и сборочных единиц любого уровня сложности с верификацией 3D-виртуального изделия для исключения пересечений деталей и динамической проверкой допусков и посадок на соответствие стандартам с последующим формированием чертежно-технической документации. Кроме того, реализовано использование базы данных стандартных комплектующих и изделий ОАО "Криогенмаш", а, при необходимости, существует возможность поиска необходимых компонентов, материалов и элементов оборудования в базе данных, предоставляемой Internet.

Инженерный анализ, проводимый в CAE системе, позволяет осуществлять полный комплекс необходимых расчетов для лучшего понимания работы изделия и его оптимизации, сокращая сроки проектирования путем уменьшения числа дорогостоящих натурных экспериментов и замены их быстрым и эффективным компьютерным моделированием. При необходимости может быть проведена автоматическая верификация расчетной модели и результатов натурных испытаний.

Выполнение анализа многофазных систем и химико-технологических процессов, связанных с тепломассопереносом, с возможностью моделирования широкого спектра веществ, в том числе и пользовательских, производится при помощи программного обеспечения фирмы Aspen Tech - HYSYS и MUSE.



Верхняя часть колонны BPV



Блок комплексной очистки

Широкий спектр инженерных расчетов прочности, динамики, кинематики, теплопередачи, акустики, долговечности, объемного формообразования и т.д., а также решение связанных с этим теплопрочностных задач, а также исследование проблем, когда конструкции одновременно подвергаются воздействию кинематических, силовых, тепловых нагрузок, имеют большие перемещения и деформации (с возможностью моделирования всех типов материалов, включая композитные и гиперупругие) позволяет провести программное обеспечение фирмы MSC.Software (MSC.Nastran, MSC.Marc, MSC.Fatigue, MSC.ADAMS, TOSKA, MSC.Superforge, MSC.SuperForm) - мирового лидера в области конечно-элементных расчетов.

Выполнение анализа динамики жидкостей и газов, а также тепломассопереноса методом конечных объемов реализовано при помощи известного программного обеспечения для гидрогазодинамических расчетов - CFX фирмы ANSYS и пакета Concepts NREC. Все необходимые для расчетов свойства материалов и теплофизические свойства газов и жидкостей специалисты Инжинирингового Центра получают из единой сертифицированной и постоянно пополняющейся базы данных.

CAM системы, представленные пакетами Технокласс, MSC.Superforge, MSC.SuperForm и специализированными модулями CATIAv5, позволяют провести виртуальное моделирование производства деталей с целью выбора оптимальной технологии изготовления еще на этапе проектирования и выпустить необходимую нормативно-технологическую документацию.

Автоматизированы процессы проектирования, инженерного анализа и технологической подготовки производства

CAD/CAM/CAE дают возможность реализовать комплексный подход к анализу изделия на всех стадиях его жизненного цикла.

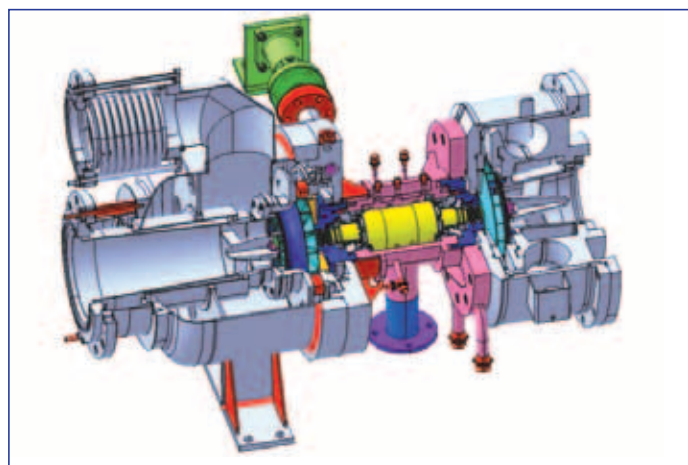
В Инжиниринговом Центре используется электронный документооборот, реализованный с помощью программного обеспечения PDM/PLM SmartTeam и электронной системы хранения документов Documentum.

В проектах используются технические решения, рассчитанные на применение передовых технологий и новых материалов.

В Инжиниринговом Центре функционирует нормоконтроль проектной документации. Обеспечение контроля качества выполнения работ основано на системе стандартов предприятия и инструкций, регламентирующих процесс проектирования, обращения, хранения, передачи технической документации.

Стандарты предприятия и инструкции устанавливают правила выполнения операций и определяют круг лиц, ответственных за контроль качества на каждом этапе выполняемых работ.

Организаторы и руководство Инжинирингового Центра сумели создать уникальный коллектив, состоящий из высококвалифицированных специалистов, которые имеют большой опыт в области



Турбодетандерный компрессорный агрегат

проведения исследований, расчетов, проектирования, производства, монтажа, пуско-наладки и эксплуатации криогенной техники.

В Инжиниринговом Центре работают три заслуженных конструктора и 18 кандидатов наук.

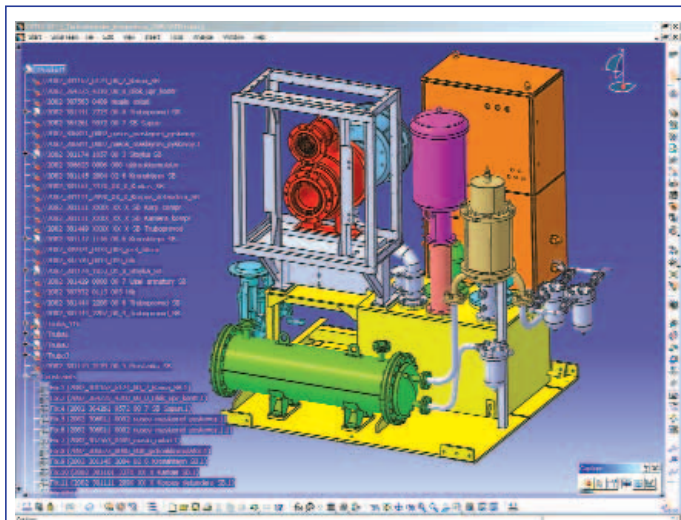
Приглашаем всех заинтересованных лиц, а также организации к взаимовыгодному сотрудничеству!

Инжиниринговый Центр ОАО "Криогенмаш"

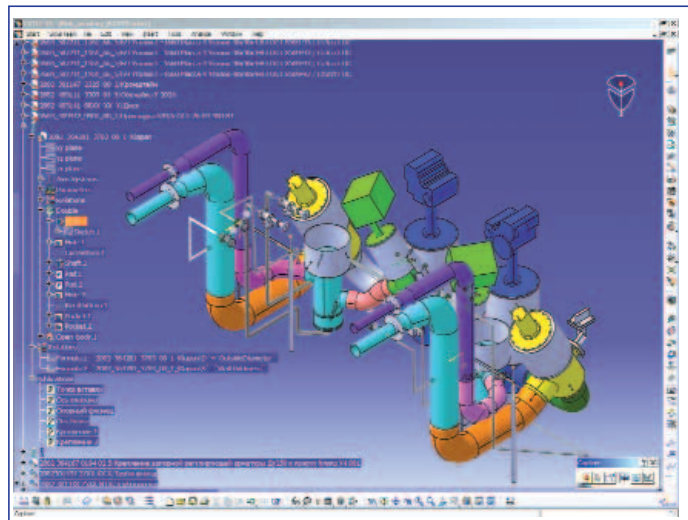
Тел.: (095) 505-9313.

Факс: (095) 505-9312.

E-mail: vladimir_gerasimov@cryogenmash.ru



Модуль ТДКА



Блок арматуры ТДКА



ЦЕЛЬ ЖИЗНИ - СТРОИТЬ МОТОРЫ

Страницы жизни конструктора А.Д. Швецова

(Продолжение. Начало в № 1, 2, 3 - 2004)

Лев Берне

Интересную роль сыграл мотор М-82 в судьбе сподвижника С.А. Лавочкина - М.И. Гудкова. Еще в Москве он предпринял попытку оснастить свой самолет Гу-1 новым мотором конструкции А.Д. Швецова (самолет в связи с этим стал называться Гу-82). Однако эвакуация сильно задержала работу. Сначала Гудков со своим небольшим коллективом приехал в Горький, где на заводе № 21 уже уверенно обособился Лавочкин. Семен Алексеевич его не принял, и Гудков поехал дальше в Новосибирск на завод № 153. Однако и там ему не повезло - именно в Новосибирск эвакуировалось ОКБ А.С. Яковлева. В начале 1942 г. после разгрома немцев под Москвой была разрешена эвакуация ряда предприятий, покинувших Москву. Гудков этим воспользовался и вернулся на родной завод. Однако решение о внедрении в серию Гу-82 так и не состоялось, поскольку никакими преимуществами по сравнению с Ла-5 он не обладал.

Другой сподвижник Лавочкина С.П. Горбунов, который оказался в начале войны на таганрогском заводе, тоже попытался установить М-82 на свой самолет Г-1. Однако эту работу ему пришлось прервать практически под огнем противника, подошедшего к городу. Опытный самолет удалось спасти и отправить на тбилисский завод, куда было эвакуировано таганрогское авиапредприятие. В Тбилиси Горбунову удалось провести испытания Г-1 с М-82. Однако летные данные получились существенно худшими, чем у Ла-5.

В конце 1941 - начале 1942 г. ситуация с моторами М-82 была очень напряженной. Завод № 19 без устали гнал серию, но почти все моторы шли на склад (как уже отмечалось, лишь несколько десятков "восемьдесят вторых" поздней осенью 1941 г. были установлены на Су-2). Эта проблема как дамоклов меч висела над наркомом авиационной промышленности А.И. Шахуриным: шла война, общий выпуск самолетов серьезно сократился из-за эвакуации предприятий, а тут завод № 19 "печет как блины" никому не нужные моторы. Наркомат срочно потребовал установить М-82 на самолеты всех типов. 19 ноября 1941 г. года вышло постановление ГКО "О постановке мотора М-82 на самолетах ТБ-7, "103", ДБ-3Ф, Ил-2".

Один из пунктов постановления требовал организовать "производство штурмовика Ил-2 с мотором М-82 вместо Су-2 на заводе № 135 (Пермь)". Таким образом, единственный самолет, на котором М-82 обеспечил более-менее приличные результаты, и к тому же внедренный в серию, снимался с производства. Такое поразительное решение было обусловлено двумя главными причинами: - неважным отношением И.В. Сталина к конструктору П.О. Сухому и желанием срочно нарастить производство штурмовиков Ил-2. Ранее в статье о моторах А.А. Микулина уже отмечалось, что осенью 1941 г. руководство ВВС КА и государства в целом было буквально захлестнуто потоком сообщений о невероятно высокой боевой эффективности самолетов Ил-2. Подбитые танки противника, если верить докладом с фронта, исчислялись многими сотнями и даже тысячами, что, к сожалению, в большинстве случаев не соответствовало действительности. "Нигде так не врут, как на охоте и на войне", - говорил Бисмарк. Завороженный докладами авиационных командиров (и не

только авиационных - хвалебные доклады о работе Ил-2 по целям противника направляли и некоторые общевойсковые начальники), Сталин, посоветовавшись с Шахуриным, принял решение всемерно увеличить выпуск Ил-2. Но микулинских моторов АМ-38 для "илов" не хватало - тогда было принято решение о прекращении производства истребителя МиГ-3 с близким по конструкции двигателем АМ-35А.

В этом же ключе следует рассматривать и вопрос о снятии с производства Су-2. Это была ошибка, и ошибка непростительная. Когда илюшинцы сумели изготовить "в металле" Ил-2 с М-82, выяснилось, что фактически он представляет собой новый самолет (в производстве измененный бронекорпус требовал большой технологической доводки, имелись проблемы и с винтомоторной группой, после всех переделок предлагалось даже именовать самолет иначе - Ил-4). Кроме того, летные качества машины оказались далекими от "заказанных". В общем, Ил-2 с М-82 в серию не пошел. Печальной оказалась и судьба завода № 135 - едва ли не единственного авиапредприятия, которое было расформировано в годы войны.

Эпопея с внедрением мотора М-82 на бомбардировщиках не менее запутана. Как отмечалось ранее, наиболее удачной оказалась силовая установка самолета "103", спроектированного под руководством А.Н. Туполева в московской "шараге". Из-за отсутствия в производстве двигателя АМ-37 Андрей Николаевич принял решение оснастить машину швецовскими моторами. Увы, при этом летные данные самолета изрядно "потускнели", но остались все же приемлемыми для фронтового бомбардировщика. Первый полет самолет "103В" производства омского завода совершил 16 декабря 1941 г. Еще до этого на уровне правительства было принято решение о начале серийного выпуска бомбардировщика. Испытания машины еще продолжались, когда 16 марта 1942 г. вышло другое постановление - прекратить освоение "103" и начать в Омске производство самолетов ДБ-3Ф. Но на следующей неделе А.Н. Туполеву удалось "передоложить" Сталину ситуацию с данными своего бомбардировщика, и 26 марта 1942 г. выходит очередное постановление ГКО "О возобновлении производства Ту-2 с моторами М-82 на заводе № 166 в Омске". Вот вам и сказочки о "четком планировании" и "глубокой продуманности всех мероприятий" в годы войны.

Интересно, что когда решался вопрос о снятии с производства бомбардировщика "103", была создана комиссия во главе со злейшим врагом Туполева - Н.Н. Поликарповым (они не ладили между собой еще с 1915 г.). Но Поликарпов был очень порядочным человеком и поэтому оказался выше личного неприязненного отношения к Туполеву. Он написал очень обоснованное заключение о целесообразности возобновления производства самолета.

В конце января 1942 г. на новосибирском авиационном заводе № 153 А.С. Яковлев поставил М-82 на свой истребитель Як-7. Однако испытания проходили трудно (пришлось сменить три мотора М-82) и существенно положительных результатов не было достигнуто. Кроме того, Яковлева больше привлекала задача максимального увеличения серийного выпуска Як-7, а работа с М-82 его отвлекала.

Еще 11 января 1941 г. совершил полет поликарповский истребитель И-185 с мотором М-81. В этом и последующих полетах (все-го их было 12) отмечалась сильная тряска двигателя и раскрутка винта, а также недостаточная мощность мотора. Поэтому в марте 1941 г. был выпущен приказ НКАП "О прекращении работ на самолете И-185 с мотором М-81". В дальнейшем на этот экземпляр И-185 был установлен мотор М-71. Однако, как отмечалось ранее, этот мотор серийным не стал и, несмотря на блестящие летные данные, истребитель И-185 М-71 не смог сыграть достойной роли в годы Великой Отечественной войны.

Оставался еще один вариант И-185 - с мотором М-82. Первый полет машина совершила 1 июля 1942 г. Ее существенной особенностью являлось применение кольцевого маслорадиатора (подобного тому, каким оснащался FW 190), однако его конструкция не обеспечивала должного охлаждения масла. Дело кончилось тем, что представитель завода № 19 запретил дальнейшие работы с кольцевым маслорадиатором. Пришлось установить обычный, немного увеличивший лобовое сопротивление машины.

Несмотря на это, на заводских испытаниях самолет показал отличные данные: максимальную скорость 615 км/ч у земли и 685 км/ч на высоте 6500 м. Истребитель И-185 М-82 успешно прошел госиспытания с 13 апреля по 5 июля 1942 г., войсковые испытания на Калининском фронте в ноябре 1942 г. и был рекомендован в серию. Однако рекомендацию реализовать не удалось, несмотря на все усилия Н.Н. Поликарпова и А.Д. Швецова. Важнейшей причиной тому называют дефицит алюминия в стране (у И-185 было цельнометаллическое крыло). Свою роль сыграл и факт массового выпуска цельнодеревянного самолета Ла-5 с таким же двигателем. Но решающим фактором оказалась все же позиция наркома А.И. Шахурин, который, зная тенденциозно-сдержанное отношение Сталина к Поликарпову, предпочел "не будить лихо".

И тогда А.С. Яковлев предпринял действия против своего непосредственного начальника! Летом 1942 г. он направил письмо Сталину, в котором с тревогой отмечал: на фронте появились чрезвычайно опасные немецкие истребители Ме-109Ф и ФВ-190. Для противодействия им и завоевания господства в воздухе следовало, по мнению Яковлева, создать группу стратегического резерва из самолетов Як-9 и И-185. Производство И-185 он предложил организовать на тбилисском заводе, где производился малоэффективный ЛаГГ-3. Однако аргументы А.И. Шахурина (неизбежное сокращение объема производства истребителей на этапе освоения И-185, нехватка алюминия и пр.) оказались для Сталина более убедительными, и идею Яковлева он отверг.

Летом 1943 г. Яковлев снова обратился к Сталину с предложениями о реорганизации производства авиатехники. Он предупреждал, что немцы располагают еще достаточными силами для того, чтобы в каком-то участке пробить окно в советской системе ПВО и бросить в образовавшуюся брешь бомбардировщики на промышленные объекты, расположенные в глубоком тылу. Яковлев предлагал "выпустить малые серии истребителей Як-9 с моторами М-107А и И-185 с моторами М-71, эти самолеты объединить в особую группу, посадить на них наших лучших летчиков и направить их на тот участок фронта, где действовали лучшие немецкие асы" (сегодня-то мы знаем, что попытка таким образом разгромить "лучших немецких асов" вряд ли оказалась бы удачной - опытные пилоты с десятками и сотнями побед имелись почти в каждой германской истребительной авиагруппе). Но это не означает, что в предложении Яковлева отсутствовало рациональное зерно. В сущности, истребительные авиакорпуса Резерва ВГК (особенно гвардейские) и были призваны решить эту задачу, но только вот укомплектованы они были нормальными "яками" и "лавочкиными" и обычными, а не отборными экипажами.

Предложение Яковлева вновь отвергли, мотивируя производственными трудностями. "Торпедировали" идею Шахурин и Дементьев, отвечавшие за серийный выпуск самолетов и считавшие, что перестройка налаженных конвейеров неизбежно привела бы к сокращению объемов производства. А самолетов фронту требовалось все больше. Поэтому Шахурин рассматривал своей важнейшей задачей - помочь Лавочкину и Швецову со сдачей новых и новых Ла-5



Легкий бомбардировщик Су-2 с мотором М-82

с моторами М-82Ф и ФН. О недальновидности позиции руководства НКАП свидетельствует тот факт, что буквально через месяц немцы предсказание Яковлева осуществили и фактически уничтожили авиазавод в Саратове и автозавод в Горьком.

Яковлев во всем обвинил Шахурина, который, по его мнению, затормозил внедрению в серию истребителей Як-9 с мотором ВК-107А и И-185 со швецовскими моторами. Шахурин ответил не своему заместителю, а непосредственно Сталину: "Считаю, что вводить в серию И-185 нецелесообразно". Сталин с этим согласился.

Интересный момент: чтобы не плодить модификации М-82, вскоре после того, как А.И. Микоян создал в марте 1940 г. свое ОКБ, по инициативе А.Д. Швецова было подписано соглашение о создании силовой установки с моторами воздушного охлаждения для новых истребителей Микояна и Поликарпова. Эта работа проводилась в 1940-1941 гг., причем чертежи силовых установок "МиГ" и И-185 с моторами М-82 были идентичными.

Первые серийные Ла-5 с мотором М-82 появились на фронте в конце лета 1942 г. Когда 434-й иап (потом 32-й гвардейский), который курировал полковник В.И. Сталин, прибыл на переформирование после тяжелых боев в районе Сталинграда, встал вопрос - какие самолеты взять - "Яки" или Ла-5. Мнение о последнем самолете 8 августа 1942 г. доложил Василию Сталину помощник начальника инспекции ВВС Красной Армии летчик-испытатель бригаженер Павел Федров: "Во время командировки мной не был проверен самолет И-185 с мотором М-82, т.к. он был разбит при посадке летчиком Никашиным (ГК НИИ ВВС). Докладываю об облете самолета ЛаГГ-5 с мотором М-82. Облет проводил на Люберецком аэродроме. Облетанный мною серийный самолет ЛаГГ-5 с мотором М-82 более устойчив и улучшен по технике пилотирования и имеет большие скорости по сравнению с самолетом ЛаГГ-3 с мотором М-105. Однако на самолете имеются крупные дефекты, характеризующие его как самолет, не доведенный до состояния нормальной эксплуатации. Завод рекомендует брать летчику в полет плоскогубцы и отмычку, т.к. возможны заедания рычагов управления мотором, шасси, закрылков, юбками капота мотора, триммерами руля высоты и подвижного фонаря. Все это дополнительно обременяет летчика во время полета и отвлекает летчика от выполнения боевой задачи.

