

Двигатель

Научно-технический журнал № 2 (38) 2005



Какой бы совершенной
ни была техника,
войну выигрывают люди

Редакционный совет

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

Пустовгаров Ю.Л.,
ген. директор ОАО "УМПО"

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

Селезнев Е.П.,
ген. конструктор, ген. директор
КБХМ им. А.М. Исаева

Скибин В.А.,
ген. директор ГНЦ ЦИАМ им. П.И. Баранова

Соколовский М.И.,
ген. конструктор, ген. директор
ОАО "НПО "Искра", Пермь

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" по НИОКР

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,

Валентин Шерстянников

Литературный редактор

Лидия Рождественская

Художественный редактор

Александр Медведь

Техническая поддержка

Ольга Лысенкова

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

Александра Бажанова,

Дмитрия Боева,

Александра Медведя,

Владимира Романова

**Адрес редакции
журнала "Двигатель":**

111116, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2

Тел.: (095) 362-3925

Факс: (095) 362-3925

engine@zebra.ru

www.engines.da.ru

www.dvigately.ru

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ООО "Редакция журнала "Двигатели"©

генеральный директор Д.А. Боев

зам. ген. редактора 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

Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.

Отпечатано

ЗАО "Фабрика Офсетной Печати"

Москва

Тираж 15 000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная



СОДЕРЖАНИЕ

**2. Предпосылки к использованию ионной имплантации
в производстве лопаток газовых турбин из сплава
ХН56ВМТЮ**

Ю. Пустовгаров

**4. Внедрение PDM на ОАО "ММП имени В.В. Чернышева"
(первые шаги)**

А. Белов, С. Курочкин, С. Марьин, А. Никитин, А. Новиков

**6. Д-30КП "Бурлак" - высокоэффективное решение
модернизации**

**8. Знание векторных характеристик вибрации -
ключ к безопасности технических устройств**

И. Кобяков, А. Сперанский, А. Хориков, А. Шатохин, С. Калинин

12. Ежегодное собрание АССАД

12. Региональная политехническая олимпиада школьников

13. Юбилей поэта авиамоторостроения России

14. Где ковалось оружие Победы

Л. Берне, Ю. Засыпкин

18. Достойно былины...

Д. Боев

20. Хроника фронтового бомбардировщика

А. Николаев

24. Лучшая российская программа DYNAMICS R3.1

26. Двигатель шотландского пастора

29. Стирлинг и его применение

30. Паровые турбины (третий век на службе)

33. Электромобиль - конструктор

34. Водород на транспорте

Н. Болбас

36. Станет ли новым хорошо забытое старое

38. Буду любить всегда

А. Маркуша

42. В честь 40-летия первого выхода в космос

Дим. Соколовский

26. Меньше, еще меньше, а теперь и совсем не видно

44. Информация

46. Понимая, как оно работает

(памяти Юрия Георгиевича Бехли)

А. Романов

48. Бензино-электрический поезд с шестиколесными вагонами

49. Автопоезд системы А. Мюллера

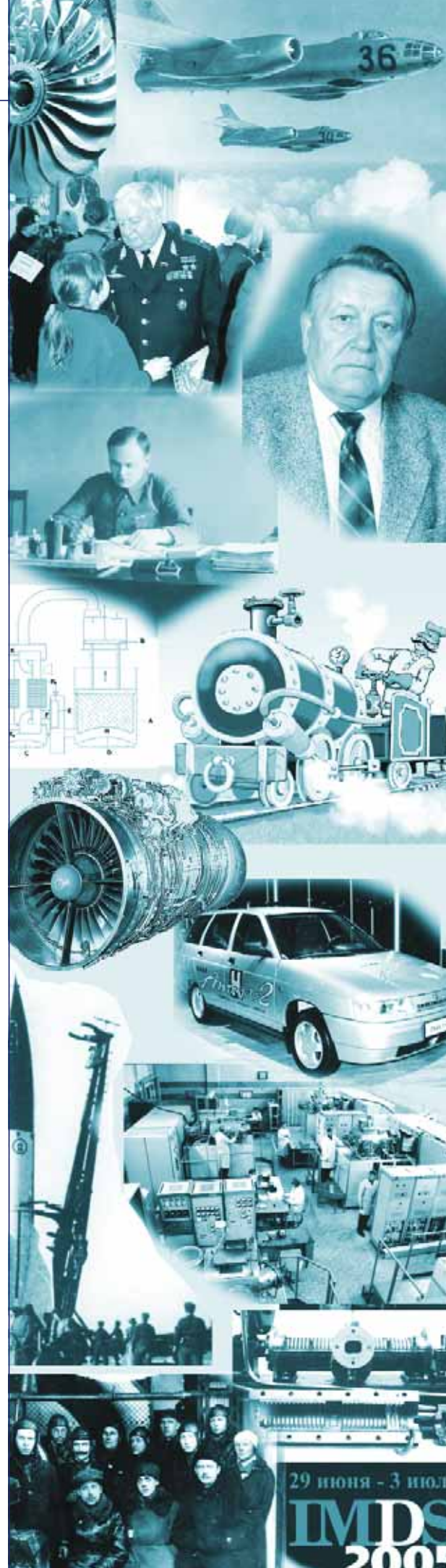
**50. О "немецком следе" в истории отечественного
ракетостроения**

В. Рахманин

54. Турбулентность и солитоны

Ю. Кочетков

56. Переворот в электроискровых технологиях



ПРЕДПОСЫЛКИ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛОПАТОК ГАЗОВЫХ ТУРБИН ИЗ СПЛАВА ХН56ВМТЮ

Юрий Пустовгаров, генеральный директор ОАО "Уфимское моторостроительное производственное предприятие"

Лопатки газовых турбин эксплуатируются в условиях воздействия высокотемпературного агрессивного газового потока, вызывающего коррозионные повреждения, вследствие чего поверхность лопаток нуждается в создании защитного слоя. Одним из наиболее простых методов получения такого слоя является ионная имплантация. Объектами исследования были выбраны образцы из сплава ХН56ВМТЮ (ЭП 199ВД), подвергнутые имплантации ионами (и.и.) иттербия на установке "Вита".

1. Методика испытаний

1.1. Жаростойкость

Испытания жаростойкости проводились в соответствии с ГОСТ 6130-71. Температура испытаний 850 ± 10 °С, время выдержки 300 ч (рис. 1). Через каждые 10 ч испытаний образцы взвешивали с точностью $\pm 0,0001$ г.

1.2. Микротвердость

Измерение микротвердости по Виккерсу проведено на микротвердомере ПМТ-3м при нагрузке на индентор $P = 10$ и 50 г, учитывая, что по глубине проникновения индентора можно в некоторой степени судить об упрочнении поверхностных слоев материала и о величине модифицированного слоя.

Измерения проводились на образцах в исходном, имплантированном состояниях, а также прошедших испытания жаростойкости (ж/с).

Результаты измерений представлены в табл. 1.

		Таблица 1	
Марка сплава	Состояние	HV (кгс/мм ²)	
		P = 10 г	P = 50 г
ЭП 199ВД	исх.	156	407
	и.и. Yb+	210	522
	исх. (ж/с)	168	386
	и.и. Yb+ (ж/с)	214	501

1.3. Микроструктура

Микроструктурный анализ проведен на образцах исходного и имплантированного состояниях и после их испытаний на жаростойкость с использованием оптического микроскопа МИМ-10 при увеличении $\times 500$; $\times 250$, по имплантированной поверхности и в поперечном сечении с выходом на поверхность.

1.4. Жаропрочность

Механические испытания длительной прочности при температуре 900 °С, нагрузке $\sigma = 13$ кгс/мм² проведены на нестандартных образцах. Результаты механических испытаний сведены в табл. 2.

1.5. Рентгеноструктурный анализ

Произведена рентгено съемка образцов на установке

Таблица 2

№	Состояние	τ , ч
1-1	исходные	79,4
1-2		95,1
1-3		97,45
сред.		90,8
2-1	и.и. Yb+	66,3
2-2		164,35
2-3		99,15
сред.		110,1
Нормы по ТУ 14-1-1508-75		> 60

ДРОН-4 в FeK α излучении в интервале углов от 28 до 140° . Режимы рентгено съемки: $U = 28$ кВ; $I = 24$ мА.

1.6. Электродный потенциал

Измерение величины электродного потенциала (ϕ) поверхности проводилось в 5 % растворе NaCl относительно хлорсеребряного электрода сравнения. Динамика ϕ представлена на рис. 2.

2. Основные результаты испытаний

В результате ионной имплантации ионами иттербия на поверхности образцов обнаружены следующие явления:

2.1. При температуре 850 °С скорость окисления образцов без ионной имплантации выше, чем у образцов с имплантацией.

2.2. Результаты измерений микротвердости свидетельствуют об упрочнении поверхности ионной имплантацией.

2.3. После испытаний на жаростойкость микротвердость снижается вследствие обеднения поверхности легирующими элементами, но при этом более высокие значения микротвердости наблюдаются у образцов с имплантацией, что свидетельствует о сохранении свойств имплантированного слоя после длительного воздействия высокой температуры.

2.4. Микроструктурным анализом выявлено:

- микроструктура образцов представляет собой традиционную для никелевых жаропрочных сплавов ($\gamma + \gamma'$) структуру с карбидными включениями;

- поверхность имплантированных образцов имеет более слабую травимость;

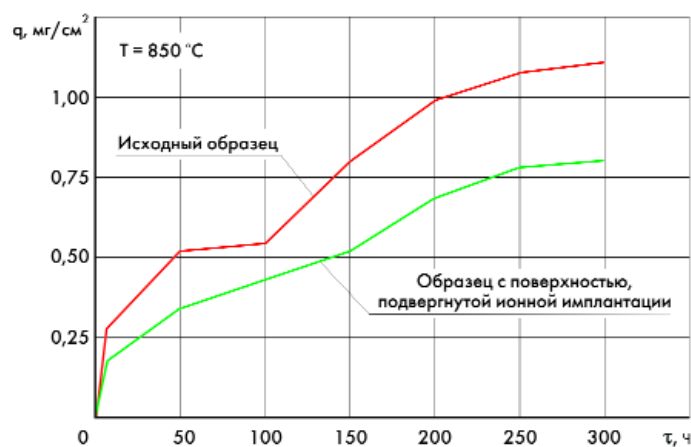


Рис. 1. Динамика изменения удельного привеса

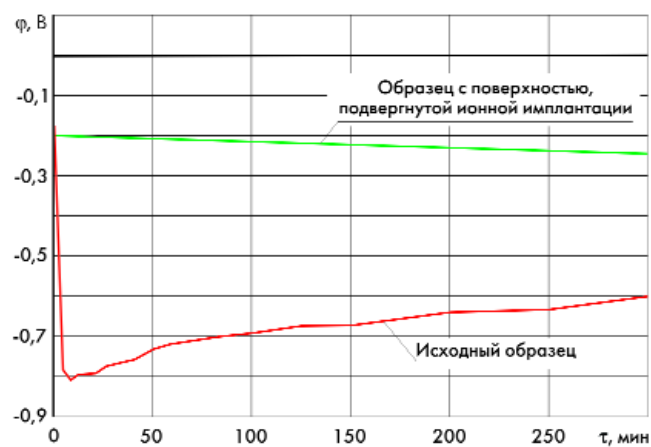


Рис. 2. Изменение величины электродного потенциала поверхности обработанного и необработанного образцов

- после испытаний на жаростойкость на имплантированных образцах глубина обедненного слоя 0,014 мм, на исходных - 0,021 мм;

- глубина питтингообразования на исходных образцах выше, чем на имплантированных. Интенсивность распределения питтингов по поверхности на имплантированном образце выше, чем на исходном.

2.5. Среднее время до разрушения при высокотемпературных испытаниях прочности составило:

- для исходных образцов - 90,8 ч,
- для имплантированных - 110,1 ч.

2.6. Рентгеноструктурным анализом установлено:

2.6.1. На дифрактограмме имплантированного образца величина интенсивности рефлексов меньше, а уширение больше, чем на пиктограмме исходных образцов. Кроме того, наблюдается смещение центров рефлексов в сторону больших углов относительно рефлексов исходных образцов. В связи с этим можно сделать выводы:

- об искажении кристаллической решетки;
- о наличии действующих напряжений 1-го рода.

2.6.2. На дифрактограммах образцов (имплантированного и исходного состояния) после длительного нагрева (300 ч) при температуре 850 °C величина интенсивности рефлексов меньше, но уширение больше, чем на пиктограммах исходного образца по сравнению с интенсивностью и уширением, указанными в пункте 2.6.1. Кроме того, выявлены рефлексы слабой интенсивности.

Из анализа указанных дифрактограмм можно сделать выводы:

- об остаточном воздействии ионной имплантации на кристаллическую решетку после высокотемпературного воздействия;
- об образовании новых дисперсных фаз и дефектов упаковки.

2.7. Измерения электродного потенциала образцов показали, что имплантированная поверхность имеет большее значение электродного потенциала в сравнении с исходной (-0,2 В и -0,6 В, соответственно).

Данный факт свидетельствует о том, что поверхность с ионной имплантацией является менее активной и обладает более высокой коррозионной стойкостью. 



Цех ионной имплантации

ВНЕДРЕНИЕ PDM

на ОАО "ММП имени В.В. Чернышева"

(ПЕРВЫЕ ШАГИ)

**Александр Белов, Сергей Курочкин, Сергей Марьин,
Андрей Никитин, Александр Новиков**

PDM (Product Data Management) – общий термин, охватывающий все системы, которые используются для управления определяющей информацией об изделии, применяемой для его поддержки и сопровождения.

Технология электронного управления данными изделия для предприятия является новой. Исторически часть задач управления составом изделия решалась при помощи созданной специалистами предприятия системы АСУ. Конструкторская документация при этом являлась входной информацией, которая дополнялась технологической и производственной. Эта система продолжает функционировать и в настоящее время. Однако современный рынок требует очень четкого и быстрого реагирования на потребности заказчика и возможности субподрядчиков при одновременном ограничении затрат. Сложность внедрения PDM вызвана тем, что задействованы практически все основные подразделения предприятия, на некоторые из них возлагаются новые функции. В качестве разработчика изделия и автора электронных данных будет подключено и ФГУП "ТМКБ "Союз". Электронное управление данными изделия предполагает возникновение новых типов документов – электронных моделей деталей и сборок. Предприятие уже имеет значительный опыт использования системы NX (Unigraphics) в первую очередь для технологической подготовки производства. Так, например, разработана и используется технология проектирования оснастки и программ для станков с ЧПУ при изготовлении турбинных лопаток. Однако создаваемые при этом 3D-модели являлись "подручным материалом", хранились на компьютерах конструкторов и никоим образом не являлись документами.

После обсуждения сложившейся ситуации, а также перспективных задач предприятия, с учетом опыта внедрения PDM на родственных предприятиях, руководством ОАО "ММП имени В.В. Чернышева" совместно со специалистами "ЛАНИТ" было принято решение внедрять новую технологию поэтапно и начать с одного из изделий основной номенклатуры. В качестве системы PDM выбрана система TeamCenter Engineering компании UGS. Мы намеренно опускаем критерии и требования, которые повлияли на выбор данной системы, так как это не является темой данной статьи. Хочется только отметить, что сложность создаваемого изделия, громадный объем данных, использование системы САПР высокого уровня и особые требования к хранению информации и актуальности ее на любой момент предъявляют жесткие требования к системе PDM.

Предполагается реализовать четыре этапа. Продолжительность первого около года, и для него создан подробный план-график работ. Последующие этапы подробно не определены, для них установлены основные задачи и ориентировочная продолжительность.

К задачам первого этапа относятся:

- ввод в систему всей информации по выбранному изделию, хранящейся на предприятии в электронном виде;
- наполнение данными информационного пространства, кото-

рое в дальнейшем будет использоваться в качестве банка знаний;

- обеспечение корректности моделей, созданных в системах САПР, на любой момент времени (по участку внедрения);
- реализация структуры хранения данных и учет документов на бумажных носителях;
- ознакомление сотрудников с системой TCE;
- реализация маршрутной технологии;
- создание технологических процессов в интегрированной среде TCE – Техкард;
- интеграция с системой подготовки технологических процессов;
- настройка в системе бизнес-процессов первой очереди;
- разработка методики, обеспечивающей одновременный электронный и бумажный документооборот в рамках участка внедрения;
- разработка механизма внесения изменений и их отслеживание в соответствии с требованиями предприятия;

- разработка программы загрузки данных из системы АСУ.

Основные задачи второго этапа – реализация в электронном виде бизнес-процессов утверждения и согласования электронной документации и подключение к системе ряда цехов основного производства. На третьем этапе предусматривается интеграция с системой ERP и системой организационного документооборота, а также расширение

области применения PDM на все изделия основного производства. В ходе четвертого этапа будут производиться внедрение электронной цифровой подписи в соответствии с действующим законодательством, создание единого информационного пространства с разработчиком и эксплуатантами.

В настоящее время реализуется подготовительный или, другими словами, предпроектный этап. Он является очень важным для внедрения системы управления информацией об изделии. Основными задачами этого этапа являются создание необходимых организационных предпосылок, формирование структурного подхода к происходящим на предприятии процессам, разработка ряда документов, необходимых для дальнейшего внедрения системы, достижение взаимопонимания как между участниками внедрения, так и с руководством предприятия.

Несколько подробнее остановимся на мероприятиях и особенностях первого этапа. На этом этапе планируется развернуть около 40 пользовательских рабочих мест и необходимую серверную составляющую (схема взаимодействия подразделений на первом этапе приведена на рис. 1). Безусловно, перевести абсолютно всю существующую на бумаге информацию по авиационному двигателю в электронный вид в сжатые сроки не-



Двигатель РД-33

возможно, решение этой задачи может затянуться на годы. Кроме того, ОАО "ММП имени В.В. Чернышева" является серийным заводом, конструкторские службы которого никогда не сталкивались с задачами создания электронных макетов изделий, для них это совершенно новая задача. Некоторую помощь здесь могут оказать разработчики - ТМКБ "Союз" и "Завод имени В.Я. Климова", но перед ними стоят задачи разработки перспективных изделий, а создание полного электронного макета выпускающегося серийно двигателя для них не представляет интереса.

Были сформулированы следующие принципы ввода информации:

- электронный состав изделия находится в системе в полном объеме и соответствует бумажным спецификациям;
- информация, относящаяся к объектам, вносится только по тем узлам, по которым ведутся работы или проводятся изменения (сканируются чертежи, вносятся определенные реквизиты, добавляются файлы, необходимые для работы с данным объектом);
- создание трехмерных моделей осуществляется только для сложных узлов изделия или по заказу подразделений предприятия;
- разработка извещений осуществляется в электронном виде; в согласовании участвуют твердые копии документов; после согласования им присваивается соответствующий статус в системе;
- при обработке базы данных, наполненной информацией из отдела АСУ, в карточке детали/сборочной единицы просто фиксируется номер последнего извещения, на основе которого создана данная версия объекта;
- для обеспечения достоверности и синхронизации данных вся информация проходит этап проверки, после которого электронным документам присваивается специальный статус.

Следование этим принципам позволит запустить в электронном виде основные бизнес-процессы подготовки производства без кардинальной ломки сложившихся функций подразделений и изменения их взаимоотношений. Наполнение информацией будет происходить постепенно по мере необходимости, при этом электронный состав изделия будет играть роль основы, к которой будет присоединяться как графическая информация в виде 3D-моделей и электронных чертежей, так и текстовая в виде всевозможных атрибутов. TeamCenter Engineering должна стать интегрирующей информационной системой для систем инженерно-конструкторской подготовки нового изделия CAD/CAE/CAM и систем ТПП (технологической подготовки производства), решая или помогая решать задачи автоматизации управления, логистики, технического обеспечения и т.п.

Важным аспектом коллективной работы является система согласования и утверждения документации. Основным документом, управляющим другими, как и в существующей системе, будет извещение. До внедрения юридически значимой электронно-цифровой подписи, которое планируется на четвертом этапе, извещения будут создаваться в электронном виде, а согласовываться в классическом бумажном виде. При этом будет поддерживаться строгое соответствие содержания бумажного и электронного документа. При создании электронного извещения необходимая для управления информация будет автоматически заноситься в соответствующие информационные блоки системы управления данными изделия, а оттуда, после утверждения бумажного извещения, передаваться в систему управления предприятием.

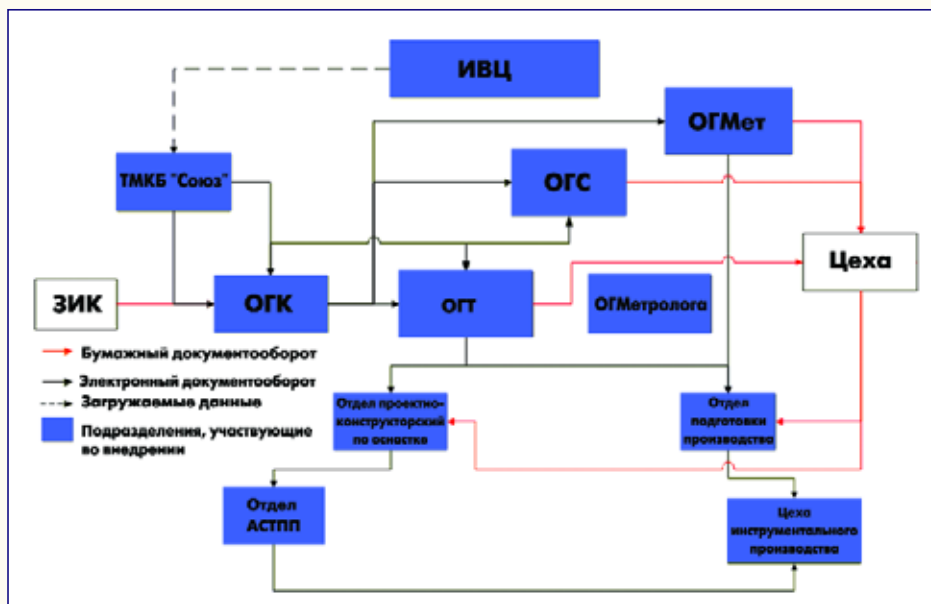


Рис. 1. Взаимодействие участников проекта на первом этапе

Формат статьи не позволяет подробно останавливаться на всех аспектах проекта. Но хочется отметить, что большое внимание уделяется подготовке и переподготовке специалистов, задействованных в проекте. Как правило, основным препятствием на пути внедрения новых технологий организации работ, в том числе и PDM, является психологическая неготовность участников. Если функции участников проекта изменяются незначительно (по крайней мере мы стремимся к этому), то рабочее место из "бумажного" становится "электронным". Для ознакомления специалистов с системой и таким образом преодоления психологических препятствий предусмотрено проведение обучения и консалтинга.

В результате внедрения системы PDM руководство предприятия рассматривает не только усовершенствовать работу конструкторско-технологических служб, но и получить ряд принципиально новых возможностей. К ним относится, например, контроль конфигурации каждого экземпляра двигателя и в производстве, и на последующих стадиях жизненного цикла изделия. А глобальной целью проекта является оптимизация управления инженерными данными, повышение качества выпускаемых изделий, сокращение сроков разработки и подготовки производства, комплексная поддержка жизненного цикла изделия. Мы надеемся, что совместными усилиями специалистов и руководителей завода имени В.В. Чернышева и "ЛАНИТ" эта глобальная цель будет достигнута.

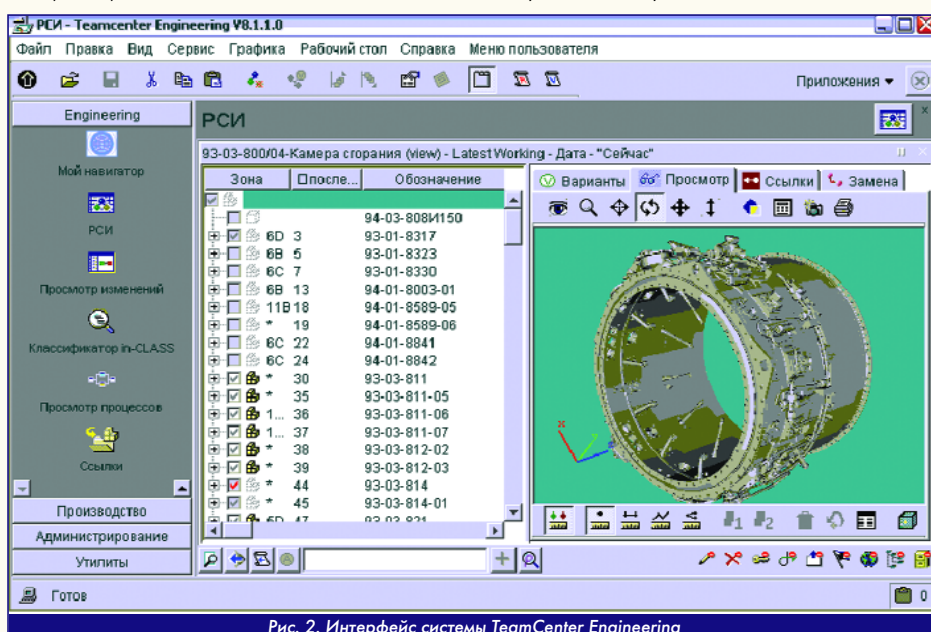


Рис. 2. Интерфейс системы TeamCenter Engineering

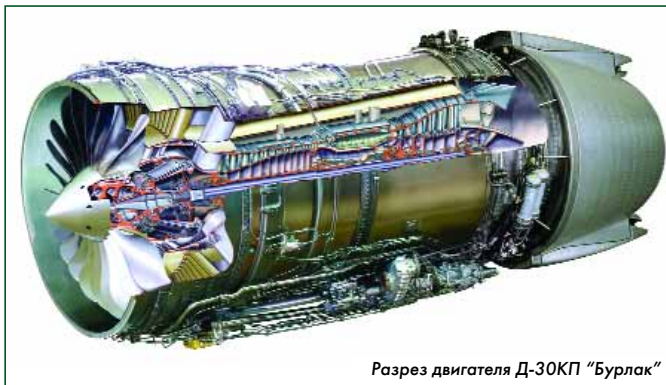


Д-30КП "БУРЛАК". ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ

За последние годы авиационная общественность России неоднократно начинала горячо обсуждать проблемы шума и эмиссии реактивных двигателей отечественных самолетов. Происходило это, как правило, перед очередным введением новых правил ИКАО, по которым нашим самолетам грозил запрет на полеты в Европу. Нельзя сказать, что к этому не готовились и ничего не предпринималось, - был создан двигатель ПС-90, который удовлетворял многим требованиям, но устанавливался он в основном на различные модификации Ил-96 и Ту-204. На салоне МАКС-2003 было подписано соглашение и об установке модификации этого двигателя и на Ил-76 одной из российских компаний-авиаперевозчиков.

Несомненно, что транспортный самолет Ил-76 можно назвать одним из самых успешных летательных аппаратов своего класса в истории мировой авиации. Он и сейчас является одним из наиболее востребованных грузовых самолетов и составляет основу парка транспортной авиации России и ряда других стран.

Сегодня эксплуатация Ил-76 осуществляется в двух крупных сегментах: коммерческие грузовые перевозки и транспортные операции государственных служб и ведомств. В общей сложности в России сейчас эксплуатируется 491 самолет Ил-76 и еще более 300 - за рубежом. Большая часть из них (около 70 %) находится в эксплуатации 10-15 лет, то есть приблизилась или приближается ко второй половине жизненного цикла. Поэтому вполне логично, что ремоторизация Ил-76 с ПС-90 вошла в федеральную целевую программу и на нее были выделены достаточно серьезные средства. Однако в итоге оказалось, что стоимость замены только одного двигателя Д-30КП на двигатель ПС-90 обойдется заказчику в 100 млн руб. А на каждом самолете по четыре двигателя, да еще надо к новому двигателю подтянуть и наземную инфраструктуру. Именно этот фактор сдерживает процесс установки двигателя ПС-90 на Ил-76.



Разрез двигателя Д-30КП "Бурлак"

Решение проблемы "малобюджетной" модернизации самолетов Ил-76, находящихся во второй половине своего жизненного цикла, призвана обеспечить реализуемая НПО "Сатурн" программа ремоторизации Ил-76 двигателями Д-30КП "Бурлак". Основная задача, решаемая в рамках этой программы, - расширение возможностей и продление жизненного цикла большей части парка самолетов семейства Ил-76 (транспортного Ил-76ТД, военно-транспортного Ил-76МД, самолета-топливозаправщика Ил-78, самолета дальнего радиолокационного обнаружения А-50) путем оснащения их модернизированным базовым двигателем семейства Ил-76 - Д-30КП, серийно производимым НПО "Сатурн". Модернизация заключается в замене трехступенчатого компрессора низкого давления на одноступенчатый вентилятор и увеличении степени двухконтурности с 2,2 в базовом двигателе до 3,65 в Д-30КП "Бурлак".

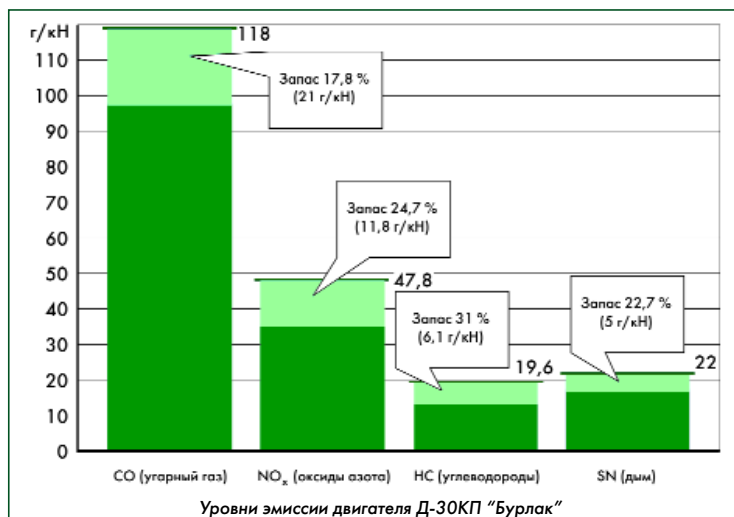
Над программой Д-30КП "Бурлак" НПО "Сатурн" работает с середины 2003 г. В настоящее время завершен первый этап стендовых испытаний, по общим результатам которых будет определена типовая конструкция двигателя для сертификационных испытаний. Сертификация двигателя намечена на первый квартал 2007 года. В активной фазе находятся работы с ОАО "ИЛ" по привязке двигателя к самолету Ил-76: сформировано техническое задание, определены летно-технические характеристики самолета, прорабатываются установка двигателей на самолет и инвестиционный проект ремоторизации парка Ил-76. На НПО "Сатурн" проведена технологическая подготовка производства, отработана технология изготовления лопаток вентилятора.

Можно с абсолютной уверенностью говорить о том, что решены основные технические задачи модернизации, в частности, улучшение эксплуатационных характеристик, увеличение ресурса двигателя и повышение его экономичности, обеспечение современных и перспективных экологических характеристик.

Техническим заданием на проектирование Д-30КП "Бурлак" ставилось целью повышение тяги двигателя с 12 000 до 13 000 кгс. В процессе стендовых испытаний этот уровень был не только достигнут, но и превзойден: тяга двигателя достигла почти 14 000 кгс. При последующей доводке именно это значение станет нормой. Это позволит увеличить взлетную массу самолета до 195 т, взлетать с более короткой взлетно-посадочной полосы, сохранять взлетную тягу при более высокой температуре окружающей среды (до +30 °С).

Первые запуски "Бурлака" показали, что в целом, если говорить об интегральной оценке, двигатель состоялся. Дефектов, препятствующих продолжению испытаний, нет. Измеренные напряжения на рабочих лопатках вентилятора гарантирует их дальнейшую работоспособность. Замеренные характеристики двигателя близки к расчетным. Уровень сходимости расчетных и реальных, полученных в "железе" характеристик высок. Это говорит о достаточно высоком качестве конструктивных разработок.

Полученный результат можно назвать выдающимся, потому что вентилятор такой конструкции, такой формы, таких характери-



Основные эксплуатационные характеристики двигателей Д-30

Двигатель	Межремонтный ресурс, ч	Назначенный ресурс, ч	Календарный срок службы, лет
Д-30КП-2	2000	4500	6...10
Д-30КП "Бурлак" (ВА)	4000	9000	16
Д-30КП "Бурлак" (ГА)	6000...10 000	24 000	15

стик - это прорыв в конструировании вентиляторов авиационных двигателей. Изначально концепция создания "Бурлака" была следующей: разработать и применить на серийном двигателе вентилятор нового поколения. Можно сказать по итогам обработки первых результатов запусков, что это удалось. Если говорить только об одной из характеристик двигателя - лобовой производительности вентилятора, обозначающей количество воздуха, прогоняемое за секунду через определенную площадь (основной показатель эффективности вентилятора), то на созданном вентиляторе данный показатель наилучший среди существующих образцов двигателей данной размерности не только в России, но и в мире.

Работы, направленные на создание "Бурлака", логично вытекают из всей предшествующей работы НПО "Сатурн" по модернизации серийных двигателей. На "Бурлак" установлена сертифицированная малоэмиссионная камера сгорания двигателя Д-30КУ-154. При этом малоэмиссионная камера здесь приобретает новое качество, поскольку условия ее работы с точки зрения эмиссионной эффективности благоприятнее, чем на двигателе Д-30КУ-154. Проведенные расчеты вселяют надежду, что удастся обеспечить не только нормы ИКАО 2004 г. по эмиссии вредных веществ и уровню шума на местности (это позволит беспрепятственно совершать авиоперевозки за пределами России и после 2006 г.), но и удовлетворить еще более жесткие требования, которые будут введены в 2008 г.

Кроме того, конструктивные особенности Д-30КП "Бурлак" позволяют благодаря снижению температуры газа перед турбиной на 40 °С повысить срок службы горячей части двигателя (и двигателя в целом), значительно увеличив межремонтный и назначенный ресурсы, календарные сроки службы.

Д-30КП "Бурлак" позволяет снизить удельный расход топлива с 0,71 до 0,64 кгс/кг-ч, что даст возможность экономить до 18 % горючего. Это ведет к увеличению дальности полета или повышению коммерческой нагрузки.

Стоимость ремоторизации самолетов Ил-76 и его модификаций двигателями Д-30КП "Бурлак" является наиболее важным показателем экономической эффективности модернизации и рассматривается как сумма затрат постановки двигателей на самолет и дальнейшую их эксплуатацию. Стоимость нового двигателя Д-30КП "Бурлак" составляет 36 млн руб. Низкая стоимость обусловлена высокой степенью унификации (75 %) Д-30КП "Бурлак" с базовым двигателем Д-30КП-2, а проведение модификации двигателя в процессе капитального ремонта позволит дополнительно снизить стоимость ремоторизации самолета в целом, так как стоимость переделки двигателя Д-30КП-2 в Д-30КП "Бурлак" составляет всего 24 млн руб. А это уже в 3,5 раза ниже, чем стоимость ПС-90А. Кроме того, не требуется создание новой инфраструктуры обслуживания двигателя и самолета в эксплуатации.

Сейчас идет достаточно серьезный, подробный анализ всех сторон по установке "Бурлака" на Ил-76. В этой работе активно принимает участие ЦИАМ, рассматривая различные варианты модернизации: "новый самолет - новый двигатель", "старый самолет - новый двигатель" и т.д., т.е. рассматриваются все возможные "конфигурации". Идет сравнение технико-экономических характеристик "Бурлака" с серийным Д-30КП-2 и с ПС-90А.

Для того, чтобы потенциальный заказчик смог глубже ознакомиться с возможностями, которые открываются при установке на самолеты двигателя Д-30КП "Бурлак", НПО "Сатурн" начал широкую кампанию по презентации своего нового продукта.

Именно поэтому 6 апреля 2005 г. в Рыбинске на НПО "Сатурн" государственным и коммерческим структурам, эксплуатирующим самолеты семейства Ил-76, был продемонстрирован модернизированный двигатель Д-30КП "Бурлак".