Заключение: Самолет ЛаГГ-5 по сравнению с ЛаГГ-3 с моторами М-105 имеет более лучшие летно-тактические данные. Однако самолет имеет много производственных и конструктивных дефектов, требующих немедленного устранения.

Самолет ЛаГГ-5 с мотором М-82 по сравнению с самолетом Як-7 с мотором М-105ПФ имеет практически одинаковые скорости, но значительно уступает последнему в вертикальной и горизонтальной маневренности. Управляемость самолета Як-7 значительно лучше. Особенности ЛаГГ-5 требуют от летчика, летавшего на других истребителях, дополнительной тренировки. Летчику, летавшему на ЛаГГ-3, такая тренировка не требуется".

В результате этого доклада в 434-й иап самолеты ЛаГГ-5 не поступили. Первые серийные Ла-5 получил 49-й Краснознаменный истребительный авиаполк, который до этого имел на вооружении И-153 и МиГ-3. В этом полку машина проходила войсковые испытания. И самолеты, и моторы были еще довольно "сырыми". Испытания начались 14 августа и закончились 15 сентября 1942 г. За это время было выполнено 369 боевых вылетов с общей наработкой моторов 335 ч.

Полк выполнял следующие задачи: сопровождение бомбардировщиков, прикрытие наземных войск и уничтожение авиации противника. Большая часть наработки моторов М-82 была на номинальном режиме. Иногда во время воздушного боя включался форсаж на 3...5 минут. Максимальное время работы на номинальном режиме 50 минут и на форсаже - 13 минут. После 13...15 часов работы на номинале появлялась тряска, которая устранялась заменой свечей.

Мотор М-82 зарекомендовал себя в эксплуатации достаточно живучим и надежным. Даже в случае попадания в мотор осколков и пуль он не выходил из строя и после небольшого ремонта продолжал работать. Так, например, 18 августа во время воздушного боя на самолете Ла-5 (летчик - старший политрук Бедомак) были пробиты всасывающий и выхлопной патрубки цилиндра № 5, имелись следы удара в нижней части цилиндра № 12. Но мотор продолжал работать нормально, и летчик, получивший ранение, вернулся на свой аэродром, находившийся на расстоянии 40 км от места боя.

23 августа во время воздушного боя над линией фронта на самолете Ла-5 старшего лейтенанта Клименко были пробиты всасывающее сопло карбюратора, крышка клапанной коробки цилиндра № 1, выхлопной и всасывающий патрубки цилиндра № 2. От осколков снарядов появились вмятины на карттере редуктора, были перебиты тросы управления регулятором винта Р-7. Мотор продолжал работать нормально, и летчик благополучно вернулся на свой аэродром. После небольшого ремонта нормальная эксплуатация мотора возобновилась.

3 сентября самолет Ла-5 командира звена лейтенанта Ходуна получил попадание снаряда во всасывающий патрубок и разорвался над дроссельными секторами карбюратора. В результате удара сектора заклинило. Другой снаряд пробил крышку клапанной коробки цилиндра № 13, разорвался и осколками пробил всасывающий и выхлопной патрубки цилиндров № 11, 12, 13. Третий снаряд пробил патронный ящик, всасывающий патрубок цилиндра № 10, повредил ребра цилиндра № 11. Мотор продолжал работать как ни в чем не бывало, и летчик, пролетев 80 км, произвел посадку на свой аэродром.

Таких случаев было очень много, иногда снаряды даже пробивали цилиндры, но летчики часто не замечали этих дефектов, продолжали вести бои и нормально возвращались домой.

Конечно, не все было гладко. Особенно досаждали отказы свечей, ресурс которых не превышал 10...20 ч.

В выводах по войсковым испытаниям самолетов Ла-5 с моторами М-82 в 49-м иап отмечалось:

"- в боях с истребителями противника самолет Ла-5 показал, что при работе мотора на номинальном режиме на высотах от 3500 м и выше он в горизонтальном полете не уступает самолетам Ме-109Ф, а на высотах ниже 3500 м его и Ме-109Ф горизонтальные скорости равны (при пользовании форсажем);

- на виражах вести воздушный бой с Ме-109Ф можно хорошо, но, как правило, самолеты Ме-109Ф от боя на виражах уклоняются;

- управление самолетом нормальное, при выполнении пилотирования самолет тенденций к сваливанию в штопор не имеет. Доступен для летчиков-истребителей, выпущенных из летных школ;



Фронтальный бомбардировщик Пе-2 с моторами М-82Ф

- самолет Ла-5 показал в боевых условиях живучесть и хорошую огнестойкость. За время боев сбито 20 и повреждено 10 фашистских самолетов. Наши потери: сбитых 8, подбитых пять, из них два восстановлено. Погибли 6 летчиков и еще 6 были ранены.

Один самолет Ю-88 протаранен летчиком Боровским. Боровский после атаки на Ю-88 резко вывел свой самолет из пикирования и в этот момент врезался в другой Ю-88. Оба самолета разрушились. Летчик Боровский ранен. Причина боевых потерь - отсутствие боевого опыта у молодых летчиков (среди погибших летчиков - четыре сержанта). Кроме того, летный состав был незнаком с местностью, и ему приходилось больше следить за землей, чтобы не потерять ориентировку, чем за воздухом".

Мотор М-82 эксплуатировался все время на номинальном и взлетном режимах, вследствие этого ни один мотор по износу газоплотнительных поршневых колец не выработал своего ресурса и выходил из строя после наработки 35...40 часов. В целом можно сказать, что моторы М-82 работали хорошо, хотя и имели ряд дефектов. За три месяца было 36 случаев возврата с боевого задания, в основном из-за дефектов моторов (многие из них при проверке на земле не подтверждались).

Летный состав при ведении боевых действий придерживался малых высот, не используя преимущества мотора М-82 на больших высотах. Интересны цифры статистики, которые привел в своем отчете главный инженер 387-й иад. За последние три месяца 1942 г. потери самолетов были обусловлены:

- отсутствием боевого опыта у летного состава - 20 %;

- незнанием матчасти летным составом - 10 %;

- незнанием матчасти техническим составом - 10 %;

- дефектами производства на самолетостроительном заводе № 21 - 15 %;

- дефектами производства на моторостроительного завода № 19 - 5 %;

- воздействием противника - 40 %.

Обращает на себя внимание малый процент потерь, обусловленных отказами двигателей М-82. По отзывам летного состава, на Ла-5 можно было вести бои со всеми истребителями противника за исключением Ме-109Ф-3 (скорее всего, имелся в виду Bf 109G-2 - прим. авт.), который обладал явным преимуществом в вертикальной и горизонтальной скоростях. Пилоты отмечали: при правильной эксплуатации мотор М-82 работал безотказно.

После Сталинграда господство в воздухе стало переходить к нашей авиации. И тут, безусловно, сказались высокие технические характеристики, малый удельный вес, минимальное лобовое сечение мотора М-82 наряду с совершенством конструкции и вооружения самолета Ла-5.

Отмечались и совершенно поразительные случаи. Так, старший инженер эскадрильи 50-го иап 315-й истребительной авиадивизии вспоминал, что однажды капитан Василий Власов, прилетев с задания, отодвинул фонарь и сказал: "Все работало нормально, хотя пару раз что-то ударило впереди. Посмотри, что там - я шел на него в лобовую..." Когда открыли капоты, то поразились: у одного цилиндра практически отсутствовала головка, на другом через дыру можно было осматривать внутренности цилиндра. Подошедший командир дивизии полковник Литвинов похлопал по плечу Власова: "Василий Васильевич, а ведь этот М-82 не только позволил тебе завалить "фоккера", но и спас тебя. Непременно напишу об этом Швецову".

Осенью 1942 г. на фронте появился новый истребитель Ла-5Ф, оснащенный форсированным мотором М-82Ф. Необходимость создания этой модификации мотора была обусловлена опытом боевого применения первых Ла-5. Требовалось снять ограничение на время работы мотора на взлетном (форсированном) режиме и обеспечить возможность кратковременного еще большего увеличения мощности мотора на высотах менее 1000 м, где в основном шли маневренные бои. Для решения этих задач в конструкцию М-82Ф были введены следующие изменения:

- улучшено охлаждение головок цилиндров путем увеличения высоты ребер цилиндров;
- увеличен диаметр всасывающих патрубков;
- изменено газораспределение.

Для мотора М-82Ф впервые в нашей стране Шевцов ввел понятие боевого или чрезвычайного режима, на котором максимальная мощность возрастала до 1770 л.с. благодаря существенному увеличению давления наддува при одновременном снижении высотности до 850 м (продолжительность работы мотора на этом режиме ограничивалась тремя минутами, но этого хватало для выполнения атаки). В августе 1942 г. первый мотор М-82Ф прошел успешно 100-часовое испытание.

Установка М-82Ф на Ла-5Ф сочеталась с облегчением самолета и внедрением фонаря с улучшенным обзором задней полусферы. Сравнительные испытания Ла-5Ф с Вф 109G2 в ГК НИИ ВВС показали, что их данные практически совпадают ("мессершмитт" превосходил "лавочкина" только по скороподъемности). Весной 1943 г. за создание М-82Ф А.Д. Шевцову была присуждена вторая Сталинская премия.

В 1943 г. модернизированный М-82Ф стали устанавливать не только на истребители, но и на бомбардировщики Ту-2, Пе-2 и Пе-8. Первый серийный самолет Ту-2 с модернизированным мотором М-82Ф испытывался в период с февраля по сентябрь 1943 г. Три самолета Ту-2 были направлены в воинские части для испытаний в деле. Результаты оказались положительными. После этого сформировали полк на Ту-2, приступивший к боевым действиям на Калининском фронте в составе 3-й ВА, которой командовал М.М. Громов. Осенью 1943 г. на казанском заводе № 22 выпустили небольшую серию самолетов Пе-2 с моторами М-82Ф. Однако существенного улучшения летных данных машины не произошло (за исключением взлетных характеристик), а дальность даже уменьшилась из-за увеличенного расхода топлива. Более удачным оказался вариант четырехмоторного бомбардировщика Пе-8 (отечественной "летающей крепости"), оснащенный моторами М-82Ф. Только такие машины оказались способными поднимать в воздух сверхмощные пятитонные фугаски, которые сбрасывались на крупные промышленные объекты противника, а также на долговременные огневые сооружения на переднем крае (в частности, несколько бомб ФАБ-5000 применили на Курской дуге).

В связи с расширением производства самолетов, оснащенных моторами Шевцова, мощностей пермского моторного завода стало не хватать для обеспечения всех нужд фронта. ГКО принял решение организовать производство двухрядной звезды М-82Ф еще на одном моторостроительном заводе. Документацию на изготовление двигателя передали Омскому моторному заводу.

Тем временем в ОКБ А.Д. Шевцова продолжалась работа, направленная на усовершенствование мотора М-82Ф. В октябре 1942 г. Шевцов оснастил М-82Ф аппаратурой непосредственного впрыска НВ-3У (сначала мотор назывался М-82ФНВ, потом количество букв в наименовании сократили до М-82ФН). В конце 1942 г. этот мотор прошел длительные официальные испытания и продемонстрировал существенно лучшие данные по сравнению с прототипом (мощность на взлетном режиме была увеличена до 1850 л.с.). Этот мотор стал самым мощным в мире среди двигателей своего класса. Конструкция его была существенно пересмотрена и усилена. Так, создатели мотора увеличили обрешечение головок цилиндра (на 27 %), применили выхлопные клапаны с увеличенным диаметром щитков, увеличили сечение всасывающих труб, улучшили конструкцию привода к ПЦН, усилили поршни и ряд других деталей.

Аппаратурой непосредственного впрыска топлива в цилиндры авиационных двигателей с Советским Союзом стали заниматься еще в 1935 г. Три года спустя проводились государственные испытания микулинского мотора АМ-34 с непосредственным впрыском. Однако этот двигатель в производство запущен не был. В тот же период времени в ЦИАМе велась отработка опытных образцов насосов непосредственного впрыска, предназначавшихся для моторов М-103, М-120 и М-88. Однако все эти попытки носили скорее экспериментальный характер.



Вооруженцы готовят бомбу ФАБ-5000 к подвеске на Пе-8 с моторами М-82Ф

Серьезный интерес к аппаратуре непосредственного впрыска топлива возник в 1940 г., когда Советский Союз закупил в Германии моторы DB 601. Эти двигатели были оснащены весьма надежными доведенными насосами высокого давления производства фирм "Бош" или "Деккель". Зная сложность технологических процессов, освоение которых в "нормальном" режиме требовало нескольких лет, немцы особенно не опасались "утечки" секретов - по их расчетам русские не успевали воспользоваться новинкой.

Для ускоренного решения проблемы был предпринят ряд шагов. Для начала по предложению Шахурина в НКАП передали завод экспериментального сельскохозяйственного машиностроения № 294, который должен были освоить производство насосов "Бош" и начать их производство в кратчайшие сроки (с годовым заданием 400 насосов). Однако ни необходимого оборудования, ни квалифицированных кадров завод не имел. Итог оказался закономерным - приказ не был выполнен.

Параллельно при заводе № 33 НКАП было организовано специализированное КБ, которое занялось разработкой трех типов насосов непосредственного впрыска для моторов М-89, М-120 и АМ-35А по образцу закупленной в Германии топливной аппаратуры. И все же работа двигалась недопустимо медленно.

15 января 1941 г. вышло постановление ЦК ВКП(б) и СНК СССР (а затем - дублирующий приказ НКАП), в соответствии с которыми предусматривалось расширение серийного производства агрегатов непосредственного впрыска. Для выполнения этой задачи подключался завод № 296 (харьковский "ФЭД"), производивший оптические системы и имевший опыт точного изготовления деталей. Предприятие передали из системы НКВД в НКАП, которому было поручено в срок до июля 1941 г. выпустить первые серийные экземпляры насосов НВ-3 по образцам фирмы "Деккель" и чертежам завода № 33. Испытания топливной аппаратуры на моторе М-89 планировали провести в июле 1941 г., но из-за эвакуации завода № 296 и прекращения производства мотора М-89 программа освоения насосов непосредственного впрыска вновь приостановилась.

По приказу НКАП от 13 октября 1941 г. при заводе № 296 было организовано ОКБ, куда были переведены работники КБ завода № 33, занимавшиеся аппаратурой непосредственного впрыска. В январе 1942 г. конструкцию агрегата НВ-3У пересмотрели и приспособили к мотору М-82, на котором продолжили испытания и доводку аппаратуры непосредственного впрыска. Однако из-за загрузки завода № 296 производством оптических изделий и отсутствия соответствующих специалистов первые пять насосов малой серии для мотора М-82 были собраны и отрегулированы лишь в мае 1942 г.

В июле 1942 г. мотор М-82 с агрегатом НВ-3У прошел 100-часовые официальные испытания. Первый этап летных испытаний нового варианта двигателя на самолете Су-2, проведенных в августе 1942 г., завершился неплохо.

(Продолжение следует).

ИНТЕРВЬЮ

ВНЕ РАМОК ЮБИЛЕЯ

Деятельность А.Г. Прудникова, одного из виднейших ученых в термоаэродинамике больших скоростей, к сожалению, очень мало известна широкой публике, прежде всего из-за чрезмерной закрытости его прежних работ. Он один из 33 авторов рассекреченной ныне концепции "ВКС" – воздушно-космического самолета (1966 г.), вылившейся позднее в национальные программы нескольких стран. Первые камеры сгорания сверхзвукового комбинированного двигателя для этого ВКС также были придуманы и разработаны им. Прудников – автор около 160 закрытых комплексных работ и соавтор четырех книг по рабочим процессам ВРД, написанных совместно со своими соратниками (М.С. Волинским, В.А. Фростом и др.), учителями (Б.В. Раушенбахом, И.В. Беспаловым, 1964 г.) и учениками (В.Н. Сагаловичем, В.Л. Зимонтом и др., 1971 г.). Вместе со своим учителем Е.С. Щетинковым (ближайшим другом С.П. Королева и создателем четырех глобальных концепций: ГПВРД, ВКС, объемного и сверхзвукового горения) Александр Григорьевич подготовил несколько десятков известнейших ныне специалистов по горению. Интервью с ученым такого уровня неизбежно превратилось в научное сообщение, которое мы предлагаем вашему вниманию.

"Двигатель": Александр Григорьевич! Прежде всего, разрешите поздравить Вас с грядущим 75-летием (14.X.2004) и пожелать всего того, чего бы каждый сам себе пожелал, достигнув такого возраста. Мы знаем, что Вы уже более 30 лет работаете над книгой, содержащей совершенно новые подходы к проблемам статистической термоаэрогазотехники. Знаем также и то, что уже более десяти лет, "забросив" все личное и дорогое (жену, внуков, книгу...), с молодым энтузиазмом Вы занялись совместно с РАН новыми техническими концепциями разгона, марша и продвижения в различных средах сверхзвуковых ЛА и проблемами, связанными с их созданием, о чем наши читатели мало осведомлены, поскольку публикуетесь в "открытой" прессе Вы крайне редко. Поэтому, первый наш вопрос: Кто были Ваши учителя и что Вы могли бы сказать о них в сжатых рамках нашего юбилейного интервью?

А. Прудников: Первому выпуску Московского физтеха, к которому я принадлежу, выпала большая удача учиться у лучших умов естествознания середины прошлого века, собравших диктаторской волей в середине прошлого века под сводами МГУ.

Можно многое рассказать об очень разных, но одинаково потрясающих лекциях П.Л. Капицы и Л.Д. Ландау, лекциях доброго десятка других известнейших ученых страны. Они учили не только нас, но и своих коллег и учеников, которые были гораздо старше нас, но слушали с таким же восторгом, хотя, конечно, с более глубоким пониманием, которое к нам, приехавшим из разных уголков страны, приходило не сразу. Наши старшие товарищи потом в течение учебного года нещадно муштровали нас, прививая умение вырабатывать собственные "конди-

ционные" решения десятков задач. Работать в дальнейшем со многими из этих великих учителей нам не довелось, поскольку уже с третьего курса мы по три дня в неделю стажировались в базовых институтах (термоаэродинамики, т.е. двигателисты, - в ЦИАМ и его филиале НИИ-1).

Из учителей базовых институтов, прежде всего, вспоминаю М.В. Келдыша - руководителя нашей аспирантской группы в НИИ-1. Ему приходилось решать даже наши бытовые вопросы с упрямым "Ванькой Петровым" (ректор МФТИ). Мстислав Всево-

лодович читал лекции и вел семинары изумительно, но редко (улетал на полигоны), его постоянно заменял Г.И. Петров (на семинарах) и Г.Г. Черный (на лекциях). Академик Г.Г. Черный читал лекции, как и сегодня, прекрасно, на экзаменах был милостив. Академик Г.И. Петров - изумительный, широкоплановый человек и ученый, из-за неважной дикции читал лекции плохо, но настолько образно и сопровождал выводы формул такими поучительными фактами и событиями из жизни двигателей, самолетов, ракет и их создателей, что они врезались в мою память на всю жизнь. Академик Б.В. Рау-

шенбах - Леонардо да Винчи XX века, по всеобщему мнению всех, кто его знал. За год дипломной работы под его руководством я "экспериментально прошел" все виды горения, включая ныне модное горение детонационное (в рамках тематики межконтинентальных крылатых ракет "Буря" и "Буран" с СПВРД). Раушенбах абсолютно точно предсказал будущее своих дочерей-близнецов в их месячном возрасте; за эрудицию и красноречие по любому вопросу имел кличку своих сверстников - "златоуст".



Профессор Е.С. Щетинков - скромнейший ученый, по внешнему виду "мямля", но абсолютно стальной в самых принципиальных вопросах, вплоть до жизни и смерти (что он героически продемонстрировал в 1937 г.). Помимо трех глобальных концепций, создал школу "щетинковцев", ныне успешно действующую, хотя и разрозненную.

Можно сказать много слов благодарности о моих "заочных" учителях, с которыми я познакомился только в последние годы их жизни - академиках К.И. Щелкине и Я.Б. Зельдовиче, о старших единомышленниках-учителях и оппонентах - Л.А. Вулисе и В.М. Иевлеве и старшем коллеге-оппоненте, моем учителе Г.Н. Абрамове. Здесь уместно заметить, что из работ наших бывших цимовских ученых на становление единой вихревой теории погранслоев наибольшее влияние оказали труды Л.А. Вулиса (в частности, связанные с законом обращенного воздействия и моделями: смешения, "эквивалентной теплопроводности" и трения в переходной области).

Неплохим стимулятором при создании единой теории погранслоя был всего один "каверзный" вопрос Г.Н. Абрамовича, который он задавал мне в течение нескольких десятилетий: "А может ли Ваша теория решать задачи со встречными струями?". В 60-70 годах наша статистическая диффузионная теория, как и предшествовавшая ей теория Л.А. Вулиса, сделать этого не могла. Сегодня единая вихревая теория не только может определять структурные параметры классических встречных течений типа Куэтта, но и строить новые теплогазоаэродинамические профили лобовых и кормовых обтекателей на встречных струях бортового топливного компонента. Поэтому я глубоко благодарен своему учителю Г.Н. Абрамовичу не менее, чем своему "вне-цимовскому" учителю, оппоненту и другу Л.А. Вулису.

"Д": *Сегодня ведется очень много разговоров о "кризисе авиации". Каковы Ваши взгляды на пути преодоления этого кризиса в двигателестроении и вообще во всей российской науке и технике?*

А. П.: Не изобрету колеса: мои предложения те же, что и у всех ученых - повысить роль творческой личности и защитить ее от интеллектуального и технического пиратства (воровства).

Это относится в равной степени не только к науке, но и к технике, образованию, медицине, искусству, спорту, бизнесу. Я могу только дать свой комментарий.

Голодный учитель и врач не научит и не вылечит, о творческом (научном) подходе при этом не может быть и речи. Как наука, так и техника в основе своей - разновидность творчества. Но творчество предполагает в том числе и самоотверженность творца. Ученый, "технар" или художник может многое сделать в науке, технике или искусстве, если он уверен, что в случае успеха его ждет признание и соответствующее материальное вознаграждение (образец для подражания каждый выбирает сам: Форд, Шемякин, Сталлоне, Шварценеггер, Циолковский, Сикорский, Сухой...). И этот общечеловеческий стимул в творчестве действует сильнее стремления попросту "сорвать куш", как в казино (что гораздо плодотворнее для общества).

А.М. Люлька - "крестный отец" нашей книги 1971 г. - трогательно сокрушался о том, что имя английского автора ТРД блистает наравне с именем И. Ньютона на стенах британского парламента (говоря по памяти), а он, автор несколько иного варианта схемы ТРД, с 1936 г. не может получить даже первую ученую степень (он тогда еще не стал академиком). С.П. Королев, по воспоминаниям Е.С. Щетинкова, страдал от своей государственной сверхзасекреченности. Примеров из области литературы, балета и спорта я не даю, так как они общеизвестны. Повторюсь: достойное содеянному признание было и остается одним из самых мощных стимулов для творца.

Наша творческая интеллигенция существовала при советской власти в качестве непонятной "прослойки" (как шутили - между рабочими и крестьянами - за отсутствием иных классов в структуре общества). Всерьез с ее мнением и желаниями власть могла и не

считаться. Увы, сегодня все стало только еще смешнее: как были нужны лишь результаты нашей деятельности и абсолютно безразличны мы сами, так все и осталось, да к тому же еще и практически выродился интерес к нашей деятельности у власть предержащих.

Первейшая задача нашего государства (если оно реально желает стать демократическим) - помочь нам, творческой интеллигенции, как технической, так и гуманитарной, быстрее выбраться из такого жуткого состояния. Его приходилось терпеть при замкнутых границах, контролируемых передвижениях и монополии государственного работодателя. Однако, если такого жесткого контроля больше нет, но творчеством пытаются по-прежнему жестко управлять, то интеллигенция очень быстро начинает нарабатывать интеллектуальное богатство для совершенно другой страны. Если современной России действительно нужна творческая интеллигенция, то ей надо договариваться, а не понукать.

Несколько слов о законодательной защите авторской собственности от "пиратства" различных мастей. Прежде чем защищать авторскую собственность необходимо поднять до реального уровня ее цену: сегодня она в России вообще-то ничего не стоит, хотя и считается государственной. А если так, то защита авторских прав становится делом невыгодным, зато для всех неленивых, непугливых и нещепетливых возникает возможность, фактически приватизировав результаты чужого труда, спокойно везти их за границу (что успешно и делается). Только автор и владелец своей собственности, защищенный действующей системой законодательства, может проследить за соблюдением своих прав. Современные же законы о защите удерживают не собственность при авторе, а ее автора от проявления всяких инициатив. Воистину: сиди - и не пикни, когда из невидимых "закромов Родины" уносят на глазах у всех придуманное тобой.

Необходимо установить в России, как это существует в мировой науке и искусстве, разные цены на творческую продукцию и ее воспроизведение. Репродукцию необходимо производить под авторским надзором (будет быстрее, дешевле и с меньшими потерями на чиновников). У нас же не один десяток лет все делается наоборот, поскольку "авторская" часть зачастую либо захватывалась, либо покупалась у посредников. Научной и технической интеллигенции предлагалось только скопировать оригинал вплоть до изъянов и дефектов, ничего не добавляя своего. В результате образовался мощный псевдотворческий пласт чиновников-копировальщиков, следящих за "разделыванием добычи" и в упор не замечающих своего отечественного. Это касалось всех передовых технологий, не только в двигателестроении. Потуги отдельных героических умельцев делать те же двигатели самостоятельно по большей части традиционно кончались ничем. В результате многие русские изобретения приходят к нам снова, но из-за рубежа (цветной телевизор, например). В интересах безопасности государства нужно отменить все ельцинские президентские указы о патентах, по которым все принадлежит тому, кто платит за оформление документов. Ведь зачастую права на продукцию и технологии, имеющие стратегическое значение, оказывались у самых фантастических хозяев. Хозяевами наших разработок оказываются какие-то румыны, поляки, китайцы, словаки, индусы, немцы, - да кто угодно - и свои бандиты в том числе. Например, кто же является законным владельцем лицензии на автомат Калашникова, "гуляющий" по всему миру, вообще неясно (но явно не сам автор: для этого достаточно посмотреть на ТВ-клип с его участием в рекламе какого-то фонда или банка).

А ведь идеи были самые благие: таким образом государственные мужи наивно полагали, что смогут привлечь предпринимателей к спонсированию научно-технического творчества и ограничить законодательно науку и технику от диктата трех разросшихся форм чиновничьего пиратства: государственной, отраслевой, внутриведомственной. При этом, замечу, вынужден при-

знать необходимым сегодня "госпиратство" сильного патерналистского государства (но только не внутри собственной страны, как это все еще делает пост-ельцинская демократия под старым мотив: "...все вокруг колхозное, все вокруг мое") - как защиту от мощнейшего влияния американоцентристов: тоже пиратов, но международных. Сегодня российские авиадвигатели из-за этого мирового пиратства в принципе не могут стать реальными конкурентами плодам труда авиадвигателестроителей господствующей "семерки" мирового бизнеса. Известно, что стало с европейским аэробусом в США при слабой попытке Европы потеснить США на мировом авиационном рынке.

Полагаю, что академическая и прикладная науки сумеют совместными усилиями обуздать разнузданное пиратство отраслевой промышленности, сохранившееся от сталинских времен и поощряемое государством. Но только это станет возможным при доминирующем, изначальном владении авторами авторскими правами (и внутри, и вне страны). Точно так же наука в состоянии сама разобраться не только с внутриведомственным пиратством, но и с пиратством в собственных рядах. Повторюсь - при авторском (законодательно функционирующем, а не чиновничьем) контроле за использованием и вывозом научного товара за рубеж и контроле силовыми структурами за возвращением, если такой товар уже контрабандно вывезен.

Любая наука может развиваться двумя путями: осваивая какое-то количество выделяемых на работу денег и зарабатывая договорной рубль на рубль бюджетный. Первый путь - затратный, но беспроигрышный (для науки): что-нибудь да сотворят. Правда, есть возможность "сварганить" то, что никому не нужно и, наоборот, не получить заказанного. Второй путь развития - сложнее, но только он может обеспечить развитие техники, конкурентоспособной и имеющей спрос.

"Д": В связи с этим позвольте узнать, каково Ваше видение будущего фундаментальных основ двигателестроения?

А. П.: Прошлый век был характерен триумфом классических механик всех видов сплошных сред (воздушной, газовой, жидкой и твердой), "летащих", однако, (по образному выражению Лойцянского) "позади самолета" и в первую очередь "позади его двигателя".

Причина тому: игнорирование несплошности и разрывности "сред" вихревых, сдвиговых погранслоев, возникающих на стыках этих "сплошных сред". Это - следствие попытки сведения всех проблем несплошной и разрывной вихревой механики к "поверхностным" моделям тангенциального или нормального разрыва. А между тем, как раз именно в этих пренебрегаемых классической теорией разрывах (слоях отнюдь не нулевой ширины) реализуются все процессы энергомассообмена и действуют все следующие из них силы.

Сегодня наш средний полученный-получиновник, задержанный "балльной системой" оценок собственной деятельности, едва ли помнит единственный уровень (молекулярной) кинетики, которую он когда-то проходил в высшей школе (а те, кто помнят, с гордостью применяют ее там, где она физически не применима). Все внимание единой механики теплоаэродинамических сил двигателя и его летатель-

ного аппарата нужно будет сосредоточить на всевозможных стыках классических механик и названной нами (для первого опознания новорожденного) механики взаимодействующих сред (МВС).

Особенности методологического подхода **МВС** - лагранжево описание в декартовой системе координат. В ней производится условное осреднение по лагранжевым объектам (потокам), в результате чего появляется новая система для вероятности встречи лагранжевых объектов, замыкающая 24-мерную систему уравнений движения перемежающихся сред (лагранжевых объектов)

$$(dS/dt)_i + (dS_j u_j / dx)_i + F_i = 0.$$

$$i = 1, 2, 3 \quad j = 1, \dots, 6$$

При этом, крупные и турбулентные вихри имеют совершенно различные источники энергии с разными закономерностями.

У крупных вихрей это

$$(J\omega^2/2 + P)_R = 0; \quad U_\omega = \omega t = 2 \cdot g_1 \cdot g_2 (U_2 - U_1).$$

У турбулентных вихрей

$$3 \cdot V_r^2/2 = g_1 \cdot q_1 + g_2 \cdot q_2; \quad V_r^0 = U_m/3^{0.5}; \quad q = U^2/2.$$

Как отмечалось выше, эта система вихревого движения замыкается новой системой кинетики крупных вихрей

$$\frac{d\gamma_i}{dx} = \frac{\gamma_{i+1}}{x_{i+1}} - \frac{\gamma_i}{x_i}$$

Здесь U_ω и ω - линейная и угловая скорости вращения крупного вихря;

g_i - массовая доля i -го спутного потока ($i = 1, 2$);

F_i - источниковый член (скорость: тепловыделения, диссипации);

V_r^0 - начальная среднеквадратичная скорость турбулентных вихрей;

J - момент инерции крупного вихря;

γ_i - вероятность появления вихря i -го каскада;

x - длина свободного пробега крупного вихря 1-го каскада.

Взаимодействие различных составляющих МВС иллюстрируется представленной схемой.

В левом столбце схемы расположены взаимодействующие механики пассивных сред: известная всем механика малых вихрей или механика турбулентности Рейнольдса - Ричардсона - Колмогорова - Обухова стотридцатилетнего возраста и более молодая пятидесятилетняя механика крупных вихрей.

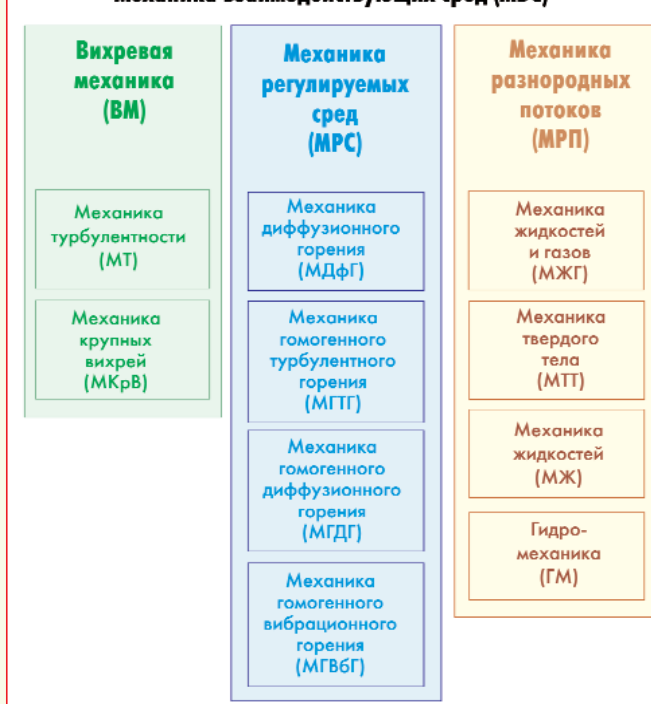
В среднем столбце схемы расположены механики реагирующих сред или, короче-механика горения. Причем, я привожу здесь только основные механики горения: диффузионного и гомогенного - с дальнейшей градацией - турбулентного, вибрационного и детонационного. В действительности, с учетом различных фазовых граничных условий механик горения гораздо больше.

В правом столбце показана совершенно новая механика взаимодействующих разноплотных потоков, (например, стали, жидкости и тонкого парового погранслоя между ними, или стали, бетона и погранслоя между ними в виде газовой смазки и т.п.).

Примерное содержание каждой ячейки схемы:

- исторические вехи (идей, концепций и уравнений);

Механика взаимодействующих сред (МВС)



- современное состояние и наши продвижения;
- структурные параметры;
- стилизованные описания структурных параметров;
- основные модели кинетики крупного вихря: модели мгновенного захвата, вихревого клубка, постоянной завихренности.

Области практического приложения **МВС**:

- вихревая механика (**ВМ**) - между волновой механикой и механикой материалов летательных аппаратов и реактивных метаемых элементов, в виде одного из вихревых слоев: свободного, пристеночного, конфузторного, диффузорного, струи, следа, псевдоскачка и т.д.;
- механика реагирующих сред (**МРС**) - между аэромеханикой и механикой жидкостей и газов камер сгорания;
- механика разнородных потоков (**МРП**) - между механикой твердого тела, механикой материалов, механикой жидкостей и газов аппаратов, метаемых элементов и реактивных метаемых элементов, движущихся в плотных средах с газовой или жидкой смазкой (вода, бетон, скала, броня и т.п.).

Закономерности вихревой механики:

- учет скоростей инжекции при различных числах Маха;
- применение уравнений кинетики, динамики и вероятностей крупных вихрей.

Закономерности механики реагирующих сред:

- учет параметров взаимодействия (скорости инжекции в сдвиговый горячий слой спутных потоков и др.);
- ввод функции скоростей горения и тепловыделения на разных уровнях кинетик.

Закономерности механики тройного взаимодействия разнородных сред:

- применение законов сопротивления за пределами упругой деформации при теплогазодинамических способах взаимодействия трех сред;
- учет скоростей отжатия, диффузии, вдува и стока при разных давлениях разных сред (жидкость, нефтеносный пласт, породы, металл, древесина). Ну, а вообще - по всем вопросам, связанным с МВС - милости прошу, обращайтесь!

Несколько слов о роли вычислительной "турбулентной" аэромеханики в будущем двигателестроения. Здесь без дополнительных "мыслительно" мозговых инъекций развивающейся **МВС** несамодостаточность вычислительной механики будет тем больше очевидна, чем проще будут реальные твердотельные контуры будущих термоаэрогазодинамически сложных двигателей и их летательных аппаратов. Для компьютерной механики двигателестроения прошлый век был веком быстрого рождения, быстрого роста, быстрого опьянения от "мыслительных" возможностей компьютерных операций (пересчета из одной статической модели в другую) и длительного отрезвления от тех первоначальных претензий и амбиций, с которыми она пришла и с треском провалилась в разнообразных "компьютерных играх", и не только двигателестроения, но и в играх войн, экономики, биологии, медицины, фармакологии.

Классическая декартова модель вычислительной механики с ее собственной неподвижной (или безлико-подвижной) громоздкой "тюремной решеткой" сеточной расчетной структуры со временем потеряет свой чарующий имидж и право на самодостаточность в новых условиях результативного финансирования. Сегодня, однако, вычислительная механика является необходимой ценной "крышей" и для соиздательной плодотворной части двигателестроения, но эта ее ценность - явление временное и относительное, это скорее ценность не столько науки, сколько искусства, ублажающего и убаюкивающего капризного заказчика до получения реального результата "медленно ползучим эмпиризмом".

Вспомним, к каким трагическим последствиям привел показ Челомея самому крупному нашему чиновнику и первому "отцу русской космонавтики" - Н.С. Хрущеву анимационных фильмов, пропагандирующих самодостаточность баллистических ракет. Были разгромлены не только авиация, флот и другие виды баллистических ракет с СПВРД, но и отброшены результаты, полученные для фундаментальных наук при изучении

прямоточных ВРД (на чем сегодня базируется "кинетическое оружие 21 века" в США).

"Д": Каковы отношения единой вихревой теории погранслоя с другими известными теориями турбулентных струй и погранслоев?

А.П.: Феноменологические или полуэмпирические модели ("теории") турбулентности начали свой жизненный путь от молекулярно-кинетических представлений о турбулентности Рейнольдса, Кармана, Прандтля, Тейлора, созревающих под большим влиянием успехов в молекулярной кинетике (о других "кинетиках" 130 лет тому назад просто ничего не знали). Главным аналитическим инструментом этих представлений был тензор рейнольдсовских напряжений, определяемый через локальные деформации скорости потока среды с помощью различных эмпирических коэффициентов той или иной модели турбулентности, предложенной упомянутыми авторами. Позже, к этим классикам начала прошлого века добавились новые классики, в основном, из среды математиков (Келлер, Фридман, Колмогоров, Миллионщиков, Таунсенд и др.) уже с корреляционными моментами первого, второго и более высокого порядка для локально-пульсирующих параметров с их уравнениями, дополняющими известные осредненные уравнения Рейнольдса. Далее шла внушительная по математической технике "статистическая гидромеханика" А.С. Мониной и А.М. Яглома с ее огромными усилиями самопередвижения, при которых о двигателестроении речи даже не возникало.

Вихревая теория крупных вихрей сдвиговых погранслоев является следующим закономерным шагом развития фундаментальной науки механики взаимодействующих сред. Она также "феноменологична" и "полуэмпирична", как и классические механики мелкомасштабной турбулентности, но развивается она на фундаменте вновь открытых явлений (феноменологий) и новых эмпирических закономерностей на более глубоком структурном уровне, не известном классикам прошлого века.

Поскольку все полуэмпирические старые и новые теории находятся в разных "нишах" своего локального и временного развития, их отношения неантагонистичны. Другое дело - отношения разных личностей, которые являются носителями разных теорий, к другим личностям-носителям других теорий, находящихся в одной и той же "потребительской сумке" науки или искусства. Эти отношения уже не столь объективны и беспристрастны, а вопросы групповых отношений "своих" и "чужих" теорий при этом становятся доминирующими.

Должен признать, что в непримиримых отношениях разных школ бывшего НИИ-1 и ЦИАМ есть доля и моей вины: нельзя стучать правдой по лбам несогласных ученых, добиваясь от них признания, как я это сделал в 1974 году. Перестарался: ожидал-то более конструктивной реакции (или, в принципе, какой угодно, но только не тридцатилетней блокады). Тогда я был молод и не вооружен фактами, сегодня, я знаю, что это обычное явление в науке и искусстве: Утесов не признавал Бернеса, Райкин - Жванецкого (хотя и пользовался его собственностью). Абрамович не признавал Вулиса (хотя в быту они были друзьями), Доронидин и Седов не признавали Я.Б. Зельдовича, В.В. Струминского, И.Ф. Образцова (они просто не знали их методологии и их предметов познания). Сам Г.Н. Абрамович, узнав об увлечении крупными вихрями за рубежом, в течение года перешел на позиции "крупных вихрей", но, тем не менее, не пропускал мои статьи через НТС своей школы. Его "молодая команда" стоит на прежних позициях: "Ты прав, но мы тебе покажем!!!!" Показывали не мне, конечно, а всем "больше верующим, чем понимающим". Так, начальник ЦИАМ в 80...90 гг., Д.А. Огородников не был в числе "верующих" и пропускал потом мои статьи единовластно, но "своих" при этом не трогал.

Мое наивное желание молодого ученого переубедить тогда еще столь же молодую команду Г.Н. Абрамовича за 30 лет так и не осуществилось, а теперь все мы уже не слишком молодые и нового желания "повоевать", глядя на них, у меня не возникает. Тем не менее, как было и всегда, время само расставит все по своим местам. Необходимость в новых решениях вынудит ученых искать новые подходы к осмыслению полученных результатов. А коли так - время работает на нас!