В ходе состоявшейся презентации нового двигателя генеральный директор НПО "Сатурн" Юрий Ласточкин сказал: "Успешное завершение первого этапа стендовых испытаний Д-30КП "Бурлак", в ходе которых двигатель не только подтвердил проектные характеристики, но и превысил их, позволяет нам говорить о том, что программа состоялась и уверенно предлагать двигатель, как Министерству обороны, так и другим российским силовым ведомствам в качестве наиболее оптимального решения проблемы модернизации самолетов Ил-76МД и Ил-78".



В настоящее время НПО "Сатурн" - широкопрофильная машиностроительная компания, осуществляющая проектирование, производство, реализацию и сервисное обслуживание двигателей авиационного и наземного применения.

"Программа наших действий имеет целью построение национальной компании, интегрированной в мировое производство газотурбинных двигателей", - заявил генеральный директор НПО "Сатурн" Ю.В. Ласточкин.

Помимо изделий серийного производства на предприятии реализуется ряд перспективных программ:

- создание военного двигателя пятого поколения для ПАК ФА;
- создание двигателя АЛ-55 на самолеты, предназначенные для обучения боевого летного состава;
- модернизация серийных двигателей АЛ-31Ф, АЛ-31П для семейства истребителей Су-27, Су-30, Су-35;
- модернизация двигателей Д-30КП/КУ-154 для самолетов основного пассажирского, грузо-пассажирского и военно-транспортного парка России: Ил-76ТД, Ил-76МД, Ту-154М;
- разработка и производство газотурбинных двигателей для кораблей ВМФ;
- производство промышленных газовых турбин для выработки электроэнергии и строительство энергостанций мощностью от 2,5 до 325 МВт;
- производство газоперекачивающих агрегатов в диапазоне мощности от 4 до 18 МВт.

23 апреля 2005 г. исполнилось 40 лет генеральному директору ОАО "НПО "Сатурн" Юрию Васильевичу Ласточкину. После службы в Советской Армии и учебы в Ярославском государственном университете он работал на Волжском машиностроительном заводе в Рыбинске, где прошел путь от бухгалтера до начальника финансового отдела. С 1992 г. возглавлял фирму, специализирующуюся на поставках промышленной техники и оборудования.

В январе 1997 г. Ю.В. Ласточкин назначен директором по ресурсам, экономике и финансам ОАО "Рыбинские моторы". В октябре 1997 г. по решению совета директоров и собрания акционеров Юрий Васильевич Ласточкин назначен генеральным директором ОАО "Рыбинские моторы". Генеральный директор ОАО "НПО "Сатурн" с сентября 1997 г. по настоящее время.

В июле 1999 г. Юрий Васильевич успешно защитил кандидатскую диссертацию, он является членом-корреспондентом Российской Академии естественных наук.

Редакция журнала "Двигатель" сердечно поздравляет Юрия Васильевича с днем рождения и желает ему крепкого здоровья, личного счастья и успехов в работе.



ЗНАНИЕ ВЕКТОРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИБРАЦИИ - КЛЮЧ К БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Игорь Кобяков, Академия стандартизации, метрологии и сертификации, к.ф.-м.н.
Анатолий Сперанский, Научно-производственное предприятие "РЭМ-вибро"
Анатолий Хориков, ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова", д.т.н.
Анатолий Шатохин, НИЦ ЦИАМ
Сергей Калинин, ООО "ТМК Инновация"

Для контроля вибрационной безопасности технических устройств необходимо изучение векторных характеристик вибрации. Общепринятый способ измерения вибрации с помощью однокомпонентных виброакселерометров приводит к получению заниженных значений вибрации. Существующие трехкомпонентные датчики измеряют виброускорение по трем осям, но не дают правильного значения вектора. Проблема может быть решена с помощью отечественной разработки - векторного виброакселерометра с единой измерительной точкой.

Значительный износ оборудования в различных отраслях промышленности существенно повышает роль контроля динамических параметров с целью предсказания допустимых сроков эксплуатации оборудования, предупреждения и профилактики катастроф. Для таких отраслей промышленности, как авиация, энергетика, строительство, транспортировка нефти и газа, наиболее эффективными методами обеспечения вибрационной безопасности являются вибромониторинг и вибродиагностика. Однако в области виброизмерительной техники в нашей стране, впрочем, как и во всем мире, имеются существенные проблемы.

Выражением пространственного процесса вибрации является вектор виброускорения, и для его определения необходимо одновременно измерять проекции вектора на три ортогональные оси. Однако абсолютное большинство используемых в мировой практике вибродатчиков представляет собой однокомпонентные пьезоэлектрические виброакселерометры, способные измерять лишь одну проекцию вектора виброускорения - проекцию на ось датчика. Оценка вибрации по одной из скалярных проекций вектора приводит к ошибочным представлениям о параметрах вибрации и динамическом состоянии объекта. Несмотря на это, многие нормативные документы предписывают проведение контроля вибрации именно с помощью однокомпонентных датчиков. Результатом такого контроля оказывается неверная оценка уровня вибрационной безопасности агрегатов, которая может привести к искажению оценки уровня других видов безопасности, определенных Федеральным законом "О техническом регулировании": пожарной, химической, биологической, электрической, термической, ядерной и радиационной.

Датчики, измеряющие виброускорение вдоль трех осей, существуют. Они производятся как ведущими зарубежными фирмами (Bruel & Kjer, Дания; Endevco, PCB и Bently Nevada, США; Vibro-Meter, Швейцария), так и российскими (ООО "ГлобалТест", Саров; НКТБ "Пьезоприбор" РГУ, Ростов-на-Дону и др.). Однако такие датчики представляют собой объединение трех однокомпонентных датчиков в общем корпусе, их чувствительные элементы пространственно разнесены (три измерительные точки), имеют фазовые рассогласования при измерении проекций, и каждый пьезокристалл обладает собственными параметрами поперечной чувствительности. Поэтому показания совокупности трех однокомпонентных датчиков в общем случае нельзя отождествлять с проекциями вектора виброускорения. Для согласования и усиления (кондиционирования) сигналов изготовители пьезоэлектрических датчиков встраивают в них интегральные схемы ICP/ISOTRON [1]. К существен-

ным недостаткам таких датчиков следует также отнести некоторое ограничение рабочих температурных, амплитудных и частотных диапазонов, вызванное наличием микросхем в корпусе прибора [2].

Ведущая в мире фирма-производитель виброизмерительной техники Bruel & Kjer впервые в зарубежной практике осуществила попытку создания прибора для измерения всех трех проекций вектора на одном кристалле, в единой измерительной точке. Разработчики столкнулись с рядом проблем, центральной из которых оказалась известная проблема поперечной чувствительности. Суть ее состоит в том, что, даже при абсолютном совпадении измерительной оси кристалла с направлением вектора виброускорения и точном измерении его величины, по двум другим измерительным координатам на пьезокристалле образуются электрические заряды, формирующие сигналы в ортогональной плоскости. Многолетние исследования и эксперименты привели к созданию модели 4506 на основе одного пьезокристалла цилиндрической формы. К сожалению, высокая чувствительность к поперечному движению не позволяет полностью отождествлять показания датчика с проекциями вектора виброускорения.

Векторный вибропреобразователь

В последние годы в России создан, испытан и утвержден новый тип средств измерений - векторный вибропреобразователь с единой измерительной точкой. Принципиальное отличие векторного датчика от всех известных типов средств измерений виброускорения заключается в том, что в нем используется один чувствительный элемент в виде прямоугольного параллелепипеда, изготовленного из пьезокристалла определенной симметрии и ориентации [3, 4]. Совет по проблеме "Акустика" Российской академии наук признал правильными физические основы, заложенные в конструкцию пьезоэлектрического векторного виброакселерометра. Принцип работы датчика показан на рис. 1.

Если вектор виброускорения направлен вдоль оси Z, то заряды возникают лишь на гранях, перпендикулярных оси Z, если вектор направлен вдоль оси Y, то заряды возникают лишь на гранях, перпендикулярных оси Y, и, наконец, если вектор направлен вдоль оси X, то заряды возникают лишь на гранях, перпендикулярных оси X. В каждом из этих трех случаев на четырех гранях, параллельных вектору виброускорения, заряды не образуются вовсе. Таким образом, теоретически

поперечная чувствительность датчика должна быть равна нулю, что можно представить в виде матрицы (табл. 1).

Отечественный датчик нового поколения имеет низкую поперечную чувствительность (менее 5 %), в результате чего позволяет получать достоверную информацию о вибрационном состоянии и

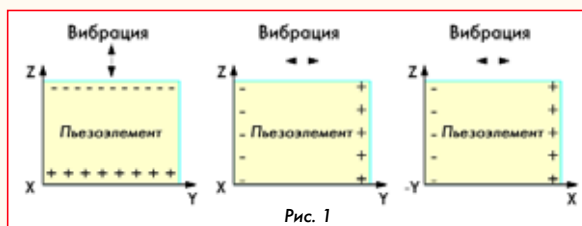


Рис. 1

безопасности силовых агрегатов и конструкций. Он внесен в Государственный реестр средств измерений и защищен российскими и международными патентами. Датчик работает в комплекте с трехканальным усилителем заряда, имеющим симметричный дифференциальный высокоомный вход и низкоомный несимметричный выход. Качество векторных датчиков зависит от качества пьезоэлемента, кабеля, клея, разъемов и конструкции. Даже при использовании отечественных комплектов получены характеристики, превосходящие аналогичные характеристики у датчиков ведущих мировых производителей (табл. 2).

Исследования с помощью векторного вибропреобразователя

На испытательном стенде ВВИА им. Н.Е. Жуковского с участием ФГУП "Мотор" проведены сравнительные измерения на авиадвигателе с помощью векторного вибропреобразователя нового поколения (тип ВТК 3, разработчик НПП "РЭМ-вибро", Ногинск, Московской обл.) и штатного однокомпонентного датчика (тип АВС-117, изготовитель завод "Биофизприбор", Львов). Измерения вдоль оси Z векторного датчика, установленного на двигателе, полностью совпали с измерениями вдоль соответствующей оси штатного датчика и составили 1,5g. При этом вдоль двух других осей векторного датчика ускорение составило 5g и 5,5g. Таким образом, измеренное с помощью векторного датчика подлинное виброускорение составило 7,6g при одновременном показании штатного датчика 1,5g, т.е. оказалось, что оценка по показаниям штатного датчика занижает уровень вибрации в 5 раз [5].

Измерения с помощью векторных виброакселерометров ВТК 7 на одном из типов вертолетных двигателей установили широкополосный характер вибраций по редуктору, наличие вибрационных составляющих с частотами вращения валов редуктора, его гармониками и частотами зацепления зубчатых колес. Сравнение уровня виброускорений, измеренных с помощью векторных датчиков, с показаниями однокомпонентных представлено в табл. 3. Видно, что измеряемая однокомпонентным датчиком проекция вектора виброускорения a_z существенно отличается от полного вектора вибрации a .

Исследования возможностей векторного датчика проведены ЦИАМ им. П.И. Баранова на авиационном газотурбинном двигателе АЛ-31Ф. Измерены параметры вибрации для построения спектральных характеристик в диапазоне частот от 5...1000 Гц и до 8000 Гц. По всем трем осям были четко видны гармоники на частоте вращения, соответствующей частоте вращения роторов. В спектрах явно присутствовали гармоники с кратными частотами и частота "мелькания роликов" 2406 Гц. Наличие хорошо развитых гармоник в частотном диапазоне 3...4 кГц свидетельствовало о наличии некоторых дефектов подшипников - внешних и внутренних обойм, шариков и сепараторов. Результаты мониторинга на двух режимах работы установок представлены в табл. 4.

Использование всех трех проекций вектора виброускорения позволило создать представление о подлинном характере дефектов в исследуемом двигателе и принять решение о продолжении эксплуатации. Рекомендовано применение векторных датчиков на наземных установках НГПК. Испытания, аналогичные проведенным ЦИАМ им. П.И. Баранова, проведены в ФГУП "ММПП "Салют", ФГУП "ОКБ "ГИДРОПРЕСС", ООО "ВНИИГАЗ" РАО "Газпром" и других ведущих отраслевых предприятиях. Виброиспытания на авиационных двигателях, турбоагрегатах, компрессорах и других силовых машинах подтвердили тот факт, что использование однокомпонентных датчиков всегда приводит к заниженным показаниям значений вектора виброускорения. Стендовые эксперименты на авиационных агрегатах для газоперекачивающих станций показали существенное отличие (в разы) значения вектора вибрации от измеренного штатными датчиками.

При проведении вибромониторинга опор турбоагрегата Т-250/300-240 на ТЭЦ-23 ОАО "Мосэнерго" с использованием векторных датчиков определялись контурные характеристики конструкций и формы колебаний в штатных точках контроля абсолютной вибрации опор [6]. Анализ результатов измерений парамет-

Матрица поперечной чувствительности векторного датчика			
Ось измерения	Значение основного коэффициента преобразования (чувствительности) К		
	По оси X	По оси Y	По оси Z
X	K_{xx}	0	0
Y	0	K_{yy}	0
Z	0	0	K_{zz}

Таблица 1

Характеристики трехкомпонентных виброакселерометров			
Характеристика	Фирма-изготовитель, тип виброакселерометра		
	РЭМ-вибро ВТК 3	Bruel & Kjer 4506	Endevco 2228C
Количество осей измерения	3	3	3
Количество пьезоэлементов	1	1	3
Основная чувствительность (датчик + усилитель), мВ/г	100	100	Нет сведений
Максимальная поперечная чувствительность, %	5	5	5
Частота резонанса вдоль оси Z, кГц	51,5	19	21
Частотный диапазон, Гц	5...20 000 (5 %)	1...3500 (± 10 %)	20...4000 (± 5 %)
Температурный диапазон, °C	-60...+250 *	-54...+100	-55...+175
Температурный коэффициент чувствительности	0,2 %/°C	1 м/(c^2 °C)	0,2 %/°C
Размеры, мм	Ø17x21	11x17x14,5	Нет сведений
Масса без кабеля, кг	13	15	15

Таблица 2

* Испытания с целью утверждения типа проводились в диапазоне -30...+150 °C

ров вибрации опор турбоагрегата позволил наиболее полно и точно оценить их текущее вибрационное состояние, проследить изменение вибрационных характеристик (формы колебаний и траектории движения в плоскостях и пространстве) элементов конструкций, их реальное взаимодействие между собой, выявить ослабление в опорной конструкции турбоагрегата. Впервые на практике получено пространственное распределение вектора смещения в зависимости от фазовых соотношений пространственной вибрации, измеренное в трехмерной системе координат.

Использование векторных вибродатчиков предоставляет принципиально новые технологические возможности не только для вибромониторинга и вибродиагностики, но и, что особенно важно, для балансировки. Специалистами ОАО ВТИ РАО "ЕЭС России" выполнена балансировка многоопорного валопровода газотурбинной энергетической установки ПТ-100-3 с использованием двух плоскостей коррекции дисбаланса. Эта операция включает в себя определение суммарных динамических коэффициентов влияния и их использование при расчетах корректирующих масс. В результате балансировки исходная вибрация опор по всем направлениям измерения была снижена в 2...2,5 раза - до уровня существенно ниже допускаемого ПТЭ и ГОСТ 25364-98 для длительной эксплуатации, что исключило необходимость корректировочных пусков. Тот факт, что единый чувствительный элемент

Результаты измерения пространственной вибрации редуктора вертолетного двигателя		
Измеряемая величина	Частота вращения ротора, Гц	
	1251,2	6500,2
Проекция вектора виброускорения a_x , g	7,7	11,5
Проекция вектора виброускорения a_y , g	0,6	7,0
Проекция вектора виброускорения a_z , g	1,7	4,3
Вектор виброускорения a , g	7,9	14,1

Таблица 3

Результаты мониторинга работы двигателя АЛ-31Ф				
Измеряемая величина	Режим №1		Режим № 2	
Оборотная частота, Гц	164,0	218,75	170,9	225,6
Проекция вектора виброускорения a_x , g	0,6	2,6	0,5	3,5
Проекция вектора виброускорения a_y , g	0,5	1,2	0,5	1,6
Проекция вектора виброускорения a_z , g	0,85	1,3	0,8	1,7
Вектор виброускорения a , g	1,15	3,15	1,1	4,2

Таблица 4

векторных датчиков исключает фазовые искажения по трем осям, позволяет по-новому подойти к методике балансировочных работ, особенно в тех случаях, где требуется высокая степень сбалансированности. Векторные датчики позволяют увеличить в три раза число используемых плоскостей коррекции и существенно улучшить точность балансировки, обеспечить более равномерное распределение корректирующих масс вдоль оси ротора, помогают выявить причины повышенных вибраций (отрывы опор, резонансы и повышенные податливости опорных элементов, ослабление креплений и т.п.).

Исследовались аэроупругие характеристики вентилятора с применением различных типов датчиков: тензометрических, измерителя пульсаций давления пьезоэлектрического типа и трехкомпонентного (векторного) вибропреобразователя. Анализ полученных результатов экспериментов с участием специалистов ЦИАМ им.П.И. Баранова свидетельствует о возможности диагностирования пространственного процесса зарождения и развития флаттера рабочих лопаток.

В результате экспериментальных исследований выявлены три характерные области (рис. 2). Для диагностирования процесса возникновения и развития флаттера получены спектральные характеристики процессов, измеренных разными типами датчиков, в сечениях № 1 - № 4. В первой области (сечение № 1) агрегат работает без флаттера. Спектральные характеристики дофлаттерной области приведены на рис. 3. При изменении режима работы вентилятора (сечение № 2) происходит зарождение флаттера, что очень четко видно по каналу тензоизмерений. Во второй области, от сечения № 2 до сечения № 3, агрегат находится под воздействием флаттера. Спектральные характеристики области зарождения флаттера приведены на рис. 4, а области развития флаттера на рис. 5. Дальнейшее изменение режима работы агрегата приводит к исчезновению флаттера (сечение № 4). Спектральные характеристики третьей, постфлаттерной, области приведены на рис. 6.

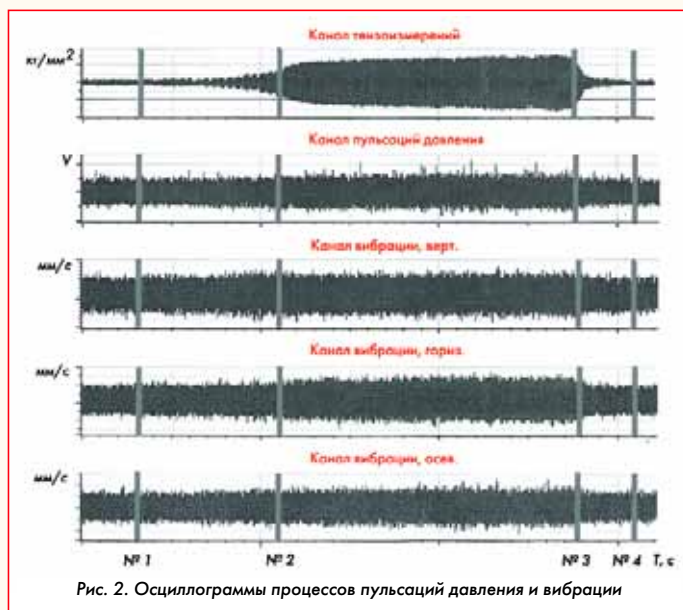


Рис. 2. Осциллограммы процессов пульсаций давления и вибрации

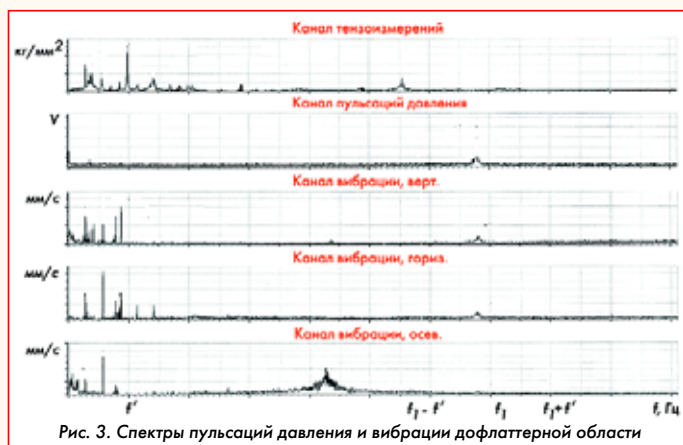


Рис. 3. Спектры пульсаций давления и вибрации дофлаттерной области

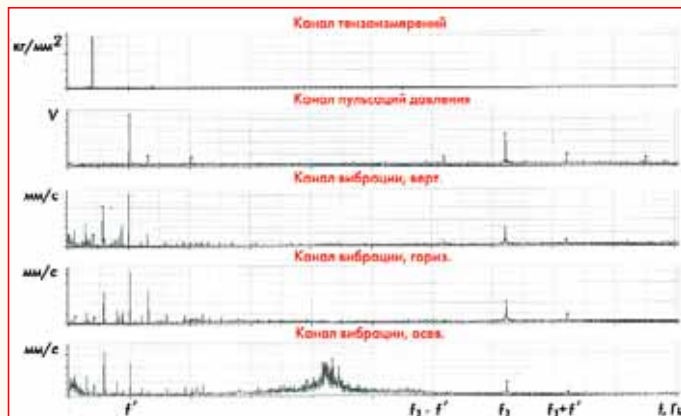


Рис. 4. Спектры пульсаций давления и вибрации в области зарождения флаттера

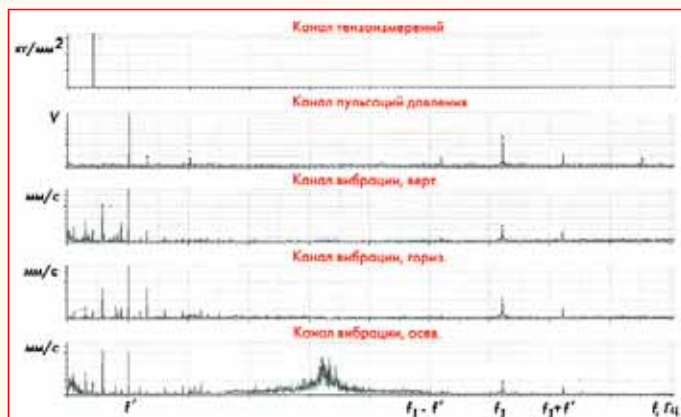


Рис. 5. Спектры пульсаций давления и вибрации в области развития флаттера

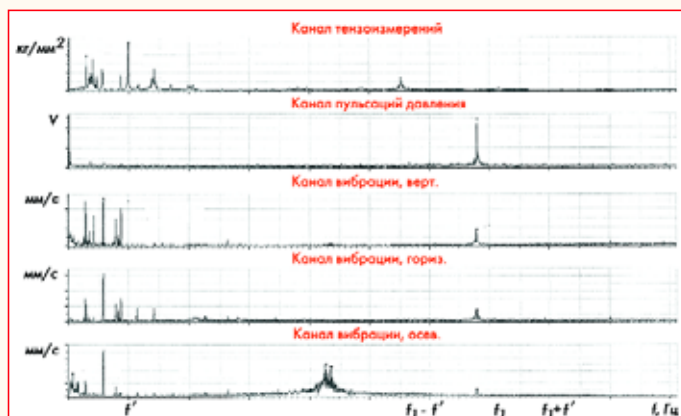


Рис. 6. Спектры пульсаций давления и вибрации постфлаттерной области

Известно, что при возникновении флаттера в спектрах пульсаций и вибраций должны возникать колебания с диагностическими частотами f' [7]. По спектральным характеристикам, полученным в данном эксперименте с помощью датчика пульсаций давления и трехкомпонентного вибропреобразователя, это отчетливо видно. Одновременно в спектрах присутствуют узкополосные спектральные составляющие с частотами $f = f_1 \pm f'$. Хорошо видно, что в момент возникновения и развития флаттера в спектрах по каналам пульсаций давления и трехкомпонентной (пространственной) вибрации появляются указанные спектральные составляющие (рис. 4, рис. 5), а при выходе из режима флаттера (рис. 6) они исчезают.

Как показали исследования, диагностические возможности трехкомпонентных вибропреобразователей пространственной вибрации эквивалентны датчикам пульсаций. По информационным возможностям трехкомпонентные (векторные) вибропреобразователи превосходят возможности однокомпонентных датчиков пульсаций, так как позволяют измерять фазовые соотношения по трем координатам. Пространственное представление процессов вибрации и пульсаций впервые в мировой практике позволило, помимо радиальных, наблюдать осевую составляющую флаттера.

Применение векторных вибропреобразователей для диагностики флаттера имеет следующие преимущества:

- не требует конструктивных монтажных доработок исследуемого объекта, необходимых для установки тензодатчиков и датчика пульсаций;
- предоставляет возможность достоверно регистрировать пространственные динамические характеристики процесса зарождения и развития флаттера,
- помимо стендовых испытаний, позволяет проведение оперативной вибродиагностики исследуемых объектов в различных эксплуатационных режимах;
- технологическая проблема размещения диагностических векторных вибропреобразователей существенно упрощена по сравнению с другими измерительными каналами;
- измерительный канал на основе векторного вибропреобразователя существенно дешевле аналогичного комплекта на основе датчика пульсаций и тензометров.

Следовательно, для ранней диагностики зарождения флаттера и других аналогичных процессов применение трехкомпонентных (векторных) вибропреобразователей не только возможно, но даже эффективно и целесообразно.

По мнению ведущей федеральной организации в области виброметрии - ФГУП "ВНИИ метрологии им. Д.И. Менделеева" "внедрение измерений трехкомпонентной вибрации в диагностическую практику является актуальной, но довольно сложной научной, организационной, технической и методической проблемой. Именно внедрение измерений трехкомпонентной вибрации в практику позволит повысить достоверность диагностической информации, а, следовательно, увеличить вероятность безотказной работы диагностируемого оборудования за счет более точной его балансировки, снизить вероятность возникновения техногенных катастроф и т.д."

По отзыву Лаборатории государственных эталонов в области вибрации, ударного движения и переменных давлений ФГУП "ВНИИ измерений им. Д.И. Менделеева" и секции Ученого совета "Одно из направлений совершенствования средств измерений пространственной вибрации - разработка трехкомпонентных преобразователей вибрации на основе монокристалла в форме прямоугольного параллелепипеда. В таком преобразователе не требуется изготовление инерционных масс, так как инерционной массой является масса самого кристалла. Сразу следует отметить, что и в прямоугольном монокристаллическом трехкомпонентном преобразователе требования к форме и расположению поверхностей и осей отдельных плоскостей должны быть высокими, как и требования к однородности состава самого кристалла. Любые отклонения увеличивают поперечную чувствительность каждой компоненты, и, соответственно, снижают точность. Создание прямоугольного монокристаллического преобразователя пространственной вибрации является новым подходом в измерительной вибрационной технике, актуальной научной и технической задачей".

Перспективы

В мире существует тенденция создания "вибропортретов" турбоагрегатов, авиационных двигателей, планеров, компрессорных установок, фундаментов, трубопроводов и других объектов, подверженных разрушающему воздействию вибрации. Пространственный вибромониторинг на основе векторных датчиков открывает возможность наиболее полной записи образа волнового поля механических колебаний каждой вибрирующей точки объекта изучения. Полнота информации обеспечивается способностью векторного виброакселерометра регистрировать в каждой измерительной точке частоты, амплитуды и фазы распространяющихся колебаний, при этом совокупность измерительных точек воссоздает "вибропортрет" объекта и позволяет исследовать анизотропию прочности конструкции.

Прецизионная виброналадка на основе точного знания пространственного вектора абсолютной вибрации на этапах проектирования, опытного производства, наладки, испытаний, эксплуа-

тации, ремонта и продления ресурса позволяет повысить надежность оборудования, предоставляет принципиально новые технологические возможности, каждая из которых приводит к экономии трудовых, материальных и финансовых ресурсов, позволяет значительно снизить эксплуатационные потери, а также существенно сократить объемы, сроки и стоимость работ. Очевидны практическая целесообразность и стратегический экономический эффект от применения векторных виброакселерометров для обеспечения промышленной безопасности.

Развитие технологий пространственного вибромониторинга и диагностики на основе векторных датчиков видится в следующих направлениях:

- разработка регламента применения, методик аттестации и испытаний с целью утверждения типа векторных виброакселерометров;
- создание прототипа установки высшей точности для проведения метрологических испытаний с целью утверждения типа средств измерений и поверки первичных измерительных вибропреобразователей;
- создание новых типов средств измерений для высокотемпературных объектов, гиперчувствительных вибропреобразователей для резонансного вибромониторинга и пьезопреобразователей с высокой анизотропией пьезоэффекта;
- разработка базовых (прикладных) методик виброиспытаний образцов новой техники с применением векторных виброакселерометров;
- создание программ обучения компетентных специалистов-метрологов, поверителей средств измерений, экспертов, менеджеров и инспекторов вибрационной безопасности.

Наиболее развитые в области виброметрии страны, такие, как США, Германия, Англия, Швейцария и Дания, придающие самое серьезное значение проблеме вибрационной безопасности, не располагают аналогами векторных датчиков, даже приближающимися по характеристикам к российским. Результаты многочисленных исследований доказали технологический приоритет России и конкурентоспособность российских векторных датчиков в сравнении с лучшими зарубежными аналогами.

Авторы признательны за научно-технические консультации и метрологические испытания макета векторного виброакселерометра, проведенные компаниями Bruel & Kjer (Dr. Knud Hansen) и Vibro-Meter (Dr. F. Schmid), которые подтвердили правильность принципа измерения пространственной вибрации и соответствие результатов испытаний заявленным техническим характеристикам. Все замечания и пожелания, любезно высказанные при контактах, учтены при разработке серийной конструкции датчика.

Особая благодарность ректору Академии стандартизации, метрологии и сертификации - главному редактору журнала "Компетентность" д.т.н. Панкиной Галине Владимировне за предоставленные материалы "Знание векторных характеристик вибрации - ключ к безопасности".

Список литературы

1. Панов С.Н., Сергеев М.В. Промышленные акселерометры // Мир измерений. - 2002. - № 9-10. - С. 24-34.
2. Смирнов В.Я. Измерение параметров вибрации: состояние и перспективы // Мир измерений. - 2002. - № 9-10. - С. 6-13.
3. Патент РФ № 2061242. Трехкомпонентный пьезоэлектрический виброакселерометр с одним чувствительным элементом.
4. Патент РФ № 2229136. Трехкомпонентный пьезоэлектрический виброакселерометр с одним чувствительным элементом.
5. Кобяков И.Б. Трехкомпонентный виброакселерометр для систем вибрационной диагностики технических систем // Контроль. Диагностика. - 2001 - № 10. - С. 17-18.
6. Куменко А.И., Калинин С.В., Кобяков И.Б. Вибрационные испытания опор турбоагрегата с использованием трехкомпонентных виброакселерометров нового поколения // Теплоэнергетика. - 2003. - № 6. - С. 36-43.
7. Хориков А.А. Обеспечение отсутствия флаттера лопаток компрессора на различных этапах создания турбомашин // Совершенствование турбоустановок методами математического и физического моделирования. ИПМ, 1997, с. 546-555.

ЕЖЕГОДНОЕ СОБРАНИЕ АССАД



29 марта 2005 года состоялось традиционное ежегодное общее собрание участников Ассоциации "Союз Aviационного двигателестроения" (АССАД). Собрание ознаменовало собой завершение четырнадцатого года со дня основания этого единственного в своем роде отечественного союза разработчиков и производителей сложнейшей техники - авиационных двигателей. За время существования АССАД многое изменилось в Отечестве нашем, другими стали взаимоотношения в промышленности и науке, по-иному расставлены государственные приоритеты. Участие в деятельности этой организации в условиях постоянных перемен в экономике в существенной мере способствовало сохранению творческого и технического потенциала входящих в нее организаций. Без АССАД потери российского двигателестроения при всех изменениях конъюнктуры были бы несравненно больше.

Сейчас АССАД образуют 97 научных, производственных, эксплуатационных организаций. Из них восемь из дальнего зарубежья и 11 предприятий из Белоруссии и Украины. Статус Учредителя имеют 34 члена Ассоциации. Совместное членство в этой организации позволяет более эффективно реа-

лизировать свои технические и творческие возможности, проще организовывать совместную деятельность, проводить эффективную выставочную политику. Причем как в России, так и за ее пределами.



"Под занавес" прошедшего собрания

главный редактор журнала "Двигатель" Александр Бажанов вручил генеральному директору УМПО Юрию Пустовгарову конкурсный Диплом V Московского международного салона инноваций и инвестиций и Золотую медаль, полученную в номинации "Лучшая публикация об истории успеха в сфере инновационной деятельности в 2004 году" за статью Валерия Лесунова "Инвестиции в будущее" (статья была опубликована в 2004 г. во втором номере "Двигателя"). Надеемся, что и в будущем наши авторы будут получать за свои публикации дипломы и медали.

Соб. инф.



19 марта 2005 г. на базе лицея № 1550 состоялась Московская региональная политехническая олимпиада, которая проводилась Департаментом образования Москвы, Советом ректоров вузов Москвы и Московской области, окружными управлениями образования, образовательными учреждениями. Координация организационно-финансового обеспечения проведения Олимпиады осуществляло некоммерческое партнерство "Клуб авиастроителей".

Основная цель Олимпиады:

- выявление и развитие творческих способностей и интереса к научно-технической деятельности у учащихся учреждений общего среднего, начального и среднего профессионального образования, создание условий для интеллектуального развития, поддержки одаренных детей, в том числе содействие им в профессиональной

ориентации и продолжении образования;

- пропаганда научных знаний, формирование благоприятного социального климата в московском регионе;

- повышение педагогической квалификации учителей, аспирантов, студентов, научных работников, принимавших участие в проведении Олимпиады.

Олимпиада проводилась по синтетическим заданиям, соединяющим предметные знания по физике и математике с инженерно-техническими приложениями. Задания готовились для школьников десятых и одиннадцатых классов школ (и соответствующих категорий учащихся начального и среднего профессионального образования) на основе общеобразовательных программ.

Для государственных вузов, находящихся на территории Москвы, по решению Ученых советов вузов, согласованным с Советом ректоров и департаментом образования, победители и призеры городского этапа Олимпиады принимаются без экзаменов или результаты их выступления засчитываются в качестве соответствующего экзамена; при этом диплому 1-й степени соответствует наилучший из возможных результатов экзамена.

Победители и призеры городского этапа Олимпиады по программам основного среднего образования имеют право поступать на соответствующие специальности в государственные средние специальные учебные



заведения, находящиеся на территории города Москвы, без вступительных экзаменов.

Победителями политехнической олимпиады среди десятиклассников стали: Владимир Лашков (школа № 1840) - диплом 1-й степени; Сергей Баршак (гимназия № 1531), Алексей Кобзов (школа № 1840), Алексей Зверев (гимназия № 1528) - диплом 2-й степени; Андрей Глушков (школа № 401), Дмитрий Ульянов (школа № 214), Александр Ноздрин (лицей № 1550), Александр Тучков (лицей № 1537), Александр Харин (школа № 853) - диплом 3-й степени.

Победителями среди одиннадцатиклассников стали: Игорь Старостин (школа № 1537) - диплом 1-й степени; Павел Бахвалов (школа № 1840) - диплом 2-й степени; Максим Птицин (школа № 401) - диплом 3-й степени.

Соб. инф.