ИНФОРМАЦИЯ

СВЕРЯЙТЕ ВРЕМЯ ПО "АВИАМИРУ"!

2005 год - год 60-летия Великой победы. Эта победа показала всем, мечтающим о мировом господстве, что ни одна страна, как бы технически сильна, нагла и вероломна она не была, не может противостоять мировому сообществу, не желающему быть поработленным. Чтить память воинов, ценой жизни которых была добыта эта победа, - обязанность их потомков во всем мире. Для нашей страны, претерпевшей от этой войны больше других, День Победы является праздником особым, объединяющим все поколения. Именно под флагом этого юбилея издан календарь на следующий год.

Календарь-справочник выпускается Издательским домом "АВИАМИР-XXI век" ежегодно с 1998 г., и с каждым годом он приобретает все большую популярность у пользователей. Более 600 организаций регулярно направляют информационные материалы о своей истории и современных достижениях для размещения в календаре. В результате календарь-справочник отличается точнос-

тью подачи информационного и иллюстративного материала по истории авиации, ракетной техники и космонавтики. И это, кстати, отмечено администрацией президента РФ и Министерством экономики РФ.

Издательский дом "АВИАМИР-XXI век" выпускает также различную полиграфическую и сувенирную продукцию, в том числе уров-

ня VIP. Нами выпущены книги к юбилеям АК им. Ильюшина, АК "Рубин", Догонрудненского НПП, ГосМКБ "Вымпел" и т.д. Кроме того, Издательский дом готов оказать помощь в организации юбилеев, как это было с ФГУП "ММПП "Салют", ОАО "Авиапром", ОКБ Сухого, АК им. Ильюшина, ГосМКБ "Вымпел" и другими.



КОЛЕСОВ ПЕТР АЛЕКСЕЕВИЧ

Ушел из жизни выдающийся советский конструктор, замечательный ученый и прекрасный человек – Петр Алексеевич Колесов. Почти четверть века он руководил Рыбинским конструкторским бюро, отдавая родному предприятию свой талант, знания, энергию и силы. С именем П.А. Колесова связана целая эпоха в истории российского авиационного двигателестроения.

Родился П.А. Колесов в Твери 17 августа 1915 г. в большой и дружной семье. В 1932 г. в Москве окончил конструкторские курсы Главвиапрома. Во время обучения работал в Центральном институте авиационного моторостроения в должности техника-конструктора.

В 1935 г. Колесов становится студентом моторного факультета Московского авиационного института, совмещающая учебу с конструкторской деятельностью: участвует в создании редуктора для вертолета И.П. Братухина, разрабатывает топливную аппаратуру для моторов. В период дипломного проектирования выполняет расчеты системы регулирования поршневого мотора М-250 разработки КБ-2 МАИ.



После окончания института, в марте 1941 г., Петр Алексеевич был направлен в Воронеж, в опытный отдел моторного завода № 16. Первые пять лет, он работал инженером-конструктором в группе кривошипно-шатунного механизма и картера поршневых моторов. Колесов вспоминал: *"Работа над этими моторами превратилась в школу для многих конструкторов... Она дала нам возможность стать специалистами самого высокого класса"*. Вся жизнь П.А. Колесова проходила на фоне тех лет: война, эвакуация и напряженная работа по заданию Родины. В 1943 г. ОКБ-250, где работал Колесов, переводится из Уфы в Рыбинск на завод № 36 (ныне НПО "Сатурн") и переименовывается ОКБ-36.

В 1946 г. Петр Алексеевич Колесов назначается ведущим конструктором по разработке двигателя ВД-4К для стратегического бомбардировщика Ту-85. Эта была вершина развития двигателестроения для поршневой авиации. В 1951 г. в числе других конструкторов за создание ВД-4К Колесову присуждена Государственная премия первой степени. С 1952 г. ОКБ-36 трудится над турбореактивными двигателями.

Вся дальнейшая конструкторская деятельность Петра Алексеевича была посвящена этой теме. Полный сил и творческой энергии он в апреле 1952 г. начал работу над созданием турбореактивного двигателя ВД-5 для дозвукового стратегического бомбардировщика КБ В.М. Мясищева.

Петр Алексеевич был ведущим конструктором двигателя ВД-7Б, запущенного в серийное производство и принятого на вооружение ВВС.

В 1956 г. он возглавил конструкторский отдел, а в 1959-м был назначен заместителем главного конструктора. После ухода на пенсию В.А. Добрынина, в 1961 г. Колесов назна-

чается главным конструктором рыбинского конструкторского бюро моторостроения, которым руководит почти четверть века. В этот период шла работа над созданием двигателя РД-7М2, предназначенного для первого отечественного сверхзвукового ракетносца. За ним последовали: двигатель РД36-41 - для самолета Т-4; РД36-51А и РД-36-51 - для первого отечественного сверхзвукового пассажирского самолета Ту-144Д, РД-36-51В - для первого отечественного сверхвысотного самолета М-17 ("Стратосфера"), семейство подъемных и бустерных двигателей.

Каждый двигатель опережал время и был новым шагом в отечественном двигателестроении. В коллективе, которым руководил Колесов, неизменно царила обстановка сплоченности и творческого подъема, что было залогом успеха.

Петр Алексеевич Колесов - автор 43 изобретений и ряда научных трудов. Результаты деятельности Петра Алексеевича Колесова по достоинству оценены. Ему трижды присуждалась Государственная премия СССР, он награжден двумя орденами Ленина, орденом Октябрьской Революции, орденом Трудового Красного Знамени и многочисленными медалями.

Талант руководителя и конструктора Колесова гармонично сочетался с необыкновенным личным мужеством - он шел своей дорогой, никого не повторяя, стойко переживал неудачи и не кичился успехами. Всегда был прост и выдержан.

Вся жизнь Петра Алексеевича Колесова была связана с авиацией, и он сказал свое слово в истории создания авиационной техники, оставил свой неповторимый след.

Не стало Человека и великого Конструктора. Но память о нем будет жить в его творениях и навсегда останется в наших сердцах.



РАЗГАРЫ ВКЛАДЫШЕЙ КРИТИЧЕСКОГО СЕЧЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ РЕАКТИВНЫХ СНАРЯДОВ РСЗО

Юрий Кочетков, начальник отделения ФГУП "Исследовательский центр им. М.В. Келдыша", д.т.н.

Для реактивных систем залпового огня "Град", "Ураган" и "Смерч", прародителем которых была легендарная "Катюша", важными параметрами являются дальность и кучность стрельбы. Значительную роль в достижении высоких значений этих характеристик играет оптимальный выбор формы вкладышей критического сечения сопел РДТТ.

Использование в качестве вкладышей критического сечения плотных графитов и углерод-углеродных композиционных материалов предполагает знание величины разгара горловины сопла, определяющего расход продуктов сгорания.

Опыт показывает, что унос материала графитовых вкладышей достаточно равномерный по окружности в силу своей однородности. Унос для вкладышей из углерод-углеродных материалов может оказаться неравномерным и значительно зависеть от механического воздействия потока.

Наряду с материаловедческими задачами при разработке равномерно разрушающихся в течение времени работы двигательной установки вкладышей из углерод-углеродных композиций весьма значительным оказывается газодинамический аспект. Является очевидным, что при создании реактивных снарядов РСЗО целесообразно использовать технологически простые и дешевые детали. При этом конфигурации деталей должны быть максимально простыми, а их производство - нетрудоемким.

Анализ двигателей реактивных снарядов показывает, что наиболее употребительными вкладышами критического сечения сопла являются двоякоконические вкладыши с цилиндрическим участком в

горловине и цилиндрической посадочной поверхностью на периферии. При огневых испытаниях таких конструкций было замечено, что на величину разгара сопла влияет длина цилиндрического участка в горловине. Это явление было подвергнуто тщательному экспериментальному исследованию. В связи с этим была разработана модельная твердотопливная установка и методика проведения эксперимента.

Конструктивная схема рабочей части этой установки представлена на рис. 1.

В составе установки был двигатель, работающий на смешанном твердом топливе. К двигателю подсоединялся сопловой блок с испытываемым образцом в виде соплового вкладыша.

Для исследования был выбран экспериментальный метод уноса массы, который по отпечаткам после запуска позволял определять структуру потока и интенсивность теплового воздействия потока на стенку.

В качестве материала вкладыша был выбран фторопласт-4, который, по сравнению с другими пластиками, оказался наиболее технологичным и удобным при обработке результатов.

Пуски проходили кратковременно ($\tau = 0,5$ с) с целью обеспечения квазистационарности процесса. Давление в камере держалось постоянно на уровне 5,5 МПа.

Были испытаны вкладыши с переменной длиной цилиндрической образующей в критическом сечении сопла: $L = 1; 2,5; 10; 20; 34,5$ мм. Это позволило более чем с тройным запасом охватить весь диапазон практически известных размеров цилиндрических участков горловины сопел, в том числе и маршевых РДТТ.

По результатам испытаний определялась величина линейного уноса фторопласта-4 с внутренней омываемой потоком продуктов сгорания поверхности вкладыша, которая вычислялась как разность толщин стенки вкладыша путем ее измерения до и после испытаний. Измерения проводились при помощи специального приспособления на основе координатного станка, что существенно повышало точность измеряемых параметров. Результаты измерений уносов приведены на рис. 2.

Величины уносов в дозвуковой сужающейся части монотонно возрастают и достигают максимального значения в области критического сечения. Далее унос резко падает в области расширяющейся части сопла и принимает свое минимальное значение. Затем след уноса приобретает форму тороидального углубления, широко известного в практике маршевых РДТТ как "закритическая яма", образующаяся в области за стыком разнородных материалов. Ближе к выходному срезу вкладыша унос монотонно падает. Такое поведение уноса оказывается весьма неожиданным и отличается от привычной известной формы, где максимальное значение для сопел Лаваля реализуется строго в

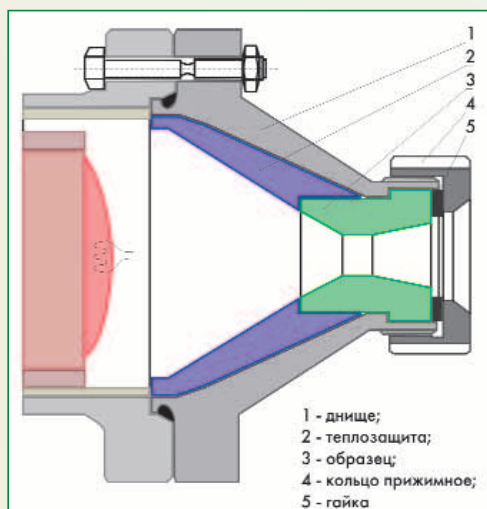


Рис. 1. Схема рабочей части установки

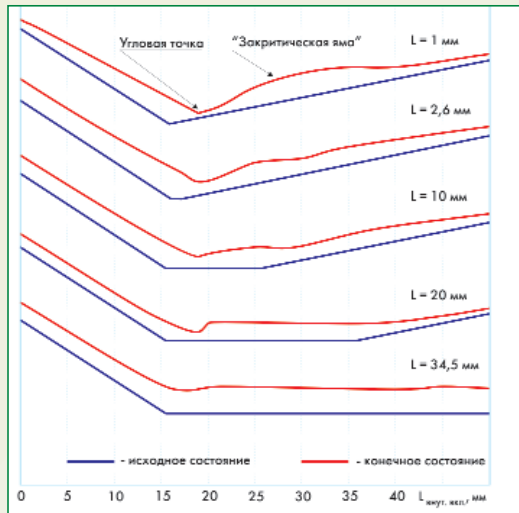


Рис. 2. Результаты измерений величины уносов

интенсификации тепломассообмена и повышенным разгарам.

Визуальный анализ отпечатков пристенных сечений (рис. 3) показывает, что в дозвуковой области сужающегося сопла поверхность вкладыша гладкая, так как поток ламинарный. При переходе к горловине сопла, в области за изломом, поверхность вкладыша приобретает сложную форму с углублениями в виде правильных дискретных образований, равномерно расположенных по кольцевой поверхности горловины сопла. Структура образований представляет собой криволинейные плотно упакованные борозды, наслаивающиеся друг на друга и имеющие общее основание в центре. Внешне эти образования напоминают следы собачьих лап. Борозды достаточно глубокие и, по-видимому, механизм их образования является определяющим при разрушении материала в трансзвуковой части двоякоконического сопла (рис. 4). Кроме того, каждая борозда имеет круглый поперечный срез, что говорит о присутствии в течении продольных вихрей с осью вдоль измененной части борозды.

Эти вихри располагаются в "закритической яме" до того места, где линия уносов становится практически параллельной оси сопла (течение в цилиндрической трубе). Здесь формируется область без градиентного течения, где $dp/dx = 0$. Вихри теряют устойчивость, и течение приобретает вид движения многочисленных послойно чередующихся компактных вихрей (спинов). Такое течение и соответствующий ему унос фторопласта продолжается до видимого раскрытия сопла. При достаточной его дивергентности и ускорении сверхзвукового потока на стенке четко отображаются следы волн Маха в виде ромбовидных узоров. С увеличением длины цилиндрической части в горловине область с послойно чередующимися спинами увеличивается.

Для количественного анализа изменения формы сопла используют безразмерный разгар ζ , который рассчитывается путем деления эффективного прироста площади сопла после разгара и эффективной площади сопла до запуска сопла двигателя:

$$\zeta = (\mu F / (\mu F_0)) - 1,$$

где μ - коэффициент расхода;

F - минимальная площадь проходного сечения.

Используя зависимость для расхода

$$G = \mu F P_k / \beta,$$

можно получить соотношение для μF :

$$\mu F = G \beta / P_k,$$

где P_k - давление в камере;



Рис. 3. Зависимость величины разгара сопел от длины цилиндрической образующей вкладыша L

критическом сечении, а на входе и выходе имеют место две плавно спадающие ветви. Это связано с особенностями вязкого течения вблизи точки резкого разворота потока, сопровождающегося его ускорением и отрывом. Дальнейшее присоединение потока на некотором расстоянии от критического сечения приводит к

β - расходный комплекс.

Параметр ζ определяется при помощи специальных холодных воздушных продувок сборки соплового блока до и после испытаний. При этом, учитывая консервативность величины β и постоянство подаваемого расхода в соответствии с программой испытаний, формула преобразовывалась и приобретала вид:

$$\zeta = (P_{k0} / P_k) - 1.$$

В экспериментах достаточно было фиксировать давление в камере при продувках вкладышей до и после огневых испытаний.

В результате обработки экспериментальной информации была получена зависимость параметра ζ от длины цилиндрической горловины, которая представлена на рис. 5. Кривая зависимости имеет немонотонный характер с явно выраженным минимальным значением. Анализ зависимости показывает, что при малой длине цилиндрической "ленточки" унос материала вкладыша в критическом сечении наибольший. Это явление объясняется двусторонним прогревом вкладыша как со стороны дозвуковой части стенки, так и со стороны сверхзвуковой части. При увеличении длины цилиндрической части величина двустороннего воздействия уменьшается, поток в стенку поступает по нормали к поверхности как бы с одной стороны. При значительном увеличении цилиндрического участка резко возрастает толщина вытеснения в результате сформировавшегося вихревого течения. Это ведет к уменьшению коэффициента расхода.

Очевидно, что для каждой конкретной конструкции двоякоконического вкладыша сопла величина минимального разгара будет своя, и зависеть это будет, при прочих равных условиях, от углов наклона в дозвуковой и сверхзвуковой частях сопла. В результате анализа проведенных испытаний было установлено следующее:

1. Получена структура течения в трансзвуковой области при обтекании вкладышей критического сечения двоякоконических сопел из фторопласта продуктами сгорания твердого топлива:

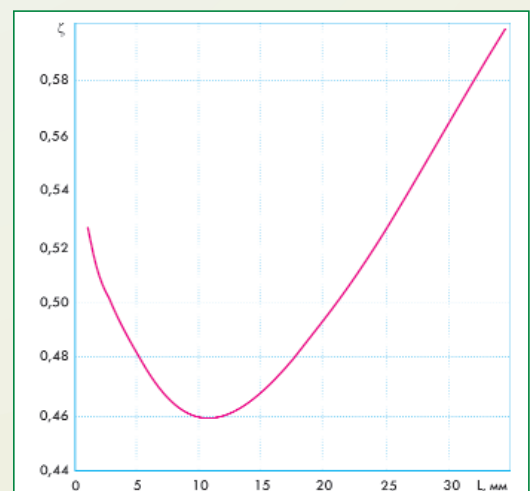
- ламинарная область течения потока в дозвуковой части;
- область циклических вихревых образований в закритической части;
- область линейно-перемежающихся дискретных течений (спинов);
- область сверхзвукового течения (ромбовидные узоры).

2. Экспериментально установлен факт образования на моноблочном вкладыше в закритической области угловой точки и "закритической ямы", характерных для сопел маршевых РДТТ, имеющих стык из разнородных материалов.

3. В результате эксперимента получены данные о существовании оптимального конического вкладыша с минимальными характеристиками разгара, который позволяет оптимизировать форму вкладыша критического сечения сопла для увеличения дальности и улучшения



Рис. 4. Структура образований на кольцевой поверхности горловины сопла

Рис. 5. Зависимость величины безразмерного разгара ζ от длины цилиндрической образующей вкладыша L

ТАК НАЧИНАЛИСЬ ЖРД И РАКЕТЫ НА ЖИДКОМ ТОПЛИВЕ

Александр Николаев

(Продолжение. Начало в № 1, 2, 3 - 2004)

Без Глушко и Королева

В 1938 г. структура НИИ-3 претерпела определенные изменения, и тема РП-218 была передана в третий отдел, где ракетоплан получил новое обозначение РП-318. Силовая установка для него была полностью собрана и подготовлена к испытаниям еще 1 сентября 1937 г., а 16 декабря того же года состоялось первое наземное испытание работы двигателя ОРМ-65 на РП-318-1. В период до 11 января 1938 г. было произведено 20 наземных пусков двигателя ОРМ-65, а 11 марта того же года двигатель непрерывно проработал на РП-318-1 в течение 230 с. Двигатель легко запускался, работал устойчиво и нормально останавливался. Испытатели отмечали, что материальная часть как самого планера РП-318-1, так и двигателя ОРМ-65 в течение всех наземных испытаний вела себя безукоризненно, никаких неполадок или отказов не наблюдалось. Система управления и запуска двигателя оказалась достаточно удобной в работе при управлении из кабины летчика. Летные испытания РП-318-1 запланировали на лето 1938 г, но арест С.П. Королева спутал все карты.

Вскоре эту тему передали из НИИ-3 в отдел специальных конструкций (ОСК) при заводе № 1 имени Авиахима, где под руководством А.Я. Щербакова создавались экспериментальные высотные планеры, герметические кабины для высотных полетов, а также прямоточные воздушно-реактивные двигатели. Именно здесь в 1939 г. возобновились работы над РП-318-1. Тень "врагов народа" незримо витала над проектом. Чтобы не "подставиться", решили установить на ракетоплан "новый" двигатель РДА-1-150 тягой 140 кгс, разработанный Л.С. Душкиным и А.В. Палло на базе двигателя ОРМ-65. Заметим, кстати, что испытания крылатой ракеты "212" с ЖРД ОРМ-65 проводились в январе - марте 1939 г. также в отсутствие "главных идеологов" - В.П. Глушко и С.П. Королева.

Комплексные наземные испытания двигателя РДА-1-150 на ракетоплане РП-318 совместно с системой подачи топлива и системой управления двигателем завершились в сентябре 1939 г. В результате многочисленных наземных экспериментов удалось отработать запуск и выключение ЖРД из кабины ракетоплана, добиться надежной работы двигателя и накопить опыт его эксплуатации. На первом этапе летных испытаний давление в камере сгорания ЖРД было ограничено 12 кгс/см² (вместо нормальных 18 кгс/см²), что соответствовало тяге двигателя 90 кгс.

Первый полет ракетоплана РП-318-1 ("объект 601") с работающим ЖРД состоялся 28 февраля 1940 г. Управлял ракетопланом летчик-испытатель В.П. Федоров. Взлет выполнялся с помощью самолета-буксировщика Р-5, который пилотировал летчик Н.Д. Фиксон. В задней кабине Р-5 находились начальник отдела А.Я. Щербаков и ведущий инженер по испытаниям А.В. Палло. На высоте 2800 м летчик В.П. Федоров отцепился

от буксировщика Р-5, на скорости 80 км/ч спланировал до высоты 2600 м и включил ЖРД. В донесении о полете В.П. Федоров отмечал, что примерно на пятой-шестой секунде после включения ЖРД скорость планера возросла с 80 до 140 км/ч. Чтобы не превысить допустимую скорость летчик установил режим полета с набором высоты и держал его до конца работы двигателя. За 110 секунд была набрана высота 300 м. На всем протяжении "активного" полета В.П. Федоров не ощутил ни вибраций, ни нарушения характеристик управляемости РП-318-1. По его оценке, машина вела себя нормально. В марте 1940 г. В.П. Федоров выполнил еще два успешных полета на РП-318-1.

Весной 1940 г. в ЦАГИ состоялось совещание, на котором главные конструкторы самолетов получили представление о новых перспективных силовых установках с реактивными двигателями различных типов, в том числе с ЖРД и ПВРД. 12 июля 1940 г. Комитет Обороны при СНК СССР принял постановление, предусматривавшее создание первых отечественных самолетов с реактивными двигателями. В постановлении, в частности, ставилась задача применения "реактивных двигателей большой мощности для сверхскоростных стратосферных полетов..."

В том же 1940 г. получила поддержку идея создания истребителя-перехватчика с ЖРД. Конструкторы предполагали, что ЖРД с его огромным удельным расходом топлива (4...6 кг топлива в секунду при тяге двигателя 1000...1500 кгс) мог быть эффективно использован на относительно легком истребителе-перехватчике противовоздушной обороны, взлетающем из положения дежурства на аэродроме при визуальном обнаружении самолета противника в районе охраняемого объекта. Малая масса и большая тяга ЖРД обеспечивали ракетному перехватчику максимальную скорость полета порядка 800...850 км/ч. Не менее важно, что такой перехватчик имел бы громадную по тому времени скороподъемность, почти на порядок превышавшую скороподъемность лучших истребителей с поршневыми двигателями.

После прекращения работы двигателя перехватчик должен был выйти из боя и выполнить посадку с неработающим двигателем как планер, что не должно было представить трудности, учитывая значительное уменьшение массы самолета после выработки топлива и израсходования боезапаса.

Очевидно, что основным недостатком истребителя-перехватчика с ЖРД является весьма невысокая продолжительность полета, поэтому одной из наиболее важных задач становился правильный выбор размерности машины и, главным образом, обоснование рационального соотношения между массой конструкции самолета и запасом заправляемого топлива.

Угроза воздушного нападения

Для разработки проекта реактивного истребителя-перехватчика в НИИ-3 по указанию Костикова была организована группа М.К. Тихонравова, которая после изучения ряда компоновочных схем истребителя предложила проект самолета "302" со смешанной силовой установкой. Она должна была включать ЖРД Л.С. Душкина в хвостовой части фюзеляжа и два ПВРД В.С. Зуева под крылом. Применение указанной схемы позволяло несколько увеличить продолжительность и дальность полета благодаря применению ПВРД, удельный расход топлива которых (0,2...0,4 кг в секунду при скорости полета 750...800 км/ч) был значительно меньше, чем у ЖРД, и сохранить основные



Ракетоплан РП-318-1 на испытаниях

преимущества ракетного перехватчика - большую скороподъемность и высокую скорость полета.

К началу войны группа М.К. Тихонравова выполнила основные расчетно-теоретические и увязочно-компоновочные работы по самолету "302". Однако сами двигатели требовали еще весьма длительной доводки. Состояние работ по ПВРД В.С. Зуева было еще более плачевным - имелась лишь модель в масштабе 1:2, да кое-какие заделы по реальным двигателям. Поэтому постройку самолета "302" в НИИ-3 отложили на неопределенное время.

Весной 1941 г. информацию об ожидаемых технических характеристиках ЖРД Л.С. Душкина тягой 1400...1500 кгс направили в ЦАГИ и некоторые самолетостроительные конструкторские бюро. Наибольший интерес к сообщению проявили два сотрудника ОКБ главного конструктора В.Ф. Болховитинова - А.Я. Березняк и А.М. Исаев.

Александр Яковлевич Березняк - выпускник МАИ "образца 1938 г.". Руководителем дипломного проекта у него был В.Ф. Болховитинов. После блестящей защиты А.Я. Березняк возглавил группу разработчиков механизации в болховитиновском ОКБ. Первое время заниматься приходилось делом, не слишком его вдохновлявшим, - разработкой дистанционной механической оборонительной стрелковой установки, что в связи с ростом скорости самолетов не имело перспектив. Алексей Михайлович Исаев обладал более солидным опытом - он работал у Болховитинова с 1934 г., но по образованию был горным инженером, а в самолетостроительное ОКБ попал из-за страстного желания работать в авиации. За семь лет он действительно стал классным авиационным конструктором и Болховитинов назначил его ведущим инженером по проекту "И" - истребителю двухбалочной схемы с "фирменной" силовой установкой, состоявшей из спарки рядных V-образных двигателей М-105. Словом, ни Березняк, ни Исаев до весны 1941 г. не имели ни малейшего представления о ЖРД и о возможности его использования для создания сверхскоростного истребителя. Но в ОКБ В.Ф. Болховитинова, в отличие от многих других конструкторских коллективов, культивировалась творческая инициатива сотрудников даже на уровне формирования концепции самолета, хотя это традиционно считается прерогативой "шефа".

Инициатором создания истребителя с ЖРД стал А.Я. Березняк, хотя первая его реакция после посещения НИИ-3 была скорее негативной. Спустя много лет он вспоминал: *"Идея [постройки ракетного истребителя] навалилась на меня как-то спонтанно... ЖРД был уже изобретен давно и казался очень простым. О турбореактивных двигателях толковой информации не было. Одни идеи. Я с трудом пробился в Лихоборы. Там впервые на стенде увидел жидкостный ракетный двигатель, по форме напоминавший бутылку. Когда я понял, какая это прожорливая бутылка, сколько она сжигает топлива, то решил плюнуть и забыть. Но ведь ничего другого не было. Ну совсем ничего"*.

Импульсивный, жизнерадостно настроенный А.М. Исаев сумел развеять пессимизм А.Я. Березняка и уговорил его взяться за работу в инициативном порядке. Для начала они придумали концепцию машины: она соответствовала модному в то время названию "истребитель обороны пунктов". Летчик должен был дежурить в кабине самолета и, обнаружив приближающегося противника визуально, взлететь на перехват. Благодаря исключительно высокой скороподъемности ракетный истребитель был способен, по прикидкам, в течение двух-трех минут сблизиться с неприятелем и расстрелять его из пушек. На вторую атаку горючего уже не хватало. Дальность визуального обнаружения вражеского самолета с земли даже в условиях хорошей видимости вряд ли превышает 20 км, отсюда вытекала весьма небольшая потребная дальность и продолжительность полета перехватчика. Простота самого ЖРД ("бутылка") и самолета-истребителя, на который его планировали установить соавторы, позволяла, как им казалось тогда, организовать массовый выпуск и прикрыть сеть стартовых площадок для ракетных истребителей все важные объекты страны.

Сделав прикидочные расчеты, Березняк и Исаев пришли к Болховитинову с предложением о разработке скоростного перехват-

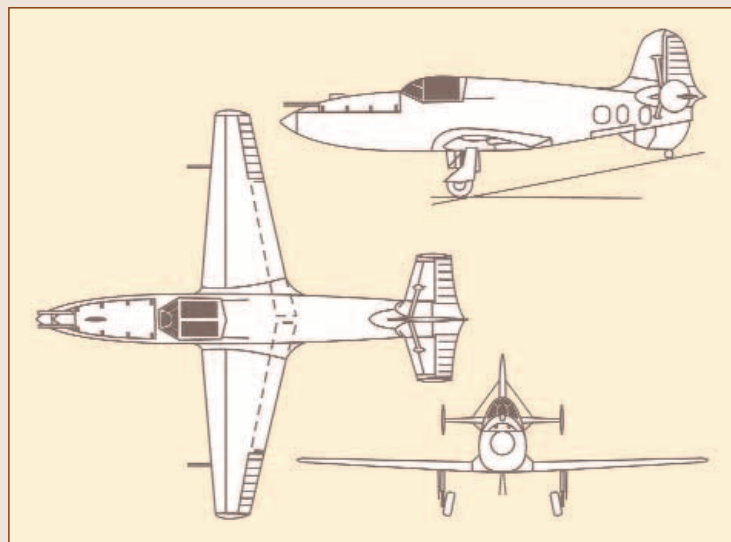


Схема истребителя-перехватчика "БИ"

чика. Тот не отверг идею, поскольку и сам считал, что *"двигатели Душкина были очень заманчивы по тяговым характеристикам, но одновременно очень "неприятны" по расходам. Выходило, что из-за больших расходов время полета могло быть порядка 1-4 минут в зависимости от скорости и высоты. Однако оказалось, что самолет с таким двигателем обладает теми качествами, каких другие самолеты не имеют: это необычно большие приемистость, скорость и, особенно, скороподъемность"*.

Вместе с тем, выходить в наркомат с предложением об утверждении нового задания для своего ОКБ В.Ф. Болховитинов не стал. У него еще оставалось в памяти недавнее замечание заместителя наркома по опытному самолетостроению А.С. Яковлева: *"Сделали бы Вы хоть один нормальный самолет..."* Поэтому разработку продолжили втихую, поручив конструирование планера А.Я. Березняку, а создание топливной системы и системы регулирования тяги - А.М. Исаеву.

Болховитинов лично съездил в НИИ-3 и переговорил с А.Г. Костиковым и Л.С. Душкиным. Те довольно оптимистично высказались о перспективах создания основного ЖРД самолета с использованием в качестве топлива азотной кислоты и керосина, хотя и понимали огромную сложность задачи. Главный конструктор ЖРД Л.С. Душкин впоследствии вспоминал: *"В окончательном виде двигатель должен был обладать регулируемой тягой в диапазоне 350...1110 кгс, номинальной удельной тягой [вероятно, имеется в виду удельный импульс тяги - А.Н.] не менее 200 с и ресурсом работы не менее 20 мин или длительностью разовой работы не менее 3 мин"*.

Такой двигатель создавался на базе конструкции двигателя "РДА-1-150" и имел обозначение - "Д-1А-1100" (что означало "двигатель первый азотнокислотный с номинальной тягой 1100 кг").

Создание его сопровождалось почти 10-кратным увеличением тяги, что явилось значительным шагом вперед на пути освоения более мощных ЖРД многократного действия с глубоким диапазоном регулирования тяги. Это потребовало больших усилий в работе для преодоления ряда технических и производственных трудностей".

По первоначальному техническому заданию Д-1А-1100 должен был иметь турбонасосный агрегат для подачи топлива, что позволяло сконструировать относительно легкие баки произвольной формы и "набить" ими фюзеляж и даже корневую часть крыла самолета (как это было сделано впоследствии на Ме 163). Но к середине июня 1941 г. Л.С. Душкин сообщил А.М. Исаеву о встретившихся непреодолимыми трудностях при создании ТНА. Тот был сильно разочарован, но быстро взял себя в руки и решил в корне переделать силовую установку в расчете на использование вытеснительной системы топливопитания.

На режиме максимальной тяги душкинский ЖРД ежесекундно пожирал 5...6 кг керосина и азотной кислоты, которые необходимо было распылять в камере сгорания, где давление составляло около 15 кгс/см². Следовательно, довольно объемистые баки приходи-

лось наддувать до еще более высоких значений давления, что потребовало перехода к менее выгодной по компоновочным соображениям сферической или цилиндрической форме баков с довольно толстыми стенками. Кроме того, на самолете пришлось дополнительно разместить баллоны сжатого воздуха (до 145...148 кгс/см²) емкостью 115 л (все это означало увеличение массы силовой установки при сокращении запаса топлива).

По воспоминаниям Б.Е. Чертока, А.М. Исаев провел последнюю предвоенную ночь, переделывая чертеж истребителя с ЖРД и пересчитывая нагрузки в расчете на использование вытеснительной схемы подачи топлива. 22 июня, услышав в 12.00 выступление В.М. Молотова о "беспримерном по наглости нападении Германии на СССР", Исаев бросился искать Болховитинова. Тот ни о чем не подозревал, поскольку еще утром ушел на яхте в плавание по подмосковным водохранилищам. Лишь ближе к вечеру, ошарашив вернувшегося с прогулки "шефа" известием о начавшейся войне, Исаев выложил результаты своих прикидок по силовой установке с ЖРД. В тот же вечер они вдвоем ринулись в битком набитый наркомат авиапромышленности ("От гуда дрожит взбудораженный Смольный...") и добились пятиминутной аудиенции у А.И. Шахурина. Нарком велел побыстрее подготовить проект правительственного постановления о полномасштабной разработке самолета с ЖРД, но без санкции И.В. Сталина начать финансирование темы отказался.

После всестороннего обсуждения и уточнения результатов эскизного проектирования проект постановления, в котором излагались основные ТТХ будущего ракетного истребителя, был отправлен в наркомат 9 июля 1941 г. Свои подписи под письмом-препроводительной помимо Болховитинова, Березняка и Исаева поставили Костилов и Душкин, а также военпреды НИИ-3 и завода № 293 (где Болховитинов являлся директором и главным конструктором). После этого наступил "тайм-аут", некоторые горячие головы в ОКБ высказывали мнение о том, что "самолет с ЖРД нужно запустить в массовое производство немедленно, через полгода он будет уже не нужен, поскольку к этому времени мы будем в Берлине". Но в середине июля надежда на быстрое победоносное окончание войны стала несбыточной даже в глазах закоренелых оптимистов.

Эскизное проектирование машины продолжалось в высоком темпе, но о постройке прототипа речь пока не шла. Самолет разрабатывался по обычной в то время схеме одноместного свободнонесущего низкоплана с преимущественным использованием в конструкции дерева и фанеры. Крыло самолета "БИ" кессонного типа, трапециевидное неразъемное, без стреловидности. Кессон крыла состоял из десяти отдельных лонжеронов, что было весьма необычно для того времени. Между фюзеляжем и небольшими элеронами на крыле размещались посадочные щитки Шренка с углом отклонения 50°. Хвостовое оперение самолета - обычного типа, стабилизатор был рассчитан к килю и фюзеляжу. Элероны, рули и закрылки имели металлический каркас, обшитый полотном.



Первый опытный "БИ" на испытаниях

Фюзеляж самолета "БИ" представлял собой деревянный полумонокок. Кабина летчика имела бронезащиту, состоявшую из передней бронеплиты и бронеспинки толщиной 5,5 мм. Перед кабиной летчика в верхней части фюзеляжа на деревянном лафете устанавливались две пушки ШВАК калибром 20 мм с боезапасом по 45 снарядов. Внутри нижней передней части фюзеляжа располагались два воздушных и два керосиновых баллона. За кабиной летчика размещались баллоны с азотной кислотой и воздухом.

Жидкостный ракетный двигатель Д-1А-1100 устанавливался в хвостовой части фюзеляжа. Двигатель состоял из трех основных частей:

- головки шатрового типа с форсунками, расположенными концентрическими кругами, пусковым блоком с пусковыми форсунками и свечой накаливания;
- камеры сгорания с проточным охлаждением окислителем;
- соплового блока с проточным охлаждением горючим.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖРД Д-1А-1100	
Характеристика	Значение
Тяга у земли, кгс	1100
Удельный импульс, с	204
Объем камеры сгорания, л	19
Расход окислителя, кг/с	4,35
Расход горючего, кг/с	1,05
Соотношение компонентов топлива	4,14 : 1
Давление в камере сгорания, кгс/см ²	16
Время непрерывной работы, с:	на переходном режиме
	200
на максимальном режиме	70
	18
Ресурс двигателя, мин	

В связи с необходимостью регулирования величины тяги перед двигателями встала дополнительная задача разработки надежно действующего спаренного топливного (дроссельного и запорного) крана, способного обеспечивать плавное изменение тяги двигателя без нарушения оптимального соотношения расхода компонентов топлива. Схема запуска двигателя была заимствована от РДА-1-150, где применялся двухступенчатый запуск с переходным пусковым режимом.

В качестве устройства для воспламенения топлива в первом варианте Д-1А-1100 использовалась калильная свеча (нихромовая нить накаливания).

Острый дефицит нержавеющей стали обусловил применение в конструкции двигателя углеродистой стали С-54 с хромированием внешней и внутренней поверхностей. Это было не лучшее решение, однако альтернатива отсутствовала. Межблочные уплотнения применялись жесткие (медные и алюминиевые кольца). Тепловое расширение компенсировалось сальниковым уплотнением рубашки камеры сгорания у головки двигателя и рубашки сопла по венчику диффузора.

Общий запас топлива на борту самолета, равный 705 кг, обеспечивал работу двигателя в течение почти 2 мин. Расчетная взлетная масса самолета "БИ" составляла 1650 кг при массе пустого 805 кг.

После отправки письма с проектом постановления Болховитинов еще не раз осведомлялся "в верхах" о его судьбе, ездил в наркомат. Он приказал приостановить все другие работы в ОКБ и все внимание переключить на ракетный перехватчик, который именно в эти дни получил обозначение "БИ". Кстати, помимо совершенно очевидной расшифровки "Березняк-Исаев" по первым буквам фамилий конструкторов-инициаторов, некоторые вкладывали в нее и другой смысл - "ближний истребитель".

Наконец, в один из последних июльских дней, Болховитинов, Березняк и Исаев были вызваны в Кремль, но со Сталиным разговаривал только Болховитинов. Собственно, весь разговор свелся всего к одному вопросу, заданному Иосифом Виссарионовичем: "Вы сами-то в это верите?", и одному утвердительному ответу Болховитинова. 1 августа 1941 г. Государственный

Комитет Обороны (ГКО) своим постановлением обязал В.Ф. Болховитинова построить и испытать реактивный истребитель-перехватчик с летно-техническими данными, соответствовавшими эскизному проекту. Не соответствовал только срок, выделенный для постройки опытной машины: в проекте было три месяца, а Сталин дал всего один. *"Это вызвало у нас на заводе шок"*, - вспоминал Б.Е. Черток. Болховитинов бросился за разъяснениями к А.И. Шахурину, но тот заявил: *"Идет война. Должно быть другое отношение к срокам"*. Впрочем, в приказе наркомата Шахурин перенес дату представления готового самолета "на пять дней вправо".

15 сентября 1941 г. планер первого опытного самолета "БИ" был построен. Однако двигатель самолета еще не был готов, проводилась его стендовая доводка. Измерения фактической тяги ЖРД осуществлялись бригадой А.В. Палло. Штатные самолетные баки еще не были изготовлены, поэтому испытания в НИИ-3 проводили от стационарных стандартных емкостей.

Первой задачей было отладить герметичность всей системы и снять ее гидравлические характеристики. Для сокращения времени работу по отладке системы совмещали с отладкой элементов двигателя, в том числе системы зажигания. Отработка зажигания проводилась на открытой головке двигателя без сопла. На этих испытаниях первоначально не всегда четко происходило воспламенение топлива на пусковой ступени, часто перегорала нить накаливания, а случалось и так, что внутри топливного жгута горел факел, не воспламеняя основную массу топлива. После ряда доработок добились надежного воспламенения топлива на пусковом и основном режимах, однако устранить перегорание нити накаливания не сумели.

Тем временем по требованию заместителя наркома авиационной промышленности по опытному самолетостроению А.С. Яковлева планер самолета "БИ" был подготовлен к исследованиям в натурной аэродинамической трубе ЦАГИ. Продувки "БИ" проводились под руководством Г.С. Бюшгенса и А.Л. Райха. Сразу после их завершения начались летные испытания самолета "БИ" в планерном варианте на буксире за самолетом Пе-2. Летчик Б.Н. Кудрин в 15 полетах снял все основные летные характеристики "БИ" на малых скоростях. Испытания подтвердили, что все аэродинамические данные самолета, характеристики устойчивости и управляемости соответствовали расчетным.

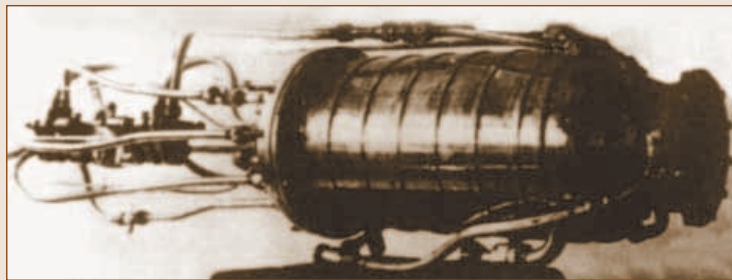
Вся работа по созданию первого отечественного реактивного самолета проводилась в тяжелейших условиях начального периода войны, наступления фашистских войск на основных стратегических направлениях. В октябре 1941 г. конструкторское бюро В.Ф. Болховитинова и коллектив двигателистов были эвакуированы на восток, что несколько задержало отладку самолета и двигателя.