ЮБИЛЕЙ ПОЭТА АВИАМОТОРОСТРОЕНИЯ РОССИИ



*Пускай со временем, мудрая,
мы меньше, может быть, спешим
и привыкаем к юбилеям:
цужим ли, общим ли, своим...*

*Но люди есть такой породы,
которым лучшее и ценное -
пытаться вырвать у природы
ее родное, сокровенное.*

*И вот, в пространстве нет преград,
когда усилия вдохновения
в моторе пламень оживят,
откроют крыльям путь к парению.*

*Когда к талцу же обречен
таланта груз нести по свету,
заставишь, точно майский гром,
гнать самолет, толкать ракету.*

*И не один, конечно, год
поцить принимать решения,
чтоб за заводом жил завод -
и в том Твое предназначенье.*

*Мирская слава, есть ли - нет,
в Уланске, Рыбинске, Кремле,
Ты показал: там долгий след,
где Дело живо на Земле.*

*Друзей, учеников, поклонников,
уверен, мнения будут схожи,
что "моторист" и "Толоконников"
по сути же - одно и то же.*

*И пусть не давят плечи годы.
Здоровья!*

*Власти над судьбой!
И интереснейшей работой.
И нам - почаще встреч с Тобой!*

дб

27 апреля 2005 года исполнилось 75 лет выдающемуся организатору отечественного авиадвигателестроения, лауреату Государственной премии СССР в области моторостроения В.М. Толоконникову.

Вся жизнь Валентина Михайловича была связана с авиационными моторами. Как начал он сразу после окончания КАИ (ныне СГАУ) работать над созданием ГТД на Рыбинском моторостроительном заводе, затем - на ММЗ "Салют", в минавиапроме, различных предприятиях отрасли, так и продолжает до сих пор отстаивать приоритеты наших моторостроителей в московском представительстве Уфимского моторного завода. Безо всякого преувеличения можно сказать, что Толоконников - один из наиболее состоявшихся инженеров-авиастроителей в России. Диапазон применения его способностей был настолько широк, что об этом не всем дано даже мечтать. Так, на заре еще своей технической карьеры, в Рыбинске, он настолько глубоко освоил технологию производства авиадвигателей, что результатом этого стало более 200 усовершенствований технологических процессов, восемь авторских свидетельств, 23 научные работы и звание "Заслуженный рационализатор РСФСР".

Многочисленные публикации в самых разных научных журналах принесли Валентину Михайловичу заслуженную известность среди коллег. В отрасли он был славен как инженер и организатор, приложивший руку к созданию практически всех самых известных авиадвигателей. Более того, если намечалась какая-то неполадка с пуском очередной модели, самым верным решением было обратиться за помощью к Толоконникову - он выручит. Так, скажем, поступили, когда назревала проблема с браком по турбинным лопаткам АЛ-21Ф-3 на "Салюте" в середине 70-х годов прошлого века. Ничего особенного - просто три месяца почти круглосуточной работы Валентина Михайловича, а в результате - новые технологические приемы и полное отсутствие брака.

Хороших инженеров в нашей стране много. Немало их и в авиадвигателестроении. Но такой специалист, настолько глубоко понимающий самые разные процессы, сопутствующие массовому производству сложнейшей техники, - явление достаточно уникальное не только у нас, но и в мировом масштабе. Неудивительно, что когда в конце 70-х годов встал вопрос о руководителе двигателестроительного главка в минавиапроме, совершенно естественно назначили именно Толоконникова: настолько велик был его авторитет в отрасли. И стал он заниматься организацией производства уже не на каком-то одном конкретном предприятии, а во всей отрасли в целом. Выяснилось, что стиль и подход, которые применял Валентин Михайлович для разрешения производственных вопросов, полностью подходят и для развязывания организационных хитросплетений. Но и будучи "управленцем" высокого ранга, не смог Толоконников перестать быть инженером, применяющим свои знания, опыт и интуицию для решения различных технических проблем отрасли - в Уфе ли они возникали, в Запорожье или в Казани.

Успешное совмещение решения глобальных стратегических задач отрасли с тактическими и даже с конкретно техническими проблемами под силу далеко не каждому. И, конечно, только умение подобрать коллектив единомышленников, достойных друг друга и поставленной проблемы, правильно распределить задачи и добиться слаженной работы всех - ключ к успеху, которым в совершенстве владеет Толоконников. Большинство функционирующих сегодня руководителей наших крупнейших предприятий - выходцы из его команды специалистов, юбиляр или работал с ними в то или иное время или просто рекомендовал их на соответствующие должности.

Страна по достоинству оценила работу Валентина Михайловича. Он награжден восемью правительственными наградами, отмечен рядом различных почетных званий. А какие стихи пишет! Уже более десятка сборников издал - нарасхват расходятся. При этом просит не считать его поэтом в литературе, хотя не отказывается быть им в своей любимой инженерной деятельности. И мы мимо этого пройти тоже не могли, хотя поэзия - не слишком привычный жанр для нашего журнала.



Редакция журнала "Двигатель"

ГДЕ КОВАЛОСЬ ОРУЖИЕ ПОБЕДЫ

Л. Берне, Ю. Засыпкин

За годы первых пятилеток советское авиастроение превратилось в самостоятельную, динамично развивающуюся отрасль оборонной промышленности. Советские авиазаводы ускоренными темпами наращивали свои производственные мощности.

Чрезвычайно важное значение для развития самолетной индустрии имело постановление Комитета Обороны при Совете народных комиссаров СССР от 17 сентября 1939 г., обязавшее до 1 июля 1941 г. завершить строительство и реконструкцию, в общей сложности, 18 самолетных заводов с тем, чтобы в 1,5 раза увеличить мощности самолетостроения СССР. Предусматривалось, кроме того, немедленно начать проектирование и выбор площадок для строительства еще девяти объектов самолетостроения, которые, в основном, предполагалось разместить в глубинных районах страны.

В начале 1941 г. военные специалисты произвели окончательный отбор на вооружение самых лучших образцов из предложенных конструкторами новых самолетов. С этого времени практически повсеместно остановилась и сборка машин старых конструкций. На заводе № 1 вместо самолетов И-153 "Чайка" и ББ-22 стали выпускать истребители МиГ-1, на заводах № 21 и № 153 вместо истребителя И-16 - новые машины ЛаГГ-3. Як-1 с октября 1940 г. серийно производился на заводе № 292. Выпуск штурмовика Ил-2 осваивался на новом ленинградском заводе № 381 и на заводе № 18. На заводах № 22, 39, 124 и 125 организовали производство бомбардировщиков Пе-2. Пошли в серию бомбардировщики Пе-8, Ер-2, Су-2, а также истребители МиГ-3. Перед войной авиазаводы выпускали уже более 50 самолетов в день.

К сожалению, в отечественной авиационной промышленности наметилась явная диспропорция между мощностями самолетных и моторных заводов. Для ликвидации этой диспропорции 11 июня 1939 г. Комитет Обороны при Совете народных комиссаров СССР принял решение, согласно которому развернулось строительство семи новых и коренное обновление такого же количества действующих авиамоторных предприятий. К концу 1940 г. были выбраны площадки и утверждены технические проекты на строительство трех моторных заводов. Накануне войны авиационные моторы производились на семи серийных предприятиях (в 1939 г. - на пяти).

Уже в первые дни войны, обернувшиеся для Красной Армии тяжелыми испытаниями, стало ясно, что необходима перестройка всего советского народного хозяйства. Эта перестройка была направлена на решение двух основных задач: максимальное использование промышленного потенциала страны для резкого увеличения производства вооружений и боеприпасов и создание баз на Востоке страны для возможного перебазирования всех промышленных предприятий вглубь страны.

Утром 22 июня 1941 г. нарком авиационной промышленности А.И. Шахурин созвал экстренное заседание руководящего состава, на котором были определены основные направления, предусматривающие форсирование производства авиационной техники. На первом этапе перед наркоматом авиапромышленности встал задача срочного наращивания выпуска самолетов и моторов. И действительно, в июле-августе 1941 г. выпуск продукции авиазаводами вырос вдвое - втрое по сравнению с месячным выпуском в предвоенный период. Но тогда же встал вопрос эвакуации заводов, которые могли быть потеряны в результате немецкого наступления. Напряженно работал в это время НКАП. В Поволжье, на Урале, в Сибири, Средней Азии и Закавказье он подыскивал места новой дислокации эвакуируемых предприятий, которые обычно размещались на площадках, родственных им по профилю производств, или на территориях новостроек. А когда такой возможности не было, НКАП подбирал другие предприятия и организации, подходящие для развертывания на их базе авиапроизводства.

В конце сентября - начале октября 1941 г. на восток потянулись многочисленные эшелоны с авиазаводов Запорожья, Киева, Харькова, Таганрога, Калуги, Москвы и других городов Украины и центральной России.

В своей книге "Советские самолеты" А.С. Яковлев писал: *"Наша промышленность не смогла возместить большие потери, понесенные советскими ВВС в первые дни войны. Кроме того, из-за быстрого продвижения германских войск один за другим останавливали работу и демонтировались авиационные заводы, расположенные в европейской части СССР. Уже 5 июля 1941 г. Совнарком СССР принимает решение об эвакуации из центральных районов страны всех предприятий авиационной промышленности."*

На Волгу, на Урал, в Сибирь двинулись тысячи железнодорожных составов с оборудованием и людьми. Случалось погрузка в эшелоны производилась под бомбежкой, но работы по эвакуации не прекращались. Более того, заводы, производя погрузку, одновременно продолжали выпуск машин.

Переброска промышленности за Волгу, на Урал, в Сибирь потребовала новой кооперации, новых потоков транспортных грузов, что еще больше усложняло обстановку. Наступившие морозы вызвали новые затруднения. Велик был героизм людей, которые, приехав зимой на новые места - иногда и в чистое поле, в течение самого короткого времени возобновляли выпуск машин".

В январе-феврале 1942 г. эвакуация, в основном, была закончена, на эвакуированных авиационных предприятиях в исключительно сжатые сроки налаживалось серийное производство моторов и самолетов. Всего было эвакуировано 85 % авиационных предприятий.

В очень сложное положение война поставила авиамоторостроительные заводы страны: за исключением завода №19 в Перми и завода № 27 в Казани, все они были эвакуированы, а находившиеся в состоянии строительства срочно вводились в строй. Постепенно один за другим предприятия выходили на уровень максимальных показателей 1941 г.: завод № 29 (Омск) - в феврале, № 24 (Куйбышев) - в мае, № 16 (Казань), № 154 (Андижан) - в июле, завод № 26 (Уфа) - в августе 1942 г.

Фактически авиационная промышленность рождалась заново. Это оказалось возможным, так как большая часть предприятий отрасли одновременно с наращиванием выпуска продукции вела капитальное строительство и техническую реконструкцию.

Советская авиационная промышленность подошла к 1943 г. полностью перестроенной в соответствии с условиями военного времени, обладая мощным производственно-техническим потенциалом. Она доказала способность удовлетворить все потребности фронта.

Динамика выпуска авиазаводами серийных самолетов и моторов приведена в предлагаемых таблицах. Из них видна структура работы авиационной промышленности страны. Видно, какой вклад она внесла в Победу. В период с июня 1941 г. по сентябрь 1945 г. авиационные заводы произвели около 137 тысяч самолетов и почти 210 тысяч авиамоторов.

Конечно, эти таблицы характеризуют не только работу собственно авиапромышленности, которая обеспечила достижение победы в воздухе. На авиацию работали сотни других предприятий: агрегатных, металлургических, деревообрабатывающих (самолеты - особенно в начале войны - были деревянные), электротехнических и других. Но основу все же составляли заводы, данные о которых приведены в таблицах. ■

Источники информации:

1. РГАЭ, ф.8044, оп.1, д.2808, 3226, 3511 "Книга выпуска самолетов и моторов..."
2. Фонды РГАЭ 8044, 8164, 8328, 303 и др.
3. Юбилейные издания заводов ДМЗ, ДНПП, ИАПО, КНААПО, "Полет", "Прогресс", Роствертол, САЗ, "Сокол", "Стрела", ТАПОиЧ, ТМЗ, ХГАПП.
4. Интернет-сайт М. Харрисона [warwick.ac.uk/economics/harrison\(vpk\)](http://warwick.ac.uk/economics/harrison(vpk))

Авиамоторные заводы СССР в годы Великой Отечественной войны

Номер завода	Дислокация: - до эвакуации - в эвакуации *	Построено моторов в 1941 - 1945 гг.				Сведения о заводе	Директор завода
		Всего	Годы	Тип мотора	Кол-во		
16	- Воронеж - Казань*	17 519	1941 1941-1943 1942-1945	МВ-6 М-105Р ВК-105ПФ	8 4672 12 839	В ноябре 1941 г. в Казани поглотил завод № 27. Ныне ОАО "Казанское моторостроительное производственное объединение"	В.И. Сухоруков (1941) М.М. Лукин (1942-1945)
19	- Молотов (ныне Пермь)	31 922	1941 1941 1941-1943 1944-1945 1941, 1943 1941 1942-1944 1944-1945 1944-1945 1945	М-25В М-62 М-62Р М-62НР М-71 М-82 М-82Ф АШ-82ФН АШ-83 АШ-73ТК	2068 1450 4619 2554 25 412 9361 11 345 85 3	Поглотил эвакуированные заводы № 462 из Днепропетровска, № 289 из Подлипков, № 135 из Харькова. Ныне Пермский моторный завод (ПМЗ), входит в ЗАО "Управляющая компания "Пермский моторостроительный комплекс"	Г.В. Кожевников (1941-1942) А.Г. Солдатов (1942-1945)
24	- Москва - Куйбышев* (Самара)	43 783	1941 1941-1942 1941-1944 1941 1941-1942 1942-1945 1942-1945	М-62 ГАМ-34бис АМ-35А АМ-37 АМ-38 АМ-38Ф АМ-42	22 252 4428 29 9938 25 443 3671	В октябре 1941 г. в Куйбышеве поглотил строившиеся заводы № 337 и 377. Ныне ОАО "Моторостроитель"	В.М. Дубов (1941) М.С. Жезлов (1941-1945)
26	- Рыбинск - Уфа*	51 179	1941 1941 1941-1943 1941 1942-1945 1944 1941-1942 1942-1945 1944-1945	М-17Ф М-103 М-105П М-105Р М-105ПФ ВК-106 М-107 ВК-107А ВК-108	5 43 5427 4343 35 087 4 686 5551 33	В октябре 1941 г. в Уфе поглотил строившийся завод № 384. Ныне ОАО "Уфимское моторостроительное производственное объединение"	П.Д. Лаврентьев (1941) В.П. Баландин (1942-1945)
27	- Казань	179	1941	М-105Р	179	В ноябре 1941 г. вошел в завод № 16	А.И. Михайлов (1941)
29	- Запорожье - Омск*	17 562	1941 1941-1945 1941 1943-1945	М-87 М-88Б М-89 АШ-82ФН	38 14 392 107 3025	Ныне ФГУП "Омское моторостроительное объединение им. П.И. Баранова"	М.М. Лукин (1941-1942) И.Т. Борисов (1942-1945)
36	- Рыбинск	1055	1944-1945	АШ-62ИР	1055	Образован в феврале 1942 г. на площадке эвакуированного завода № 26. Ныне ОАО "НПО "Сатурн"	С.М. Сова (1942-1944) Г.М. Григорьев (1944-1945)
41	- Москва	6653	1942 1943-1945 1945	М-11 М-11Д М-11Ф	73 6544 36	Образован в январе 1942 г. Ныне Московское машиностроительное производственное объединение (ММПО) "Авангард"	А.С. Кочедыков (1942-1943) Н.Ф. Казаков (1943-1945)
45	- Москва	8410	1942-1943 1943-1945	АМ-38 АМ-38Ф	1314 6553	Образован в феврале 1942 г. на площадке эвакуированного завода № 24. Ныне ФГУП "ММП "Салют"	М.С. Комаров (1942-1945)
82	- Тушино, Моск. обл. - Казань*	62	1941	М-30	62	В Казани включен в состав завода № 16	С.П. Жилин (1941) В.М. Дубов (1942)
154	- Андижан - Воронеж*	19 598	1941-1942 1943-1945 1945	М-11 М-11Д М-11Ф	5851 13 734 13	В марте 1946 г. перебазирован в Воронеж на площадку эвакуированного завода № 16. Ныне Воронежский механический завод (ВМЗ)	Д.А. Морозов (1941-1945)
234	- Ленинград (Санкт-Петербург) - Уфа*	73	1941	М-105П	73	Вошел в уфимский завод № 384	А.П. Петров (1941)
384	- Уфа	215	1941 1941	М-105Р М-105П	129 86	В августе 1941 г. поглотил эвакуированный завод № 234, а в декабре 1941 г. вошел в завод № 26	Г.Д. Брусникин (1941)
466	- Ленинград (Санкт-Петербург) - Горький* (Н. Новгород)	9530	1941-1942 1942-1945 1942 1944-1945	М-105Р М-105ПФ М-17Т ВК-105ПД	1282 8208 10 30	В марте 1942 г. восстановлен на базе авиамоторного цеха ГАЗа. В сентябре 1945 г. вернулся в Ленинград на площадку завода № 234. Ныне ФГУП "Завод им. В.Я. Климова" в составе ФГУП "РСК "МиГ"	А.А. Завитаев(1941) А.П. Петров (1941-1942) И.Н. Лукин (1942-1945)
478	- Запорожье	148	1944-1945	М-88Б	148	Образован в октябре 1943 г. на площадке завода № 29. Ныне ОАО "Мотор Сич"	М.Е. Хижняк (1943-1944) А.К. Авраменко (1944-1945)
500	- Тушино, Моск. обл.	857	1943-1945 1945	АЧ-30Б АЧ-31	825 32	Образован в апреле 1942 г. на площадке завода № 82. Ныне ОАО "Московское машиностроительное предприятие им. В.В. Чернышева"	А.Г. Вовк (1942-1943) А.П. Петров (1943-1945) М.Л. Кононенко (1945)
Кировский	- Ленинград (Санкт-Петербург) - Челябинск*	120	1941	М-40	120	Завод наркомата танковой промышленности	И.М. Зальцман (1941)

Самолетостроительные заводы СССР в годы Великой Отечественной войны

Номер завода	Дислокация: - до эвакуации - в эвакуации *	Построено самолетов в 1941 - 1945 гг.				Сведения о заводе	Директор завода
		Всего	Годы	Тип самолета	Кол-во		
1	- Москва - Куйбышев* (ныне Самара)	16 236	1941 1941-1942 1941-1945 1945	И-153 МиГ-3 Ил-2 Ил-10	64 3132 11 929 1121	Ныне ГНПРКЦ "ЦСКБ-Прогресс"	П.В. Дементьев (1941) А.Т. Третьяков (1941-1944) В.Я. Литвинов (1944-1945)
18	- Воронеж - Куйбышев* (Самара)	16 933	1941 1941 1941-1945 1945	ДБ-3 Ер-2 Ил-2 Ил-10	328 71 15 099 1435	Ныне "Авиакор"	М.Б. Шенкман (1941-1942) А.А. Белянский (1942-1945)
21	- Горький (Н. Новгород)	17 511	1941 1941-1942 1942 1942-1944 1944-1945	И-16 ЛаГГ-3 Як-7 Ла-5 Ла-7	337 3583 5 9229 4357	Данные о выпуске И-16 включают УТИ-4. Ныне Нижегородский авиастроительный завод "Сокол".	В.П. Воронин (1941) А.Ф. Гостинцев (1941-1942) С.И. Агаджанов (1942-1945)
22	- Фили, Моск. обл. (Москва) - Казань*	10 329	1941 1941 1941-1945 1944 1942-1945	СБ-РК Ар-2 Пе-2 Пе-3 Пе-8	69 127 10 058 19 56	В декабре 1941 г. поглотил завод № 124. Ныне Казанское авиационное производственное объединение им. С.П. Горбунова	В.А. Окулов (1942-1945) Ю.Н. Карпов (1941-1942) С.М. Лещенко (1941)
23	- Ленинград (Санкт-Петербург) - Новосибирск*	75	1941 1941 1941	У-2 УТ-2 ЛаГГ-3	5 5 65	В сентябре 1941 г. эвакуирован в Новосибирск, где вошел в состав завода № 153	П.В. Фролов (1941) П.П. Скарандаев (1941) И.С. Обозный (1941)
23	- Фили, Моск. обл. (Москва)	1503	1942-1943 1943-1945	Ил-4 Ту-2	367 1136	Организован в декабре 1941 г. на площадке эвакуированного завода № 22 в Филях. Ныне ГKNПЦ им. М.В. Хруничева	В.А. Окулов (1941-1942) И.М. Кузин (1942) И.Б. Иосифович (1942-1944) А.Т. Третьяков (1944-1945)
30	- Иваново, Калининская обл. (Дубна)	21	1941	Че-2	21	В мае 1942 г. получил номер ликвидированного завода № 458. Ныне Дубненский машиностроительный завод	Я.К. Руденко (1941) И.Н. Смирнов (1941-1942) И.В. Четвериков (1942-1945)
30	Москва	8865	1942-1945	Ил-2	8865	Создан в декабре 1941 г. на площадке эвакуированного завода № 1. Ныне Производственный центр им. П.А. Воронина в составе ФГУП "РСК "МиГ"	А.А. Белянский (1941-1942) Н.А. Шапиро (1942-1943) Л.П. Соколов (1943) И.Н. Смирнов (1943-1944) Ф.Г. Нестеров (1944-1945)
31	- Таганрог - Тбилиси*	3545	1941 1941 1941-1944 1942-1943 1944-1945	Че-2 Су-2 ЛаГГ-3 Ла-5 Як-3	4 4 2550 27 960	Поглотил заводы № 448 (Тбилиси) и № 45 (Севастополь). Ныне "Тбилисавиамашени"	И.Г. Загайнов (1941) С.И. Агаджанов (1941-1942) В.Е. Саладзе (1942-1945)
39	- Москва - Иркутск*	2408	1941-1944 1941-1943 1941-1943 1943-1945	Ил-4 Пе-2 Пе-3 Ер-2	913 763 341 391	В октябре 1941 г. эвакуирован в Иркутск на площадку завода № 125. Объединенный завод получил № 39. Ныне ОАО "Иркутское авиационное производственное объединение" корпорации "Иркут"	Л.П. Соколов (1941) В.И. Абрамов (1941) И.Б. Иосифович (1941-1942) В.И. Абрамов (1942-1945)
47	- Ленинград (Санкт-Петербург) - Чкалов* (Оренбург)	1735	1941-1942 1942 1942-1943 1944-1945	УТ-2 Як-1 Як-6 Ще-2	977 2 249 507	Ныне Производственное объединение "Стрела"	П.П. Скарандаев (1941) Я.Е. Шаройко (1941-1942) В.С. Котов (1942-1943) А.А. Евтеев (1943-1945)
81 (82)	- Тушино - Омск*	2200	1941 1942-1944 1944-1945	Як-4 Як-7 Як-9	63 1320 817	Вошел в состав завода № 166. На площадке завода в Тушино в марте 1942 г. создан завод № 82. Ныне Тушинский машиностроительный завод	Н.В. Климовицкий (1941, 1943) А.П. Бугров (1942) Ф.Г. Нестеров (1942) А.В. Агуреев (1944-1945)
84	- Химки - Ташкент*	2364	1941-1945	ПС-84 (Ли-2)	2364	Ныне Ташкентское авиационное производственное объединение им. В.П. Чкалова	А.М. Ярунин (1941-1945)
99	- Улан-Удэ	536	1943-1944 1944-1945	Ла-5 Ла-7	286 250	С июля 1941 г. по август 1942 г. - филиал завода № 125 (позднее № 39). Ныне Улан-Удэнский авиационный завод	Я.П. Лагутин (1941) И.М. Барышев (1941) С.И. Прокопьев (1942-1945)
116	- Семеновка (Арсеньев)	2931	1941-1945	УТ-2	2931	Ныне Арсеньевская авиационная компания "Прогресс" им. Н.И. Сазыкина	Н.С. Новиков (1941-1945)
124	- Казань	121	1941 1941	Пе-2 ТБ-7	104 17	В декабре 1941 г. вошел в завод № 22, эвакуированный из Москвы	М.М. Каганович (1941) В.А. Окулов (1941)
125	- Иркутск	168	1941 1941	СБ Пе-2	24 144	В декабре 1941 г. вошел в завод № 39, эвакуированный из Москвы	И.Б. Иосифович (1941)
126	- Комсомольск-на-Амуре	2766	1941-1945	ДБ-3Ф (Ил-4)	2766	Ныне Комсомольское-на-Амуре авиационное производственное объединение им. Ю.А. Гагарина	Д.А. Тимофеев (1941-1944) М.Г. Медков (1944-1945)

Самолетостроительные заводы СССР в годы Великой Отечественной войны (продолжение)							
Номер завода	Дислокация: - до эвакуации - в эвакуации *	Построено самолетов в 1941 - 1945 гг.				Сведения о заводе	Директор завода
		Всего	Годы	Тип самолета	Кол-во		
135	- Харьков - Молотов* (Пермь)	675	1941-1942	Су-2	675	В Перми поглотил завод № 207. В 1942 г. ликвидирован. В 1943 г. восстановлен на прежней площадке в Харькове. Ныне Харьковское государственное авиационное производственное предприятие	И.М. Кузин (1941-1945)
153	- Новосибирск	16 878	1941 1941-1942 1941-1943 1942-1945	И-16 ЛаГГ-3 Як-7 Як-9	423 330 4888 11 237	Поглотил эвакуированные заводы № 23, № 301 и др. Ныне Новосибирское авиационное производственное объединение им. В.П. Чкалова. В число выпущенных И-16 включены УТИ-4	М.И. Маланьин (1941) П.С. Романов (1941-1942) В.Н. Лисицын (1942-1945)
155	- Москва	36	1942-1943	МиГ-3	36	Опытный завод ОКБ А.И. Микояна, создан в 1942 г. Ныне Инженерный центр ОАО "РСК "МиГ"	А.И. Микоян (1942-1945)
166	- Омск	3496	1942-1943 1943-1945	Ту-2 Як-9	80 3416	Создан в июле 1941 г. путем объединения заводов № 81, 156 и части завода № 288. Ныне Производственное объединение "Полет"	А.В. Ляпидевский (1941) Л.П. Соколов (1941-1945)
168	- Рязань - Волжск*, Марийской АССР - Ростов	1003	1942-1945 1942-1943	УТ-2 КЦ-20	935 68	В декабре 1944 г. перебазирован в Ростов на площадку эвакуированного завода № 458, где поглотил ремзавод № 87. Ныне "Роствертол"	П.Ф. Лишанин (1941) П.М. Кутюрин (1941) И.М. Шпаков (1941-1944) А.П. Бугров (1944-1945)
207	- Долгопрудный - Молотов* (Пермь)	89	1941	Су-2	89	Влился в состав завода № 135	В.П. Горин (1941) Н.В. Климовицкий (1941)
288	- Кимры, Калининской обл. - Куломзино*, Омской обл.	6	1942	Бе-4	6	С декабря 1941 г. - филиал завода № 166, в июне 1943 г. влит в состав заводов № 22 и № 482	Н.И. Чеблуков (1941) С.П. Литвиненко (1942) Г.Я. Кутепов (1942-1943)
292	- Саратов	12 134	1941-1944 1944-1945	Як-1 Як-3	8534 3600	Ныне Саратовский авиационный завод	И.С. Левин (1941-1945)
301	- Химки - Новосибирск*	307	1941 1941	Як-1 Як-7	121 186	Влился в состав завода № 153. В 1942 г. восстановлен в Химках с прежним номером. Ныне Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина	Ю.Б. Эскин (1941) В.П. Воронин (1941) И.Н. Смирнов (1942-1945) В.В. Сычев (1945) С.А. Лавочкин (1945)
381	- Ижора, Ленинградской обл. - Нижний Тагил* - Москва*	2028	1941-1942 1943-1944 1944-1945	Ил-2 Ла-5 Ла-7	270 460 1298	С апреля 1943 г. в Москве. В 1949 г. влился в состав московского завода № 30	Т.Х. Филимончук (1941) В.И. Журавлев (1941-1945)
387	- Ленинград (Санкт-Петербург) - Казань*	11 418	1941-1945	У-2	11 418	В Казани поглотил завод № 169. Ныне Казанский вертолетный завод	И.В. Федин (1941-1945) М.П. Семенов (1945)
447	- Ереван	27	1945	УТ-2	27	До 1945 г. - агрегатный и авиаремонтный завод. В 1947 г. передан в другое министерство	В.А. Наждарьян (1942-1945) В.К. Ахназаров (1945)
458	- Ростов-на-Дону - Баку*	439	1941-1942	УТИ-4	439	В Баку поглотил завод № 446. В марте 1942 г. расформирован	А.П. Бугров (1941-1942)
464	- Долгопрудный, Московской обл.	1414	1942-1943 1943-1945	Як-6 У-2	50 1364	Создан на площадке завода № 207 в апреле 1942 г. под № 462, в 1943 г. сменил его на № 464. Ныне Долгопруденское научно-производственное предприятие	М.П. Озимков (1942-1943) П.П. Перовский (1943-1944) М.И. Шелухин (1944) А.В. Агуреев (1944) И.М. Шпаков (1944-1945)
471	- Шумерля, Чувашская АССР	1336	1943 1943-1945 1942	Як-6 У-2 Г-11	82 1127 127	Создан в июле 1941 г. В июле 1945 г. передан в другое министерство	В.К. Грибовский (1941-1942) И.Н. Мартынов (1942-1943) П.Н. Голубков (1943-1944) Я.Е. Шаройко (1945)
477	- Лаптево, Московской обл. - Красноярск*	38	1944-1945	Бе-4	38	До 1942 г. - агрегатный завод. В Красноярске поглотил завод Главного управления Северного морского пути ГУСМП). В ноябре 1945 г. возвращен в ГУСМП	Ф.Г. Нестеров (1941-1942) П.П. Смирнов (1942) И.Я. Рехтман (1942-1944) П.Е. Дудник (1945)
494	- Козловка-на-Волге, Чувашская АССР	1588	1942-1945 1941 1942-1942	У-2 УС-6 Г-11	1410 3 175	Создан в июле 1941 г. В октябре 1945 г. передан в другое министерство	Н.И. Чеблуков (1941) Г.А. Савельев (1942) М.И. Шелухин (1942-1943) Ю.Б. Эскин (1943-1945)
600	- Урумчи, Китай	224	1941 1942-1943	И-16 УТ-2	144 80	Советский завод в Китае. В 1943 г. перебазирован в СССР и влился в завод № 84	В.С. Еськов (1941-1943)

Примечание. При составлении таблиц существенную помощь оказали Н.О. Валуев, Е.И. Ерохин, В.М. Копылов, В.Р. Михеев, М.В. Орлов, В.С. Проклов, Г.П. Серов, Т.Е. Тарасова, К.Г. Удалов, С.А. Чернавин, Н.В. Якубович. Авторы сердечно благодарят коллег за отзывчивость и доброжелательность. Любые уточнения будут приняты с признательностью.

ДОСТОЙНО БЫЛИНЫ...

Дмитрий Боев

Рабочий и сын рабочего, грамотный и толковый мальчишка из самой, что ни на есть российской глубинки, недавно окончивший институт, становится руководителем производства. Сюжет для производственного романа советской поры? Да нет, обычное обстоятельство той необычной жизни руководителя производства, когда все приходилось осваивать заново. Это не случайные слова досужего журналиста: даже в министерствах, а уж тем более по авиационной отрасли Ферина (а именно о Михаиле Алексеевиче хотим рассказать в этой короткой журнальной статье) за глаза называли "командармом". Именно "за глаза": в открытую Михаил Александрович такого возвеличивания ни за что не потерпел бы. Человек, в котором сочетались исключительная техническая грамотность, непревзойденный талант организатора и руководителя, умение самому жить тем делом, которому служил, и привлечь к этой миссии всех своих сотрудников – завидный объект для любого очеркиста. Известного романиста Вальтера Скотта спрашивали, почему героями всех его романов становятся только исторические лица. "Почему бы не взять современного делового человека, капиталиста, предпринимателя, рассказать о его жизни". Писатель на это ответил: "Мне трудно написать что-нибудь про такую личность, кроме тире между двумя датами". Когда пройдет в России блажь "монетаризмов" всякого рода, мы вновь вспомним известное, что сколь денег ни копи – жизнь не вечна. И остается от тебя только то, что сумеешь оставить другим. Так пусть после нас будут капиталы доброй памяти людей, города, заводы, машины, спокойная и сильная родная страна. И это – достойно любого романа.

...Рыбинский авиационный завод № 26 был головным в конце 30-х годов прошлого века по выпуску самого современного климатического мотора М-105. Созданный в 1931 г. (на базе завода, существовавшего с 1925 г.) большой авиадвигательный завод близ Уфимского села Богородское (с 1931 г. – поселка Моторный) должен был стать его дублером.

Инженер, а позже – начальник центральной лаборатории и главный металлург Рыбинского завода, недавний выпускник Института Стали Михаил Ферин, "металлург с железной фамилией", был одним из самых известных работников завода. Знанием дела, умением работать, огромной технической эрудицией он добился уважения сотрудников завода, был на хорошем счету у его руководства. Поэтому, когда перед самой войной группа сотрудников завода № 26 была переведена в Уфу для организации производства М-105, в нее вошел и Ферин. С началом войны в Уфу из западных областей страны было эвакуировано более 40 промышленных предприятий, в том числе несколько заводов, подчиненных наркомату авиационной промышленности. Новый крупнейший завод по наследству полу-

чил номер 26. И главным металлургом его с января 1942 г. стал Михаил Алексеевич. В напряженных условиях (мороз в Уфе зашкаливал за -50 °С) сложнейшей задачей было обеспечить работу производства, "сшитого" из разнородных частей многих предприятий. Однако уже в середине 1942 г. был превзойден предвоенный уровень выпуска моторов. Уфимский моторный стал одним из крупнейших авиадвигательных заводов Советского Со-

юза, изготовившим за годы войны почти четвертую часть от суммарного объема выпуска авиационных двигателей. Металлургия всегда определяла успех авиадвигательного производства. В военное лихолетье создание условий для нормального выпуска моторов было очень непростой задачей. За это Ферин дважды получил высший для производственника орден Трудового Красного Знамени, а в 1946 г. – Сталинскую (ныне Государственную) премию.

Еще не окончилась война, а Уфимский завод первым в нашей промышленности начал осваивать производство газотурбинного двигателя. Им стал РД-10, аналог трофейного ЮМО-004. В 1946 г. были выпущены первые двигатели, а через год на них уже взлетела первая опытная машина КБ Яковлева. Новая техника требовала новых подходов, новой технологии, нового отношения к применяемым материалам. Это – одна из немаловажных причин, по которой в июле 1947 г. М.А. Ферин (ему еще не исполнилось и сорока лет) назначается директором Уфимского моторостроительного. Зная производство завода досконально, он не без опасений взял на себя тяжелый груз многообразного хозяйства крупного завода. Требовались коренная перестройка завода, изменение порядка ведения дел, определение четкой перспективы, укомплектование кадрами и техническое перевооружение производства для выпуска новой продукции. Однако же, "дорогу осилит идущий": Михаил Алексеевич уверенно справился, как показало время, со всеми этими задачами.

Как вспоминал об этом периоде бывший генеральный директор ОАО "УМПО" Владимир Паращенко: "Во многом благодаря большим организаторским способностям М.А. Ферина, его воле и высокой требовательности коллектив завода успешно завершил первую послевоенную пятилетку. Со всеми государственными заказами Уфимский моторный справлялся в срок. Через десять лет М.А. Ферину было присвоено звание Героя Социалистического Труда".

В том же 1947 г. Ферин сумел завершить свой более чем десятилетний научный труд, защитив кандидатскую диссертацию. Тема "Азотирование коленчатых валов", которая была актуальной в свое время в авиадвигательном строительстве, стала не менее насущной для автомобильных моторов. Таким образом, авиационные "высокие технологии" всегда применялись в автомобильном производстве, и конверсия – не детище конца XX века.

Кстати, научную работу М.А. Ферин так и не оставил до конца жизни: у него вышло из печати 32 труда, он являлся профессором



В начале трудового пути

чил номер 26. И главным металлургом его с января 1942 г. стал Михаил Алексеевич. В напряженных условиях (мороз в Уфе зашкаливал за -50 °С) сложнейшей задачей было обеспечить работу производства, "сшитого" из разнородных частей многих предприятий. Однако уже в середине 1942 г. был превзойден предвоенный уровень выпуска моторов. Уфимский моторный стал одним из крупнейших авиадвигательных заводов Советского Со-



В рабочем кабинете

кафедры "Общая технология и металловедение" Уфимского авиационного института. Своих работников Михаил Алексеевич не только старался подбирать, но еще и обучал всему, что успел узнать за долгие годы работы.