После перебазировки на Урал работы над созданием самолета БИ продолжались в декабре 1941 г. в небольшом поселке Билимбае в 60 км от Свердловска. КБ и заводу Болховитинова была отведена территория разрушенного временем литейного завода. Помимо КБ Болховитинова в Билимбае были эвакуированы КБ Миля, Камова и Привалова - здесь собралась авиационная экзотика. НИИ-3 и КБ Л.С. Душкина разместились неподалеку - в Свердловске.

На берегу прилегавшего к заводу водоема, на бывшей плотине, построили деревянную фанерную времянку, в которой разместили стенд-люльку для продолжения отработки самолетной установки ЖРД. Обслуживающий технический состав разместился рядом, в восстановленном кирпичном помещении смотрителя плотины.

В январе 1942 г. приступили к монтажу двигательной установки и ее испытаниям. Условия проведения испытаний были суровые, температура воздуха часто падала до -40...-50 °С. Ветер и метели усложняли выполнение испытательных работ, проводимых в фанерной пристройке. При разливе азотной кислоты или случайном ее попадании на одежду, руки или лицо испытателей нейтрализация проводилась содовым раствором, что в зимнее время причиняло большие неудобства.

Вместо заболевшего летчика-испытателя КБ Б.Н. Кудрина командование НИИ ВВС выделило другого пилота - капитана Григория Яковлевича Бахчиванджи. 20 февраля 1942 г. Г.Я. Бахчиванджи



Жидкостный реактивный двигатель Д-1А-1100

впервые принял участие в тренировочном огневом запуске ЖРД на испытательном стенде. Первый опыт едва не стал и последним.

А.В. Палло вспоминал: *"Первые три запуска ЖРД с кратковременным переходом на рабочий режим были произведены мною. Григорий Яковлевич при запусках был рядом со мной, слева, вне сварной люльки, и внимательно присматривался к моим действиям, которые я пояснял в процессе запуска"*.

На четвертый запуск я предложил Григорию Яковлевичу занять место в кабине, а сам встал на его место с тем, чтобы контролировать его действия.

Все подготовительные операции Григорий Яковлевич провел спокойно и уверенно (проверил напряжение в электросети, поднял давление в топливных баках, произвел дренирование топлива), затем включил накал селитового элемента (последовательно включенный селитовый элемент на доске приборов отследил его нагрев), сектором газа открыл пусковой расход, и двигатель вышел на пусковой режим. Послышался ровный шум от горения пускового расхода топлива. Затем, по сигналу контрольной лампочки, Бахчиванджи передвинул заблокированный до этого сектор газа на включение основного расхода топлива.

Двигатель перешел на рабочий режим, и через 3-4 секунды произошел взрыв. Григорий Яковлевич убрал сектор газа, чем прикрыл топливные краны, но трубопровод окислителя был перебит головкой двигателя, и струя крепкой азотной кислоты под давлением облила мне лицо и одежду. Все окуталось парами азотной кислоты.

При взрыве головка двигателя сорвалась с креплений, пролетела между баками азотной кислоты и ударила о бронеспинку сиденья пилота, сорвав болты крепления и толкнув Г.Я. Бахчиванджи на доску приборов. При этом он головой ударился об узел крепления динамометра замера вертикальной составляющей тяги. Сопловой блок был далеко отброшен на замерзшее озеро.

При работе на протяжении многих лет с азотной кислотой выработался автоматизм - не допускать попадания ее паров в легкие, т.к. это вызывает сильное раздражение. В таких случаях мы прекращали дыхание и, пользуясь запасами воздуха в легких, выходили из зоны испарения. Так и в этом случае, прекратив дыхание, первым стремлением было выйти из пристройки, воспользовавшись боковым выходом. Но тут-то возникла мысль, а что будет с Григорием Яковлевичем? И тогда, протянув руку в направлении кабины, наощупь обнаружил меховой воротник кожанки Григория Яковлевича. Сильно потянув за воротник, почувствовал, что Григорий Яковлевич поддается. Помогая ему выбраться из кабины, вытолкнул его в передние входные ворота пристройки. Здесь его подхватили руки механиков и стали обмывать содовым раствором.

Выйдя из пристройки и набрав в легкие порцию свежего воздуха, почувствовал сильное жжение лица и с головой окунулся в снежный сугроб. Стало легче. Механики стенда вытащили меня из сугроба, и, увидев вместо лица зеленовато-желтую маску, опустили голову в бачок с содовым раствором. Все это происходило в течение нескольких минут.

На происшедший взрыв прибежало руководство КБ, и нас срочно отправили в больницу. Только здесь я понял, какой величайшей опасности избежал, надев очки в последний момент перед запуском Григорием Яковлевичем двигателя. Если бы не очки, быть мне слепым".

(Продолжение следует).

75 ЛЕТ НПО ЭНЕРГОМАШ

ИМЕНИ АКАДЕМИКА В.П. ГЛУШКО -

ЛИДЕРУ РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

Вячеслав Рахманин

Юбилей – это всегда повод оглянуться на пройденный путь и прожитые годы, подвести итоги проделанной работы, вспомнить о достижениях и неудачах, с позиции накопленного опыта дать оценку ранее принятым решениям.

И чем солиднее возраст юбиляра, тем шире охват рецензируемых событий и достижений.

В мае 2004 г. НПО Энергомаш отметило свое 75-летие. За годы существования предприятие имело различные наименования, подчинялось разным государственным структурам, меняло места расположения, но всегда и везде сохранялась тематика работы – создание жидкостных ракетных двигателей. За три четверти века на предприятии сменилось несколько поколений работников, и каждое из них вложило свой труд в технические достижения, сделавшие НПО Энергомаш всемирно известным разработчиком высоконадежных ЖРД.



75 лет НПО Энергомаш идет в авангарде работ по ракетному двигателестроению. В 1930-1940 гг. это были первые шаги в освоении новой техники, а начиная с 1947 г. в НПО Энергомаш было разработано 54 типа двигателей, переданных в эксплуатацию. На 21 ракете военного назначения и на 20 космических ракетах они устанавливались на первые ступени, а на некоторых ракетах и на вторые ступени. Всего в составе только космических ракет, запущенных с октября 1957 г., успешно отработало более 13 000 экземпляров двигателей, изготовленных по конструкторской документации НПО Энергомаш. К этому можно добавить еще успешные запуски ракет военного назначения в процессе их летно-конструкторских испытаний.

Масштабы использования двигателей и ракет, конечно, впечатляют. И я надеюсь, что по количеству отлетавших экземпляров двигателей НПО Энергомаш имеет неоспоримое преимущество перед другими двигательными ОКБ. Но не только это делает НПО Энергомаш лидером ракетного двигателестроения. При разработке двигателей были найдены новые оригинальные конструкторские решения, которые, собственно, и сделали эти двигатели лучшими в своем классе. К сожалению, в формате статьи невозможно подробно рассказать обо всех новшествах, разработанных и внедренных в конструкцию двигателей НПО Энергомаш.

Исходной датой организации нашего предприятия, носящего сегодня название "НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко", принято считать 15 мая 1929 г., когда в ленинградской газодинамической лаборатории (ГДЛ) была организована его первичная ячейка – подразделение по разработке электротермического реактивного двигателя (ЭРД) для полетов в космическом пространстве. Сектор ЭРД возглавил выпускник Ленинградского университета В.П. Глушко, со школьных лет мечтавший заниматься созданием космической техники для межпланетных сообщений.

Группа инженеров во главе с Глушко в течение года разрабатывала основные элементы принципиально нового двигателя и после изготовления его фрагментов приступила к экспериментальным испытаниям. Вскоре молодые энтузиасты реактивного движения убедились, что время применения таких двигателей еще не пришло и что для выхода в космос нужно создать более мощный двигатель, способный преодолеть силу земного притяжения. Тогда они обратились к теоретическим разработкам основоположника отечественной космонавтики К.Э. Циолковского, который в своих трудах убедительно показал, что для решения такой задачи необходимо использовать реактивный двигатель, работающий на жидком химическом топливе. В процессе разработки первого жидкостного реактивного двигателя выяснилось, что для дальнейшего совершенствования его конструкции требуются знания из тех областей науки и техники, которые к тому времени не были достаточно развиты. И начинающие двигателестроители под руководством Глушко при поддержке Н.И. Тихомирова, Б.С. Петропавловского, И.Т. Клейменова и Г.Э. Лангемака приступили к изучению особенностей конструирования, организации процессов горения и обеспечения работоспособности камер сгорания ЖРД. Свои исследования они проводили на серии разработанных для этой цели опытных ракетных моторов (ОРМ). В этот начальный период работ на каждом варианте ОРМ, имевшем свой порядковый номер – ОРМ-1, ОРМ-2, ОРМ-3 и т. д., изучался один или несколько научно-технических аспектов общей проблемы, оценивались работоспособность элементов конструкции будущих ЖРД, энергетическая

эффективность различных топлив, особенности термодинамики и теплопередачи в камере ЖРД.

В эти годы применительно к конструкции ракетного двигателя был разработан ряд технических решений, ставших фундаментальной основой для создания последующих поколений отечественных ЖРД. Так, в начале 30-х годов был обоснован оптимальный экспоненциальный профиль сопла и максимальный угол его раскрытия для безотрывного истечения газа, впервые в ЖРД применены центробежные форсунки, разрабатывалась карданная подвеска двигателя в ракете РЛА-100.

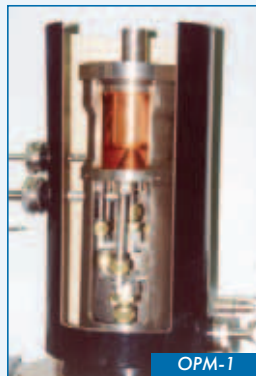
В 1932-1933 гг. были разработаны чертежи турбонасосного агрегата (ТНА), состоявшего из газовой турбины мощностью до 35 л.с. и насосов центробежного типа, которые на рабочем режиме при частоте вращения вала 25 000 об/мин создавали напор 75 кгс/см². И хотя изготовление ТНА прекратилось на стадии проведения гидротестов насосов, сам факт проектирования в облике, соответствующем современным представлениям об этом агрегате, достоин квалификации как техническое достижение.

При решении проблемы обеспечения надежного охлаждения камеры был выбран материал внутренней стенки - хромоникелевая нержавеющая сталь. Для лучшей теплопередачи к охлаждающей жидкости на внешней стороне этой стенки выполнялись продольные, а затем и спиральные каналы, применялось регенеративное раздельное охлаждение камеры и сопла горючим и окислителем. В наиболее теплонапряженных местах внутренняя стенка имела теплозащитное покрытие; в качестве наиболее пригодного материала покрытия была определена двуокись циркония.

При выборе топливной пары экспериментально проверялась эффективность ряда химических веществ. Исходя из требований обеспечения работоспособности камеры и условий эксплуатации конструкторы ГДЛ остановились на компонентах топлива: азотная кислота и тракторный керосин. В этот же период было рекомендовано использование азотного тетроксид, получившего в наши дни широкое распространение в качестве компонента штатного топлива. Правильность выбора высокоокисляющего окислителя вместо жидкого кислорода получила подтверждение на научно-технической конференции (1936 г.), в которой участвовали все выдающиеся отечественные ученые того времени в области ракетной техники. На конференции была высказана убежденность в практической невозможности эксплуатации кислородных ракетных двигателей в войсковых условиях середины 1930-х годов.

Процесс в камере ЖРД начинается с воспламенения компонентов топлива. В подразделении, возглавляемом Глушко, исследовались и отработывались различные типы зажигания: самовоспламенение химических веществ, поджиг от электросвечи - искровой или калильный, факельное зажигание от продуктов горения пороховой шашки или от струи, предварительно воспламененной электросвечой карбюрированной эфировоздушной смеси, а также зажигание от пускового горючего. Все виды зажигания были конструктивно проработаны и применялись в различных двигателях.

Полученные опытным путем данные использовались при разработке двигателей ОРМ-50, ОРМ-52, ОРМ-65, прошедших полномасштабную стендовую отработку с проведением официальных сдаточных испытаний. Эти двигатели предназначались для установки в



ОРМ-1

чественной войны при разработке ЖРД РД-1 и РД-1ХЗ, предназначенных для установки на боевые истребители Ла-7, Як-3, Су-7 в качестве дополнительных ускорителей к основному мотору самолета. К уже апробированным элементам конструкции в эти годы добавился ряд новинок: пневмоэлектрическая система автоматизированного запуска двигателя, агрегат для многократного включения двигателя во время одного полета самолета, насосная подача топлива в камеру, система управления режимом работы двигателя. По итогам государственных стендовых испытаний Государственный Комитет Обороны в конце 1943 г. принял решение о запуске двигателя РД-1 в серийное производство. Это был первый отечественный ЖРД, изготавливавшийся серийно.

В эти же годы велась разработка трехкамерного авиационного двигателя РД-3 с диапазоном регулирования тяги от 100 до 900 кгс. Он стал первым в мире многокамерным ЖРД. Двигатель имел ТНА с активной турбиной и центробежными насосами. Рабочим телом турбины являлись продукты сгорания в газогенераторе основных компонентов топлива - азотной кислоты и тракторного керосина. Для снижения температуры генераторного газа проводилась его балластировка водой. Схема этого газогенератора являлась прообразом современных двухзонных газогенераторов. Разработка этого двигателя была прекращена на стадии доводочных испытаний в связи с переходом авиации на воздушно-реактивные двигатели.

В 1947-1948 гг. коллектив НПО Энергомаш освоил на заводе в Химках изготовление из отечественных материалов двигателя трофейной ракеты А-4 (Фау-2). Эту работу также можно считать достижением, так как изготовленные двигатели по надежности были значительно лучше выпускавшихся немцами в годы войны. Кроме того, ракета Р-1 (советский аналог А-4) с двигателем РД-100 стала единственным изделием, успешно сданным в эксплуатацию, в то время как ни один из других объектов немецкой ракетной техники, воспроизводство которых было поручено нескольким подразделениям НИИ-88, так и не был доведен до эксплуатации.

При дальнейшей модернизации немецкого прототипа двигателя для ракет Р-2 и Р-5 в его конструкцию было внесено немало усовершенствований, позволивших увеличить тягу двигателя в 1,7 раза. Среди этих новинок нужно особо выделить разработку пояса внутреннего охлаждения с тангенциальной закруткой пелены подаваемого горючего в сопловой части камеры.

В 50-х годах XX века технические решения, заложенные в конструкцию немецкой ракеты А-4, были в последний раз использованы в модернизированной ракете Р-5М с дальностью полета до 1200 км, т. е. в 4 раза больше дальности германской Фау-2. Для дальнейшего прогресса в ракетостроении требовалось применение более эффективного топлива и существенного увеличения внутрикамерного давления, а это влекло за собой необходимость создания новой конструкции ЖРД и в первую очередь камеры сгорания.

В этой обстановке НПО Энергомаш проявило свою авангардную роль в создании ЖРД. Была разработана принципиально новая конструкция и оригинальная технология изготовления паяно-сварной камеры. У этой камеры теплонапряженная внутренняя стенка изготавливалась из высокотеплопроводного медного сплава. На внешней поверхности стенки имеются ребра, которые твердым припоем скрепляются со стальной силовой наружной стенкой. В каналах между ребрами течет охлаждающий внутреннюю стенку компонент топлива. По такому же принципу устроена и плоская смесительная головка: внутреннее днище из медного сплава, среднее и наружное днища, а также корпус - из высокопрочной стали. Форсунки крепятся к внутреннему и среднему днищам твердым припоем. Плоский паяный пакет об-



РД-1



РД-100



8Д74 (РД-107)

ладает достаточной жесткостью чтобы не деформироваться от внутреннего давления газов в камере.

В менее нагруженных в тепловом отношении камерах, работающих на азотнокислотном топливе, вместо медной оребренной стенки используется стальная обечайка. В этом случае внутренняя и наружная стенки припаиваются к стальной гофрированной проставке.

Новая конструкция камеры произвела подлинную техническую революцию в области создания ЖРД. Появилась возможность создавать камеры практически на любое давление в пределах технической целесообразности и энергетической увязки параметров всего двигателя. Давление газов с 16 кгс/см² в камере двигателя РД-100 ракеты Р-1 увеличено до 270 кгс/см² в камерах современных двигателей РД180 и РД191 разработки НПО Энергомаш. Паяно-сварная конструкция камеры с некоторыми индивидуальными отличиями используется всеми двигателестроительными ОКБ России и Украины.

В середине 50-х годов НПО Энергомаш приступило к созданию двигателей нового поколения без привязки к прежним германским прототипам. Первые такие двигатели, получившие обозначения 8Д74 и 8Д75, были установлены на обеих ступенях первой в мире межконтинентальной баллистической ракеты Р-7, использовавшейся одновременно и в качестве первой космической ракеты.

Заметный вклад в разработку новых ЖРД внесли разработчики ТНА. Впервые в нашей стране был создан турбонасосный агрегат оригинальной конструкции, которая в дальнейшем широко использовалась при разработке других двигателей. К основным достоинствам нового ТНА следует отнести схему консольного расположения рабочего колеса турбины на одном валу с насосом окислителя, создание высокоперепадной двухступенчатой турбины со сверхзвуковым сопловым аппаратом, а также оригинальное выполнение конструкции насоса окислителя: цельнолитой корпус имел двухсторонний вход компонента топлива, охлаждение подшипников осуществлялось жидким кислородом.

Для обеспечения надежного запуска двигателя конструкторы агрегатов автоматики разработали главный клапан окислителя с "разрывным" болтом, обеспечивающий необходимую последовательность и скорость поступления кислорода в камеру в момент зажигания топлива. Такая конструкция клапана нашла широкое применение в ряде двигателей, в том числе и в ЖРД, работающих на высококипящем азотнокислотном окислителе.



8Д75 (РД-108)

Нельзя обойти вниманием и конструкторов-компоновщиков общего вида двигателя. В компоновке двигателей 8Д74 и 8Д75 нашла дальнейшее развитие идея многокамерного двигателя РД-3. Применение четырехкамерной схемы с одним ТНА позволило существенно сократить продольные габариты двигателей, а также размеры

камер, что значительно упростило технологию их изготовления и способствовало обеспечению устойчивого горения на основном режиме работы. Четырехкамерная компоновка двигателя была успешно использована при создании в НПО Энергомаш других двигателей, таких как 8Д59, 8Д716, 8Д520, 8Д521.

Простота конструкции двигателей 8Д74 и 8Д75 обеспечила им высокую надежность. Вот уже около 47 лет они выводят космические аппараты и пилотируемые корабли. За эти годы двигатели подверглись ряду модернизаций, ими комплектовались несколько вариантов космических ракет: "Спутник", "Восток", "Восход", "Молния", "Союз", "Союз-ФГ"; они отработали при 1690 пусках ракет... Эксплуатация модернизированных двигателей 8Д74 и 8Д75 продолжается, имеются перспективы их использования в международных космических программах.

В начале 60-х годов на базе двигателя 8Д74 был разработан ЖРД 8Д716 для первой ступени ракеты Р-9А. Этот двигатель имел более высокие технические характеристики по сравнению с прототипом. Так, тяга двигателя составляла 144 тс (у двигателя 8Д74 - 83 тс), давление в камере - 80 кгс/см² (60 кгс/см²), удельный импульс тяги на земле - 275 кгс·с/кг (256 кгс·с/кг), мощность ТНА - 11 500 л.с. (5200 л.с.). В свое время это был самый мощный и самый экономичный ЖРД в мире.

Для реализации заданных характеристик двигателя в его схеме и конструкции были использованы новые технические решения. Впервые в практике НПО Энергомаш был разработан однозонный восстановительный газогенератор с астехиометрическим соотношением основных компонентов топлива, позволявший подавать продукты сгорания на лопатки турбины без дополнительной балластировки. Также впервые управление вектором тяги осуществлялось качанием основных камер (вместо рулевых агрегатов), а для наддува баков использовались продукты сгорания основных компонентов топлива. Схема запуска обеспечивала надежный выход на режим при работе двигателя как на кипящем, так и на переохлажденном кислороде и не имела предварительной ступени. Последнее сделало ракету Р-9А единственной в мире кислородной ракетой, которую можно было запускать из шахтного сооружения. Аналогичная американская кислородная ракета "Титан-1" перед пуском поднималась из шахты на лифте, и запуск двигателя происходил на поверхности земли.

В эти же годы был разработан двигатель 8Д710, по особенностям своей конструкции выходящий из общего ряда разработок отечественных ЖРД. Он оказался единственным в мире двигателем, у которого в качестве компонентов топлива использовались жидкий кислород и несимметричный диметилгидразин (НДМГ). Применение такого топлива в сочетании с совершенной конструкцией позволило получить рекордный для двигателей открытой схемы удельный импульс тяги - 352 кгс·с/кг. Кроме того, используя способность НДМГ при достижении определенной температуры саморазлагаться с выделением тепла, в двигателе вместо традиционного двухкомпонентного газогенератора применили реактор для термического разложения горючего. Начальный тепловой импульс создавался сгоравшей пороховой шашкой, которая одновременно использовалась в качестве генератора газа для запуска турбины.

К особенностям конструкции двигателя 8Д710 следует отнести широкое использование титановых сплавов. Так, силовая наружная стенка камеры изготавливалась из титанового сплава, что потребовало разработки специальной технологии соединения титановых и стальных деталей. На этом же двигателе была применена оригинальная система, обеспечивавшая управление полетом ракеты: изменение направления движения производилось с помощью газораспределительного устройства, регулирующего поочередную подачу газа после турбины на четыре неподвижных сопла.

Двигатель 8Д710 безотказно работал в составе второй ступени ракет-носителей 11К63 ("Космос-2"), запускавшихся в рамках отечественной космической программы, а также программы "Интеркосмос" в течение около 30 лет.

(Продолжение следует).

Трижды орденоносный коллектив энергомашевцев отметил 75-летие предприятия, хотя и с небольшим переносом дня торжества в силу определенных обстоятельств. Присутствовавшие на собрании высокие гости зачитывали приветственные адреса, вручали памятные подарки, сувениры и цветы.



Генеральный директор и генеральный конструктор Б.И. Каторгин рассказал о достижениях НПО - мирового лидера в сфере производства жидкостных ракетных двигателей большой мощности, поздравил всех с юбилеем и поблагодарил ученых, инженеров, конструкторов и рабочих за их самоотверженный труд.

Борис Каторгин выразил особую благо-

дарность тем, кто вместе с ним в начале 90-х годов в труднейшей экономической обстановке, при отсутствии государственного заказа, решал проблемы вывода предприятия на мировой рынок высоких технологий. Он сообщил, что в связи с юбилеем 128 энергомашевцев получили правительственные и ведомственные награды. Вручать их будут в трудовых коллективах по месту работы.

Сам же Борис Иванович получил из рук Чрезвычайного и Полномочного Посла Украины в Российской Федерации господина Белоблоцкого ордена Ярослава Мудрого.

Теплые слова глубочайшей благодарности и наилучшие пожелания услышали собравшиеся от бывшего руководителя "Росавиакосмоса" Юрия Коптева. Об укреплении связей и совместных позиций в космосе говорил Ю.П. Семенов, президент РКК "Энергия". Он подарил коллективу Энергомаша бронзовую "Никиту" - символ прошлых и будущих побед.

Среди выступавших были глава Химкинского района В.В. Стрельченко, а также главный инженер проекта корпорации "Пратт энд Уитни" Лоуренс Таннер. Были зачитаны приветствия от губернатора Б.В. Громова, от различных министерств и ведомств.

Юбилейная дата прошла. Со сцены ДК "Родина" в адрес сотрудников НПО Энергомаш было высказано столько пожеланий, зачитано столько приветствий, что весь 2004 год, да и еще несколько лет понадобятся для претворения всего сказанного на практике.



Однако, всматриваясь в прошлые дела и трудовые победы, вслушиваясь в рев двигателей уже стартовавших в космос ракет, можно с уверенностью сказать, что для коллектива профессионалов, каким является прославленный Энергомаш, нет ничего невозможного. Все трудности - явление временное. Вслед за этим начинается подъем.

Александр Машевский

Создатели ближнемагистрального самолета Ан-148, который прошедшей весной этого года был представлен на выставке "Двигатели-2004" как перспективный совместный российско-украинский самолет ("РУС"), рассчитывают на победу в тендере "Аэрофлота" на поставку 50 региональных самолетов. Первый такой самолет уже собран и даже готов к сертификации. По окончании сертификационных испытаний серийное производство этой машины будет организовано на Воронежском авиапредприятии.

Как сообщала "Газета.Ru", в Воронежском акционерном самолетостроительном обществе прошло закрытое совещание - презентация нового самолета. Интересно, что новый самолет должен занять ту же нишу российского рынка, на которую претендуют несуществующий еще Russian Regional Jet (RRJ) совместного производства "Сухого" и Boeing и недавно сертифицированный Ту-334. По сведениям газеты, сертификационные испытания Ан-148 начнутся не позднее сентября этого года, а завершатся в следующем году - как раз к тому моменту, когда "Аэрофлот" подведет итоги объявленного в прошлом месяце тендера на 50 региональных самолетов. Выигравшие тендер смогут обеспечить себе стабильный заказ на лайнеры по крайней мере до 2010 г. Впрочем, кроме отечественных авиакомпаний на победу претендует еще и бразильский Embraer: как писа-

ла 4 августа этого года "Газета.Ru", интересы этой компании лоббируют российское правительство и КБ "Сухой", которые взаимно заинтересованы в победе отечественного Су-35 в тендере на производство истребителей для бразильских ВВС. Это достаточно сильно запутывает ситуацию.

Помимо Embraer, в тендере наверняка будут участвовать канадская Bombardier со своими DASH-8. К тому же нельзя забывать, что подержанная импортная иномарка стоиткратно меньше нового российского самолета. В частности, DASH-8 можно купить на вторичном рынке за \$4...5 млн в зависимости от состояния и возраста, а новый Ан-148 - за \$16...18 млн.

"Ильюшин Финанс Ко", которая взялась за продвижение Ан-148 на российском рынке, уже готовит документацию для "Аэрофлота" и почти уверена в победе. В компании говорят, что Ан-148 - это первый рыночный продукт, который существует не только на бумаге, но и в металле и к тому же не настолько дорог в производстве и эксплуатации.

Следует подчеркнуть, что предполагается совместное производство двигателей - как маршевых, так и вспомогательных - для новых Ан-148. В решении этой задачи будут задействованы украинский "Мотор Сич" из Запорожья, один из крупнейших в мире заводов, производящих ГТД для пассажирских самолетов, и самые мощные российские авиадвигательные



предприятия: московский "Салют" и уфимское "УМПО". Последние два производственных объединения объявили об организации совместной корпорации "Газотурбинные двигатели".

Впрочем, как заявил "Газете.Ru" главный инженер ВАСО Михаил Шушпанов, даже если совместный российско-украинский самолет не победит в тендере "Аэрофлота", его в любом случае запустят в серийное производство на воронежском предприятии. У лайнера уже появилось несколько заказчиков. В частности, авиакомпания "Полет" намерена заменить этими машинами свой устаревший парк из семи Як-42, а KrasAir собирается купить 12 Ан-148. Переговоры с российскими авиакомпаниями "Пулков", "Волга-Днепр", "Владивостокавиа", "Аэрофлот-Дон" и украинской "Аэросвит" близки к завершению. Общий предварительный пакет заказов на самолеты семейства Ан-148 насчитывает 93-95 машин.

Веб-сервер "Газета.Ru"

РОССИЯ - ОБЩЕСТВО ТЕХНИЧЕСКОЕ



Многое поменялось за последние полтора десятилетия в Отечестве нашем. Может быть, это и не так плохо: способность к переменам - признак живого. Впрочем, что бы и как не менялось, все равно перспективы любого дела определяются людьми, его делающими (пусть даже они сами не всегда распоряжаются и своей-то судьбой). Никто, однако, не вечен, и если молодежь не приходит на смену старшему поколению в промышленности, науке, сельском хозяйстве, деле, которому они служили, обречено на гибель. И это никак не связано с особенностями стиля государственного правления или провозглашенным приоритетом какой-нибудь формы собственности. Опыт показывает, что кадровая проблема - проблема глобальная и, к сожалению, вовсе не саморегулируема ни при каком рынке. Но именно решением вопроса кадровой преемственности в хозяйстве определяется, в конце концов, имеет ли данная страна перспективы и можно ли вообще в ней строить реальные планы. Если технически развитое государство перестает заниматься молодежной политикой, судьба его промышленности становится неопределенной. Уже одни только прямые материальные потери из-за сбоев в функционировании хозяйственного механизма многократно превысят общий объем бюджета. Но мы родились здесь, мы работали на благо своей страны, мы ее строили и защищали: нам и нашим детям жить тут. Полагаю, это - достаточный набор причин, обосновывающих настоятельную необходимость практических действий!

Одно из действий, проделанных в ходе государственного строительства последних лет, несомненно, скажушееся в наибольшей степени отрицательно - практическое самоустранение государства от упомянутого уже мною процесса обновления кадров. Стремясь уйти от жестких рамок кадровой политики времен СССР, руководство страны по сути полностью сняло с себя ответственность за формирование состава работников, а вместе с тем и обеспечение насущнейшего в каждом деле требования сохранения преемственности, передачи специалистам накопленного опыта. Создание у молодежи целевой установки на участие в созидательном труде было необдуманно отождествлено с идеологической "промывкой мозгов" и вместе с нею исключено из решаемых задач. Инженерно-техническая и научная деятельность в промышленности ли, науке ли, других отраслях реального производства перестали быть в числе ценностей подрастающего поколения. Не буду касаться того, чем это заменилось - это тема отдельного разговора.

При рассмотрении в русле этой статьи существенно отметить, что к настоящему времени разрыв между старшим и младшим поколениями работников в различных секторах промышленности, науки, сельского хозяйства доходит до 40 лет, зачастую превышает эту величину и продолжает увеличиваться! Упущено время, уходят (а по большей части уже ушли) опытные кадры специалистов, унеся с собой накопленный опыт. В результате многое из того, что мы выпускали совсем недавно, сейчас некоторые предприятия производить не в состоянии. Время, когда у нас не останется в промышленности работников (любого уровня!) - ближайшие годы.

Получается то, что и должно было получаться: сейчас доля продукции высокой технологии в общем объеме экспорта, которая и так-то у нас не была слишком велика, сократилась более чем на порядок и составляет доли процента от общего объема. А, например, в основной статье экспорта - нефтехимии - от 60 до 80 % применяемых катализаторов (ранее почти стопроцентно отечественных) имеют заграничное происхождение. И так практически всюду. Надо говорить уже не о восстановлении былых объемов, а скорее о национальной безопасности и зависимости от импорта.

Вопрос кадров - основной вопрос любого производства, причем всегда - острый и большой. У нас он становится вообще неразрешимым: сколь бы разумную кадровую политику не прово-

дили предприятия, в одиночку решить проблему квалифицированных кадров (как рабочих, так и инженерных) ни одно из них не в силах! Как не рекламируйте себя, молодежь на ваше предприятие не пойдет: вас просто не заметят в общем потоке информации. Те деньги, которые вы можете позволить себе вложить в наших условиях в это дело, неизмеримо малы по сравнению с потребностями. Поэтому наиболее дальновидные руководители предприятий каким-то образом пытаются объединять усилия.

Мы знаем, что перемены происходили самые кардинальные: полностью изменилась структура спроса на профессии рабочих, инженеров, ученых в различных отраслях производства. Тем не менее, эти изменения по крупному никем не учитывались. Многочисленные институты и статистические центры, как оставшиеся в наследство от Страны Советов, так и новой генерации, должны заниматься конъюнктурой промышленности, почему-то никак не влияя на это положение, увлеченные собственной конъюнктурой. Несомненно, в полном объеме этот вопрос решаем только системно, в государственном масштабе. И пусть наивные представления о возможности поправить ситуацию пропагандистскими мерами остались в прошлом, сегодняшняя утопия о всемогуществе материального стимулирования ничуть не действеннее. Всегда найдется кто-то более оборотистый, который переманит ваших воспитанников, особо не озабочиваясь их подготовкой. К тому же учебные учреждения сильно подвержены сиюминутным изменениям рыночного спроса или даже просто моде: куда сейчас податься избыточной армии юристов-экономистов-экологов-социологов и пленников других "популярных" профессий, наготовленных сверх всякой меры предоставленными самим себе участниками нашей вузовской системы? Достаточно сказать, что не более 10 % выпускников идет работать по специальности, еще около 5 % начинает работать в смежных научных областях, и примерно то же количество остается в системе образования, продолжая обучение и обновляя преподавательские кадры. Иначе, к.п.д. системы получения специального образования около 20 % - "хуже, чем у паровоза". Следует учесть, однако, что людям без образования нечего делать на современном производстве.

Пока же впечатление такое, что мы продолжаем поддерживать интернациональную солидарность трудящихся всех стран: своей бездеятельностью даем работу иностранным ученым, ин-

женерам и рабочим. А заодно - коммерсантам, капиталистам, банкирам и пр.

Никакими запретами и ужесточениями ситуацию не изменишь: если ваша воля не совпадает с желаниями человека, грамотные люди (а от прочих толку нет) найдут способ уйти из-под удара. Для реального улучшения положения требуются межотраслевые комплексные методы государственных масштабов, задача которых пробудить заинтересованность молодежи к работе в сфере реального производства и науки. И, естественно, должна быть столь же реальная заинтересованность в обновлении кадров на местах.

В конце XIX века положение с кадрами в отечественной промышленности было сходное. Правда, по иной причине. Хроническая техническая отсталость нашего хозяйства не позволяла в то время сформироваться процессу нормальной подготовки и взаимообучения работников. Тогда был проведен целый ряд мероприятий с целью поддержки российской промышленности в организационно-технологическом плане. По инициативе и при активнейшем участии виднейших российских предпринимателей, правительства, ученых, просветителей и общественных деятелей был реализован комплекс связанных мер. Прошла первая всероссийская промышленная выставка, а как ее развитие и продолжение - создан Политехнический музей, главной задачей которого с самого начала существования было продолжать просветительскую деятельность на постоянной основе. Этим он и занимался до самого последнего времени, когда связи с современной промышленностью явно ослабли, и историческая ценность коллекции явно перевесила ее прикладное значение. В советское время с аналогичными целями организовали ВСХВ - ВДНХ, исполнявшую те же просветительско - имиджевые задачи. Она также вполне справлялась со всем этим до самого превращения ее в современный ВВЦ - большой толкучий рынок, с которым теперь не знают, что делать.

Положительный опыт прошлого грех не использовать! Сейчас мы не в лучшем положении, чем век назад. Технологии, используемые большинством производственных структур СССР, уже к середине 80-х годов XX века серьезно "недоотягивали" до современного уровня. И с тех пор они только устарели еще на 20 лет, а следовательно - использующие их неконкурентоспособные предприятия неминуемо обречены на исчезновение (что особенно значимо при вступлении в ВТО). И мало модернизировать производство, надо еще убедить потенциальных работников, что в него - модернизированное - надо идти, что это интересно, что это выгодно, что это модно, в конце концов! Соображениями именно такого рода руководствовались наши заокеанские спарринг-партнеры, когда в начале 60-х годов было выявлено изрядное отставание США в стратегических оборонных отраслях. Основные усилия были направлены именно на обучение и подготовку кадров науки и промышленности. И вот, после четверти века таких работ, где Америка и где мы...

Разрешение создавшейся ситуации лежит в системной области. В первую очередь, конечно же требуется стратегическая государственная программа по поднятию промышленности и науки до современного уровня. Однако, по моему убеждению, не менее важным действием будет создание негосударственной и подчеркнута некоммерческой (то есть, не ставящей цели извлечения непосредственной выгоды) структуры, занимающейся привлечением общественного внимания к кадровым вопросам и технологической модернизации отечественной промышленности, вовлечением в решение этой задачи людей и средств. Государственные структуры слишком неповоротливы для решения такой задачи, а коммерческая организация ради своей коммерции мгновенно бросает заниматься тем, ради чего была создана.

Основные задачи вновь создаваемой организации - просветительские: создание в среде молодежи такой атмосферы, когда интересно и престижно было бы заниматься реальным делом. Она может быть координационным центром, деятельность которого направлена на осовременивание реального производства, наполнение его людьми, идеями, деньгами и пр. Естественно, что самостоятельно решать все это новая структура

не должна и не будет, но ставить и оформлять такие задачи, а также, влияя на перераспределение информационных и финансовых потоков, вполне в состоянии.

Известно, что "как корабль назови, так он и поплывет". Вновь создаваемая организация может носить имя, например, Российское техническое общество (как называлась когда-то аналогичная отечественная организация - РТО), либо "Российский политехнический союз" (это, впрочем, несет не слишком положительный оттенок), или: "...технологический..." (что, впрочем, уже слишком по-американски и к тому же ограничивает цели). Короче, возможны варианты. Главное - целью РТО должна являться всесторонняя поддержка, организация, координирование и непосредственное проведение любых действий как государственных, так и коммерческих структур и частных лиц, а также международных организаций, ставящих целью совершенствование нашего производства, выправление существующего в российской науке и промышленности положения с кадрами, приведение его в соответствие с высшей отметкой мирового уровня и создание у собственного подрастающего поколения ориентированности на работу в реальных областях промышленности и науки.

Полагаю, что создание РТО привлечет людей, безразличных к судьбам отечественной промышленности и науки, для кого жизненно важно разрешение проблем, на которые и нацелено создаваемое Общество. В их числе, конечно же, будут руководители фирм как государственной, так и иных форм собственности и специалисты государственных и коммерческих структур, сфера интересов которых лежит в отечественной промышленности. Для тружеников административно-управленческих структур различного рода участие в создании и деятельности Общества не лишний случай доказать свою причастность к решению жизненных проблем страны. Работникам науки, академическим центрам, специалистам вузов и средних специальных учебных заведений такая организация была бы не чужда. Коллективы научно-технических журналов и газет, редакций радио- и телевизионных программ, работающие в России, без сомнения почувствуют свои издания возможным инструментом такой организации и будут с ней сотрудничать. Профессиональные союзы наверняка будут крайне заинтересованы в создании и нормальном функционировании РТО. В конце концов, чем шире будет спектральный состав такой организации, тем больше уверенности в том, что она сможет выполнить свои задачи.

Я совершенно намеренно не предлагаю в этой статье конкретных путей работы РТО, чтобы не сосредоточиваться на одной тактике: вначале надо поставить стратегические задачи. Конечно, есть еще великое множество направлений, по которым такая организация могла бы работать, используя существующие связи и структуры и наработывая новые, но это уже - тема более обширного исследования. Следует, например, полностью восстановить общество "Знание" (как просветительскую организацию по функциям и задачам), замкнуть его на цели РТО, заставив вновь работать на поддержание перспектив промышленности и страны в целом. После создания РТО и очерчивания круга решаемых им проблем, непременно необходимо организовывать конкурсы, направленные на решение всего спектра задач, добиться грантов столичных, российских и международных организаций для финансирования этого. Да много что еще можно и нужно сделать. Главное - мешать далее уже нет времени.

...Только таким (весьма хлопотным) образом возможно исправить существующее положение с реновацией кадров и остановить дальнейший развал промышленности. Этим мы, может быть и предотвратим полную деградацию нашего общества. Понятно, вся эта махина может быть сдвинута только лишь коллективом единомышленников. Господа! В этом смысле все мы товарищи. По крайней мере, коллеги: кроме нас самих, никому-то мы другому не нужны. Спасение утопающих, как и всегда - дело их же рук. Чего нам всем желаю.

ДМИТРИЙ БОЕВ

ген. директор Редакции журнала "Двигатель",
вед. научный сотрудник Политехнического музея,
вед. инженер ЦИАМ им. П.И. Баранова, ...

"СОВМЕСТНЫМИ УСИЛИЯМИ НА ПОЛЬЗУ ДЕЛА..."