Задание директора Уфимского завода всегда воспринималось и руководителями, и исполнителями всех рангов как "задание номер один": люди не уходили из цеха, не выполнив его. Это, кстати говоря, свидетельство доверия: люди верили, что по пустякам директор обращаться к ним не станет и, зная производство досконально, не будет ставить невыполнимые задачи.

На каждую "оперативку" к Ферину шли, как на экзамен. Он не терпел бездельников, разгильдяев и бракоделов. И никакой пустопорожней болтовней невозможно было прикрыть свою не состоятельность как работника: это тут же и очень жестко пресекалось. Да, директора боялись, но и уважали. Этот человек спрашивал со всех той же мерой, к какой подходил к себе. А себе он поблажек в работе не давал, жил работой, делом, заводом. Несмотря на то, что Уфимский моторный был огромным предприятием, директор успевал вникать во все тонкости дела. Он нередко удивлял окружающих своей осведомленностью в заводских делах, да и не только в них.

Ферин умел подбирать и расставлять кадры. При этом, обладая феноменальной памятью, помнил возможности и способности каждого. Он брал на себя ответственность за судьбу человека, давая ему возможность проявить себя. Принцип Михаила Алексеевича: не умеешь - учишься, не хочешь - заставим, ну а не можешь - уйди, не мешай другим. Опять - из воспоминаний Владимира Парашенко: "Помню, вызывает меня директор и говорит:

- Есть такое мнение - работать тебе заместителем директора по литейному производству на "Москвиче".

- Но я не металлург, - отвечаю, - а механик.

- Это не обязательно. Главное, порядок там наведи, вот и все. Такой был подход, и, на мой взгляд, очень правильный".

В послевоенные годы пришлось решать две взаимоисключающие задачи: разворачивать производство реактивных двигателей, в первую очередь для нужд обороны, и учиться строить автомобильные поршневые моторы, с которыми в скором времени разбежались по всей стране миллионы легковых машин московского, а позже и ижевского производства. Уфимский завод автомобильных моторов можно с достаточным основанием считать детищем Ферина. И так полагали не только те, кто работал на самом заводе, не только все смежники, но и руководство страны. Недаром М.А. Ферин стал Героем Социалистического Труда, а в 1974 г. - лауреатом еще одной Государственной премии. И именно за двигатели для "Москвича".

В те времена большинство населения искренне верило, что наша страна и в самом деле "впереди планеты всей". Верил в это и Ферин. Потому, несмотря на чрезвычайную занятость по работе, был членом обкома КПСС и делегатом XXI - XXV съездов КПСС. Кроме того, Михаил Алексеевич избирался депутатом Верховного Совета СССР с третьего по девятый созывы, был чле-

ном Совета старейшин. Ферин и к этой деятельности относился так же серьезно, как ко всему, чем бы ни занимался. По этой причине он постоянно - и в качестве депутата и как член обкома - встречался с людьми, причем к этим встречам готовился очень тщательно. Это давало положительные результаты для производства, поэтому директор завода сам добивался таких встреч и, кстати говоря, требовал того же от своих подчиненных.

Почему-то в памяти многих Ферин остался суровым производственником, которому ничего больше не надо - только бы "трубы дымили". Это, мягко говоря, "не соответствует". В 1960-1970-х годах на заводе особенно большое внимание уделялось социально-бытовой инфраструктуре. Были построены сотни тысяч квадратных метров жилья, общежития, два комбината питания, фабрика-кухня, несколько столовых, детские сады, первый в Уфе санаторий-профилакторий, базы отдыха, пионерский лагерь, дворец культуры, больницы корпуса, стадион и многое другое. Михаил Алексеевич непосредственно руководил строительством этих объектов. Они были предметом его особой заботы и гордости. Всех гостей, посещавших завод, он непременно знакомил с социальными объектами.

...Михаил Алексеевич воспринял свою отставку (в 1977 г.), на первый взгляд, спокойно. Наверняка ожидал ее. Внешне на нем она никак не отразилась. Во всяком случае, никто не замечал. Но на самом деле расставание с любимой работой Ферин перенес очень тяжело: сразу же замкнулся в себе, все время находился в своей квартире или садике за домом.

Тем не менее, даже на пенсии, прежний директор живо интересовался новостями завода. Как-то его спросили: "Как спится на пенсии?" Он ответил в своем характерном стиле: "Слышу ночью шум испытательной станции - значит, засыпаю, а когда станция молчит - бессонница нападает". В этом высказывании был весь Ферин: вся его жизнь принадлежала заводу. Долго не мог найти себе достойного применения. Как называлась одна из пьес, "Деревья умирают стоя". 29 июля 1979 года, на 72-м году жизни, Михаила Алексеевича не стало. Проститься с ним пришли тысячи людей, вся площадь перед заводским Дворцом культуры была запружена народом. Они прощались со Своим Директором.

Михаил Алексеевич Ферин прошел вместе с коллективом завода самые трудные годы, стал его руководителем в самое тяжелое для производства время, в момент полной переориентации производства, а оставил Уфимское моторостроительное производственное объединение через тридцать лет в самом его расцвете. И никакие репрессии - ни довоенные, ни послевоенные - не коснулись его: невозможно представить никого, кто бы мог заменить его в столь трудное время. И никакая каторга не может быть тяжелее той, которую человек придумал

себе сам и добровольно. Но попробуй, отбери у него дело или помешай его ходу - не поздоровится. Те, кто во всем мире сейчас именуются "трудоголиками", в Советском Союзе встречались нередко. Конечно, среди тех, кто умел работать, а не отбывал трудовую или еще какую (добровольную ли - принудительную ли) повинность. Но именно такие люди, живущие своим делом, и составляли силу и славу нашей Родины.



М.А. Ферин - директор завода

ХРОНИКА

ФРОНТОВОГО БОМБАРДИРОВЩИКА

"...Сталин сказал, что ему много приходилось общаться с разными конструкторами, и он не помнит ни одного случая, чтобы хоть один из них когда-нибудь самокритично признался в своей творческой неудаче..."

А.С. Яковлев. "Цель жизни"

Александр Николаев

Спустя десять лет после окончания Великой Отечественной войны фронтовая бомбардировочная авиация (ФБА), входившая в состав ВВС Советской Армии, насчитывала более полутора тысяч самолетов при почти четырех тысячах экипажей. В двадцати двух авиадивизиях большинство пилотов, штурманов и стрелков было подготовлено к боевым действиям днем в простых метеоусловиях. Еще шесть дивизий, сформированных в середине 1954 г., заканчивали сколачивание и подготовку составами звеньев и эскадрилий. Кроме того, две дивизии фронтовых бомбардировщиков считались специальными и были предназначены для применения ядерного оружия. Они были лучше укомплектованы и сколочены, а годовой налет их экипажей в полтора раза превосходил соответствующий показатель экипажей из "обычных" дивизий, налетавших в среднем по 55 часов за предшествовавший год. Более половины авиаполков из восьмидесяти имевшихся могли действовать на больших высотах, а пятнадцать полков - в сложных метеословиях днем и частично - ночью.

На вооружении ФБА состоял бомбардировщик Ил-28, прототип которого впервые поднялся в воздух 8 июля 1948 г. При нормальной полетной массе 17 200 кг машина с двумя двигателями "Нин" (статическая тяга 2270 кгс) развивала максимальную скорость 833 км/ч на высоте 5000 м. В серии на Ил-28 устанавливались более мощные двигатели ВК-1 (статическая тяга 2700 кгс), что позволило довести максимальную скорость полета до 906 км/ч на высоте 4000 м. Максимальная бомбовая нагрузка Ил-28 в этом варианте составляла 3000 кг. С нормальным 1000-килограммовым грузом бомб самолет имел дальность полета 2455 км при собственной взлетной массе 21 000 кг.

Серийное производство ильюшинского бомбардировщика наладили в 1950 г. сразу на трех заводах, позднее к выпуску машины подключились еще четыре авиапредприятия. Вероятно, Ил-28 оказался самым массовым фронтовым реактивным бомбардировщиком в истории мировой авиации. Самолет был прост в пилотировании, надежен, нетребователен к качеству аэродромов. Более того, он, подобно своим предшественникам с поршневыми моторами, мог нормально эксплуатироваться с укатанных грунтовых площадок. Появление Ил-28 на вооружении советских ВВС отметили зарубежные авиационные специалисты, по мнению которых новый фронтовой реактивный бомбардировщик являлся исключительно удачной машиной.

Однако судьбу "двадцать восьмого" вряд ли можно назвать счастливой. В пятидесятых годах прошлого века летные данные самолетов совершенствовались столь стремительно, что всего за одну пятилетку оценка машины могла поменяться на прямо противоположную.

Так, в августе 1955 г. Президиум ЦК КПСС поручил министру обороны маршалу Советского Союза Г.К. Жукову и главнокомандующему ВВС главному маршалу авиации П.Ф. Жигареву "рассмотреть вопрос о целесообразности дальнейшего производства самолетов Ил-28", а также самолетов других типов. Мотивы были просты: на вооружение ВВС стран - потенциальных "супостатов" Советского Союза стали поступать сверхзвуковые истребители и истребители-перехватчики, а также крылатые ракеты. Начальник Генерального штаба маршал Советского Союза В.Д. Соколовский в письме П.Ф. Жигареву отмечал: "...В США подготовлен к принятию на вооружение истребитель воздушного боя F-104A с максимальной скоростью 2400 км/ч, практическим потолком около 20 км и серийно изготавливается истребитель-перехватчик F-102 с максимальной скоростью 1600 км/ч, практическим потолком около 18 км, вооруженный управляемыми реактивными снарядами "Фалкон" с дальностью стрельбы 6-8 км... Перечисленные примеры свидетельствуют о значительном отставании наших исследовательских и опытных работ по авиационной технике от уровня вероятного противника..."

Заметим, что в 1955 г. американские ВВС приняли на вооружение оперативную крылатую ракету "Матадор" с дальностью пуска около 1000 км и заканчивали испытания стратегических "крылаток" "Снарк" и "Навахо", обладавших скоростью 1800...2500 км/ч. В то время никто, естественно, не знал, что все эти проекты окажутся неудачными. А вот огромные скорости и дальности полета новейших летательных аппаратов откровенно завораживали. Недаром в Советском Союзе в ответ на заокеанские угрозы приступили к разработке отечественных крылатых ракет оперативного и стратегического назначения "С", П-20, "Д", "Буря" и "Буран".

Проанализировав ситуацию, руководство ВВС сочло необходимым свернуть производство "устаревшего" бомбардировщика Ил-28, уменьшив заказ на 1955 г. на 250 машин, а "в 1956 г. производить его только для стран народной демократии". Главком ВВС П.Ф. Жигарев указывал:

"- самолет Ил-28 по своим летно-тактическим данным и особенно по скорости полета не отвечает полностью современным

Выпуск самолетов Ил-28 советскими авиазаводами

№ завода	Год							
	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	Всего
1	-	-	-	50	-	-	-	50
18	-	-	-	50	-	-	-	50
23	-	-	-	2	-	-	-	2
30	150	408	501	930	1100	888	-	3977
39	-	-	-	30	114	162	153	459
64	4	75	170	370	303	-	-	922
166	10	53	111	176	251	155	1	757
Итого	164	536	782	1608	1768	1205	154	6217



Фронтовой бомбардировщик Ил-28

требованиям, предъявляемым к фронтовым бомбардировщикам;
- в конце 1955 г. МАП обязано отработать новые более совершенные фронтовые бомбардировщики Ил-54, Як-26, Ту-98 с околозвуковой скоростью;

- строевые части фронтовой бомбардировочной авиации к концу 1955 г. будут укомплектованы на 64 % (62 самолета в дивизии), что обеспечит первоочередные нужды по боеготовности и боевой подготовке..."

Вариант Ильюшина

В 1951-1952 гг. в ОКБ Ильюшина был спроектирован и построен опытный бомбардировщик Ил-46, сохранивший схему Ил-28, но с вдвое большей взлетной массой и заметно увеличенными размерами. Силовая установка машины состояла из двух двигателей ТР-3А (позднее их наименование изменилось на АЛ-5, а в форсированном варианте - на АЛ-5Ф). Ильюшин перестраховался, повторно сделав ставку на прямое крыло. Максимальная скорость Ил-46 с относительно небольшой тяговооруженностью получилась равной 928 км/ч. Создавая близкий по назначению бомбардировщик, ОКБ Туполева выбрало более совершенную схему со стреловидным крылом и двумя мощными двигателями АМ-3. Самолет Ту-16 обладал более высокой скоростью, грозным по тем временам оборонительным вооружением (семь 23-мм пушек), хорошей бомбовой нагрузкой (до 9000 кг). Неудивительно, что именно он был принят на вооружение в качестве дальнего бомбардировщика, способного наносить удары на континентальных ТВД.

"Звончок" был услышан С.В. Ильюшиным. Приступая к разработке нового реактивного фронтового бомбардировщика в соответствии с постановлением Совмина СССР от 1 декабря 1952 г., Сергей Владимирович остановился на схеме двухдвигательного самолета с тонким крылом очень большой стреловидности (55°). Первоначально двигатели ТРД-И (позднее их название изменилось на АЛ-7) намечали разместить в корневой части крыла вплотную к фюзеляжу, как на Ту-16. Возникли трудности при поиске компоновочных решений для уборки основных стоек шасси. В чистое тонкое крыло тележки с колесами большого диаметра убираться "не хотели". Пришлось пойти на два необычных для ОКБ решения: разместить двигатели на пилонах высокорасположенного крыла и применить велосипедную схему шасси. Заметим, что в то время велосипедное шасси было "модным увлечением" многих авиаконструкторов (вспомним хотя бы М-4, В-52, Як-25 и другие машины). Суммарная масса взлетно-посадочных приспособлений получалась меньшей, чем в случае с тремя традиционными стойками. Однако применительно к бомбардировщику велосипедная схема создавала определенные трудности при взлете тяжелой машины: заднюю стойку приходилось размещать позади бомбоотсека, далеко за центром масс загруженного самолета, что требовало от летчика приложения больших усилий к штурвалу управления. Более серьезный недостаток велосипедной схемы выяснился впоследствии при эксплуатации крупных самолетов; он был связан с трудностью удержания направления разбега и пробега при сильном боковом ветре.

В соответствии с заданием новый фронтовой бомбардировщик Ил-54 должен был иметь максимальную скорость полета, соответствующую $M=1,15$ на высоте 4750 м, и практическую дальность 2200...2500 км с нормальным бомбовым грузом 3000 кг. Требуемая дальность полета Ил-54 с учетом высокого удельного расхода топлива и большой тяги двигателей (7700 кгс на взлетном режиме) могла быть получена только путем существенного увеличения запаса керосина, а, следовательно, при большей взлетной массе. Тонкое крыло большой стреловидности обладало невысоким качеством на взлетно-посадочных режимах полета. Все это приводило к увеличению скорости отрыва, посадочной скорости и потребной длины взлетно-посадочных полос.

Чтобы облегчить отрыв передней опоры от земли, в конструкцию задней опоры включили специальный механизм, укорачивающий ее во время разбега (на М-4 конструкторы применили альтернативную идею "вздыбливания" передней стойки). Самолет "присе-



Опытный фронтовой бомбардировщик Ил-54

дал", угол атаки крыла увеличивался почти вдвое, и это позволяло значительно сократить длину разбега самолета при взлете. Поперечную устойчивость Ил-54 при движении по земле обеспечивали вспомогательные боковые опоры на концах крыла, убирающиеся в обтекаемые гондолы.

Экипаж Ил-54 состоял из трех человек: пилота, штурмана и кормового стрелка-радиста, размещавшихся в двух (передней и задней) герметических кабинах. Все рабочие места, а также жизненно важные агрегаты защищались броней. Топливные баки оборудовались системой заполнения нейтральным газом. Оборонительное вооружение Ил-54 состояло из трех 23-мм пушек АМ-23, которые по сравнению с пушками НР-23, использовавшимися на бомбардировщиках Ил-28 и Ил-46, имели в полтора раза большую скорострельность. Масса максимального бомбового груза самолета Ил-54 составляла 5000 кг.

Из-за неготовности двигателей, которые мучительно доводились в ОКБ А.М. Люльки, постройка самолета затянулась. Заводские летные испытания Ил-54 проводил экипаж во главе с В.К. Коккинами. Первый полет нового фронтового бомбардировщика состоялся 3 апреля 1955 г. Далее началась обычная череда устранения мелких и крупных дефектов машины и ее систем. Заметим, что двигатель АЛ-7 в тот период был весьма востребованным: в расчете на него разные самолетостроительные ОКБ проектировали около десятка летательных аппаратов. Наибольший приоритет имели истребители П.О. Сухого, конструкторское бюро которого получало в свое распоряжение почти все пригодные для полетов экземпляры АЛ-7.

Весной 1956 г. Ил-54 потерпел аварию при посадке с боковым ветром. Даже такой опытный летчик-испытатель как В.К. Коккины не сумел удержать машину на полосе. К этому времени была закончена постройка второго опытного самолета Ил-54 с двумя модифицированными двигателями АЛ-7Ф, взлетная тяга которых на форсированном режиме была доведена почти до 10 тс. С.В. Ильюшин принял решение перед отправкой машины на испытания продемонстрировать ее руководству Министерства обороны. В июне 1956 г. на бетонной площадке вблизи ворот сборочного цеха опытного завода установили рядом два фронтовых бомбардировщика - старый Ил-28 и новый Ил-54. Картина получилась впечатляющей: новая машина отличалась гораздо более стремительными формами, но была значительно больше старой как по габаритам, так и по массе.

В ОКБ приехал министр обороны Маршал Советского Союза Г.К. Жуков. Он выслушал доклад и внимательно осмотрел новый самолет. Но реакция получилась вовсе не такой, на которую рассчитывали устроители "шоу". Жуков, указывая сопровождающим его военным сначала на Ил-28, а затем на Ил-54, выразил свое отношение всего двумя фразами: "Вот это - фронтовой бомбардировщик! А это - разве фронтовой бомбардировщик?" И, не слушая никаких пояснений, министр сел в машину и уехал с аэродрома.

После этого случая Ил-54 совершил еще несколько полетов. Однако негативное мнение министра фактически поставило на нем крест. С.В. Ильюшин болезненно воспринял этот второй удар со стороны руководства минобороны (несколькими месяцами ранее тот же Г.К. Жуков принял решение о ликвидации штурмовой авиации и об отказе от созданного ильюшинцами реактивного штурмовика Ил-40). Созданием самолета Ил-54 завершилась проводившаяся под руководством С.В. Ильюшина многолетняя работа коллектива ОКБ над пилотируемыми бомбардировщиками.

Вариант Туполева

Официальным основанием для создания фронтового бомбардировщика "98" (Ту-98) стало уже упоминавшееся в связи с Ил-54 декабрьское правительственное постановление 1952 г. Аэродинамики туполевского ОКБ, опираясь на рекомендации ЦАГИ, выбрали для самолета крыло со стреловидностью 55°. Два двигателя АЛ-7 (позднее АЛ-7Ф с бесфорсажной тягой 6500 кгс и тягой на форсаже 9500 кгс) расположили в хвостовой части фюзеляжа, а воздухозаборники - по бокам фюзеляжа перед крылом. Эксплуатация тяжелых самолетов с крыльями большой стреловидности требовала проведения масштабных исследований. Относительную толщину профиля крыла приходилось уменьшать для снижения сопротивления при полете на сверхзвуковой скорости, но такое крыло получалось или слишком тяжелым, или недостаточно жестким. Стремясь обеспечить высокое аэродинамическое качество, разработчики отказались от уборки основных стоек шасси в крыло. Ниши основных стоек разместились в фюзеляже, что привело к чрезмерно узкой колеи шасси.

В соответствии с техническим заданием скоростной фронтовой бомбардировщик должен был обладать следующими данными: максимальной скоростью 1300...1400 км/ч при полете на высоте 10 000...11 000 м; практической дальностью не менее 2300 км с 3 т бомб; практическим потолком 13 000...13 500 м. В декабре 1955 г. ОКБ А.Н. Туполева должно было представить машину на государственные испытания. В качестве альтернативных вариантов силовой установки предусматривались две "спарки" микулинских двигателей АМ-11 (АМ-15) или два климовских двигателя ВК-9.

Экипаж самолета, состоявший из трех человек, был обеспечен катапультируемыми креслами. Впервые в практике ОКБ на самолете Ту-98 применили кормовую пушечную установку с двумя пушками АМ-23, дистанционно управляемую стрелком из кабины экипажа. Для наведения стволов кормовой оборонительной установки использовался радиолокационный прицел ПРС-1 "Аргон". В передней части фюзеляжа смонтировали еще одну пушку АМ-23, огонь из которой вел летчик.

Самолет Ту-98 был способен применять бомбовое, ракетное и минно-торпедное вооружение. В соответствии со взглядами того времени одним из основных считался вариант вооружения, предусматривавший применение тактической атомной бомбы РДС-4.

Постройку опытного самолета на заводе № 156 закончили к июлю 1955 г., но до февраля 1956 г. машина стояла в ожидании ТРД АЛ-7Ф. Следует отметить, что двигатель этот в указанный период времени был абсолютно "сырым", не готовым к серийному производству. Завод № 45, получивший задание на его освоение, до конца года успел изготовить несколько десятков изделий, но из-за неоднократных случаев разрушения лопаток турбины все АЛ-7Ф были возвращены предприятию-изготовителю со штрафными санкциями. Рассматривался вопрос о замене АЛ-7Ф в производстве одним из двигателей В.Я. Климова, но их надежность также оставляла желать лучшего. Доводку АЛ-7Ф продолжили на двух заводах (опытном № 165 ОКБ А.М. Люльки и серийном № 45), причем СКБ "серийщиков" получило широкие полномочия по внесению изменений. Это был жест отчаяния.

Лишь в конце весны 1956 г. опытный Ту-98 получил двигатели, изготовленные опытным заводом № 165. После завершения монтажа ТРД и выполнения соответствующих проверок машину пере-

везли на аэродром ЛИИ. 7 сентября 1956 г. летчик В.Ф.Ковалев и штурман К.И. Малхасян выполнили на Ту-98 первый полет. Летные испытания проходили довольно трудно. Выявились сложности с системой управления передней стойкой шасси, донимали частые выходы из строя двигателей АЛ-7Ф. Кроме того, схема шасси с узкой колеей делала самолет практически неуправляемым на скользких ВПП. Всего до конца 1957 г. удалось выполнить 30 полетов. В одном из них Ту-98, преодолев звуковой барьер, достиг скорости 1238 км/ч на высоте 12 000 м.

Между тем, в декабре 1956 г. Генеральный штаб сформулировал новые предложения по облику перспективного фронтового бомбардировщика. Высказывалось мнение о целесообразности иметь на вооружении машины двух типов: высотный скоростной фронтовой бомбардировщик с максимальной скоростью порядка 2500 км/ч, рабочим потолком 25 000...30 000 м, дальностью полета на сверхзвуке не менее 1500 км и на дозвуке 3000 км и маловысотный фронтовой бомбардировщик с крейсерской скоростью 1100...1200 км/ч и дальностью полета до 2000 км. Его планировали вооружить самолетом-снарядом К-12 класса "воздух-земля" с дальностью пуска 100...150 км и скоростью до 3000 км/ч.

Как видно, за четыре года, прошедших с начала создания Ту-98, туполевский проект перестал устраивать заказчика (то же самое произошло и с Ил-54). Для того чтобы машина хоть в какой-то степени могла удовлетворять требованиям ВВС, следовало резко увеличить скорость полета и модернизировать систему ударного вооружения. Новые, еще более мощные двигатели взять было не откуда. Единственный реальный путь повышения скорости полета самолета был связан с радикальным сокращением полетной массы, а значит, с неизбежным уменьшением дальности и боевой нагрузки. В июле 1957 г. специалисты туполевского ОКБ приступили к разработке облегченного и более скоростного варианта "98А" (Ту-24). Намечали пересмотреть конструкцию планера, снять пушечное вооружение, сократить экипаж до двух человек. Взлетная масса должна была уменьшиться примерно на 30 %. Работая над Ту-24, конструкторы постарались устранить многие недостатки базовой машины. Так, основные стойки стали убираться в крыльевые обтекатели, поэтому колея стала шире, а устойчивость машины на этапах разбега и пробега должна была существенно повыситься. Более совершенными стали аэродинамические формы бомбардировщика.

С предложением о создании Ту-24 А.Н. Туполев обратился к политическому руководству страны. За подписями Р.Я. Малиновского, К.А. Вершинина, П.В. Деметьева и А.Н. Туполева 9 января 1958 г. в ЦК КПСС ушло письмо следующего содержания: *"Докладываем соображения о необходимости принятия к производству фронтового бомбардировщика Ту-98А (облегченного)..."*

В качестве фронтового бомбардировщика, а также бомбардировщика морской авиации в данное время может быть принят разработанный конструкторским бюро под руководством т. Туполева на базе самолета Ту-98 самолет Ту-24 (Ту-98А) со следующими данными: взлетный вес 28-30 т, максимальная скорость 1700-1900 км/ч, практическая дальность полета с крейсерской скоростью 950-1000 км/ч - 2000 км (2400 км в перегрузку), практический потолок с форсированием двигателей 16-17 км, вес бомб 2000-3000 кг. Самолет приспособлен для пуска самолетов-снарядов и применения атомных бомб...

Самолет обладает хорошей проходимостью по грунту. Летно-технические данные самолета по скорости и высоте превосходят данные фронтовых бомбардировщиков, находящихся на вооружении ВВС США и Англии.

Поступление на вооружение Ту-24 резко повысит боеспособность фронтовой и морской авиации..."

Не успели просохнуть чернила на подписи председателя ГКАТ П.В. Деметьева, как тот... обратился к заместителю председателя Совмина Д.Ф. Устинову с прямо противоположным предложением: *"Опытный экземпляр фронтового бомбардировщика Ту-98 имеет максимальную скорость 1200-1380 км/ч, дальность полета со скоростью 900 км/ч на высоте 14-15 км - 2400 км, полетный вес - 38 т.*



Опытный фронтовой бомбардировщик Ту-98

Для улучшения летно-технических данных этого самолета Туполев предложил за счет облегчения конструкции и уменьшения веса бомб снизить полетный вес до 26-28 т, повысить максимальную скорость до 1800-2000 км/ч, потолок до 17-18 км и дальность до 3500 км. Опытный экземпляр улучшенного самолета он предлагает закончить постройкой к концу 1959 года и, не ожидая результатов летных испытаний, запустить этот самолет в серийное производство по чертежам ОКБ.

Снижение полетного веса с 38 т до 26-28 т потребует практически нового самолета и загрузит большую часть ОКБ на длительное время...

В соответствии с Постановлением СМ СССР от 28 марта 1956 г. Яковлевым построен легкий фронтовой бомбардировщик Як-129 с двумя двигателями Р11-300 весом 13-14 т с максимальной скоростью 1600-1800 км/ч, практическим потолком 16-17 км и дальностью 2400 км при скорости 900 км/ч. Самолет Як-129 проходит заводские испытания. Кроме этого, Постановлением Совета Министров от 15 августа 1956 г. Яковлев обязан был построить легкий высотный сверхзвуковой бомбардировщик с полетным весом 20-22 т с максимальной скоростью 2500 км/ч и практическим потолком 20-21 км. В проекте представленного плана опытного строительства нами предлагается построить этот самолет как носитель самолетов-снарядов с передачей его на государственные испытания в четвертом квартале 1959 г.

Учитывая построенный Яковлевым фронтовой бомбардировщик и имеющееся задание на новый бомбардировщик-носитель со скоростью 2500 км/ч, считаю нецелесообразным проведение дальнейших работ с самолетом Ту-98. Государственный комитет считает более целесообразным сосредоточить все средства и силы ОКБ и завода № 156 в 1958 году на выполнении более важных заданий, установленных Правительством..."

После этого письма вопрос о дальнейших работах по Ту-24 перестал быть актуальным. Что заставило Дементьева так резко переменить свою точку зрения? Быть может, он действительно проанализировал загруженность туполевского ОКБ и пришел к выводу о нерациональности распределения его усилий. Быть может, повлияли особые отношения Дементьева с Яковлевым (одно время они оба были заместителями министра авиапромышленности и тесно взаимодействовали). Как бы то ни было, Ту-24 остался лишь в проекте, но на основе выполненных проработок ОКБ А.Н. Туполева впоследствии создало тяжелый перехватчик Ту-128.

Еще в ходе заводских испытаний Ту-98 им заинтересовался командующий авиацией ПВО Е.Я. Савицкий. Ознакомившись с самолетом поближе, он обратился к А.Н. Туполеву с предложением о создании для ПВО самолета, конструктивно близкого к Ту-98, но с совершенно другим назначением. Переднюю часть фюзеляжа следовало перекомпоновать для установки РЛС под радиопрозрачным обтекателем. Под консолями крыльев на пилонах командующий авиации ПВО считал целесообразным разместить четыре ракеты "воздух-воздух" с радиолокационной полуактивной системой наведения, что обеспечивало перехват самолета противника в сложных метеоусловиях.

Решение о создании комплекса дальнего перехвата Ту-28-80 продлило опытному Ту-98 жизнь уже в качестве летающей лаборатории для отработки системы вооружения нового перехватчика. В приказе Государственного комитета по авиационной технике, датированном сентябрем 1958 г., в частности, говорилось: "...Создать на базе опытного Ту-98 экспериментальный самолет-лабораторию для отработки в полете системы управления реактивным оружием, начав его летные испытания в первом полугодии 1959 года. Работы по Ту-98 прекратить..."

Вариант Яковлева

Попытаемся для начала проанализировать причину неудачи маститых авиаконструкторов, постигшей их при разработке фронтового бомбардировщика нового поколения во второй половине пятидесятих годов прошлого века. Сегодня мы отлично знаем, что из всего спектра создававшихся в тот период времени



Опытный фронтовой бомбардировщик Як-26

военных ТРД тягой на форсаже от 5 до 10 тс успешно прошли все передрыги мучительной доводки и стали серийными всего два: Р11Ф-300 и АЛ-7Ф. А ведь были АЛ-5, АЛ-9, Р21-300, целая гамма турбореактивных двигателей ВК и другие. Все они по тем или иным причинам не вышли из "младенческого" возраста.

Проанализируем основные технические данные Р11Ф-300 и АЛ-7Ф. Прежде всего бросается в глаза близость параметров (температура газов перед турбиной 1175...1200 К, степень повышения давления в компрессоре 8,6...9,1, удельный расход на бесфорсажном режиме 0,93...0,94 кг/кгс-с, а на форсажном - 2,03...2,04 кг/кгс-с), что и неудивительно: ведь они относятся к одному поколению отечественных ТРД военного назначения. Отметим вторую важную особенность: форсажная тяга АЛ-7Ф примерно вдвое больше аналогичного показателя Р11Ф-300, а по бесфорсажной тяге соотношение - 1,6:1. Массы двигателей также соотносятся приблизительно как 2:1 (2010 кг у АЛ-7Ф и 1040 кг у Р11Ф-300).

При работе двигателя на режиме, близком к бесфорсажному "максималу", АЛ-7Ф за час работы "съедал" примерно 4 т керосина, а два таких двигателя - вдвое больше. На режиме, близком к "максималу", работал двигатель сверхзвукового самолета при полете со скоростью порядка 900...1000 км/ч. Таким образом, для получения дальности полета порядка 3000 км на самолете с двумя АЛ-7Ф следовало сжечь... около 24 т керосина! Прикинем взлетную массу самолета, если доля заправляемого топлива составляет 35...40 % массы бомбардировщика: получим 60...68 т. Но суммарных восьми тонн тяги вряд ли хватит для того, чтобы разогнать столь тяжелую машину до 1000 км/ч. Нужно еще добавить "газку", а значит - увеличить расход топлива. Таким образом, получается заколдованный круг с почти неограниченным ростом массы фронтового бомбардировщика. Другими словами, удовлетворить всем требованиям ВВС к фронтовому бомбардировщику (в отношении дальности и скорости полета) с двумя АЛ-7Ф было попросту невозможно. Еще менее реальными были требования в части получения сверхзвуковой дальности порядка 1700 км - ведь два АЛ-7Ф за час работы на этом режиме "съедали" почти 40 т керосина!

Заметим, что максимальная взлетная масса Ил-28, воспринимавшегося в то время как "нормальный" фронтовой бомбардировщик, составляла около 20 т. Увеличение взлетной массы вдвое воспринималось недостаточно компетентным руководством ("это - не фронтовой бомбардировщик") как чрезмерное. Между тем ни А.Н. Туполев, ни С.В. Ильюшин не занимались необоснованным наращиванием массогабаритных характеристик своих самолетов - к этому их вела упрямая логика развития авиационной техники. За достижение качественно нового свойства - сверхзвуковой скорости полета - нужно было платить.

Но имелся и второй путь, хорошо известный Александру Сергеевичу Яковлеву. Если не было возможности увеличить мощность двигателя, он прибегал к собственному рецепту: минимизировал размеры самолета, всемерно улучшал его аэродинамику, сокращал полезную нагрузку до минимума и, случалось даже, жертвовал прочностью. Решив создать собственный вариант фронтового бомбардировщика, А.С. Яковлев первоначально сделал ставку не на сверхмощный двигатель АЛ-7Ф, а на микулинский АМ-9, представлявший собой дальнейшее развитие двигателя АМ-5, который устанавливался на дальний истребитель-перехватчик Як-25.

(Продолжение в следующем номере)

ЛУЧШАЯ РОССИЙСКАЯ ПРОГРАММА DYNAMICS R3.1®

Одна из лучших программ, включая зарубежные...

Великолепный интерфейс, лучшее быстродействие, высокая функциональность, поддержка пользователей, учет требований заказчиков...

Предназначена для решения задач роторной динамики турбомашин различного назначения - авиационных, судовых и наземных ГТД, турбонасосов, силовых и энергетических установок, нагнетателей и т.д.

Общие характеристики

- Мощный графический интерфейс и редактор.
- Большая библиотека типовых элементов.
- Широкий выбор расчетных алгоритмов.
- Любое количество роторов и корпусов.
- Высокая скорость расчетов.
- Многообразие представления результатов.
- Вариантные расчеты.



Функциональные особенности

- Совместные колебания роторов и корпусов.
- Поперечные, продольные и крутильные колебания.
- Учет анизотропных свойств.
- Учет скольжения роторов.
- Демпфированные собственные и вынужденные колебания.
- Различные виды нагрузок.

Основные задачи проектирования динамических систем роторов

- Собственные колебания.
- Критические частоты вращения роторов.
- Частотные диаграммы.
- Карты критических частот.
- Распределение энергии колебаний.
- Дисбалансное поведение.
- Обрыв лопаток, внешняя произвольная нагрузка.
- Ускорение-замедление.

В третьей версии программы DYNAMICS R3.1 обобщен опыт создания программ для решения задач газотурбинного двигателестроения более чем за 40 лет, а также учтен опыт их эксплуатации в различных конструкторских бюро СССР и России.

©Все права защищены.

ООО "АЛЬФА-ТРАНЗИТ"® 2003

www.alfatran.com e-mail: lemka@alfatran.com

АВИАДВИГАТЕЛИ XXI ВЕКА

Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие в работе

II Международной научно-технической конференции

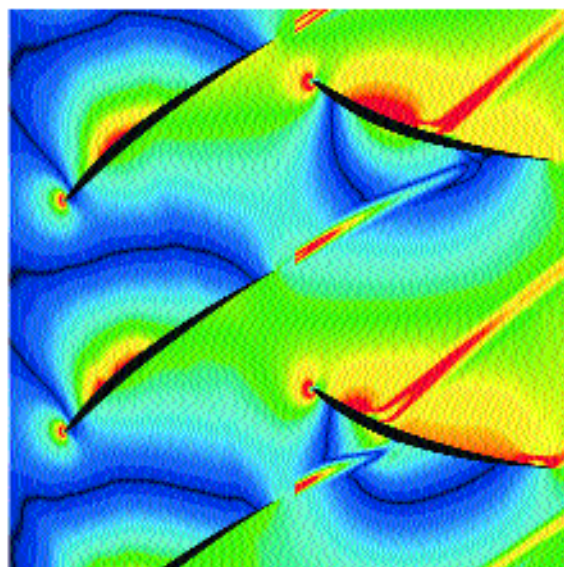
ПРОБЛЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ

- Обобщение опыта российских и зарубежных ученых в области разработки перспективных авиационных двигателей
- Обеспечение технологической готовности к созданию перспективных авиационных двигателей и энергоустановок
- Повышение эффективности разработки двигателей и их узлов на основе развития методов проектирования и математического моделирования
- Обеспечение высокой надежности, ресурса, безопасности полетов
- Обеспечение защиты окружающей среды при эксплуатации авиационных двигателей
- Интеграция силовых установок и ЛА

По вопросам участия в Конференции обращаться в Оргкомитет



6-9 декабря 2005, г. Москва, ЦИАМ



Оргкомитет Конференции:

111116, Москва, ул. Авиамоторная, д. 2.

Тел.: (095) 362-55-46, 261-65-46.

Факс: (095) 267-1354.

E-mail: aeroconf@ciam.ru www.aeroconf.ciam.ru



**ИВЧЕНКО
ПРОГРЕСС**

Украина, 69068,
г. Запорожье, ул. Иванова, 2
Тел.: (+380 612) 65-03-27
Факс: (+380 612) 65-46-97;
12-89-22
E-mail: progress@ivchenko-
progress.com

60 лет ГП «Ивченко-Прогресс»

5 мая 1945 приказом Народного комиссара авиационной промышленности СССР А.И.Шахурина было образовано ОКБ № 478 по разработке новых и модернизации ранее созданных авиационных двигателей средней и малой мощности для гражданской авиации. Начальником ОКБ был назначен **Александр Георгиевич Ивченко...**

Так начиналась история ГП «Ивченко-Прогресс».

Сегодня государственное предприятие «Запорожское машиностроительное конструкторское бюро «Прогресс» имени академика А.Г. Ивченко» - одно из ведущих предприятий авиадвигателестроения, имеющее 60-летний опыт проектирования, изготовления, испытания, доводки, сертификации, постановки на серийное производство, модернизации и ремонта авиационных двигателей различных типов и более 50-ти лет занимающееся созданием продукции индустриального назначения.

ГП «Ивченко-Прогресс» были разработаны:

- бензомоторная пила «Дружба», завоевавшая первый приз на Брюссельской международной выставке - «Пальмовую ветвь» и изготовленная в количестве более 3 млн. штук,
- первый в СССР турбовинтовой двигатель с большим ресурсом АИ-20;
- первый в СССР двухконтурный турбореактивный двигатель для самолетов местных авиалиний АИ-25;
- первый в СССР трехвальный ТРДД с большой степенью двухконтурности Д-36;
- первый в СССР ТРДД с тягой более 20 т Д-18Т;
- самый мощный в мире вертолетный двигатель Д-136;
- первый в мире винтовентиляторный двигатель Д-27.

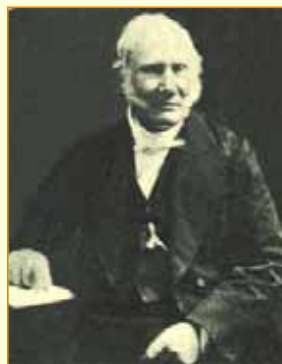
Авиационные двигатели ГП «Ивченко-Прогресс» сегодня устанавливаются на 57 типах самолетов и вертолетов, эксплуатирующихся в 109 странах мира, а разработанные на их базе газотурбинные приводы нашли широкое применение на компрессорных станциях в Украине, России, Туркменистане, Турции, Иране и Болгарии.

Высокий уровень конструкторских разработок авиационных двигателей предприятия ГП «Ивченко-Прогресс» подтвержден более чем 60-ю сертификатами Авиационного Регистра Межгосударственного Авиационного Комитета стран СНГ, Bureau Veritas и АРГДАТ Украины.

лет

ДВИГАТЕЛЬ ШОТЛАНДСКОГО ПАСТОРА

В последнее время внимание специалистов самых различных отраслей промышленности вновь оказалось привлечено к двигателям Стирлинга. "Вновь", потому что первое появление этого двигателя произошло почти 200 лет назад, задолго до выхода на сцену привычного для нас двигателя внутреннего сгорания. В чем же причина повышения интереса к машинам Стирлинга?



Р. Стирлинг

Несмотря на ученую степень доктора богословия, шотландский пастор Роберт Стирлинг (1790-1878) получил известность не из-за своих богословских трудов, а благодаря работам в области термодинамики и теплотехники. В 1816 г. Стирлинг получил патент № 4081 на "машину, которая производит движущую силу посредством нагретого воздуха". В 1827 и 1840 гг. он получил еще два патента (№ 5456 и 8652) на усовершенствованные варианты своей машины. В 1845 г. на литейном заводе в Данди была пущена машина Стирлинга мощностью 50 индикаторных лошадиных сил. Проработала она целых три года и "...была брошена из-за постоянной порчи нагревательных приборов". Другими словами, материал горячей части цилиндра не выдерживал одновременного действия высокой температуры и внутреннего периодически меняющегося давления. Преодолеть этот недостаток на уровне техники того времени было невозможно, ведь первые жаропрочные стали с относительно высокими механическими свойствами были созданы только через полвека.

Долгое время после этого двигателя Стирлинга не строились; только в конце XIX века было выпущено несколько образцов таких машин малой мощности. Затем в связи с успехами двигателей внутреннего сгорания машина Стирлинга была совершенно забыта. Только в 1938 г. началось возрождение "стирлингов", которое в 1960-1970 годах привело к разворачиванию довольно широких исследований и даже промышленных разработок, связанных с идеей машины Стирлинга, и других технических систем, принцип действия которых так или иначе основан на цикле Стирлинга.

Термодинамический цикл Стирлинга

Итак, цикл воздушной машины-двигателя, который был запатентован Стирлингом в 1816 г., появился за 8 лет до выхода в свет знаменитой работы Карно "Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу". Патент Стирлинга свидетельствует, что он совершенно четко представлял все условия, необходимые для наиболее эффективного превращения тепла в работу, впоследствии столь блестяще сформулированные Карно. Более того, предложенный им цикл (цикл Стирлинга) должен по праву занимать в термодинамике важное место, лишь немного уступающее циклу Карно. Обладая несколько меньшей общеупотребительностью, он, как и цикл Карно, может служить идеальным образцом для оценки процессов взаимного перехода тепла и работы.

Как известно, идеальный цикл преобразования тепла Q в работу L (прямой цикл $Q > L$), так же, как и обратный ($L > Q$), должен включать две изотермы $T_1 = \text{const}$ и $T_2 = \text{const}$. Замкнуть этот цикл можно обратимыми процессами, в одном из которых рабочее тело должно охлаждаться от T_1 до T_2 , а в другом - нагреваться от T_2 до T_1 .

Карно решил эту задачу наиболее общим путем, использовав обратимые процессы адиабатного сжатия (нагревание от T_2 до T_1) и адиабатного расширения (охлаждение от T_1 до T_2). Такой цикл из двух изотерм и двух адиабат - классический цикл Карно - известен уже 150 лет, и нет ни одного учебника термодинамики, где о нем бы не говорилось (см. "Двигатель" № 1 - 2005).

Стирлинг решил эту задачу иным способом. Он ввел в цикл тепловой машины регенерацию тепла (предложенная, по-видимому, впервые в мире Стирлингом регенерация тепла в дальнейшем сыграла огромную роль в развитии современной теплотехники, особенно техники низких температур) и тем самым дал другой способ связывания двух изотерм T_1 и T_2 . В цикле Стирлинга нагревание и охлаждение рабочего тела производятся в изохорных процессах (при $v = \text{const}$). При этом охлаждающийся поток рабочего тела отдает тепло через регенератор нагреваемому потоку.

Такой цикл из двух изотерм и двух изохор может служить таким же термодинамическим эталоном, как и цикл Карно. Возможно, Карно оценил бы этот цикл и рассмотрел его теоретически, поскольку цикл Стирлинга мог бы послужить блестящим примером универсальности идей Карно. К сожалению, он не знал содержания работ Стирлинга. Карно писал: "Говорят, недавно в Англии были сделаны удачные попытки развить движущую силу воздействием тепла на атмосферный воздух. Мы совершенно не знаем, в чем заключались эти попытки и были ли они произведены на самом деле".

Несмотря на то, что оба цикла - и Стирлинга и Карно - с термодинамических позиций в идеальном случае равноценны, их особенности приводят к тому, что при реальном техническом воплощении системы, на них основанные, существенно различаются по многим показателям. В чем состоят принципиальные особенности этих циклов, обуславливающие эти различия?

Прежде всего, циклом Карно можно объяснить газодинамические процессы, протекающие как в поршневой машине, в которой в каждой точке системы параметры рабочего тела переменны (в каждый момент времени в данной точке другие температура и давление), так и в газотурбинной установке, в которой в каждой точке системы параметры рабочего тела стационарны (в каждый момент времени в данной точке температура и давление постоянны). Другими словами, во втором случае каждый процесс осуществляется в отдельном агрегате (а эти агрегаты соединены последовательно), в первом случае все процессы производятся последовательно в одном и том же агрегате. Цикл Стирлинга соответствует только нестационарным параметрам потоков в каждой точке системы. Это означает, что и двигатель Стирлинга может быть только поршневой машиной.

Второе существенное отличие связано с агрегатным состоянием рабочего тела. Цикл Карно универсален и может проводиться как без изменения агрегатного состояния рабочего тела, так и при таком изменении. Более того, наиболее удобно изотермические процессы цикла Карно, как известно, реализуются именно в двухфазной области пар-жидкость.

Цикл Стирлинга, напротив, предназначен только для работы с газообразным рабочим телом. Чтобы размеры машин при заданной мощности были приемлемыми, а внешний и внутренний теплообмен рабочего тела в этих условиях проходил достаточно эффективно, давление в машине должно быть существенно выше атмосферного. По тем же причинам рабочее тело должно иметь малую вязкость, возможно большую теплопроводность и, наконец, теплоемкость, мало зависящую от давления.

Этим требованиям в наибольшей степени удовлетворяют водород и гелий. Вместе с тем, как водород, так и гелий имеют некоторые недостатки. Главные из них - большие удельные объемы, а также способность проникать через уплотнения и конструкционные материалы. Поэтому идут непрерывные поиски и других рабочих тел. Испытываются, в частности, воздух (возвращение к первоначальному варианту Стирлинга), криптон, углекислый газ, а также другие газы и смеси газов. В частности, представляют интерес рабочие тела, которые в части цикла представляют собой двухфазную смесь газа с некоторым количеством жидкости, что позволяет существенно улучшить теплопередачу. Однако применение подобных рабочих тел может играть только вспомогательную роль; цикл в основном остается газовым.

Наконец, третье существенное отличие циклов Карно и Стирлинга связано с интервалом рабочих давлений. В цикле Карно при большой разнице температур T_1 и T_2 необходимо вести расширение и сжатие в большом интервале давлений. Напротив, в цикле Стирлинга регенерация тепла позволяет работать в большом интервале температур при относительно малых отношениях давлений сжатия и расширения (что вообще характерно для регенеративных циклов).

Главный вывод из всего изложенного состоит в том, что двигатель Стирлинга позволяет при малых и средних мощностях получить высокую термодинамическую эффективность; однако решение технических задач, возникающих при создании реального образца такой машины, связано с большими инженерными трудностями.

Уже опыт работы первого двигателя, созданного Стирлингом в 1845 г., наглядно это показал. Машина мощностью 50 индикаторных лошадиных сил (31,5 л.с. на валу) имела цилиндр диаметром 406 мм и ход поршня 1220 мм. Температура подогрева T_1 составляла 345 °С и охлаждения T_2 - 65 °С. Сохранившиеся данные по расходу топлива позволили подсчитать энергетические характеристики двигателя. Индикаторный к.п.д. этой машины составил 11,5 %. Несмотря на то, что механический к.п.д. двигателя Стирлинга, как, впрочем, и других механизмов того времени, был низким, общий эффективный к.п.д. двигателя получался все же неплохим - 7,3 %. По этому показателю двигатель Стирлинга опережал паровые машины того времени.

Конструкции воздушно-тепловых двигателей

Воздушно-тепловые двигатели широко применялись еще в XIX в. На протяжении некоторого вре-

мени считалось, что они как источники энергии могут конкурировать с паровым двигателем. Существовавшие в то время различные системы можно разделить на три группы:

- открытые системы, в которых для каждого цикла используется новая порция воздуха, подогреваемая непосредственно в камере сгорания, которая расположена вне цилиндра двигателя;
- открытые системы, в которых для каждого цикла также используется новая порция воздуха, но его нагрев происходит от "греющих" стенок, разделяющих воздух и топку;
- замкнутые системы, в которых одно и то же количество воздуха циркулирует в цикле.

Воздушно-тепловой двигатель, построенный Георгом Кайлеем в 1807 г., возможно, был первым двигателем, относящимся к первой из указанных групп. В качестве примера на рис. 1 показана схема такого двигателя, построенного в 1880 г. и использовавшегося для откачивания воды.

Четыре тепловых воздушных двигателя, построенные шведским инженером Эриксоном в 1853 г. для корабля, носившего его имя, относятся ко второй группе по приведенной ранее классификации (рис. 2). По всей вероятности, это самые большие тепловые воздушные двигатели из числа когда-либо изготовленных: диаметр рабочих поршней был равен 4,2 м (!), а ход - 1,8 м. Предполагалось, что они смогут развивать индикаторную мощность 600 л.с., но при испытаниях она получилась вдвое меньшей. Однако расход топлива (около 1 кг угля на индикаторную л.с.) был существенно ниже, чем у паровых машин, применявшихся тогда на морских судах (около 1,4 кг/и.л.с.).

Оригинальное изобретение, сделанное Робертом Стирлингом, имеет

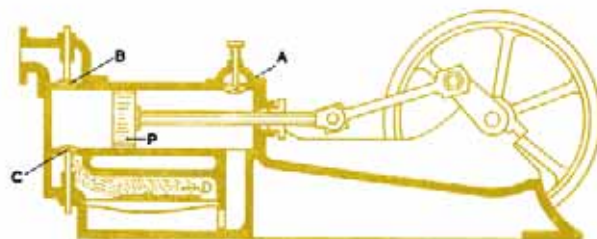


Рис. 1. Двигатель, построенный на основе изобретения Кайлея: А - обратный самодействующий клапан, через который подается очередная порция воздуха из атмосферы; В - выпускной клапан и С - впускной клапан, которые приводятся в действие от механизма двигателя. Когда поршень Р движется налево, клапаны А и В открыты и очередная порция воздуха поступает в цилиндр через клапан А; в это время воздух, находящийся с левой стороны поршня, выталкивается через клапан В. Когда поршень движется в обратном направлении клапаны А и В закрыты, а клапан С открыт. Воздух из правой части цилиндра продувается через толку D, откуда поток нагретых газов через клапан С поступает в цилиндр с левой стороны поршня Р. В процессе нагрева газа происходит увеличение его давления, одинаковое с обеих сторон поршня, но из-за разницы в площадях (в связи с наличием штока) поршень перемещается вправо.

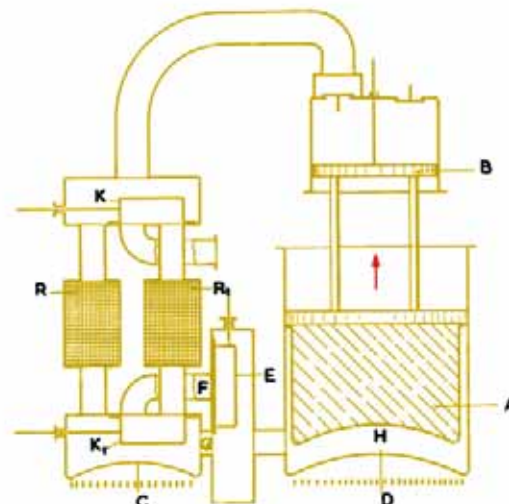


Рис. 2. Тепловой воздушный двигатель Эриксона (1883 г.). Рабочий А и компрессорный В поршни жестко соединены посредством штоков. При движении компрессорного поршня В вниз он засасывает воздух из атмосферы, а затем при движении вверх проталкивает его через регенератор R. Таким образом, предварительно подогретый воздух проходит вдоль греющей стенки С в рабочий цилиндр А, где он продолжает нагреваться от стенки D. В течение времени, соответствующего примерно 2/3 продолжительности хода поршня, клапан Е перекрывает отверстия F и С. В это время происходит расширение воздуха в горячем цилиндре А. В конце хода клапан Е быстро сдвигается в крайнее нижнее положение так, что воздух выходит в атмосферу через отверстие F и регенератор R1. Примерно через 50 циклов золотники К и К1 меняют направление потока так, что регенератор, отдающий тепло, начнет его аккумулировать, и наоборот.

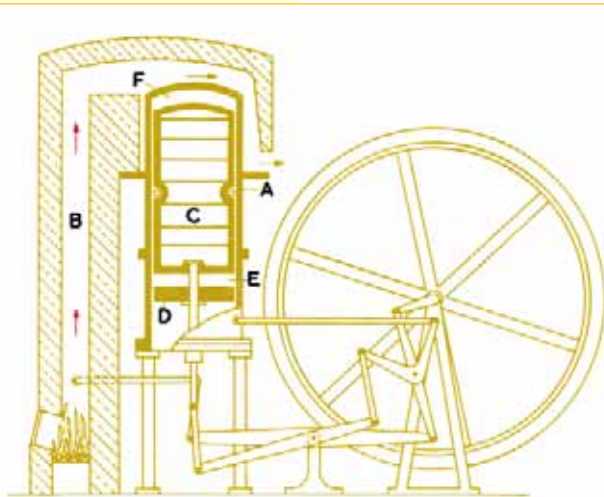


Рис. 3. Первый двигатель Стирлинга по патенту 1816 г. Длинный вертикальный цилиндр А нагревается сверху дымовыми газами от топки В; нижняя часть цилиндра охлаждается либо водой, либо конвективным потоком атмосферного воздуха. Внутри цилиндра имеется вытеснитель С (меньшего диаметра, чем диаметр цилиндра А; вытеснитель центрируется с помощью небольших роликов) и поршень D. При возвратно-поступательном движении вытеснителя воздух, находящийся в цилиндре А, попеременно перемещается из холодной полости Е (эта полость находится между нижней частью вытеснителя и верхней частью поршня) через регенератор в горячую полость F, расположенную над вытеснителем, или наоборот. Регенератор, который на рисунке не показан, располагается в кольцевом пространстве между вытеснителем и цилиндром. Возможно, он состоял из тонкой проволоки, намотанной вокруг вытеснителя С. Таким образом, воздух, попеременно находясь то в холодной, то в горячей полостях изменяет свою температуру и давление, что является причиной совершения им работы над поршнем D.

Принцип действия двигателя Стирлинга

В двигателе внутреннего сгорания полезная работа производится в результате предварительного сжатия определенного количества воздуха, впрыскивания распыленного топлива (до или после сжатия), последующего нагрева этой смеси при быстром сгорании топлива и дальнейшего расширения при высокой температуре.

Принцип действия теплового воздушного двигателя аналогичен: сжатие определенного количества газа при низкой температуре и расширение при высокой. Однако нагрев здесь происходит совершенно иным способом: тепло к газу подводится извне, через стенку цилиндра. Поэтому для такого двигателя больше всего подходит название "двигатель внешнего сгорания". Из-за существенной теплоемкости стенки цилиндра невозможно, конечно, нагреть или охладить газ с помощью быстрого нагрева или охлаждения самой стенки. Стирлинг использовал периодическое изменение температуры газа, применив вытеснительный поршень (вытеснитель). Вытеснитель заставляет газ перемещаться в одну из двух полостей. Для первой полости характерна постоянная низкая, а для другой - постоянная высокая температура стенок (рис. 4).

При движении вытеснителя вверх газ по каналам нагревателя и холодильника перемещается из горячей полости в холодную. При движении вытеснителя вниз газ возвращается тем же путем в горячую полость. В первом случае газ отдает большое количество тепла холодильнику; во втором - получает от нагревателя некоторое количество тепла. Регенератор, предназначенный для предотвращения потерь тепла, располагается

отношение к двигателям третьей из указанных групп. Тепловой газовый двигатель, содержащий поршень, вытеснитель и регенератор, Стирлинг изобрел в 1816 г. Схема такого двигателя показана на рис. 3. Первая модель такого двигателя была использована в 1818 г. для откачки воды из каменоломни.

Роберт Стирлинг вместе со своим братом Джеймсом внес в последующие модели некоторые усовершенствования - такие, например, как использование компрессора для увеличения удельной мощности и поршня двойного действия для уменьшения утечек газа.

между нагревателем и холодильником. Он представляет собой некую полость, заполненную пористым материалом, которому горячий газ до поступления в холодильник отдает часть тепла; когда же газ течет обратно, регенератор возвращает ему запасенное тепло до того, как газ поступает в нагреватель.

Система вытеснителя, обеспечивающая периодичность нагрева и охлаждения газа, соединена с рабочим поршнем (в дальнейшем называемым просто поршнем), который сжимает "холодный" газ и "позволяет" ему расширяться, когда тот

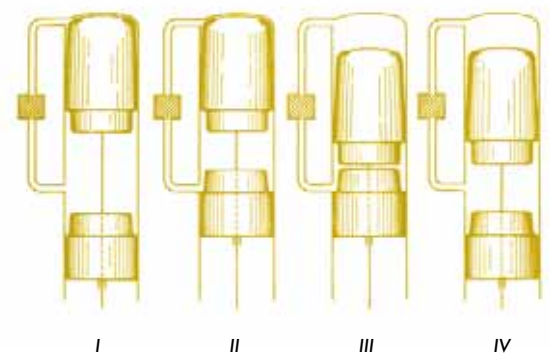


Рис. 5. Принцип действия двигателя Стирлинга

Для простоты предполагается, что движения поршня и вытеснителя - прерывистые. В этом случае весь цикл может быть разделен на четыре стадии: I - поршень находится в крайнем нижнем положении, а вытеснитель - в крайнем верхнем. Весь газ - в холодной полости; II - вытеснитель продолжает оставаться в крайнем верхнем положении; рабочий поршень перешел из нижнего положения в верхнее и сжал газ, который находится при низкой температуре; III - рабочий поршень продолжает оставаться в крайнем верхнем положении; вытеснитель перешел из верхнего положения в нижнее и перетолкнул газ из холодной полости в горячую; IV - нагретый газ расширяется и переталкивает поршень из верхнего положения в нижнее. Поршень и вытеснитель находятся в своих крайних нижних положениях. В то время как поршень остается на месте, вытеснитель переходит в верхнее положение и переталкивает газ в холодную полость, где он остывает. После этого весь цикл повторяется.

нагрет. На рис. 5 показаны четыре стадии цикла, через которые проходит вся система в предположении, что поршень и вытеснитель движутся прерывисто.

Практически движения поршня и вытеснителя в двигателе, конечно, непрерывны, что обеспечивается посредством кривошипно-шатунного механизма.

На рис. 6 ординаты области Е характеризуют изменение объема горячей полости, а ординаты области С - изменение объема в холодной полости; на рис. 7 представлена p-V-диаграмма цикла.

(Продолжение следует)

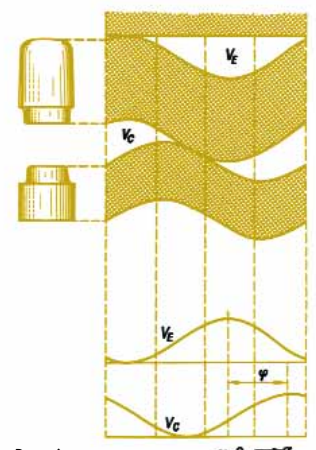


Рис. 6

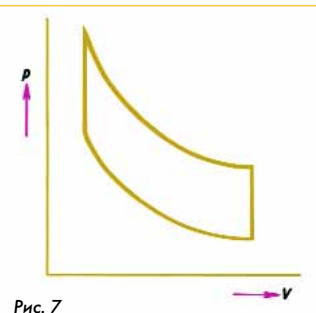


Рис. 7

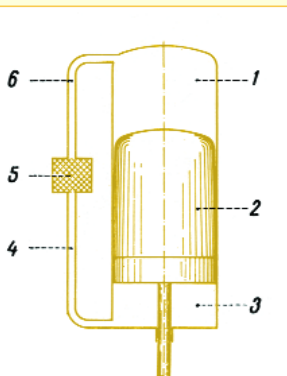


Рис. 4. Система с вытеснителем: 1 - горячая полость; 2 - вытеснитель; 3 - холодная полость; 4 - холодильник; 5 - регенератор; 6 - нагреватель

СТИРЛИНГ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

К этому очень старому двигателю с самого его обнародования шотландцем Робертом Стирлингом в 1816 изобретатели разных стран испытывают в настоящее время самое пристальное внимание: действительно, двигатель, в цилиндрах которого чистый воздух, является рекордно "всеядным" по топливу. А иногда может обходиться и без него, пользуясь только солнечной энергией. Сегодня, когда задачей номер один для всех конструкторов является задача снижения вредных выбросов, двигатель Стирлинга вновь рассматривается в качестве альтернативы существующим двигателям внутреннего сгорания. Участие в поиске оптимальной конструкции приняли участие и школьники.

До изобретения Уатта все тепловые машины работали по прерывистому циклу: "нагрев - охлаждение". При этом зачастую нагревалась и охлаждалась одна и та же часть машины - рабочий цилиндр. Все это приводило к тому, что двигатели были очень тихоходные, неэффективные и "прожорливые", иными словами, имели низкий коэффициент полезного действия. Правда, у них есть и положительные качества - все паровики весьма нетребовательны к топливу: их можно "топить" углем, дровами, мусором городских свалок и т.д.

Для того, чтобы обойти необходимость нагревать и охлаждать один и тот же объем, и был создан Стирлингом его двигатель. В основе конструкции - длинный цилиндр нагревателя-холодильника (НХ). В НХ с большим зазором помещен легкий пустотелый цилиндр, так называемый "вытеснитель". С одной стороны НХ подогревается (совершенно безразлично - каким источником), а с другой стороны - охлаждается (и тоже - все равно, чем). От НХ отходит трубка к рабочему цилиндру с поршнем. Таким образом, образован замкнутый объем воздуха (или иного газа), в который входят объемы НХ (без учета объема вытеснителя), соединительной трубки и рабочего цилиндра. И поршень рабочего цилиндра, и вытеснитель связаны шатунами с одним массивным маховиком.

Вначале температура во всей системе одинаковая. Когда начинают разогревать воздух в соответствующей части НХ, то при этом давление воздуха повышается. Давление будет расти во всем замкнутом объеме, так как вытеснитель не прилегает к стенкам НХ плотно. Под действием повышающегося давления поршень начинает движение вниз и тем самым вращает маховик. Одновременно вытеснитель, соединенный с маховиком, перемещается в направлении холодной части НХ, выдавливая оттуда холодный воздух в горячую часть НХ, где он продолжает нагреваться и повышать свое давление. Давление будет оказывать на поршень свое воздействие и тогда, когда вытеснитель достигнет своего крайнего положения. Поршень продолжает свое движение вниз, раскручивая маховик. Вытеснитель начинает свое движение в сторону горячей части. При этом воздух под его воздействием перетекает из горячей в холодную часть НХ.

Когда поршень достигнет нижнего положения, вытеснитель будет на середине пути в сторону горячей части. Маховик, получив запас инерции, продолжает двигать поршень вверх, а вытеснитель влево. Объем воздуха, находящегося в холодной части НХ, возрастает. Его температура падает. Под действием вытеснителя, когда тот достигнет своего крайнего левого положения, весь воздух перетечет в холод-

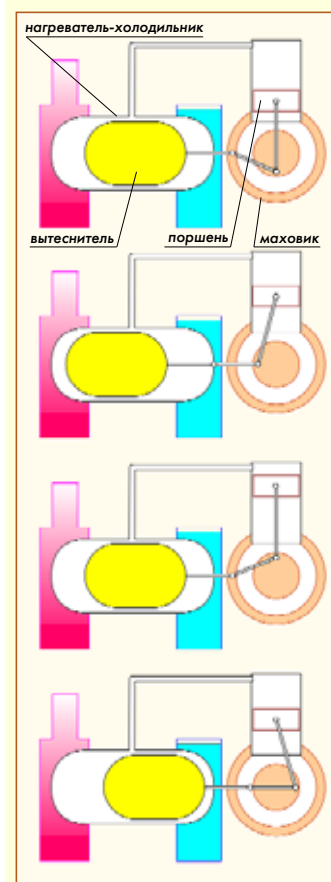
ную часть НХ, где его температура станет уменьшаться. Поршень под действием маховика продолжит вытеснение охлажденного воздуха из цилиндра, сжимая его. Минимальному давлению соответствует тот момент времени, когда поршень займет верхнее положение, но в этот момент вытеснитель уже будет на полпути вправо. Он даст возможность некоторой порции воздуха проникнуть в левую часть НХ и, нагреваясь там, вновь начать весь цикл снова.

Преимущество двигателя Стирлинга состоит прежде всего в том, что в нем нет механизма распределения. А раз так, он весьма несложен в изготовлении. Этот двигатель может быть экологически чистым. Поскольку процесс горения топлива идет не в тесном цилиндре, а во внешней топке, то можно обеспечить полное его сгорание, а значит, отсутствуют выбросы несгоревших углеводородов, характерные для ДВС. Низкая температура в топке обеспечит низкое содержание в выбросах и окислов азота. "Победить" выбросы СО можно установкой каталитических нейтрализаторов. Можно обойтись и без сгорания вообще: двигатель способен работать от солнечного коллектора, геотермальной скважины, т.е. от любого источника высокой температуры.

Эффективность двигателя Стирлинга по общим параметрам цикла весьма высока для тепловой машины - до 42 %. Но он относительно тихоходен, а мощность, которую двигатель Стирлинга способен развить, не превышает нескольких сотен л.с.

Был опробован широкий спектр машин, работающих по циклу Стирлинга. Одну из таких машин изготовили ребята из Чехии и продемонстрировали ее на последней международной выставке молодежного технического творчества.

В ней в качестве НХ и вытеснителя использованы пустотелые стеклянные цилиндрики (конструкторы использовали баллоны от радиоламп), а прочее - выточено из латуни на школьном токарном станке. И вся эта конструкция весьма бодро работает от огня спиртовки, солнечного "зайчика" параболического зеркала или большого увеличительного стекла. И в то же время эта игрушечная с виду конструкция может весьма эффективно и без хлопот качать, например, воду для полива участка или работать в качестве походной электростанции для радиоаппаратуры. Лишь бы Солнце не заходило подальше. И никакого тебе ущерба природе.



ПАРОВЫЕ ТУРБИНЫ

(ТРЕТИЙ ВЕК НА СЛУЖБЕ)



К концу XIX столетия высокие темпы роста промышленности потребовали выработки колоссального (для того времени) количества электрической энергии. Но единственным средством для привода динамо-машины был тогда паровой двигатель. Вскоре выяснилось, что габариты и мощность паровых машин ограничиваются механической прочностью отдельных узлов. Для повышения единичной мощности агрегатов, вырабатывающих электроэнергию, потребовался другой двигатель.

И такой двигатель появился в 1884 г., когда англичанин Чарлз Алджернон Парсонс изобрел первую пригодную для промышленного применения турбину. Позже он попытался установить турбину на транспортное средство. Несколько лет упорного труда увенчались успехом: оснащенное турбиной судно Turbinia развило скорость 35 узлов и стало мировым рекордсменом. По сравнению с паровыми машинами, для которых характерно возвратно-поступательное движение поршня, турбины более компактны и проще устроены. Поэтому со временем, когда мощность и к.п.д. турбин значительно увеличились, они вытеснили двигатели прежних конструкций. В настоящее время во всем мире паровые турбины используются на тепловых электростанциях в качестве приводов генераторов электрического тока. Что же касается использования паровых турбин в качестве двигателей для пассажирских судов, то здесь в первой половине XX столетия им нашелся достойный конкурент – дизель. Во второй половине прошлого века благодаря использованию ядерной энергии в качестве источника тепла для выработки пара корабельная турбина получила второе рождение. В наступившем XXI веке паровые турбины сохранили основные черты своей прародительницы, изобретенной Парсонсом.

Первые паровые турбины

В основе действия паровой турбины лежат два принципа создания окружного усилия на роторе, известные с давних времен, – реактивный и активный. Еще в 130 г. до н.э. Герон Александрийский изобрел устройство под названием "золипил" (рис. 1). Оно представляло собой наполнявшуюся паром полую сферу с двумя Г-образными соплами, расположенными с противоположных сторон и направленными в разные стороны. Пар вытекал из сопел с большой скоростью, и за счет возникающих сил реакции сфера вращалась.

Второй принцип основан на преобразовании потенциальной энергии пара в кинетическую. Его можно проиллюстрировать на примере машины Джованни Бранки, построенной в 1629 г. В этой машине струя пара приводила в движение колесо с лопатками, напоминающее колесо водяной мельницы (рис. 2).

В паровой турбине используются оба указанных принципа. Струя пара под высоким давлением направляется на криволинейные лопатки, закрепленные на дисках. При обтекании лопаток струя отклоняется, и диск с лопатками начинает вращаться. Двигаясь между лопатками в расширяющемся канале (ведь толщина лопаток по мере приближения к хвостовику уменьшается), пар расширяется и ускоряется. В соответствии с законами сохранения энергии и импульса на колесо турбины действует сила, раскручивающая его. В результате энергия давления (потенциальная энергия) пара преобразуется в кинетическую энергию вращения турбины (рис. 3).

Первые турбины, подобные машине Бранки, обладали ограниченной мощностью, поскольку паровые котлы не были способны создавать высокое давление. Как только появилась возможность получать пар высокого давления, изобретатели вновь обратились к турбине. В 1815 г. инженер Ричард Тревитик установил два сопла на ободе колеса паровоза и пропустил через них пар. На сходном принципе было основано устройство лесопильной машины, построенной в 1837 г. американцем Уильямом Эйвери. В одной лишь Англии за 20 лет, с 1864 по 1884 г., было запатентовано более сотни изобретений, так или иначе относящихся к турбинам. Но ни одна из этих попыток не завершилась созданием пригодной для промышленности машины.

Частично эти неудачи объяснялись непониманием физики расширения пара. Дело в том, что плотность пара намного меньше плотности воды, а его "упругость" намного превосходит упругость жидкости, поэтому скорость струи пара в паровых турбинах получается гораздо большей, чем скорость воды в водяных турбинах. Экспериментально было установлено, что к.п.д. турбины достигает максимума тогда, когда окружная скорость лопаток равна приблизительно половине скорости струи пара. Именно по этой причине первые турбины имели очень высокие скорости вращения.

Но большая частота вращения нередко приводила к разрушению вращающихся частей турбины из-за действия центробежных сил. Уменьшения угловой скорости при сохранении окружной скорости можно было бы добиться путем увеличения диаметра диска, на

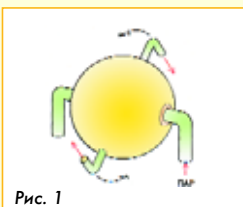


Рис. 1

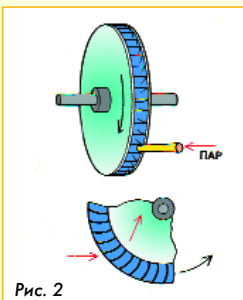


Рис. 2

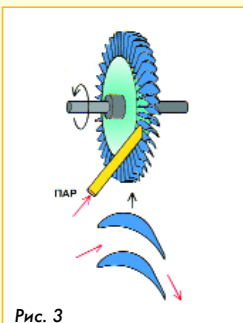


Рис. 3

котором крепились лопатки. Однако реализовать эту идею было затруднительно, так как количества вырабатываемого пара высокого давления не доставало для машины большого размера. В связи с этим первые опытные турбины имели небольшой диаметр и короткие лопатки.