(К 140-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ОСНОВАНИЯ НАУЧНОЙ БИБЛИОТЕКИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО МУЗЕЯ)

Политехнический музей:

Галина Спирина, зам. генерального директора музея, заслуженный работник культуры
Тамара Кравченко, зав. научной библиотекой, заслуженный работник культуры

Научная библиотека Политехнического музея – одна из крупнейших научно-технических библиотек России. Она основана в 1864 г. Обществом любителей естествознания, антропологии и этнографии (ОЛЕАиЭ) при Московском университете. Учеными-создателями библиотеки были определены ее задачи: распространение знаний, собирание и хранение научной литературы. Члены ОЛЕАиЭ – профессора университета передали в дар библиотеке первые книги, составившие основу ее первоначального фонда, и в дальнейшем принимали активное участие в его пополнении. Дары, поступавшие от ученых, научных, учебных и общественных отечественных и зарубежных организаций, в том числе от Российской академии наук, Московской горной академии, Варшавского, Казанского, Киевского, Харьковского университетов, Вольного экономического общества, Венского и Лондонского антропологических обществ, Парижского музея естественных наук и многих других, способствовали расширению фонда библиотеки. Немало ценной литературы поступало также с отечественных и международных выставок, организуемых ОЛЕАиЭ, в том числе и с Политехнической выставки 1872 г., на основе экспонатов которой по инициативе членов ОЛЕАиЭ был создан музей прикладных знаний, ныне – Политехнический музей.

Заборами ученых, возглавлявших отделы Политехнического музея, создавались специализированные библиотеки: физическая, техническая, архитектурная и др., находившиеся в ведении отделов. Лучшей была архитектурная библиотека, в формировании которой принимал непосредственное участие руководитель отдела известный архитектор, член ОЛЕАиЭ, председатель Московского архитектурного общества Н.А. Шохин. Наличие в этих библиотеках разнообразной литературы – от научных трудов до учебных и популярных изданий – отвечало основным направлениям деятельности музея, являющегося научным и образовательным учреждением. В библиотеках собиралась также литература и по вопросам музееведения, т.к. ОЛЕАиЭ придавало большое значение правильной постановке музейного дела. Библиотека общества располагалась сначала в помещении университета, затем с 1872 г. вместе с музеем – на Пречистенке. В 1877 г. музей и библиотека разместились в здании, построенном по проекту академика И.А. Монигетти, в центре Москвы, между Ильинскими воротами и Лубянской площадью. С этого времени установилась более тесная связь между библиотекой ОЛЕАиЭ и специализированными библиотеками музея, в т.ч. в вопросах комплектования и использования книжных фондов.

Члены ОЛЕАиЭ и сотрудники музея на своих заседаниях проводили обзоры новых изданий или представляли рефераты о наиболее интересных открытиях, исследованиях, изобретениях, выявленных в процессе знакомства с новой литературой. Библиотеки активно содействовали работе учебной комиссии, созданной в 1888 г. при Политехническом музее, обеспечивая учебно-методической литературой занятия, проводившиеся с учащимися и преподавателями школ.

По мере расширения просветительской деятельности ОЛЕАиЭ и музея увеличивалась интенсивность работы библиотек. Библиотекари являлись членами редакционно-издательской комиссии, созданной в 1892 г. при учебном отделе, в которую входили сотрудники музея, члены ОЛЕАиЭ и работники научно-просветительных учреждений и общественных организаций. Комиссией готовился список тем лекций, авторам текстов предоставлялись необходимые книги, иллюстративные и графические материалы.

Общество и музей в целях просвещения издавали научно-популярные брошюры. В 90-х годах XIX века ОЛЕАиЭ и музеем были организованы общедоступные лекции и воскресные чтения. Перед москвичами выступали: Н.Е. Жуковский – по вопросам воздухоплавания, А.С. Владимирский и А.А. Эйхенвальде – по электротехнике, А.Г. Столетов, П.П. Лазарев – по различным разделам физики, В.Р. Вильямс, Д.Н. Прянишников – по сельскому хозяйству и др. Чтение лекций сопровождалось демонстрацией диапозитивов, приборов, показом опытов. Библиотеки принимали участие в работе комиссии по изготовлению диапозитивов, подбирая необходимую литературу и иллюстрации. Лекции в виде брошюр с сериями диапозитивов рассылались по подписке в самые отдаленные города и поселки России. Библиотека ОЛЕАиЭ оказывала помощь музею в подготовке экскурсоводов, подбирая для них все необходимые пособия.

В 1919 г. специальные библиотеки научных отделов и лабораторий Политехнического музея объединяются в единую фундаментальную библиотеку. В 1921 г. библиотека ОЛЕАиЭ включается в сеть государственных библиотек наркомпроса на правах самостоятельного учреждения.

Фонды библиотек к началу XX века представляли собой огромное и богатейшее собрание естественнонаучной литературы. Некоторые издания в Москве можно было найти только в этих библиотеках. Начиная с 20-х годов XX века в библиотеки музея и ОЛЕАиЭ стали поступать книги из фондов ликвидируемых учреждений, обществ, а также, реквизируемые у частных лиц. В 1921 г. объединенная библиотечная комиссия музея и ОЛЕАиЭ рассмотрела вопрос о массовых поступлениях книжных собраний в библиотеки и приняла решение об объединении фондов всех библиотек в единую. В 1923 г. завершилось фактическое объединение фондов и появилась "библиотека Политехнического музея и ОЛЕАиЭ".

Государственную основу приобрело формирование фонда: с 1921 г. библиотека стала получать обязательный экземпляр издаваемой в России литературы по естественным наукам и технике, что позволило весьма оосовременить фонды. В эти годы сотрудники библиотеки столкнулись с трудностями при комплектовании ее не только зарубежными, но и отечественными научными изданиями. Реор-

ганизация учреждений внутри страны, интервенция и гражданская война делали отношения с российскими и зарубежными научными организациями чрезвычайно сложными.

В 20-х годах прошлого века библиотека продолжала активное участие в мероприятиях музея и ОЛЕАиЭ и была одной из первых научных библиотек, связавших пропаганду литературы с задачами народного хозяйства. В этих целях была развернута массовая работа с научно-технической литературой. В 1921-1923 гг. под руководством ученого секретаря ОЛЕАиЭ В.В. Богданова в музее работала Московская секция краеведения. Поступавшая в секцию из различных областей России краеведческая литература пополняла фонды библиотеки.

В 1922 г. библиотека и ОЛЕАиЭ подготовили выставку литературы, связанной с проблемами изучения производительных сил страны в плане реализации задач сближения теоретической науки с производством. Подобные выставки были организованы также к конференциям 1924 и 1928 гг., проводившимся бюро по изучению производительных сил страны при Госплане Советского Союза и ОЛЕАиЭ.

Наиболее значимыми экспозициями, подготовленные музеем в 1925 г. и 1927 гг., были выставки по радио и светотехнике. Кроме подбора литературы, библиотека готовила к ним картотеки книг, журналов и журнальных статей. В эти же годы сотрудники библиотеки приступили к переработке схемы классификации. В работе приняли активное участие ученые- члены ОЛЕАиЭ и сотрудники музея профессора В.В. Богданов - по славянскому разделу, П.П. Петров - по технологии, В.В. Челинцев - по химии и др.

В соответствии с "Положением" от 05.03.1927 г., утвержденным наркомпросом, библиотека вошла в состав Политехнического музея на правах "вспомогательного научно-просветительского учреждения". Перед ней была поставлена задача - "обслуживание научных, учебных и просветительных потребностей Политехнического музея и ОЛЕАиЭ; удовлетворение запросов всех других научных учреждений и лиц, нуждающихся для своих занятий в научной книге по специальности библиотеки". В короткий срок библиотека превратилась в крупнейшую Государственную публичную библиотеку страны. В 1934 г. постановлением СНК РСФСР она была преобразована в Государственную научно-техническую библиотеку (с 1940 г. - Государственная политехническая библиотека).

С 1947 по 1991 г. библиотека, переименованная в Центральную Политехническую (ЦПБ), находилась в ведении Всесоюзного общества "Знание". С ликвидацией последнего ЦПБ стала составной частью комплекса "Государственный политехнический музей", с 1994 г. - филиалом Политехнического музея и с 2003 г. - его структурным подразделением - Научной библиотекой. Таким образом, спустя почти 60 лет, библиотека и музей вновь воссоединились.

За годы существования библиотека стала крупным центром научно-технической информации. В настоящее время ее фонды насчитывают около 3,5 млн экземпляров изданий на русском и иностранных языках. Широко представлена литература по технике, техническим и естественным наукам, экологии, экономике, промышленности, транспорту, связи, строительству, архитектуре, прикладному искусству. Фонды богаты монографиями, справочниками и энциклопедиями, словарями, учебниками, сборниками, трудами, производственной и инструктивно-методической литературой, нормативно-техническими документами, периодическими изданиями. Имеются редкие и ценные издания. Оперативный поиск информации позволяют вести структурированные фонды (книжных и периодических изданий, нормативно-технических докумен-

тов и др.), разнообразный справочный аппарат, библиографические издания и система каталогов и картотек. Пропаганда достижений науки и техники осуществляется путем ежегодной организации свыше 500 стендовых выставок и открытых просмотров литературы в библиотеке и музее.

Библиотеку ежегодно посещают свыше 100 тысяч научных и инженерно-технических работников, студентов. К услугам пользователей - читальные и компьютерный залы, справочный сектор, научно-библиографический отдел, сектор абонементов, где читатели и абоненты получают около 700 тыс. экземпляров различных изданий и 30 тыс. справок в год. Благодаря целенаправленно проводимой с 1949 г. научно-библиографической работе библиотека стала центром библиографии истории техники. Она составляет единственный в стране многотомный научно-вспомогательный библиографический указатель "История техники". К настоящему времени издано 15 томов, научную редакцию которых на разных этапах осуществляли ведущие специалисты Института истории естествознания и техники АН СССР и РАН: академик В.В. Данилевский, д.т.н. С.В. Шухардин, к.т.н. Н.К. Ламан.

Многие годы библиотека сотрудничает с национальным комитетом по истории философии науки и техники РАН, ежегодно составляя для сборника "Из истории авиации и космонавтики" библиографические списки литературы. Большой популярностью пользуется у специалистов ежегодный "Календарь юбилейных и памятных дат в области естествознания и техники". Уникальными являются ведущиеся библиотекой картотеки: "История науки и техники", "Деятели науки и техники", "История фабрик и заводов", "Репертуар русской технической книги", "Научно-популярная литература по естествознанию и технике" и др.

Став подразделением Политехнического музея, Научная библиотека сохранила функции публичной библиотеки, но ее основной задачей стало справочно-информационное обеспечение научной, образовательной и просветительской деятельности музея. Подготавливаемые библиотекой выставки литературы сопровождают проводимые музеем мероприятия: конференции, семинары, политехнические чтения, круглые столы, памятные встречи, заседания клуба "Планета Земля - наш общий дом" и др. В 2003 и 2004 гг. это были мероприятия, посвященные юбилеям: 120-летию академика И.П. Бардина, 70-летию первого космонавта Ю.А. Гагарина, 170-летию великого русского ученого Д.И. Менделеева, 150-летию инженера и почетного академика В.Г. Шухова, 240-

летию изобретения И.И. Ползуновым паровозной машины и др. В эти годы библиотека принимала участие в подготовке музеем экспозиций "Из истории кинематографа", "Из истории освоения природных ресурсов", "Время летать" и др., в организации выставки "Искусство печатного дела". С новыми поступлениями литературы библиотека знакомит сотрудников музея на ежемесячных "Днях информации". Вопросам истории науки и техники посвящены циклы тематических выставок: "Из истории изобретений", "Из истории вещей", "Творцы науки и техники" и др.

Концепция развития Научной библиотеки предусматривает внедрение новых информационных технологий, что будет способствовать повышению эффективности ее деятельности. Широкое внедрение информационных технологий предполагает создание баз данных по вопросам истории техники, редких изданий, публикаций, автоматизацию технологических процессов с созданием электронного каталога и компьютеризацией обслуживания пользователей. Дальнейшее развитие библиотечно-библиографических ресурсов Научной библиотеки в подобном направлении позволяет создать на ее базе современный информационный центр.



Полвека + 1 год 2004

истории создания

1953 электроискровых станков

В 1953 году Кёси Иноуэ создал первую в Японии и одну из первых в мире компаний по производству электроискровых станков. Открытые в СССР технологии только начинали развиваться, что отразилось в названии фирмы: «JAPAX» = «Japa» (Япония) + «X» (движение в будущее, неизведанное). В 1976 г. группа блестящих специалистов по ЭИ генераторам и системам управления во главе с Тошихико Фурукава покинули Japax Inc. и создали свою компанию – Sodick. Фирма-пионер японской электроэрозии пиала новую компанию талантливыми кадрами вплоть до апреля 1992 г., когда Japax Inc. формально вошла в Sodick.

С конца 80-х годов «Содик» неизменный лидер как по объемам производства, так и по числу уникальных научно-технических разработок. Для примера, только патентов США у «Содик» больше, чем у всех европейских изготовителей ЭИ станков, вместе взятых. Станки «Содик» – это первые и единственные в мире ЭИ станки со сверхточными и динамичными линейными приводами, а также единственные в отрасли ЭИ станки с керамической рабочей зоной, гарантирующей непревзойденную точность геометрии и полную развязку. «Содик» – это несравнимо малый износ электрода и возможность быстрого получения зеркальных поверхностей прямо на ЭИ станке. В новых станках помимо автоматизированного программирования стандартно установлены 3D CAD-CAD системы, а для удобства оператора впервые предусмотрены сенсорные дисплеи XGA 15", 1024 x 768 точек. В год производится до 2500 электроискровых станков «Содик».

Область применения ЭИ станков «Содик» давно переросла рамки высокоточного инструментального производства. В России «Содик» используются для скоростной вырезки сложных деталей волновых редукторов приводов в нефтегазовой промышленности, обработки деталей авиационных и ракетных двигателей. Есть и уникальные примеры: электроискровые станки «Содик» как инструмент Художника при создании шедевров из благородных металлов.

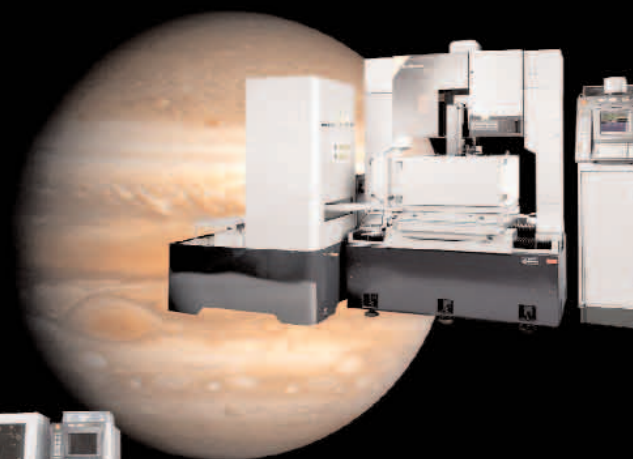


По свидетельству профессора В.Д. Вермеля (ЦАГИ), после 3 проходов на линейном вырезном станке «Содик» на рентгеновских спектрограммах следы дефектного слоя не обнаруживаются.



Анатолий Климин, владелец компании «ТОМ КЛАЙМ», использует станки «Содик» при изготовлении ювелирных изделий

Линейные электро- искровые станки с рабочей зоной из керамики **Sodick**



СВЕРХНИЗКИЙ ИЗНОС ЭЛЕКТРОДА

Для формирования
пера лопатки такой
турбины станку
"Содик" требуется так
мало электродов и
времени, что те, у кого
станки «не-Содик», в
это не хотят верить !!!

(4 электрода 4-х видов на
4 лопатки с 2-х сторон
+ 1 неделя)

На станках «Содик» мы делаем уникальнейшие вещи для космической промышленности. Нам требуется очень высокая точность обработки и максимальная оперативность. Никакой другой станок с этой работой не справился бы так хорошо, как «Содик». Наши «Содики» очень загружены - работают в три смены. Поэтому мы подумываем о покупке новых станков.

Лобода А.И., главный инженер «КБ Химавтоматики», Воронеж

Колесо турбины криогенного насоса (для перекачки жидкого водорода при -170°C) изготавливается из жаропрочного никелевого сплава. Межлопаточный канал - менее 2,3 мм.

Общий объем съема - около 3 300 мм³. Координатно-прошивочному станку "СОДИК" в 5-осевом исполнении (+угловое позиционирование заготовки) требуется для полной обработки одной турбины всего 1 неделя. Ранее предприятие тратило на эту же работу около года, используя электроискровые станки с копиями.

Колесо турбины
криогенного насоса из
особо прочного
гранульного металла
ХН43МБТЮ (115~120 кг/см²)
Диаметр колеса - 190 мм.
Общее время обработки
(все лопатки с 2 сторон) - 12 суток,
общий объем съема - 1900 мм³!



AGIE

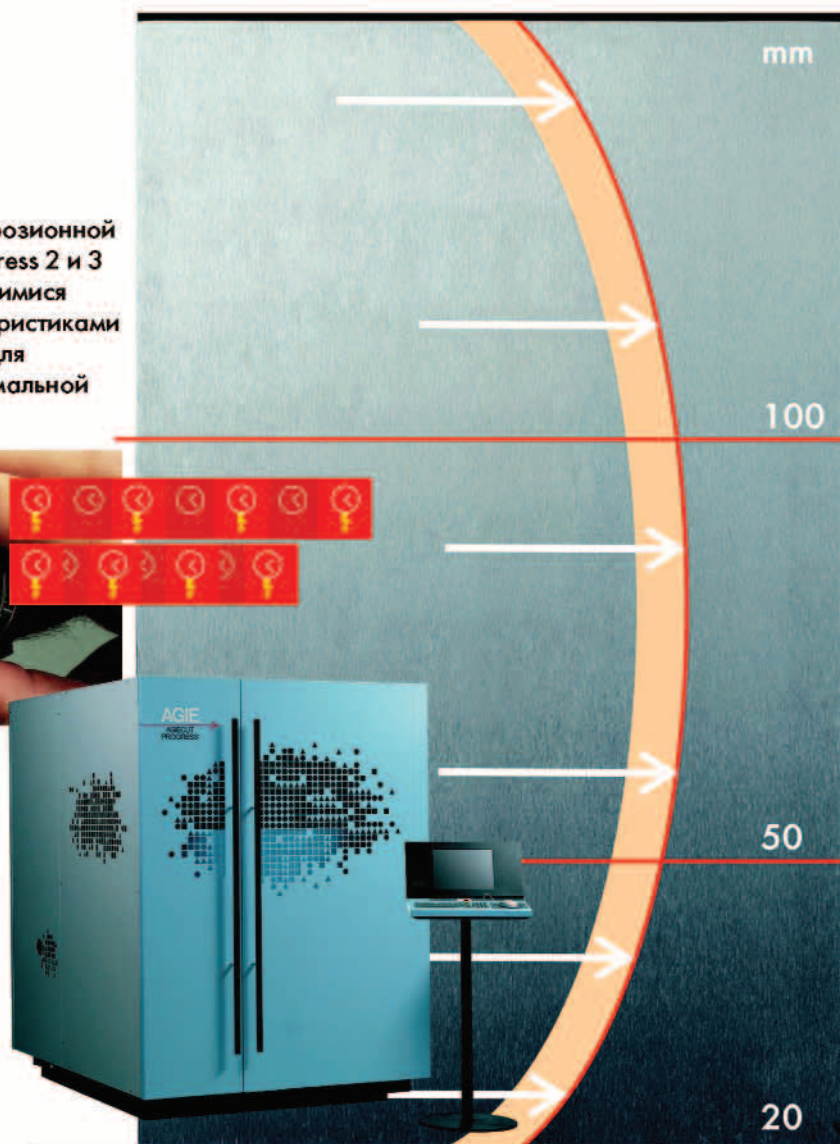
AGIECUT
PROGRESS

Скорость и точность для максимальной эффективности

Системы электроэрозионной резки Agiecut Progress 2 и 3 обладают выдающимися рабочими характеристиками и предназначены для достижения максимальной эффективности:



▲ Система управления Agievision обеспечивает гибкость и оптимизацию рабочих циклов и благодаря этому существенно сокращает вспомогательное время.



■ Для большинства значений высоты реза с применением стандартной электродной проволоки достигается скорость резания от 350 до 500 мм²/мин.

● Роботизированная установка Agiecut Progress 2 представляет собой высокоэффективный гибкий производственный модуль для изготовления серийной продукции, опытных образцов, а также инструмента и пресс-форм.

▲ Технология электроэрозионной резки eCut позволяет выполнять высокоточные разрезы с вдвое меньшими затратами времени и средств.

Agiecut Progress с новым силовым модулем и технологией электроэрозионной резки eCut: большая скорость, высокая точность, уменьшенный расход фильтров и проволоки, снижение расхода деионизирующей смолы.

AGIE SA
CH-66 LOSONE
TELEFON +41 91 806 91 11
TELEFAX +41 91 806 93 14
www.agie.com
info@agie.com

AGIE CHARMILLES Group
GEORG FISCHER +GF+ Manufacturing Technology

350

400

450

500

mm²/min