Другая проблема, связанная со свойствами пара, доставляла еще больше трудностей. Скорость пара, вырывающегося из сопла, пропорциональна отношению давлений на входе и выходе сопла и достигает максимального значения при отношении давлений, приблизительно равном двум. Дальнейшее повышение перепада давления уже не ведет к увеличению скорости струи. Таким образом, конструкторы не могли в полной мере использовать возможности пара с высоким давлением при использовании сопла с постоянным или суживающимся каналом.

В 1889 г. шведский инженер Карл Густав де Лаваль применил сопло, расширяющееся на выходе. Такое сопло позволило получить гораздо большую скорость пара, и вследствие этого скорость вращения ротора турбины также существенно увеличилась.

В паровой турбине Лаваль пар поступает к соплу, приобретает в нем значительную скорость и направляется в рабочие лопатки, расположенные на ободе диска турбины (рис. 4). При повороте струи пара в каналах рабочих лопаток возникают силы, раскручивающие диск и связанный с ним вал турбины. Для получения необходимой мощности на одноступенчатой турбине необходимы очень высокие скорости потока пара. Меняя конфигурацию расширяющегося сопла, удалось получить значительную степень расширения пара и, соответственно, высокую скорость (1200...1500 м/с) истечения пара.

Для лучшего использования больших скоростей пара Лаваль разработал такую конструкцию диска, которая выдерживала окружные скорости до 350 м/с, а частота вращения у некоторых турбин достигала 32 000 мин⁻¹.

Турбины, у которых весь процесс расширения пара и связанного с ним ускорения парового потока происходит в соплах, получили название активных. К таким устройствам, в частности, можно отнести и турбину Бранки.

В дальнейшем совершенствование активных паровых турбин пошло по пути использования последовательного расширения пара в нескольких ступенях, расположенных друг за другом. В таких турбинах, разработанных в конце прошлого столетия французским ученым Рато и усовершенствованных конструктором Целли, ряд дисков, укрепленных на общем валу, разделен перегородками. В этих перегородках устраивались профилированные отверстия - сопла. На каждой из построенных таким образом ступеней срабатывает часть энергии пара. Преобразование кинетической энергии парового потока происходит без дополнительного расширения пара в каналах рабочих лопаток. Активные многоступенчатые турбины получили широкое распространение в стационарных установках, а также в качестве судовых двигателей.

Наряду с турбинами, в которых поток пара движется приблизительно параллельно оси вала турбины и которые называются аксиальными турбинами, были созданы так называемые радиальные турбины, в которых пар течет в плоскости, перпендикулярной оси турбины. Среди этого типа турбин наибольший интерес представляет турбина братьев Юнгстрем (рис. 5), предложенная в 1912 г.

На боковых поверхностях дисков **1** и **2** кольцами постепенно возрастающего диаметра располагаются лопатки реактивных ступеней. Пар в турбину подводится по трубам **3** и далее через отверстия в дисках **1** и **2** направляется к центральной камере. Из нее пар течет к периферии через каналы лопаток, укрепленных на дисках. В отличие от обычной турбины, в конструкции братьев Юнгстрем нет неподвижных сопел или направляющих лопаток. Оба диска вращаются во встречных направлениях, поэтому мощность, развиваемая турбиной, передается на два вала **4** и **5**. Турбина описанной конструкции получилась весьма компактной.

И все же, несмотря на ряд новых конструктивных решений, примененных в одноступенчатых активных турбинах, их экономичность была невысока. Кроме того, необходимость редукторной передачи для уменьшения частоты вращения ведущего вала электрогенератора тормозила распространение одноступенчатых турбин. Поэтому турбины Лаваль, на раннем этапе турбостроения широко применявшиеся в качестве агрегатов небольшой мощности (до 500 кВт), в дальнейшем уступили место турбинам других типов.

Турбина Парсонса

Парсонс создал турбину принципиально новой конструкции. Она отличалась меньшей частотой вращения, и в то же время в ней максимально использовалась энергия пара. Дело в том, что в турбине Парсонса пар расширялся постепенно по мере прохождения через 15 ступеней, каждая из которых представляла собой два венца лопаток: один - неподвижный (с направляющими лопатками, закрепленными на корпусе турбины), другой - подвижный (с рабочими лопатками на диске, закрепленном на вращающемся валу). Площадки лопаток неподвижных и подвижных венцов были взаимно перпендикулярны.

Пар, направляемый на неподвижные лопатки, расширялся в междуплощадочных каналах, скорость его увеличивалась, и он, попадая на подвижные лопатки, заставлял их вращаться. В междуплощадочных каналах подвижных лопаток пар дополнительно расширялся, скорость струи возрастала, и возникавшая реактивная сила толкала лопатки.

Благодаря внедрению подвижных и неподвижных венцов лопаток высокая скорость вращения стала ненужной. На каждом из тридцати венцов многоступенчатой турбины Парсонса пар расширялся незначительно, теряя некоторую долю своей кинетической энергии. На каждой ступени (паре венцов) давление падало лишь на 10 %. Ступенчатое расширение пара, лежащее в основе конструкций современных турбин, было лишь одной из многих оригинальных идей, воплощенных Парсонсом.

Другой плодотворной идеей была организация подвода пара к средней части вала. Здесь поток пара разделялся и шел по двум направлениям к левому и правому концу вала. Расход пара в обоих направлениях был одинаковым. Одно из преимуществ, которое давало разделение потока, заключалось в том, что продольные (осевые) си-



Рис. 4

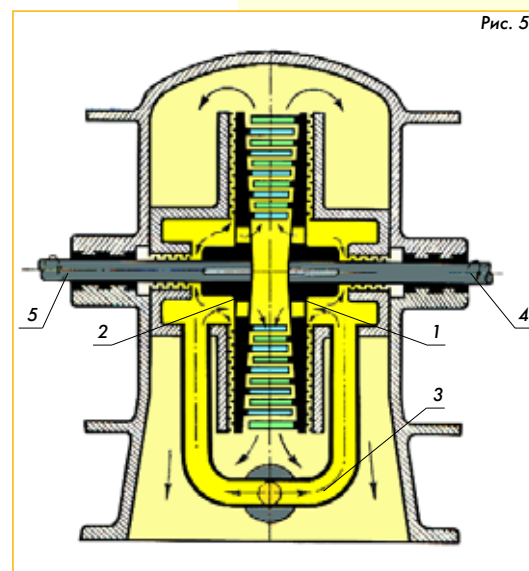


Рис. 5

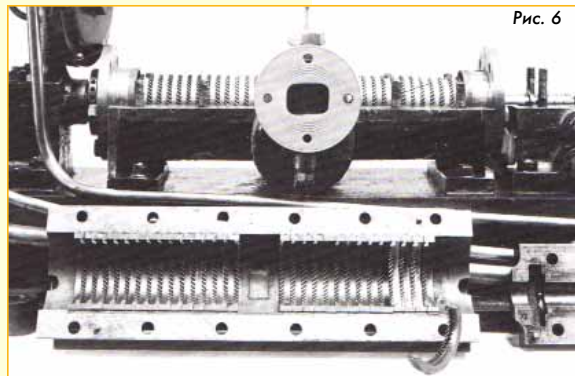


Рис. 6

лы, возникавшие из-за давления пара на лопатки турбины, уравнивались. Таким образом, отпадала необходимость в упорном подшипнике. Описанная конструкция используется во многих современных паровых турбинах.

И все-таки первая многоступенчатая турбина Парсонса имела слишком большую частоту вращения -

18 000 мин⁻¹. Центробежная сила, действовавшая на лопатки турбины, в 13 тысяч раз превышала силу тяжести. Для того, чтобы уменьшить опасность разрушения вращающихся частей, Парсонс предложил простое ре-

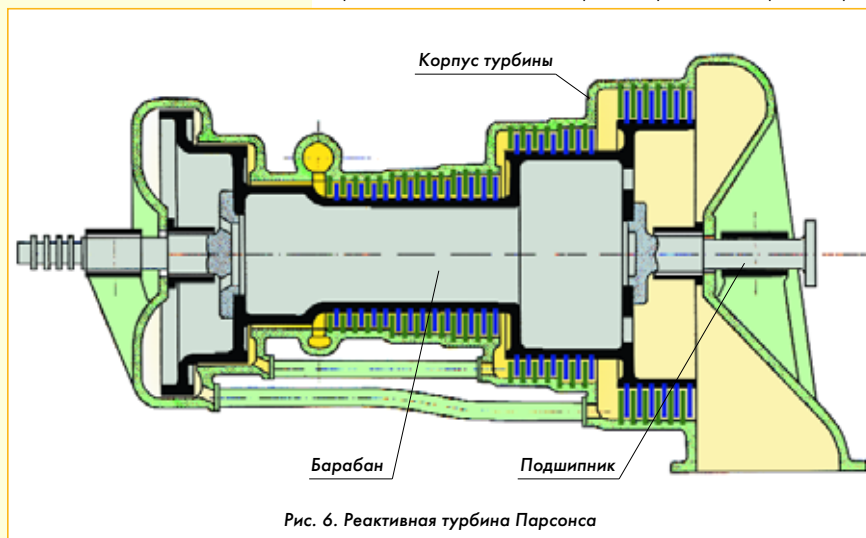


Рис. 6. Реактивная турбина Парсонса

шение. Каждый диск изготовлялся из цельного медного кольца, а пазы, в которые входили лопатки, располагались по окружности диска и представляли собой щели, ориентированные под углом 45°. Подвижные диски насаживались на вал и фиксировались на его выступе. Неподвижные венцы состояли из двух полуколец, которые прикреплялись сверху и снизу к корпусу турбины (рис. 6). Лопатки турбины Парсонса были плоскими. Для компенсации уменьшения скорости потока пара по мере его движения к последним ступеням в первой машине Парсонса были реализованы два технических решения: ступенчато наращивался диаметр диска и увеличивалась длина лопаток от 5 до 7 мм (рис. 7). Кромки лопаток были скошены, чтобы улучшить условия обтекания струй (рис. 8).

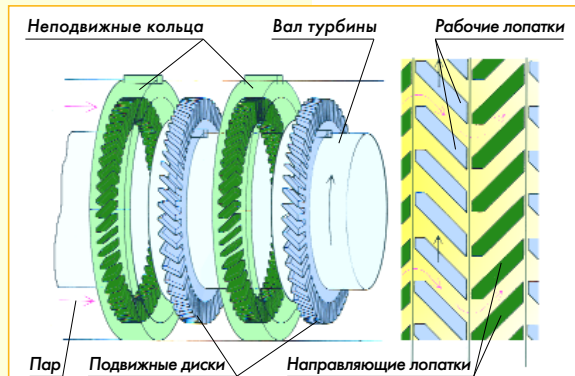


Рис. 8. Чередующиеся подвижные и неподвижные венцы лопаток задавали направление движения пара. Проходя между неподвижными лопатками, пар расширялся, ускорялся и направлялся на подвижные лопатки. Здесь пар также расширялся, создавая силу, которая толкала лопатки

Кто такой Парсонс?

Парсонс был младшим сыном в семье, получившей во владение землю в Ирландии. Его отец, граф Росс, был талантливым ученым. Он внес большой вклад в технологию отливки и шлифовки больших зеркал для телескопов.

Парсонсы не отдавали своих детей в школу. Их учителями были астрономы, которых граф приглашал для ночных наблюдений с помощью телескопов; в дневное время эти ученые обучали

детей. Всячески поощрялись и занятия детей в домашних мастерских.

Чарлз поступил в Тринити-колледж в Дублине, а затем перешел в Сент-Джонс-колледж Кембриджского университета, который окончил в 1877 г.

Поворот в судьбе Парсонса произошел, когда он стал учеником Джорджа Армстронга, известного фабриканта корабельных орудий, и начал работать на его Элсуикской фабрике в г. Ньюкасл-он-Тайне. Причины, которые побудили Парсонса принять такое решение, остались неизвестными: в то время дети из богатых семей редко избирали карьеру инженера. Парсонс завоевал репутацию самого трудолюбивого ученика Армстронга. В период стажировки он получил разрешение работать на самой последней новинке - паровой машине с вращающимися цилиндрами - и между 1877 и 1882 гг. запатентовал несколько своих изобретений.

Первые опыты с турбинами Парсонс начал проводить, работая у Армстронга. С 1881 по 1883 г., т.е. сразу после стажировки, он работал над созданием торпеды, приводимой в движение газом. Особенность двигателя торпеды состояла в том, что сгорающее топливо создавало струю газа высокого давления. Струя ударялась в крыльчатку, заставляя ее вращаться. Крыльчатка, в свою очередь, приводила во вращение гребной винт торпеды.

Работы над газовыми турбинами Парсонс прекратил в 1883 г., хотя в его патенте 1884 г. описан современный цикл работы такой турбины. Впоследствии он дал этому объяснение. "Опыты, проводимые много лет назад, - писал он, - и частично имевшие целью удостовериться в реальности газовой турбины, убедили меня в том, что с теми металлами, которые имелись в нашем распоряжении... было бы ошибкой использовать для приведения лопаток во вращение раскаленную струю газов - в чистом виде, или в смеси с водой или паром". Это было прозорливое замечание: лишь спустя десять лет после смерти Парсонса появились металлы, обладавшие необходимыми качествами.

В апреле 1884 г. он оформил два предварительных патента, а в октябре и ноябре того же года дал полное описание изобретения. Для Парсонса это был невероятно продуктивный период. Он решил создать и динамо-машину, работающую от турбины на высоких скоростях, которые доступны немногим из современных электрических машин. Впоследствии Парсонс часто повторял, что это изобретение так же важно, как и создание самой турбины. До сегодняшних дней основным применением паровой турбины остается приведение в движение электрических генераторов.

В ноябре 1884 г., когда был создан первый образец турбины, достопочтенному Чарлзу А. Парсонсу было всего 30 лет. Инженерный гений и чутье на потребности рынка сами по себе были недостаточным условием для того, чтобы его детище благополучно вступило в жизнь. На ряде этапов Парсонс должен был вкладывать свои собственные средства, для того чтобы проделанная работа не пропала даром. Во время судебного разбирательства в 1898 г., затеянного с целью продлить срок действия некоторых его патентов, было установлено, что на создание турбины Парсонс израсходовал личных денег в сумме 1107 фунтов 13 шиллингов и 10 пенсов.

Удивительно, но часть фамилии Парсонса содержит русское слово пар.



ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ - КОНСТРУКТОР

На заре автомобилизации всей планеты, после нескольких неудачных попыток использования пара в качестве рабочего тела двигателя "самобежных" колясок, конструкторы попробовали поехать на сжатом воздухе, а потом перешли на электрическую тягу. Это происходило как раз в те времена, когда проводилась электрификация всей Земли. Электромоторы устанавливались повсюду, где только можно, и в первую очередь на производстве. Но если к станку энергия подводилась по проводам, то к автомобилю провода не протянешь. Ездили на аккумуляторах. Причем в России первый автомобиль, появившийся в 1899 г., был именно с электродвигателем. Ну, а потом произошло то, что после изобретения двигателя внутреннего сгорания назвали победным шествием ДВС по всей планете. Эффективность нового двигателя была столь велика, что он безоговорочно вытеснил все остальные. И только теперь, когда перед человечеством встали проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды, конструкторы начали ломать головы над поиском альтернативы двигателю внутреннего сгорания. И тут им снова на глаза попал электрический двигатель. Попал потому, что он все-таки использовался в некоторых машинах, например, электрокарах.

Но данное транспортное средство имело ряд ограничений, эксплуатировалось только на внутриводской территории, имело небольшую скорость и ограниченную дальность пробега. Ночью электрокар становился на подзарядку. Для того, чтобы можно было кататься целый день с приличной скоростью, надо было решить проблему повышения емкости аккумулятора, снижения его массы и стоимости. Этой проблемой занялись сравнительно недавно, но уже достигнуты впечатляющие результаты. Причем на рынке появились сразу несколько машин разных фирм.

Американская компания AC Propulsion создала не просто автомобиль, а спорткар Tzero. Причем покупателям он предлагается в двух вариантах: со свинцовыми аккумуляторами и с ионно-литиевыми. Свинцовые аккумуляторы дают возможность проехать на одной зарядке всего 150 км со скоростью 145 км/ч. Можно ехать медленнее, тогда и проехать можно будет немного больше. Двигатели позволяют ехать куда быстрее, но тогда пробег будет совсем небольшим, поэтому скорость ограничена указанной величиной.

Совсем другое дело при установке ионно-литиевых батарей - пробег сразу возрастает до 480 км, причем со скоростью 160 км/ч.

Почти аналогичные характеристики у машины Fetish, которую создала французская компания Venturi. И хотя кузов изготовили из композиционного материала на основе углеволокна, масса этой небольшой машины все же достигла 1100 кг. Но благодаря электромотору, мощность которого со-

ставляет 245 л.с., машина разгоняется до 100 км/ч всего за 5 с. Электроэнергии, запасенной в ее ионно-литиевых аккумуляторах, достаточно для пробега 350 км с максимальной скоростью 170 км/ч.

Но все же американцы решили спорткарами себя не ограничивать и придумали еще один электроавтомобиль, по динамическим характеристикам не уступающий Tzero и Fetish. Причем этот автомобиль настолько оригинален, что на нем следует остановиться немного поподробнее.

Вначале о габаритах: длина машины составляет 2,57 м, высота - 1,52 м, ширина - 0,99 м (!) Автомобиль шириной с мотоцикл. Да и берет он на "борт" всего двоих: водителя и пассажира. Правда, есть небольшой багажник. То, что автомобиль берет всего двоих, вполне оправдано - зачастую в машине, рассчитанной на четырех человек, едет всего один. Этот автомобиль для тех, кто любит одиночество, комфорт и скорость. Максимальная скорость ограничена не "жалкими" 170 км/ч, как у Fetish, а 240 км/ч (но зато пробег при этом очень маленький - порядка 130 км). Безопасность на такой скорости обеспечивают специальная рама и... аккумуляторы. Их масса составляет почти половину массы автомобиля, которая достигла 1364 кг, и располагаются они под полом, что значительно понижает высоту центра тяжести машины. Это обеспечивает машине высокую маневренность, видимо, поэтому ее называли Tango.

Два мощных электромотора, каждый из которых работает на свое заднее колесо, позволяют Tango разогнаться до 100 км/ч всего за 4 с. Такие разгонные характеристики и такая максимальная скорость для этого автомобиля нужны где-нибудь за городом, скажем, когда опаздываешь на работу. А вот когда ты уже в городе, то тут очень кстати будут маленькие габариты Tango.

Во-первых, эта машина на дороге занимает в два раза меньше места, а на одной полосе их умещается целых две. Во-вторых, когда надо будет припарковаться, то можно встать поперек между двух других машин, и нет проблем. Можно и аккумуляторы подзарядить. На первых машинах предполагается установка никель-металлгидридных аккумуляторов, а в последующем - литий-ионных. Для их зарядки потребуется около трех часов. Можно управиться и за 10 минут, но для этого потребуется мощный источник тока, да и зарядка будет неполной, всего 80 % от максимально возможной.

И самое интересное. Фирма Commuter Cars Corporation, производящая этот автомобиль, предлагает покупателям не готовую машину, а комплект для сборки. Для российского рынка вполне актуально: покупатель будет лишен возможности винить завод в плохой сборке. А собрать Tango можно будет за 8 часов.



ВОДОРОД НА ТРАНСПОРТЕ

Николай Болбас

Давний друг журнала, выпускник школы и будущий студент МАДИ, прислал в редакцию свою работу, которая позволила ему стать победителем на олимпиаде и быть зачисленным в университет. Не имея возможности полностью изложить весь материал, редакция предлагает его сокращенный вариант.

“ В отличие от предыдущего, этот автомобиль был гораздо изящнее, и мотор у него был более мощный, так как работал он не на обыкновенной газированной воде, а на газированной воде с подогревом”.
Н. Носов. “Незнайка в Солнечном городе”

Еще в 1839 г. профессор физики сэр Вильям Роберт Гров открыл возможность получения электроэнергии в топливном элементе (ТЭ). Электроэнергия вырабатывается непосредственно в процессе химической реакции соединения водорода и кислорода без использования механических устройств, снижающих эффективность системы в целом. Уже сейчас к.п.д. существующих элементов достигает 50 %, что в два раза выше, чем у ДВС. Впрочем, на рубеже XIX и XX веков ДВС победил не только вследствие высокой эффективности, но и благодаря относительной простоте изготовления и дешевизне топлива. В свое время преградой на пути внедрения топливных элементов стали трудности с получением и хранением водорода.

Последние, крайне пессимистические прогнозы относительно добычи нефти и других невозобновляемых источников энергии, жесткие ограничения на уровни выбросов привели к тому, что начались исследования и коммерческое развитие новых технологий. В настоящее время человечество тратит на исследования в этой области ежегодно до \$55 млрд.

Разрабатывается множество различных типов топливных элементов. Они существенно различаются по своим характеристикам: рабочей температуре, устойчивости к периодическим изменениям температуры, плотности энергии, устойчивости к примесям в топливе, типу применяемого электролита и т.д.

В последнее время большое распространение получил топливный элемент с мембранами протонного обмена (с полимерным электролитом). Чуть более 10 лет назад в топливных элементах использовался водно-щелочной элемент. Но постепенно разработки пришли к выводу, что полимерно-мембранная технология для транспорта куда совершеннее, ведь в случае ее применения не нужно возить дополнительные баллоны с кислородом. Рабочая температура в этом процессе также всего 80...95 °С.

Водород как источник энергии, конечно, имеет очень большие преимущества и перспективы, но несет с собой и ряд проблем, среди которых его получение, хранение и трансформация в энергию.

Получение водорода

Запасы водорода практически неисчерпаемы. Но, поскольку он химически чрезвычайно активен, то в природе существует только в связанном виде, главным образом в органическом веществе и воде. Известны несколько способов получения водорода.

1. Паровая конверсия метана (ПКМ). На первой ступени ПКМ при температуре 750...850 °С в присутствии катализатора происходит расщепление метана и водяного пара на водород и монооксид углерода. На второй ступени “реакция сдвига” превращает монооксид углерода и воду в диоксид углерода и водород. Эта реакция происходит уже при температурах 200...250 °С. В настоящее время это самый дешевый (и наиболее освоенный) промышленный способ производства водорода. Но для расщепления метана необходима высокая температура. Кроме того, реакция сопровождается выбросами CO и CO₂.

2. Разложение воды на водород и кислород (прямой термолиз) при нагревании свыше 2500 °С. Проблема здесь состоит в том, чтобы предотвратить рекомбинацию водорода и кислорода. Очевидны трудности с подбором материалов, выдерживающих такие температуры, и с источником энергии для нагрева.

3. Термохимический процесс получения водорода из воды при ее реакции с химически активными соединениями (например, брома), осуществляемый при высокой температуре. К недостаткам этого метода следует отнести большие энергетические затраты и необходимость проведения несколько стадий (обычно трех).

4. Электролитическое разложение воды (электролиз). Этот метод является одним из наиболее известных и хорошо исследованных методов получения водорода. Важен этот метод и потому, что он является наиболее универсальным в отношении использования первичных источников энергии, т.е. не нарушается круговорот вещества в природе. У этого метода масса и других достоинств:

- высокая чистота получаемого водорода - до 99,99 % и выше;
- простота технологического процесса, его непрерывность, возможность наиболее полной автоматизации;
- возможность получения ценнейших побочных продуктов - тяжелой воды и кислорода;
- общедоступное и неисчерпаемое сырье - вода;
- физическое разделение водорода и кислорода в самом процессе электролиза.

Есть у этого метода и громадные минусы. К ним следует отнести большие энергетические затраты (например, для того, чтобы перевести весь автомобильный парк Британии исключительно на водород, потребуется дополнительно построить сотню АЭС, электроэнергия которых пойдет на получение требуемого количества водорода), а также необходимость применения в качестве катализаторов платины или палладия.

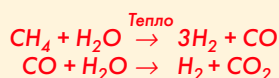
5. Получение водорода путем реформинга углеводородов из нефти, бензина, метанола. Этот процесс может осуществляться непосредственно на борту автомобиля.

Водород можно получать из любых углеводородов (например, из этилового спирта, полученного путем брожения растительных культур, или из глюкозы, содержащейся в больших количествах в растительных биомассах). Самый эффективный из этих способов - реформинг метанола. Основной недостаток метаноловых элементов заключается в токсичности топлива. Эффективность других похожих технологий значительно ниже.

6. Фотоэлектрохимический метод получения промышленных объемов водорода из воды, основанный на фотоэффекте в полупроводниках.

Хранение водорода

Технологии производства водорода достаточно хорошо освоены и имеют практически неограниченную сырьевую базу. Однако низкая плотность газобразного водорода, низкая температура его сжижения, а также высокая взрывоопасность в сочетании с



негативным воздействием на свойства конструкционных материалов, выдвигают на первый план проблемы разработки эффективных и безопасных систем хранения водорода. Именно эти проблемы сдерживают развитие водородной энергетики в настоящее время. Сегодня известны физические и химические методы хранения чистого водорода.

Физические методы

1. Хранение сжатого газообразного водорода в газовых баллонах и стационарных системах хранения, включая подземные резервуары (газгольдеры).

Для хранения газообразного водорода при давлении до 100 МПа используют сварные сосуды с двух- или многослойными стенками. Внутренняя стенка такого сосуда выполнена из аустенитной нержавеющей стали или другого материала, совместимого с водородом в условиях высокого давления, внешние слои сделаны из высокопрочных сталей. Для этих целей применяют и бесшовные толстостенные сосуды из низкоуглеродистых сталей, рассчитанные на давление до 40...70 МПа. При этом масса баллона для хранения 1 кг водорода достигает 33 кг.

Сегодня системы хранения сжатого водорода с давлением до 35 МПа обеспечивают автомобилю пробег порядка 200 км. Для увеличения запаса хода между двумя заправками до 500 км необходимо повысить давление в баллонах до 70 МПа, что весьма проблематично. Кроме того, для обеспечения требований безопасности необходимо, чтобы баллон выдерживал ударное давление, по крайней мере, вдвое превышающее рабочее давление газа. Увеличению размеров баллонов препятствуют габариты автомобиля и увеличение массы самих баллонов.

2. Хранение жидкого водорода в стационарных и транспортных криогенных контейнерах. В таком состоянии объем водорода уменьшается в 700 раз.

Одной из проблем хранения водорода в жидком состоянии является то, что в таком виде он находится в узком интервале температур: от точки кипения 20 К до точки замерзания 17 К, когда он переходит в твердое состояние. Если температура поднимается выше точки кипения, водород переходит из жидкого состояния в газообразное.

Еще одной проблемой являются потери на испарение. За каждые сутки выкипает 3...4 % жидкого водорода.

Химические методы

Они основаны на использовании физико-химических процессов взаимодействия водорода с некоторыми материалами, в том числе с материалом среды хранения. Наиболее широко используемые свойства - адсорбция водорода активированным углем и абсорбция некоторыми материалами (металлогидридами).

Потенциально более эффективно хранить водород в гидридах. Физически это выглядит так, как будто атомы водорода прилипают к поверхности трубчатых стекловолокон микроскопических размеров либо водород хранится в пустотах между частицами прессованного металлического порошка, как в губке. При хранении водорода в виде гидридов объем системы уменьшается примерно втрое по сравнению с объемом хранения в баллонах. Извлекают водород из гидрида методом гидролиза и методом термической диссоциации.

Стационарные устройства для хранения водорода в форме гидридов не имеют строгих ограниче-

ний по массе и объему, поэтому лимитирующим фактором выбора того или иного гидрида является его стоимость. В некоторых случаях может оказаться полезным гидрид ванадия, поскольку он хорошо диссоциирует при температуре, близкой к 270 К. Гидрид магния является относительно недорогим, но имеет сравнительно высокую температуру диссоциации 560...570 К и высокую теплоту образования. Железотитановый сплав сравнительно недорог, а гидрид его диссоциирует при температурах 320...370 К с низкой теплотой образования.

Гидриды, однако, хранят водород с относительно небольшой плотностью энергии на единицу массы, а процессы их заправки идут недопустимо медленно. Неоспоримые достоинства - простота конструкции системы, высокая степень безопасности. Однако для извлечения водорода из гидрида необходимы температуры от 150 до 300 °С. Чтобы избежать больших бесполезных затрат энергии, нужно добиться высвобождения водорода при температурах около 80 °С. Хотя исследования в этой области только начинаются, хранение в твердотельной системе очень привлекательно.

Хранение и транспортирование водорода в химически связанном состоянии

Переход на водородную энергетику связан с необходимостью создания новой инфраструктуры, но для эффективного ее функционирования необходимо параллельно развернуть парк автомобилей, заправляемых водородом, ...которые никто не будет покупать, пока не появится сеть заправок. Получается замкнутый круг. Для выхода из создавшегося положения предлагается использовать водород, получаемый из бензина, метанола, этанола и т.п.

В случае ориентации на использование бензина инфраструктура для поддержки водородного автомобиля практически готова. Остается создать недорогой и надежный в эксплуатации конвертер для разложения углеводородов с образованием водорода и углекислого газа. В настоящее время активно ведутся исследования в этой области. И, как предсказывают специалисты, в недалеком будущем цена конвертера для выделения водорода при массовом производстве может быть не более \$3 тыс.

Заключение

Как и в случае любого технического и технологического прорыва, способного изменить господствующие технологии, для внедрения топливных элементов и создания водородной энергетической инфраструктуры потребуется время. Предсказать темп развития событий трудно. Вместо постепенной эволюции автомобиля мы наблюдаем революционный процесс в разработке технологий.

Вполне возможно, что в отдаленной перспективе наилучшим способом получения водорода будет термохимический процесс его получения из воды, а лучшим способом хранения - хранение водорода в гидридах. Что касается сегодняшнего дня - это риформинг бензина на борту автомобиля.

Когда электромобили на топливных элементах вытеснят машины с традиционными ДВС, сказать трудно. Специалисты уверены, что серийное производство машин с альтернативными водородными силовыми установками начнется уже в ближайшие годы, а между 2010 и 2020 гг. они станут широко распространенным видом транспорта.

"ДаймлерКрайслер" в 2003 году ввел в эксплуатацию 30 автобусов на топливных элементах. Автобусы, созданные на базе Mercedes-Benz Citaro, курсируют в 10 крупных европейских городах: Амстердаме, Барселоне, Гамбурге, Лондоне, Люксембурге, Мадриде, Порто, Рейкьявике, Стокгольме и Штутгарте. Автобусы проходят испытания на надежность. Условия: ежедневная эксплуатация, сложные маршруты с большими перепадами высот, отрицательные и положительные температуры.



ЛАДА 111 АНТЭЛ - опытный образец, оснащенный энергоустановкой на топливных элементах. Основой энергоустановки является щелочной водородно-воздушный электрохимический генератор. Водород хранится в баллонах под давлением 40 МПа. На одной заправке обеспечивается пробег до 350 км. На машине установлен электродвигатель мощностью 90 кВт и массой 30 кг. Его к.п.д. немногим более 90 %.

СТАНЕТ ЛИ НОВЫМ ХОРОШО ЗАБЫТОЕ СТАРОЕ?

В предыдущем номере была опубликована статья об использовании энергии сжатого воздуха в пневматических двигателях современных автомобилей. Несомненно, что у этих машин будет прекрасное будущее, но предстоит решить еще очень много инженерных задач. Причем некоторым из них почти 200 лет. Да, уже в начале XIX века существовали не только проекты пневматических систем, но и конкретные устройства (использующие как сжатый воздух, так и разряженный), и, кстати, достаточно широко. Даже дверные звонки работали на воздухе. И только тогда, когда получение электроэнергии стало простым, а его распространение широким, произошло постепенное вытеснение пневмосистем. Сегодня, когда инженерная мысль вновь обратилась к идее использования энергии сжатого воздуха, интересно вспомнить, как в позапрошлом веке энергию сжатого воздуха пытались использовать на транспорте.

Однажды на железной дороге в Ирландии произошел курьезный случай. Работник железной дороги, некто Фрэнк Эбрингтон, производил подготовку головного вагона к отправлению и не заметил, как тот без прицепных вагонов выкатился на путь с трубой, из которой выкачен воздух. Всего через одну минуту с четвертью Эбрингтон оказался в Далки. Средняя скорость составила 135 км/ч! Таким образом Фрэнк Эбрингтон стал самым первым человеком, преодолевшим 100-километровый рубеж скорости.

В начале XIX века идей, связанных с использованием энергии сжатого воздуха, было предостаточно. Но пионером в этом деле считается англичанин Мэдхерст.

Во всех учебниках и энциклопедиях указано, что первая в мире железная дорога была построена в Англии в 1825 г. Ее длина составляла всего 21 км (кстати, если верить книге "Локомотивы отечественных железных дорог (1845 - 1955 гг.)", протяженность этой дороги равнялась 40 км). Но уже в 1827 г. Мэдхерст решил существенно модернизировать железную дорогу. Причем в его проекте не было места для паровоза. Идея заключалась в следующем. Он предложил вкопать между рельсами трубу большого диаметра так, чтобы верхняя ее часть возвышалась над поверхностью. В этой части трубы делался продольный разрез по всей ее длине. Внутрь трубы вставлялся поршень, от которого через этот разрез на поверхность выводилась специальная тяга, которая присоединялась к тележке, стоящей на рельсах. К этой тележке цеплялись либо пассажирские, либо грузовые вагоны. Состав готов к движению. А двигаться он должен был только тогда, когда на поршень воздействовало достаточное давление воздуха, нагнетаемое в трубу со стороны станции отправления. Понятно, что наличие

продольного разреза в трубе не давало бы возможности создать хоть малейшее давление воздуха. Поэтому для обеспечения герметичности Мэдхерст предусмотрел установку специального клапана-затвора вдоль всей трубы.

Идея Мэдхерста была проста и привлекательна, многие инженеры взялись за ее реализацию. С компонентами собственно железной дороги проблем не было: уже существовали вагоны различной конструкции. Трубы большого диаметра (0,5...1,5 м) также имелись. Изготовление поршня не

составляло проблемы. Наибольшие трудности возникли при создании устройства для уплотнения щели. Надо было сделать так, чтобы продольная прорезь в трубе герметично закрывалась каким-то клапаном, который легко открывался бы при проходе тяги, а затем вновь закрывался. Перечислять все патенты на конструкцию клапана нет возможности, их великое множество, интереснее практическая реализация идеи. Первым в 1834 г. англичанин Пинкас запатентовал, а затем построил модель дороги, в которой движение поршня обеспечивалось не повышением давления в трубе за поршнем, а созданием разрежения впереди него. И хотя испытания действующей модели прошло успешно, Пинкасу так и не удалось построить настоящую дорогу.

В 1840 г. два изобретателя - Клегг и Сэмюд построили двухкилометровую дорогу, на которой пятитонная тележка разгонялась до 72 км/ч. Для того времени это была громадная скорость, недостижимая для локомотивов того времени. Кроме того, внешне все выглядело очень изящно: отсутствовал паровоз с его дымом и копотью, "поезд" Клегга и Сэмюда начинал движение мягко и бесшумно, и уже одно это производило неизгладимое впечатление. Началась строительная лихорадка.

В 1843 г. в Ирландии было открыто регулярное движение по дороге длиной 2,8 км между Кингстоуном и Далки. За 5 мин до отправления поезда из Кингстоуна паровая машина мощностью 100 л.с., находившаяся в Далки, начинала откачивать воздух из трубы. Строго по расписанию машинист головного вагона снимал поезд с тормозов. Ровно через пять минут состав массой 60 тонн прибывал в пункт назначения. Его скорость достигала 32 км/ч. Составы вдвое меньшей массы разгонялись до 64 км/ч.

В 1845 г. открылась дорога Лондон - Кройдон длиной 16,8 км, а спустя год еще одна: Эксетер - Ньютон - Эббот длиной 33,6 км. Французы отстаивали: только в 1847 г. они построили дорогу Нантерр - Сен-Жермен длиной "всего" 11,5 км.

В России изучался вопрос о постройке аналогичных дорог, но русские специалисты указали на ряд проблем, которые так и не были решены на дорогах Англии и Франции. Одна из проблем была



связана с тем, что в трубы проникала вода, в них также скапливался конденсат. В конечном счете это приводило к тому, что трубы ржавели. Ржавчина совместно с неровностями внутренней поверхности трубы приводила к быстрому износу уплотняющих манжет поршней. Но главная проблема, конечно, была связана с неудовлетворительной работой клапана, особенно при низких температурах. Несмотря на громадное число различных конструкций, ни одна из них так и не решала всех проблем. А для России, с ее сильными морозами, такая железная дорога не годилась вовсе.

Мэдхерст, видимо понимая, что клапан на трубе создаст кучу проблем конструкторам, почти одновременно с первой своей идеей предложил еще один вариант "трубопроводного" транспорта, в котором клапан отсутствовал. В его новом проекте пневматической дороги роль поршня выполняли сами вагоны цилиндрической формы. Внутренний диаметр трубы и диаметр вагонов был поистине циклопическим - 10 метров! Автор данной конструкции прекрасно понимал, что при движении придется преодолевать сопротивление воздуха, находящегося перед первым вагоном-поршнем. Поэтому он предложил не повышать давление за последним вагоном-поршнем, а снижать его спереди. Тогда атмосферному воздуху, давившему на последний вагон-поршень, легче обеспечить движение состава в разреженной среде.

Конечно, эту идею в то время было трудно реализовать на практике из-за огромных размеров, но инженеры с жаром взялись за решение конструкторских проблем. Как всегда, начали со строительства разнообразных моделей. Уже в 1826 г. англичанин Валланс построил в Брайтоне действующую модель дороги длиной 46 м. Но только через 30 лет, в связи с прокладкой тоннелей в Альпах и начавшимся строительством подземных городских дорог, вновь появился интерес к идее Мэдхерста. Осенью 1864 г. англичанин Рэммэл построил большую модель пневматической дороги - тоннель длиной 550 м и диаметром около 3 м. В этом тоннеле насос мощностью 60 л.с. одновременно создавал давление и разрежение, достаточные для того чтобы разогнать вагон до 40 км/ч. В 1867 г. похожую модель построил в Нью-Йорке американец Бич.

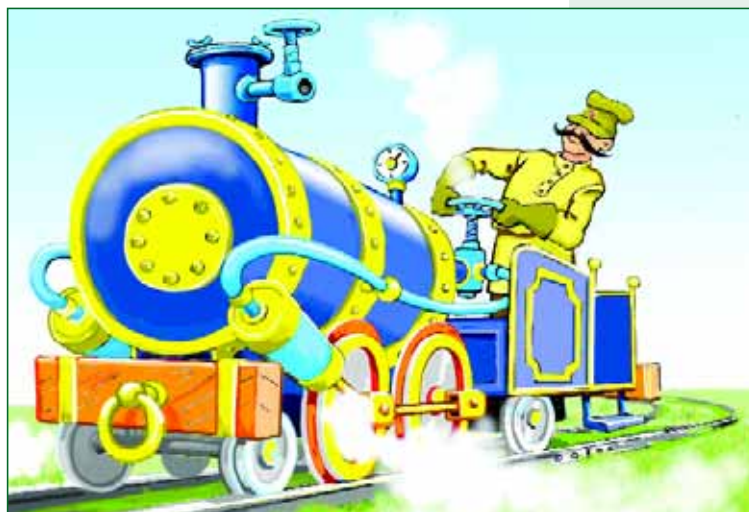
Как первая, так и вторая идеи Мэдхерста так и не нашли применения на транспорте. Хотя и сегодня существуют проекты создания поездов, которые будут с громадной скоростью "летать" по трубам. Они не должны касаться стенок трубы благодаря подвеске в магнитном поле. Приводить поезд в движение станет не перепад давления воздуха позади и впереди состава, а специальное электромагнитное поле, создаваемое так называемым линейным двигателем. Воздух из трубы планируют откачивать совсем, чтобы не создавать сопротивления движению.

Наконец, именно Мэдхерсту принадлежит еще одна идея - установить на локомотивы специальные баллоны со сжатым воздухом, приводящим в действие пневмомотор. И эта идея Мэдхерста была принята на "ура". В середине XIX века эксперименты проводились в Англии, Франции и России.

В 1861 г. на Александровском заводе Петербурга был построен локомотив, который должен был заменить паровоз и приводиться в движение

не паром, а сжатым воздухом. Строительством необычного для того времени локомотива руководил его изобретатель - С.И. Барановский. Он же дал своему детищу название "духоход". Двигатели были двухцилиндровыми, по одному на каждую сторону локомотива, привод от двигателя на колеса был таким же, как и у паровоза. Поршни каждого цилиндра диаметром 150 мм имели ход 300 мм. Судя по рисунку, который был сделан в 1862 г., на одной платформе находились как двигатель, так и баллоны со сжатым воздухом. Видимо, это был экспериментальный локомотив для проверки идеи на практике. Для "духохода", который должен был появиться на железных дорогах, Барановский предусматривал специальный прицепной вагон. Именно на нем устанавливались бы 34 баллона диаметром 150 мм и длиной 2,1 м, в которых находился необходимый для работы двигателя сжатый воздух. Такого количества воздуха должно было хватить на 2...3 часа движения. На всех или некоторых станциях вагон с опустевшими баллонами отцеплялся, и вместо него прицеплялся вагон с заправленными емкостями. Поезд, практически не задерживаясь, двигался дальше, а вагон с баллонами подавался на зарядку. В 1860 г. Барановский специально для этого сконструировал компрессор.

После проведенных испытаний поезда с локомотивом, работающим на сжатом воздухе, ходили между Петербургом и Царским Селом до лета 1862 г. На том его эксплуатация и закончилась.



Пневматический транспорт, появившийся практически одновременно с первым паровозом, не смог выдержать конкуренцию. Причинами тому было не только несовершенство клапана, но и очень низкий к.п.д. всей системы. Одна из причин была заложена в самом принципе работы пневмодороги: постоянная работа насоса для откачивания воздуха из трубы независимо от того, движется состав или стоит на месте. Тем не менее, пневматические железные дороги просуществовали четверть века. И до сих пор не иссякло желание использовать энергию воздуха, но только используя современные технологии, материалы, конструктивные решения. Вполне возможно, что новые попытки позволят создать экологически чистый вид транспорта. Ведь сжатый воздух можно получать не путем сжигания углеводородного топлива, а благодаря использованию солнечной энергии, энергии рек или ветра.

Первая в России железная дорога общего пользования была торжественно открыта 30 октября 1837 года. Эта дорога, протяженностью 27 км связала Петербург, Царское Село и Павловск. Первая опытная поездка паровоза с двумя вагонами на этой дороге была совершена 6 ноября 1836 года.



"БУДУ ЛЮБИТЬ ВСЕГДА"

Анатолий Маркуша

(Продолжение. Начало в № 1 - 2005)

А вы замечаете, как мало на свете веселых людей? Про Хазанова и вообще про артистов, что смешат нас со сцены, не говорю, у них смех - профессия. А возьмем хотя бы нашего Дира, хотя бы завуча - много они смеются? Ходят по школе, озираются... Сами не улыбнутся и нам не дают. А чуть на уроке фыркнешь, сразу - цыть! И пошли-поехали накручивать: надо иметь сознание, надо укреплять, а не расшатывать дисциплину - основу основ... Господи, помилуй Акулину милую!..

Теперь я как-никак подросток, могу за себя постоять, а во втором или в третьем классе мы же крупные были. Как пискнешь? Фаньку я, конечно, на всю жизнь возненавидел, но кое за что и благодарен: она помогла мне характер выработать. Помогла развить сопротивляемость внешним силам.

Вот велит писать русский в тетрадках с зеленой обложкой. Пишу нарочно в розовой тетрадке. Она злится, двойку лепит, а я все равно зеленую тетрадку презираю.

Оставляет после уроков, приказывает:

- Переписывай!

- А почему, если обложка зеленая, - спрашиваю я, - от этого для русского языка лучше?

Фанька на стенку лезет: не рассуждать! Дескать, не мое дело - умничать. Сказано - исполняй! И не разрешает вставать, пока не перепишу.

Кончилась эта дурацкая война тем, что она отца вызвала в школу, а пока он не придет, запретила показываться в классе.

Какой у них разговор был, я не знаю: под дверями пассив, ждал, позовут, но никто меня не потребовал. Отец вышел задумчивый, а потом, когда мы уже к дому подходили, улыбнулся и говорит:

- Не повезло тебе, Кириллеч, с учительницей. Жаль... Ты лучше с ней не связывайся: не переделаешь. Мертвый номер.

- А я принципиально не буду в зеленой тетрадке писать! - объявил я, совершенно убежденный, что стоять на своем - и честь, и заслуга. Но отец меня, как ни странно, не поддержал.

- Как-как? Принципиально, говоришь? А стоит ли по пустякам стараться? Принципиальность, сынок, тут ни при чем. Побереги эту штуку для серьезных дел.

Видно, посещение школы и беседа с Фаиной Исааковной крепко запомнились отцу, потому что месяца через полтора или даже два он вдруг говорит:

- Был такой поэт, Кирюша, Михаил Светлов. Знаешь? "Гренада"! Вот он говорил: принципиальность по мелочам - привилегия мещан. Это к нашему старому разговору добавка.

3. Тут я должен про отца рассказать.

Он у меня - не как все люди. Во-первых, без нервов. Что бы ни случилось, отец спокоен - не дергает-

ся, не размахивает руками, не кричит зря. Самое большее, что можно от него услышать: "Минуточку, дайте сообразить".

Во-вторых, он не пьет. Ничего - ни водки, ни пива, ни вина. И пусть сто человек станут его угощать, угощать, упрашивать - "Я шофер. Мне нельзя". Ему, конечно, начинают доказывать: а как же другие? Не меньше твоего, мол, шоферы, однако позволяют. Но он железно: "У них и спрашивайте, почему позволяют".

В-третьих, как отец стал заграничные выполнять, взялся иностранные языки учить. Сперва польский, потом английский. Спросил его: для чего? Это ведь трудно пожилому человеку - отцу скоро сорок! - чужие слова задалбливать, произношение отрабатывать, не говоря о грамматике.

А он:

- Интересно, справлюсь или нет? Должен справиться, Кирюха. А потом, я думаю: пока человек учится, все равно чему, он человек, а как бросит, считай, включил заднюю передачу и-и-и... покати к обезьянам!

В-четвертых, отец абсолютно все умеет делать собственными руками: звонок починить, подметку приклеить, стекло заменить, сварить суп, наладить радиоприемник - все это для него не проблема. В крайнем случае, покрутит головой и скажет:

- Минуточку, дайте сообразить...

В-пятых, он самый честный человек на свете. Вот подхожу я к нему - задача не получается: так, вроде все понятно, а с ответом не сходится. Если решит, растолкует. А нет - такое тоже бывает, - вздохнет и признается: "Не тяну, сынок..."

Не как другие. Хоть Лехино папашу взять. Если не волокит, сразу притворяется: "Некогда..." Или вовсе норовит на Леху свалить: "Не стыдно, студент, такой ерунды не знать? Что вы только на уроках делаете?" И как пойдет зубы заговаривать! Леха не рад, что спросил.

Сколько себя помню, мы с отцом дружим. И он меня всему, что сам знает и может, учит. При том приговаривать любит: "Если у мужчины руки-крюки, это не мужчина. Пусть он хоть профессор или даже член-корреспондент Академии наук, а все равно - шмечет! Что по-польски означает "мусор".

А теперь разговор про Олю: она тоже ближайшее окружение.

С детского садика мы рядом существуем.

После третьего класса Олю увезли на дачу. Точно не знаю, но, кажется, дача эта была где-то на Истре. Все лето я Олю не видел. Когда она вернулась и стала про лето рассказывать, самое странное, что я услышал, как там елки пилили. Лес стал засыхать и падать. Решили елки свести. Ну и пошли электрической пилой их крушить, а елки визжат и плюются осколками железа!

Оказалось: лес был в войну ранен и потому своего срока не выжил, а начал сохнуть и умирать... Оля про это рассказала - и в слезы! Она жутко впечатлительная девочка. Но слезы - не главное в Олином характере.

В четвертом классе нам учительница сказала:

- Завтра принимаем гостей! К нам приедут писатели.

Ну и давай объяснять, какие писатели приедут, что за книжки они сочинили, как их надо будет встретить. Ленке Коротеевой, как всегда, поручили гостей приветствовать, а Саше Саблину - благодарить. Это - в конце, понятно. Что Коротеева, что Саблин - главные мастера у нас в разговорном жанре и специалисты пускать пыль в глаза... А мы, толпа, должны были хлопать, улыбаться, подносить цветы на предстартовую линию, а еще раньше - хорошенько убрать класс. Да, чуть не забыл! Еще "люди из толпы" должны были надеть на гостей пионерские галстуки.

В назначенный день с небольшим опозданием прибыли наши гости. Их было трое. Один - главный. Он загоразивал собой остальных и больше всех разглагольствовал. Двое других не обижались - охотно поддакивали главному и все время "лыбились".

Главный был еще не очень старый, но то-о-о-олстый - невозможно выразить. И очки у него - настоящий велосипед! А когда он заговорил, голосок оказался тоненьким, честно скажу, смешным, как у Петрушки. Говорил главный писатель громко, то и дело начинал смеяться, хотя ничего уморительного в его словах, по-моему, не было. Что сразу не понравилось мне и, думаю, другим ребятам тоже - он жутко хвастал. Мол, наша детская литература - самая-самая из всех детских литератур на свете! А наши детские писатели еще при жизни становятся классиками. "Да-да! И тут не может быть никакого сомнения! Маршак, Чуковский, Михалков, Барто...- пищал наш гость.- А возьмите Прилежаеву или Алексина, чем это не классики?..". Кого-то он еще называл, но я не запомнил: смотрел на Олю.

Она сидела задумчивая-задумчивая и рисовала на клетчатом тетрадном листочке толстого котяру, похожего на медвежонка, в здоровенных очках. Как увидел я этого карикатурного кота, так сразу вспомнил: недавно я читал про кота, который якобы лучше любой служебной собаки брал след и мог в переполненном зале кинотеатра за пять минут отыскать человека, если только этому коту давали понюхать какую-нибудь из вещей того типа...

Извиняюсь, но я что-то не верю, будто такие сказочки могут быть кому-нибудь из ребят интересными. Муть это. И надо прямо сказать: у нас есть всякие книжки! Попадают на пятёрку. Есть на четверку и на тройку, и даже на чистую двойку тоже имеются.

Я еще раз поглядел на Олиного очкастого кота и заметил, что на листке было написано: "Джек Лондон "Мексиканец", а рядом: "Куприн "Слон"... Интересно, о чем думала Оля? Может, она собиралась выступить?

Но тут главный писатель вдруг пискнул:

- Вот ты, девочка, с четвертой парты у окна, ты - с пропеллером на голове... о чем изволишь мечтать?

Оля не сразу сообразила, что это к ней обращается наш важный гость и поинтересовалась:

- Это вы про мой бант "пропеллер" говорите? Не смешно...

По-моему, она здорово разозлилась.

Но и писатель тоже запустился: ему Олино "не смешно" против шерсти пришлось.

- Неужели тебе не интересно? Ты же совершенно не слушаешь! Мне кажется, тебе мои слова - вертер? Или я ошибаюсь?

- Извините, пожалуйста,- говорит, вставая со своего места Оля.- Но я не люблю, когда люди хвалятся. Просто не могу слушать: стыдно делается за людей...

- Но кто же здесь хвастается? - спрашивает писатель, а выражение у него такое... без парашюта с лунны свалился и хорошо хряпнулся при этом, толком даже вздохнуть не может.

- Вы,- говорит Оля.- Вы выхваляетесь: наша литература, наша литература, живые классики...

- Странная, однако, ты девочка,- пренебрежительно сказал писатель, после чего быстренько закончил свой треп.

Его сопровождающие сделали вид, что разговаривать с нами они и не собирались - пришли, мол, классика послушать.

А потом, когда гости ушли, началось второе действие этого представления.

Первой выскочила и накинулась на Олю Ленка Коротеева:

- Взрослому человеку... пи-са-телю!.. такое!.. в лицо! На всех тень... всему классу позор... а чего добились?.. - Ленка много чего еще наговорила, только я ее слов запоминать не стал.

Спросил:

- А если Оля на самом деле так думает?

- Ну и что! - загалдели девочки, Ленкины подпевалы.- Мало ли, кто что думает. Никто ей не поручал высказываться!

- Думает? Вот и думай себе в тряпочку! Твое личное дело...

Коротеева, почувствовав поддержку, надулась еще больше и спрашивает, как прокурорша какая-нибудь:

- Признаешь свою ошибку? Класс, мне кажется, имеет право с этим делом разобраться.

- А ты чего от имени всего народа поешь? - спросил я. - Ты кто такая?

- Молчи, Кирюха! - отрубила Ленка.- Посинел на глазах, как его Олечку тронули...

Настроение в массах изменилось: только что было в пользу Ленки, а тут поползло, поползло от нее. А Оля посмеивалась и читала:

Третий год, зимой и летом,

Появляется с букетом.

То придет на юбилей,-

То на съезд учителей...

А потом мы шли из школы домой, и тогда Оля мне вдруг сказала:

- Вообще, Кирюша, ты за меня лучше не заступайся. Сама я... Они же дураки...

По правде сказать, я не совсем понял, кого она имела в виду и с чего вдруг не велела за нее заступаться.

4. Наверное, это ничего, что я рассказываю про жизнь не совсем по порядку - даже в настоящей автобиографии люди не описывают день за днем и год за годом. Лично я стараюсь писать "по мыслям" - вот вспоминаю что-то, на мой взгляд, важное и думаю: а с чем это важ-



Говорил главный писатель громко, то и дело начинал смеяться, хотя ничего уморительного в его словах, по-моему, не было



Сперва папа позвонил по телефону и назначил мне свидание - сразу после школы, у памятника Пушкину.

ное было связано, как оно развивалось, какие в дальнейшем имело последствия?.. Ясно?

Когда я учился в четвертом классе и в школу ходить сделалось уже не так интересно, мать вдруг решила с отцом развестись. Сперва я ничего не знал, ни о чем не догадывался. Да и не удивительно: никаких скандалов в нашем доме никогда не бывало, мама ни в кого другого не влюблялась, все шло тихо-мирно, обыкновенно, и вдруг решила: разводимся!

Не помню, по какому поводу она начала со мной этот разговор, но первую фразу ее запомнил.

- Ты уже большой, Кирилл, - сказала мама, - скрывать не буду: не получается у нас с твоим отцом совместная жизнь. Водить друг друга за нос недостойно. Короче говоря, мы решили разойтись.

Я отпал. Наверное, приблизительно так должен чувствовать себя человек, когда у него в квартире ни с того ни с чего обваливается вдруг потолок, падает стенка, взрывается газовая плита... Мать говорила еще какие-то слова, но я никак не добирал: что же все-таки случилось?

- Мы будем жить с тобой, как жили, Кирюша... Тут я сделал над собой некоторое усилие, чтобы все же понять, что она толкует.

- Папа сказал... ты меня слушаешь, сын? Ему из дома ничего не надо. Вообще не исключено, что он переберется на жительство в Киев...

- Вот ты сказала: будем жить, как жили, да? - спросил я и поглядел матери в лицо. - Как жили, правильно?

Она не поняла меня и насторожилась - я сразу это заметил.

- Но папа ведь уедет...

- Господи, какой же ты бестолковый, Кирюша! Я про что говорила? - Она обвела рукой комнату.

- Почему же я бестолковый? Я очень даже толковый! Может, я хочу жить с отцом, а не с тобой? Разве у меня кто-нибудь спросил, что я думаю?

И тут началось!..

Все-таки одного я добился - личной встречи с отцом.

Это была довольно странная встреча.

Сперва папа позвонил по телефону и назначил мне свидание - сразу после школы, у памятника Пушкину.

Он пришел минута в минуту, как всегда приходил. На нем был новый синий костюм, красивая голубая рубашка с большими модняцкими карманами. Мы поздоровались за руку, и папа первым делом спросил:

- Тебе, как я понимаю, пора обедать? Если ты не против, пошли в ресторан?

Что мне было отвечать? Я еще ни разу в жизни не был в настоящем ресторане. Знал, понятно, что там едят, пьют, танцуют... что там все жутко дорого. Наверное, это меня смущало больше всего, но я ничего толком отцу не сказал, промямлил что-то неопределенное.

Ресторанный зал оказался большим, с высокими сводчатыми потолками. Стены расписаны, как будто это какая-нибудь Третьяковская галерея. Кругом зеркала, в них все отражается, и от этого и столиков, и окон делается вроде еще больше... На полах ковры, красные и очень толстые. В здоровенных кадках, расставленных по всему залу, разная растительность. На столиках скатерти белые, как снег. Словом, все очень шикарно выглядело.

Не понравился мне только официант: молодой, упитанный, говорил чудно, вроде подлизывался к отцу:

- Не позволите ли на первое порекомендовать вам селяночку? Очень впечатляюще может по сезону прозвучать.

Пока они договаривались, я все смотрел на большой куст, или, правильнее сказать, на маленькое деревце в кадке - в жизни таких здоровенных, блестящих, будто лаком покрытых, листьев не видел. Потом отец сказал - фикус. Смешное название, правда? Фикус!

- А пить что будем? - спросил официант, когда отец все заказал.

- "Буратино" будем пить - отличная вещь.

- Понятно: ребенку "Буратино", а вам прикажете...

- И мне.

- Однако... - Но тут отец на него так глянул, что официант вроде поменьше ростом сделался и запел совсем противным, скользким каким-то голосом: - Слушаюсссь.

Ели мы вкусно. Только очень долго.

Но главное еды был для меня разговор. Все подробно, чтобы по словам, я, конечно, не запомнил, а смысл был такой - первым делом я спросил: почему все-таки они с матерью решили развестись? Он подумал немного, достал ключи из кармана и стал их не спеша вертеть на пальце. Примерно обороте на седьмом заговорил. Сразу пообещал, когда придет время, рассказать все подробно, а пока просил понять: есть в жизни такие важные вещи - дружба, долг человека по отношению к другим людям... Здесь он подумал еще, вроде сомневался, говорить или нет, но сказал: деньги - тоже серьезная и подлая материя...

- Так вот, в некоторых этих важных вещах у нас с мамой появились глубокие расхождения. Он не стал объяснять, какие именно, и ни в чем маму не осудил.

Расспрашивать его дальше я не стал: у меня возникло такое ощущение, что большего отцу говорить не хочется. Но он помолчал и сказал все-таки:

- И мама посчитала - лучше нам жить врозь.

- Интересно, - подумал я, - кому это лучше? Ей? Или ему?

Но спрашивать не стал, а поинтересовался, почему они решили, что я должен оставаться с матерью? Отец как-то странно взглянул на меня и быстро-быстро закрутил ключи на пальце.

- А разве ты против?

Тут я чуть не заревел. У меня вдруг задрожало мелкой дрожью все лицо, а во рту сделалось кисло. Но я кое-как управился с собой и сказал:

- Ты бы мог сообразить, с кем я хочу жить, если уж не все вместе будем.

Отец долго молчал. Позвякивал ключами. Похоже было, подбирая слова поскладнее, вроде прицеливался, чтобы не промахнуться. Наконец стал мне втолковывать, что рад бы жить со мной, но есть много "но"... Первое: он подолгу отсутствует, а оставлять меня одного рано, к тому же ему бы не

было покоя в дороге. Второе "но", пожалуй, еще главнее: как станет мама обходиться без мужчины в доме? Кто ей по хозяйству поможет, кто, в случае чего, придет на помощь и выручку? Тут я аж глаза вытаращил:

- Вы же разводитесь! Почему же тебе не наплевать с Останкинской телебашни, кто ей будет помогать по хозяйству?

- Потому, что твой отец порядочный человек, сынок, и привык заботиться и думать не только о себе. Вот мы сидим здесь, попиваем "Буратино", заправились как надо... Словом, схватили приличную порцию кайфа... Так, кажется, твои приятели в школе говорят, когда имеют в виду удовольствие? А где начало? Начало всего?! Кто жизнь тебе подарил, а с нею и все радости? Мать. Мать одна, Кирилл, другой не бывает.

Он снова помолчал и снова поиграл ключами, потом попросил меня остаться с матерью. Обещал, что будет держать со мной постоянную связь, еще сказал:

- Раньше, как лет через пять, сынок, взять тебя не смогу. Совесть не позволит. Если только...

- Что - если?

- Если мама решит, допустим, снова замуж выйти, а ты ее выбора не одобришь, тогда другой вопрос.

Эти слова очень меня обрадовали, и я стал по-идиотски клясться, что никогда и ни за что никакого ее выбора не одобрю. Вероятно, я выступал достаточно глупо: отец засмеялся и посоветовал мне не суетиться, так как, насколько ему известно, пока у мамы никаких кандидатов на его место нет.

Потом, когда я шел домой, почему-то начал вспоминать, что уже было, ну-у раньше, и чего больше не будет. И первым пришло в голову, как отец учил меня забивать гвозди. Он притащил откуда-то березовое полено, поставил его на попа, объяснил, как правильно надо держать молоток, сказал, что глядеть надо исключительно на шляпку гвоздя, а не на молоток, еще кое-что растолковал, а потом скомандовал:

- Хватай гвозди, хватай молоток - и марш на полигон!

- Ку-у-удо? - не понял я.

Оказалось, полено - и есть "полигон". На нем я должен был упражняться. Сначала все шло хорошо, но когда гвозди стали поменьше, попадать им по головке сделалось труднее, и раза два я заехал себе по пальцам. А отец посмеивался и похваливал меня:

- Молодцом мужчина! Смелее давай... Не бойся! А потом он достал коробочку с совсем маленькими гвоздишками. И сказал:

- Теперь будем хитрости учиться. Такую гвоздюльку даже твоими маленькими пальцами держать нелегко. Верно? А мы возьмем гребенку, воткнем малыша между зубьев, вот та-а-а, приставим к деревяшке... Ну давай, лупи с плеча!

Папа редко на меня сердился. Но когда я рассадил все-таки палец до крови и заревел, он рассердился и обозвал меня киселем. Подумаешь, пальчик оцарапал - и реветь.

Стыдно! Мне не было, по правде сказать, стыдно. Почему - я не знаю, но до сих пор жалею: все-таки должно было стать хоть как-то нелепо за себя. Одно оправдание - возраст. Пять или пять с половиной лет.

5. В тот год, понятня, тоже было первое сентября. И скорее всего, малыши, как и в прошлые годы, толпами шли, подняв глаза на других мам, и выставлялись: наши-то цветочки побогаче ваших!

Только я ничего этого не видел. В школу пошел, потому что надо. А интереса и охоты не было. Если бы по своей воле жил, остался бы с удовольствием дома, валялся на диване и читал книжки. Но воля была не моя. Я постепенно втянулся в школьный омут, день потащился за днем: уроки, отметки, выволочки...

Вскоре на этом унылом фоне со мной стали твориться странные вещи. Сперва я не понял - что, но на уроке истории Юрий Павлович спросил у меня:

- Что тебе, Кирилл, известно о декабристах?

Вопрос был как вопрос - не трудный и не легкий. Я встал, бегло оглядел класс: кто слушал, кто только делал вид, что слушает, толстая Клавка тайком откусывала от баранки с маком, Димка Аверкин крутил кубик Рубика под партой. "Скукота", - подумал я и, сам того не ожидая, выдал вдруг текст:

- Декабристы - личности, принимавшие участие в бунте 1825 года и приговоренные судом к ссылке в Сибирь на каторжные работы, а пятеро - к смерти. Целью их была перемена образа правления, а предлогом послужило восшествие на престол вместо великого князя Константина Павловича великого князя Николая Павловича. Второе значение: декабристы во Франции - приверженцы Людовика Наполеона, поддержавшие государственный переворот второго декабря 1851 года.

Услышав такое, Юрий Павлович сперва просто-таки офонарел. А потом спрашивает:

- Где ты нахватался, Каретников?

И до меня доходит, вроде из тумана проступает: этот текст я случайно видел в "Настольном энциклопедическом словаре" издания 1892 года. Москва, товарищество "Гарбель".

Видел. А почему запомнил, как и для чего? Застрелите - не знаю! Но как бы там ни было, с этого началось: я стал видеть тексты. Какие? Этого я объяснить не мог и угадать тоже не мог. Просто мне время от времени стало отчетливо представляться то, что я раньше читал. А читал я много. И получалась сплошная ерунда: я мог запросто "уложить" учительницу природоведения такой приблизительно цитатой:

"Все звездное небо разделено на 88 участков, называемых созвездиями. Каждое из них характерно яркими звездами и имеет свое название. В каждом созвездии яркие звезды обозначаются буквами греческого алфавита, а наиболее яркие - около ста тридцати - имеют кроме того, и собственные названия".

Но подобные "выступления" совершенно не помогали мне на уроке математики, где я с великим трудом соображал, как нарисовать двойку в виде неправильной дроби, если в знаменателе будет пять.

И тем не менее кто-то прозвал меня Вундеркиндом.

Бывают вундеркинды скрипачи, художники, артисты, и это, хоть удивительно, но понятно! А мой конек - память: где-то в черепашке остается вроде бы отпечаток, копия текста. Как это выходит, не знаю, но получается. Что делать с такой странной способностью, я не знал.



- Где ты нахватался, Каретников?

(Продолжение в следующем номере)



В ЧЕСТЬ 40-ЛЕТИЯ ПЕРВОГО ВЫХОДА В КОСМОС

Дим. Соколовский



В Северо-Восточном округе состоялся первый в истории нашей страны детский фестиваль "Космическое путешествие XXI века". Это мероприятие было приурочено к грандиозной дате в истории освоения космоса - сорокалетию первого выхода человека в открытый космос. Люди всей планеты были восхищены мужеством Алексея Леонова, 18 марта 1965 года открывшего люк ко-



смонавтов, их дети (а теперь уже и внуки) ходят в те же школы. Встречи с космонавтами, конструкторами, экскурсионно-туристические программы (посещение Планетария и музея космической техники ракетно-космической корпорации (РКК) "Энергия" в г. Королеве), игры, конкурсы, викторины, изготовление моделей ракет и их пуски, мастер-классы и многое другое - вот что представлял собой первый детский космический фестиваль, прошедший с 28 марта по 1 апреля 2005 г.

Фестиваль торжественно открылся общим собранием 28 марта в новом актовом зале школы № 287. Перед детьми выступали космонавты и конструкторы, замечательные



детские коллективы: кадетский хор и ансамбль музыкальной школы, показывали видеофильмы, юные поэты читали свои стихи о космосе. Прошли экскурсии в Звездный городок и планетарий, а 31 марта на Аллее Космонавтов около Мемориального музея космонавтики гости фестиваля участвовали в показательных пусках моделей ракет, изготовленных руками школьников.



рабля и шагнувшего в неизвестность. Новое, впрочем, страшит до тех пор, пока его не познаешь: очень скоро суммарная продолжительность выходов космонавтов и астронавтов в открытый космос стала исчисляться многими сутками.

Обо всех этих событиях и рассказывала фестивальная программа. Конечно, в Москве далеко не первый год проводятся различные детские конкурсы по теме космоса, участвуют в них ребята из специализированных школ аэрокосмического направления. Задача была иной - познакомить с историей космонавтики самых обычных школьников начала XXI века, подарить им праздник, приобщить к творческой деятельности. Это облегчалось тем, что в округе находятся известнейший Мемориальный музей космонавтики и его филиал - Мемориальный дом-музей академика Сергея Павловича Королева. В округе живут многие из ко-



Конечно, фестиваль не мог бы состояться, если бы не огромная энергия, приложенная сотрудниками Мемориального музея космонавтики, школ, в которых проходил фестиваль, руководства управы Останкинского района, Всероссийского молодежного аэрокосмического общества "Союз". Самым активным образом проявили себя в Фестивале Центр Творчества детей и подростков "Останкино", Центр технического творчества детей "Лефортово", юные журналисты и художники из Центра детского творчества "Красная Пресня". Почетными гостями были сотрудники Государственного музея истории космонавтики им. К.Э. Циолковского из города Калуги. Хочется верить, что сегодняшние школьники, приобщившись к празднику, смогут увлечься темой космоса, и именно с их помощью будут построены новые космические корабли, которые отправятся бороздить Вселенную. 



МЕНЬШЕ, ЕЩЕ МЕНЬШЕ, А ТЕПЕРЬ И СОВСЕМ НЕ ВИДНО

Комитет Торгово-промышленной палаты РФ по промышленному развитию и высоким технологиям совместно с Международным фондом конверсии и концерном "Наноиндустрия" 24 марта этого года провел расширенное заседание (круглый стол) по вопросу "Нанотехнологии - бизнес: проблемы, интересы, прибыль".



Заседание открыл президент Центра законодательной поддержки промышленности С.С. Сулакшин, который обрисовал основную задачу круглого стола - обеспечить связь инноваций и инвестиций. Были рассмотрены состояние и перспективы развития наноиндустрии в России, отношение к этой перспективной отрасли промышленности со стороны государства и бизнеса. В ходе круглого стола обсуждались конкретные предложения разработчиков в области нанотехнологии.

На заседании рассматривались вопросы, связанные с развитием одного из самых приоритетных направлений научно-технического прогресса, с практическим применением уже имеющихся разработок в российской промышленности, продвижением достижений отечественной научно-технической мысли на мировые рынки, в том числе с учетом планируемого вступления России в ВТО, организации международной кооперации, подготовки кадров и т.д.

Справка

Нанотехнология - производство материалов и структур в масштабах до ста нанометров (тысячных долей микрона). Это ничтожно малая величина, сопоставимая с размерами атомов. Переход от "микро" к "нано" - это уже не количественный, а качественный переход - скачок от манипуляции веществом к манипуляции отдельными атомами.

Три основных направления развития нанотехнологий:

- изготовление электронных схем с активными элементами, размеры которых сравнимы с размерами молекул и атомов;
- разработка и изготовление наномашин, т.е. механизмов и роботов размером с молекулу;
- непосредственная манипуляция атомами и молекулами и сборка из них всего существующего.

Развитие нанотехнологий открывает принципиально новые горизонты во всех без исключения отраслях бизнеса. Сегодня активно применяются или ведутся работы по внедрению нанотехнологии в производство в таких отраслях, как индустрия новых материалов, электроника, биотехнологическая промышленность и медицина, машиностроение, строительство, энергетика, экология и другие. Перспективы использования нанотехнологий безграничны, вполне вероятно, что самые передовые разработки прежде всего найдут применение в производстве вооружений.

Нанотехнологии врываюся в современный бизнес уже на этапе рождения нового продукта или услуги - НИОКР. Четко прослеживающаяся тенденция к фактически повсеместному использованию нанотехнологий в производстве требует соответствующей базы НИОКР. Иначе говоря, подавляющая часть мирового парка исследовательской техники нуждается в замене или модернизации, поскольку должна быть способна работать с объектами на уровне наномасштаба, что само по себе колоссальный рынок.

Наблюдаемый сегодня в мировой экономике переход к промышленности принципиально иного типа - наноиндустрии (по существующим оценкам стоимость мирового рынка нанотехнологической продукции составит к 2015 г. \$1 трлн) требует соответствующего технологического оборудования. Замена парка технологического оборудования - рыночная ниша, по количеству и стоимостному объему, очевидно, многократно превышающая рынок исследовательской техники.

Если же говорить о конкретных направлениях применения нанотехнологий, то на сегодняшний день существует довольно широкий спектр как прорывных дорогостоящих технологий, так и весьма дешевых, получать значительные конкурентные преимущества от которых (встроив в свой действующий бизнес) могут себе позволить даже малые предприятия. Распространение нанотехнологий в бизнесе иллюстрируют следующие цифры: за последние годы в мире создано свыше 16 тыс. нанотехнологических компаний, и их число удваивалось каждые 1,5...2 года.



Нанозлектромотор Калифорнийского университета

Немного истории

Первым новую область техники стал пропагандировать американский физик Эрик Дрекслер. Он объединил идеи двух знаменитых ученых - Ричарда Фейнмана, который еще в 1959 г. говорил о том, что когда-нибудь человек научится манипулировать отдельными атомами, и Джона фон



Неймана, который вскоре после войны стал разрабатывать теорию самовоспроизводящихся, размножающихся машин.

Манипулирование отдельными атомами стало возможным с 1981 г., когда швейцарские ученые Биннинг и Рорер создали туннельный электронный микроскоп, в котором сверхтонкая игла движется над поверхностью электропроводного материала на высоте около одного нанометра. Если к игле приложить электрическое напряжение, можно "выдернуть" с поверхности отдельный атом, перенести его в сторону и, поменяв знак напряжения, снова вернуть на место. А в 1986 г. появился атомно-силовой микроскоп, который работает не на электростатическом принципе, а на силах межатомного взаимодействия, обеспечивающих притяжение между атомами, что позволило работать с любыми материалами. С помощью новой техники стало возможным изготавливать транзисторы или электронные переключатели, состоящих из считанного числа атомов.

Уже создан двигатель

Среди всех разработанных по нанотехнологии к настоящему моменту материалов и устройств уже создан самый маленький в мире электромотор. Удалось это специалистам Калифорнийского университета. Ротор двигателя изготовлен из золота и установлен на шпindel из углеродной нанотрубки толщиной всего несколько атомов углерода (до 10 нм). Мотор начинает работать при подаче напряжения на электроды и прохождении тока через ротор. Работу наномотора можно увидеть только с помощью сканирующего туннельного микроскопа, ведь его длина всего 500 нм. К сожалению, практическое применение этому мотору пока не найдено, но вполне возможно, что это время не за горами.

Соб. инф.

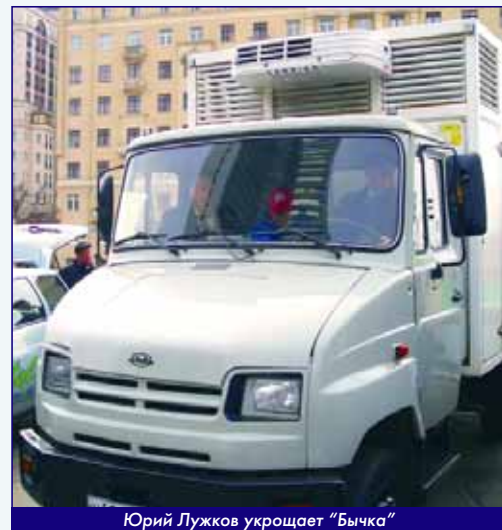
По решению московского правительства с 31 марта по 1 апреля в Москве была проведена Международная конференция "Альтернативные источники энергии для транспорта и больших городов". Актуальность данной конференции состоит в том, что в настоящее время резко повысилось загрязнение атмосферного воздуха многих крупных городов мира, в том числе российских, и главным образом Москвы, в которой уже сейчас почти 3 млн автомобилей. Их доля в загрязнении составляет 82 %. Правительством Москвы принимаются различные меры, направленные на улучшение экологической ситуации в городе, в том числе и поиски альтернативных топлив.

Конференция проводится накануне принятия решения о месте проведения Олимпийских игр в 2012 г. Как известно, требования к экологическому состоянию городов, где проводятся Игры, весьма высоки. Например, для удовлетворения этих требований в целях обслуживания Олимпийских игр 2008 г. в Китае принято решение о закупке трехсот автомобилей, работающих на водородном топливе.

Конференция началась с пленарного заседания, на котором мэр Москвы Юрий Лужков выступил с приветственным словом и докладом "Альтернативные источники энергии - будущее Москвы". В докладах и выступлениях представителей науки, промышленности и власти освещались современные тенденции политики в области сохранения природной среды, рассказывалось о состоянии и перспективах использования альтернативных видов топлив и других источников энергии.

На следующий день были проведены круглые столы: "Диметилловый эфир - производство и применение", "Энергетика больших городов", "Водородная энергетика", "Топливо с улучшенными экологическими характеристиками" и "Газообразное моторное топливо. Комбинированные энергетические установки".

В ходе Конференции состоялась выставка и демонстрация работы экомобилей, электромобилей и автомашин с гибридными двигателями. Свои машины показали ЗИЛ, КАМАЗ, "Фольксваген" и другие предприятия и организации. На автомобиле-ре-



Юрий Лужков укрощает "Бычка"

фрижераторе ЗИЛ-5301 "Бычок", топливом для которого служит диметилловый эфир, проехал мэр столицы. Вполне возможно, что московскую олимпиаду будут обслуживать машины с двигателями, работающими на этом топливе.

Соб. инф.

В Нижнем Новгороде 27 мая 2005 года состоится конференция "Развитие автомобильного рынка в России: современность и перспективы" в рамках международной автомобильной выставки "Автофорум-2005". Конференцию организуют и проводят ВЗАО "Нижегородская ярмарка", Объединение автопроизводителей России, ОАО "Автосельхозмаш-холдинг" при поддержке Департамента промышленности Минпромэнерго России и администрации города.

Для участия в работе Конференции приглашены руководители федеральной и региональной исполнительной власти, предприятий

и объединений по производству автотранспортной техники и комплектующих изделий, представители ассоциаций дилеров, банков, инвестиционных и лизинговых компаний.

В докладах и выступлениях будут обсуждены проблемы развития автопрома, в том числе:

- реализация "Концепции развития автомобильной промышленности России на период 2005-2008 гг.";
- формирование инвестиционной политики государства с учетом интересов автопроизводителей, дилеров и других участников авторыннка;

- развитие и повышение эффективности работы дилерских сетей крупных производителей автотехники и комплектующих изделий;

- совершенствование законодательства о лизинге;

- разработка и реализация эффективных схем продажи автомобильной техники.

Желающие принять участие в работе Конференции могут обратиться в Автосельхозмаш-холдинг.

**Тел./Факс: (095) 921-6260,
921-0200, 926-0041.**

E-mail: inf@asm-holding.ru

6 февраля 2005 г. в знаменитой Большой аудитории московского Политехнического музея было провозглашено появление новой общественной организации - Высшего инженерного совета Российской Федерации (ВИС РФ). Совет был создан в соответствии с решением I Съезда инженеров России, собранного в ноябре 2003 г. по распоряжению правительства РФ при поддержке президента Российской Федерации.

ВИС РФ призван выражать интересы 10-миллионного инженерного корпуса России, отстаивать приоритеты научно-технического развития в государственной политике и осуществлять меры по консолидации инженерного сообщества на решение приоритетных задач подъема производства страны. Важная роль отводится Совету в формировании эффективной национальной инновационной системы, преумножении и реализации интеллектуального потенциала России, а также повышении статуса и роли инженерного корпуса в жизни страны. Одна из важнейших задач ВИС РФ - обеспечение конструктивного взаимодействия с федеральными и региональными органами

законодательной и исполнительной власти, а также с создаваемой Общественной палатой для активного использования интеллектуального потенциала научно-инженерных структур, общественной экспертизы государственных решений в области инженерной деятельности, имеющих общенациональное значение.

Учредителями ВИС РФ являются такие авторитетные общественные структуры и государственные предприятия и организации, как Российская инженерная академия, Национальный комитет "Интеллектуальные ресурсы России", Торгово-промышленная палата РФ, ОАО "Газпром", Российский союз промышленников и предпринимателей, ОАО "АвтоВАЗ", ФГУП "Адмиралтейские верфи", Российская академия естественных наук, Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, Академия наук высшей школы России, Российская Академия космонавтики им. К.Э. Циолковского, Международная академия экономической безопасности, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, ФГУК "Политехнический музей".



Сопредседателями ВИС РФ дали согласие стать С.М. Миронов - председатель Совета Федерации ФС РФ и сопредседатель Национального комитета "Интеллектуальные ресурсы России", Б.В. Гусев - президент Российского Союза общественных академий наук и Российской инженерной академии, В.В. Каданников - председатель совета директоров ОАО "АвтоВАЗ". По просьбе С.М. Миронова редакция журнала "Двигатель" участвовала в формированию корпуса кандидатов в ВИС от отечественной оборонной промышленности.

Соб. инф.



ВТОРОЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВОЕННО-МОРСКОЙ САЛОН



Санкт-Петербург



29 июня - 3 июля

IMDS 2005



Министерство
обороны РФ



КВТС РФ



ФГУП "Рособоронэкспорт"

УСТРОИТЕЛЬ



ЗАО "Морской Салон"



ЗАО "Морской Салон"

196191, Россия, Санкт-Петербург, Леннинский пр., 168, а/я 30
Тел./факс: (812) 449-02-60, 370-18-34, 370-90-61; E-mail: info@navalshow.ru

www.navalshow.ru



ПОНИМАЯ, КАК ОНО РАБОТАЕТ (ПАМЯТИ ЮРИЯ ГЕОРГИЕВИЧА БЕХЛИ)

Ю.Г. Бехли родился в Москве 31 мая 1912 г. Детские годы провел на Садово-Кудринской улице. Рано лишился матери, до 1922 г. воспитывался отцом, а затем был отдан на попечение брату матери. Учиться начал в школе, расположенной вблизи дома, неподалеку от нынешней площади Пушкина. В 1928 г. он закончил московскую школу - девятилетку. Семья была небогатая, и уже с 14 лет Юра заботился о себе сам, а после окончания школы вообще стал жить самостоятельно, работал чернорабочим и встал на учете на биржу труда. В 1930 г. он поступил на заочное отделение Московского авиационного техникума при ЦАГИ.

В 1931 г. по путевке ЦАГИ биржа труда направила Юру в недавно созданный Институт авиационного моторостроения (с июля следующего 1932 г. он будет называться ЦИАМ). Руководитель отдела бензиновых двигателей этого института, опытный инженер и известный в стране специалист по авиационным двигателям, будущий главный конструктор В.Я. Климов принял молодого человека в свой отдел. Основу коллектива отдела составляли уже проверенные в работе специалисты из винтомоторного отдела ЦАГИ: С.В. Трескин, Е.В. Кузнецов, Л.Г. Шереметьев, Л.Г. Гинзбург. У отдела был свой стиль, который лег в основу ЦИАМовской манеры работы: грамотность, обстоятельность, собранность, компетентность, энтузиазм. Этот стиль станет "визитной карточкой" Юрия Георгиевича.

Творческая работа захватила юношу. Он быстро вошел в коллектив и уже в сентябре 1931 г. принял участие в экспериментальных исследованиях различных систем наддува, предназначенных для повышения мощности мотора на высоте. Работы велись с целью выяснения перспектив дальнейшего развития и определения слабых мест конструкции.

В жизни любой советской организации общественная работа всегда была тесно связана с работой производственной. Комсомольцы института стремились максимально овладеть новым делом - проектированием и созданием авиамоторов, освоить сложные технологические приемы, применяемые при этом. Так, в "соревновании по качеству шабровки", устраиваемом в ЦИАМ в самом начале 30-х, лучшим шабровщиком оказались: от производства - Коля Герасимов, а от лабораторий - Юра Бехли. И всегда Юрий Георгиевич говорил: "Чтобы быть хорошим инженером, нужно понимать, как ра-

Александр Романов, ведущий научный сотрудник ЦИАМ

ботает каждая деталь исследуемой тобой конструкции, знать, как она сделана, а лучше того - уметь ее сделать самому".

В 1932 г. сотрудник ЦИАМ Бехли оканчивает техникум, будучи уже вовсю включенным в работу и жизнь ЦИАМ. Четкая и грамотная работа по экспериментальным и расчетным исследованиям рабочего процесса в цилиндре двигателя воздушного охлаждения создает ему авторитет и известность в институте. Поэтому ничего удивительного нет в том, что во всех важнейших работах, проводимых в институте, обязательно участвовал и Юрий Георгиевич.

С 1 января 1935 г. приказом наркома тяжелой промышленности Г.К. Орджоникидзе все проводимые в институте работы по опытному моторостроению были переданы на серийные заводы, при которых начали создаваться ОКБ. В числе главных конструкторов были откомандированы В.Я. Климов, В.А. Добрынин, С.К. Туманский, Е.В. Урмин, А.Д. Чаромский и некоторые другие.

В 1937 г. была организована группа под руководством профессора М.М. Масленникова (в которую входил и Бехли) для оказания помощи промышленности в создании мощных 14-цилиндровых моторов в размерности серийного лицензионного авиамотора М-85. Такие моторы М86/81Д главного конструктора П.П. Коныхова и М-56/88 Е.В. Урмина были спроектированы. Сохранились воспоминания Урмина о большом вкладе Юрия Георгиевича в проектирование М-88 и развертывание производства этого мотора на Запорожском моторостроительном заводе в 1939-1940 гг.

ЦИАМ в это время ориентируется на изучение процессов в отдельных узлах авиамоторов. Юрий Георгиевич занимается исследованием процессов впрыска легких топлив в цилиндры авиамоторов и продолжает исследования различных систем наддува. Для обеспечения возможности проведения работ такого рода в институте был спроектирован и построен целый ряд исследовательских экспериментальных стендов. Так, в 1938 г. Ю.Г. Бехли совместно с А.А. Саркисяном и В.И. Шальновым принимал участие в создании стенда УВО-4, на котором исследовались модельные одноцилиндровые моторы воздушного охлаждения. Системы измерения, которыми был оснащен стенд, позволяли получать непрерывную термодинамическую и прочностную картину работы всех узлов машины на различных режимах.

В 1940 г. Юрий Георгиевич поступил на заочное отделение МАИ по специальности "Авиамоторостроение", которое ему доведется окончить только в 1948 г.: разразившаяся война смешала все планы. В июле 1941 г. бригада из пяти специалистов ЦИАМ под руководством М.М. Масленникова и его заместителя Ю.Г. Бехли направляется в моторное ОКБ Швецова в Пермь для ускорения доводки М-82БП. Напряженная работа коллектива закончилась успешным внедрением в серийное производство более мощной модификации этого мотора с системой непосредственного впрыска в цилиндры, получившей наименование АШ-82ФН. Это - один из наиболее массовых авиамоторов, на которых воевала авиация Красной армии.

В это время в Москве ученый совет ЦИАМ, возобновивший работу под руководством В.И. Поликовского, присвоил Бехли (в 1943 г.) звание младшего научного сотрудника. Юрия Георгиевича назначают начальником бюро № 4, а затем - руководителем темы того же отдела и ответственным по институту за методическое обеспечение измерения параметров при экспериментальных исследованиях. Работа Бехли в военные годы была отмечена медалью "За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941-



Ю.Г. Бехли второй справа во втором ряду

1945 г.", а аттестационная комиссия ЦИАМ характеризовала его как "...очень квалифицированного и опытного специалиста в области исследования рабочего процесса в авиационных двигателях". Бехли уже пользуется к этому времени большим авторитетом среди специалистов института. Им опубликовано несколько статей в периодических изданиях ЦИАМ, результаты исследований двигателя с золотниковым распределением были рекомендованы для использования в промышленности. С 1945 г. под руководством профессора Масленникова организована тематическая группа, в которую вошли Ю.Г. Бехли, В.И. Филин и Б.П. Каганович. Этим коллективом начаты работы, связанные с использованием энергии выхлопных газов авиационных силовых установок с комбинированными турбопоршневыми двигателями. Исследования стали прологом к работам, направленным на создание газотурбинных силовых установок, что в корне изменило как тематику института, так и состав применяемой исследовательской и стендовой техники. В 1946 г. институт перешел к исследованиям процессов в ГТД, что стало главным направлением его работы и остается им по сию пору.

Группой Масленникова получены первые авторские свидетельства по разработкам в области турбопоршневой и газотурбинной тематики. В марте 1950 г. Бехли назначается начальником отдела № 1 лаборатории № 6 ЦИАМ, проводящей теоретические и экспериментальные исследования перспективных силовых установок вертолетных двигателей. В том же году под руководством Бехли выпускается коллективный труд сотрудников лаборатории "Силовые установки вертолетов". Выдающиеся организаторские способности Бехли убедили руководство ЦИАМ в необходимости назначить его в феврале 1953 г. заместителем начальника, а в 1960 г. - начальником лаборатории малоразмерных двигателей ЦИАМ.

В 1954 г. под руководством Бехли в этой лаборатории был создан уникальный стенд для исследования различных типов реактивного привода вертолетных винтов: воздушно-компрессорных, ТРД и даже с жидкостным реактивным двигателем - ЖРД. В процессе исследований было установлено, что оптимальным типом привода для этого летательного аппарата является ГТД со свободной силовой турбиной. Такая схема и по сей день является основной для всех используемых в мире вертолетов.

Результаты работы Юрия Георгиевича оформились в 1960 г. в диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по теме "Компрессорная система реактивного привода несущего винта вертолета". Диссертация была защищена в ЦИАМ, позднее по этой теме издана книга, оказавшая самое серьезное влияние на выбор силовых установок вертолетов и направление исследований их дальнейшего развития как для отечественных, так и для зарубежных летательных аппаратов.

В 1960 г., одновременно с назначением начальником отдела № 6, Бехли избирается членом ученого совета ЦИАМ. В 1962 г. ему присваивается звание "старший научный сотрудник". Отдел, который возглавлял Бехли, был одним из самых работоспособных коллективов ЦИАМ, обладавшим огромным авторитетом в промышленности. Здесь готовилась к публикации книга М.М. Масленникова, Ю.Г. Бехли, Ю.И. Шальмана "Газотурбинные двигатели для вертолетов", которая была издана в 1969 г. и до сих пор является настольной книгой для всех разработчиков силовых установок этих летательных аппаратов.

С середины 60-х годов под руководством Бехли начинаются работы по применению в народном хозяйстве авиационных двигателей, выработавших свой ресурс. Очерчивается круг задач для таких двигателей и определяется их возможная номенклатура. Разрабатываются рекомендации по выбору рациональных режимов работы таких двигателей и установлению их ресурса.

На основе опыта, накопленного коллективом отдела ЦИАМ, возглавляемого Юрием Георгиевичем, организуется несколько выставок в павильоне "Транспорт" на ВДНХ по этой тематике. Выпускается ряд сборников совместно с ВНИИ информации, посвященных тому, что после будет называться "конверсией авиационной техники". Если бы эта тема получила достойное развитие в более позднее время, эффект от ее применения был бы весьма ощутимым.



Ю.Г. Бехли проводит совещание

Тематика работ ЦИАМ никогда не грешила однообразием. Вот и в отделе Бехли, кроме вертолетных двигателей еще с середины шестидесятых годов была организована особая группа исследователей и создан ряд стендов, на которых проводились исследования и доводка микродвигателей стабилизации космических ракет. Работы велись совместно с Тураевским МКБ "Союз", главный конструктор которого В.Г. Степанов весьма высоко оценивал рекомендации этой группы.

Говоря о Бехли - ученом, невозможно оторвать его от Бехли - преподавателя. В МАТИ он преподавал с 1954 г., а после присвоения ВАК должности старшего научного сотрудника, стал доцентом этого института. Среди студентов многих поколений лекции Бехли пользовались непреходящей популярностью, и многие из работников авиационной промышленности с гордостью считают себя его учениками.

Четверть века возглавлял Юрий Георгиевич Бехли один из ведущих творческих коллективов ЦИАМ. За это время он был отмечен многими трудовыми орденами и медалями, становился лауреатом Государственной премии. Его авторитет был весьма велик не только среди создателей авиационных моторов, но и у вертолето- и самолетостроителей, что является вещью весьма нечастой. Он был в очень хороших деловых и даже дружеских отношениях практически со всеми генеральными конструкторами и руководителями фирм и ОКБ. М.Л. Миль, например, неоднократно говорил: "Более грамотного специалиста и приятного собеседника я не знаю". К мнению Бехли прислушивались, и зачастую оно оказывалось решающим в сложных случаях: как показывал опыт совместной работы, именно его интуиция и знания ученого и инженера помогали находить верные решения.

С 1985 г. Юрий Георгиевич перешел на должность ведущего научного сотрудника в своем отделе, уступив административное руководство более молодым сотрудникам. Сохранив до последних дней четкость мысли и изумительную ясность памяти, Бехли остался весьма полезен для созданного им дела своими знаниями и опытом. Так, при издании в 1994 г. энциклопедии "Авиация" под редакцией академика Г.П. Свищева несколько статей было написано Юрием Георгиевичем. Такова же была картина и в целом ряде других солидных изданий. Он, переживший добрую дюжину начальников института и множество министров и руководителей главков, непосредственно участвовавший в смене поколений применяемой техники, чувствовал движение прогресса не со стороны, а будучи его непосредственным участником. И участником весьма деятельным. Далеко не каждому дано отметить 90-летие со дня рождения и 72 года работы в стенах института, который, фактически, сам и создал и активно в нем работал. Это было еще в 2002 г., а 1 февраля 2005 г. его сердце перестало биться. Еще за пару недель перед тем коллеги по отделу обсуждали с Юрием Георгиевичем творческие планы на год. Он казался вечным, как сама наука. А может быть, так оно и было?



Наши уважаемые авторы и читатели!

Продолжаем публикацию наиболее интересных с нашей точки зрения статей из "Двигателя" начала XX века. Сегодняшняя подборка, полагаем, дает нам возможность увидеть, как зарождалась идея многоколесного транспорта с общей трансмиссией - механической, гидравлической, электрической. Именно так сейчас приводятся в действие и междугородние автобусы, карьерные самосвалы или ракетные тягачи. В начале XX века перспективы у такого способа приведения в действие автотранспорта предполагались несколько иными. И это тоже любопытно.

Александр Бажанов, Дмитрий Боев, издатели журнала "Двигатель"

Бензино-электрический автомобильный поезд с шестиколесными вагонами

БЕНЗИНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ ПОЕЗД**С ШЕСТИКОЛЕСНЫМИ ВАГОНАМИ**

"Двигатель" № 1 за 1911 г.

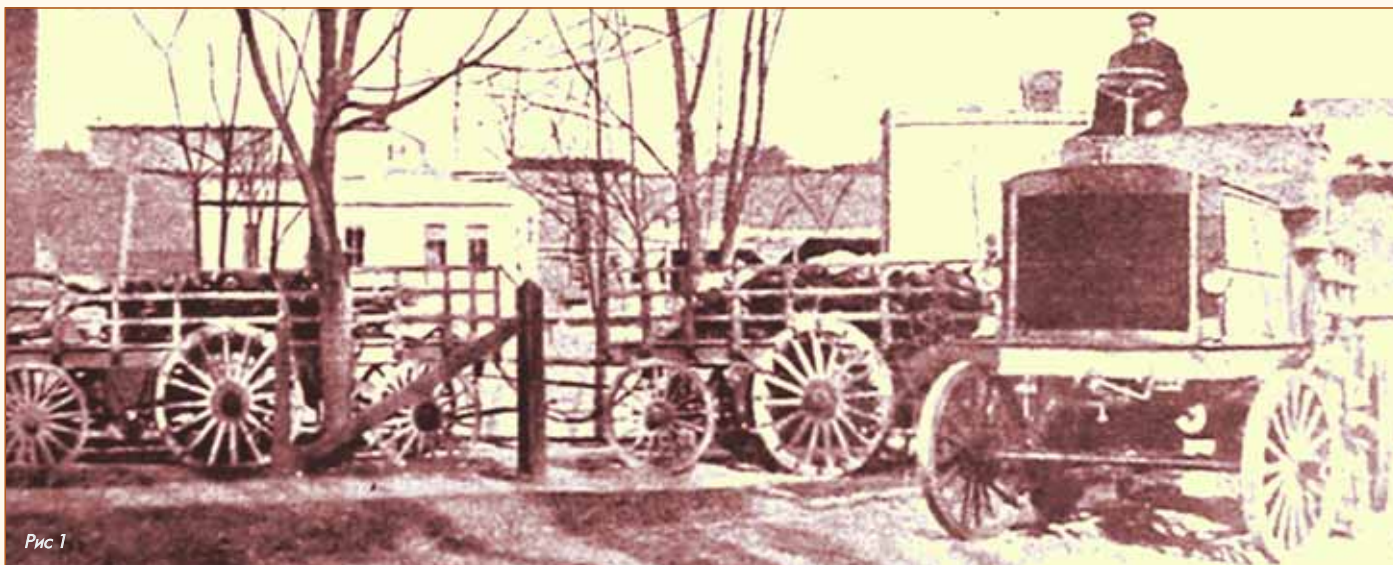


Рис 1

Недавно в Северо-Американских Соединенных Штатах в г. Питтсфелде был испытан новый автомобильный поезд с ведущим автомобилем, снабженным бензино-электрической установкой. Весь поезд состоял из ведущего автомобиля и двух прицепных вагонов, причем подъемная сила самого автомобиля доходила до 3 тонн, а каждого вагона до 6 тонн. Каждый прицепной вагон снабжен двумя электромоторами, для движения которых электрическая энергия подается с автомобиля. Последний для управления требует только одного человека, который и ведет весь поезд. Прицепные вагоны могут идти в оба направления, благодаря снабжению двумя моторами, при этом весь состав поезда следует почти в точности пути ведущего автомобиля. На рис. 1 показан весь поезд как раз в положении объезда небольшой аллеи под острым углом. Вагоны, как видно из рисунка, снабжены шестью колесами: двумя ведущими диаметром 54 дюйма и четырьмя направляющими диаметром 42 дюйма. При

этом половина груза вагона передается большим ведущим колесам, а другие же пары колес несут только четверть всего груза. Последнее обстоятельство и обуславливает собой большую поворотливость прицепных вагонов. Весь поезд может быть приведен в движение с ведущего автомобиля при помощи выключателя; причем для этого необходимо движение самого автомобиля. Моторы прицепных вагонов подвешиваются на пружинных подвесках, причем движение от них на среднюю пару ведущих колес передается посредством цепи. Каждое колесо приводится в движение независимо от другого, а потому не нужен дифференциал. Вагоны управляются с помощью одного рычага, который соединяет последовательно заднюю ось ведущего автомобиля с передней осью вагона и так дальше. Все управление так устроено, что все вагоны в точности следуют, как уже сказано было, пути ведущего автомобиля. В Западной Европе бензино-электрические поезда применяются уже некоторое время.

№ 1

ДВИГАТЕЛЬ.

13



АВТОПОЕЗД СИСТЕМЫ А. МЮЛЛЕРА

Сила тяги, развиваемая трактором, зависит от величины нагрузки на ведущие колеса. Известно, что товарный паровоз имеет больше сдвоенных, следовательно, ведущих колес, нежели паровозы скорых поездов, так как первый должен тянуть большой груз. Для обыкновенных шоссежных дорог высший предел нагрузки на ведущее колесо, принимая во внимание состояние дорог и мостов, довольно мал, поэтому трактор не в состоянии развить большую силу тяги, если он имеет только одну ведущую ось. С четырьмя ведущими колесами можно развить большую силу тяги, но и этого на практике оказывается уже недостаточным. Поэтому, если требуется перевозка больших грузов в составе одного поезда, а именно в местностях без подъездных путей, приходится либо вводить в поезд несколько тракторов, и тем увеличивать состав служебного персонала, либо приспособить к работе тяги колеса прицепных вагонов.

Попытка в последнем направлении сделана впервые французским капитаном Ренаром, проект автомобильного поезда которого, появившийся в 1905 году, возбудил большой интерес во французских и германских военных и промышленных кругах. Прицепные поезда Ренара связаны были между собой шарнирным валом, который шел через весь поезд, передавая силу двигателей на колеса вагонов. Но система привода Ренара имеет тот недостаток, что при неизбежных на практике малых разностях в размерах диаметров колес между отдельными прицепными вагонами возникают растягивающие и сжимающие силы, поглощающие значительное количество энергии. Приводная система Мюллера устраняет этот недостаток тем, что передача силы трактора на прицепные вагоны производится посредством электрического тока.

Построенный фирмой W. A. Th. Muller, Berlin-Steglitz трактор тянет за собой поезд с полезным грузом в 30 тонн. На обоих концах его расположено по одному двигателю внутреннего сгорания, соединенному посредством кардана с динамо постоянного тока. Каждый двигатель делает 350 оборотов в минуту, развивая мощность в 90 л. сил; диаметр цилиндра 155 мм, ход поршня 170 мм.

Якорь динамо служит одновременно маховиком для двигателя. От вала каждой динамо приводится в действие посредством передаточной цепи возбуждательная машина. Применение двух машинных агрегатов вместо одной центральной установки имеет, во-первых, то преимущество, что в случае повреждения одной из них остается в действии другая, во-вторых, такое устройство дает возможность действие двигателей согласовать с состоянием и характером дороги. Двигатели, таким образом, всегда работают в условиях наивыгоднейшей загрузки и расхода горючего. Резервуар для горючего имеет емкость в 500 литров. Пуск моторов производится при помощи батареи Эдисона из 40 элементов, ток которой, поступая в динамо, заставляет его действовать, как электромотор. Напряжение тока может, регулируя, колебаться между 0 и 400 вольтами. Меняя напряжение, можно регулировать скорость хода и силу тяги. Кабель идет вдоль всего поезда вплоть до последнего вагона. Соединительные части между отдельными вагонами легко снимаются и снова надеваются.

Трактор отличается от применяемых вагонов только наличием своей машинной установки и видом верхней своей части. Рама же у них одинаковая, только у трактора она несколько длиннее. Рама сделана из стальных листов и опирается обоими своими концами на поворотные тележки. Каждая поворотная тележка состоит из ската колес, вагонных рессор и рамы и несет на себе электромотор с передаточным механизмом для привода обоих колес. На валу мотора имеется электрический тормоз; все тормоза обслуживаются одновременно машинистом трактора. Каждый вагон имеет еще

второй тормоз с внутренними колодками, который обслуживается тормозным кондуктором. Кузова вагонов покоятся на сегментообразных частях, прикрепленных к тележкам, а верхняя часть трактора - на стальных рамках в целях облегчения управления.

Прицепные вагоны идут без значительного уклонения по колее, пролагаемой трактором, так что такой поезд легко берет кривые. Это достигнуто тем, что обе тележки каждого вагона связаны валом с двумя коническими шестернями, сцепленными с зубчатыми сегментами, которые укреплены на тележках. При повороте одной тележки должна поэтому повернуться и другая, разумеется, в другую сторону. Что же касается трактора, то обыкновенно при управлении действуют только на переднюю тележку его при помощи ручного колеса; в крайнем случае, а именно, на крутых поворотах, можно управлять и второй тележкой. У прицепных вагонов передняя тележка иногда поворачивается предыдущим вагоном при помощи дышла.

Все вагоны, как и трактор, имеют симметричную форму; поезд поэтому может легко менять направление хода. Для получения обратного хода необходимо либо перевести трактор на другой конец поезда, либо управлять от руки при помощи дышла задней тележки последнего вагона (который при обратном ходе будет первым). Вагонные стяжки и соединительные канаты не приходится при этом беспокоить. Дышло представляет собой стальную трубу с крюком на одном конце. Дышла независимы от стяжек вагонов и поэтому не подвергаются растягивающим или сжимающим усилиям.

Для передвижения отдельных вагонов при составлении поездов имеется особый маневренный кабель длиной в 300 метров с двумя барабанами. В кабель посылается ток постоянного напряжения; управление передвигаемым вагоном производится при этом от руки.

Кроме того, вагоны снабжены особыми дышлами для конной запряжки, что весьма важно для военных и сельскохозяйственных целей.

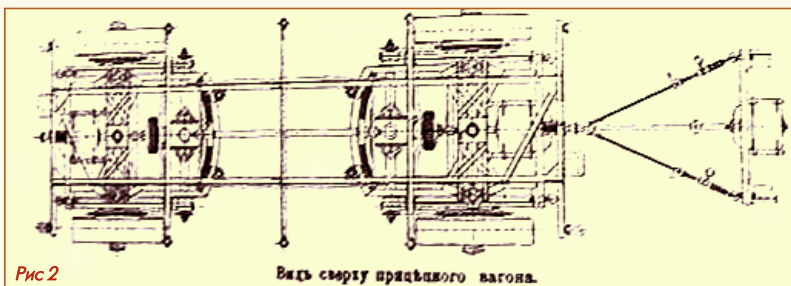
При помощи особого приспособления сила тяги вагонных электромоторов уравнивается, что является важным достоинством системы Мюллера.

Благодаря этому устраняются толчки и качания вагонов около вертикальной оси (влияние), которые обуславливаются разницей в силе тяги отдельных вагонов.

Пуск поезда производится следующим путем: машинист при помощи переключателя устанавливает направление хода и посредством регулирующего рычага, находящегося под рулевым колесом, посылает ток из машины возбуждателя в обмотку динамо. Вращающиеся якоря производят ток, напряжение которого зависит от степени возбуждения магнитного поля и регулируется контрольными аппаратами. Напряжение тока регулируется соответственно со скоростью хода, силой тяги и состоянием дороги. Регулировкой напряжения тока создается постепенность в усилении хода и плавный пуск. Такой же мягкостью отличается и действие тормозов, причем электромоторы действуют, как динамо, и приводят в действие главные динамо-машины, работающие в данном случае, наоборот, в качестве электромоторов.

Весь полезный груз в 30-33 тонны равномерно распределяется между шестью товарными вагонами; нагрузка каждого вагонного колеса определяется в 2,2 тонны, что сравнительно немного. Скорость поезда составляет 12-16 километров в час. Ширина колес довольно значительная - 200 мм, что в связи с малой нагрузкой колес обеспечивает сохранение мостовой и плавное движение колес; они свободно катятся даже по песчаной почве, не зарываясь в нее.

[Подготовка к печати - Андрей Червяков, к.т.н.]



О "НЕМЕЦКОМ СЛЕДЕ" В ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РАКЕТОСТРОЕНИЯ

Вячеслав Рахманин,

главный специалист НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко

(Продолжение. Начало в № 1 - 2005)

Не все, однако, посчитали используемую форму работ единственно правильной. Один из ее зачинателей А.М. Исаев после сбора технической документации на реактивный авиационный двигатель Вальтера, обнаружения нескольких пригодных к работе экземпляров этого двигателя, проведения пробных огневых испытаний на стенде счел свою миссию пребывания в Германии оконченной и осенью 1945 г. возвратился в СССР. Вслед за ним, организовав отправку собранной документации, двигателей и стендового оборудования, отбыл и А.В. Палло. Видимо, уже в этот период А.М. Исаев решил в дальнейшем специализироваться по разработке ЖРД небольшой тяги для морских торпед, авиационных ускорителей, зенитных управляемых ракет и т.д. И поэтому интереса к двигателю ракеты А-4 он не проявил.

Не сразу приняли используемую в Германии новую методику освоения ракетной техники и некоторые руководители государственных органов СССР. У них вызывало недоумение такое положение дел, когда вместо вывоза из Германии промышленного оборудования советские специалисты занялись восстановлением заводских цехов, испытательных стендов, станций по производству жидкого кислорода и т.д. Сформировалось подозрение, что попавшие в не подвергнувшуюся военным разрушениям благополучную Тюрингию советские специалисты намеренно оттягивают свой отъезд в разоренный войною СССР. Для проведения "разборки на месте" и принятия соответствующих мер к нарушителям принятых порядков в Германию выезжали руководители наркоматов и руководители центральных партийных органов. В частности, в г. Леестене приезжал заместитель наркома авиапрома М.М. Лукин, наведывался зам. наркома НКВД генерал И.А. Серов. Кроме того, по воспоминаниям участников событий, испытательную станцию посещали Н.С. Хрущев и Н.А. Булганин. А уж боевых генералов, желавших посмотреть на ослепляющий факел "чудо-оружия" поверженного врага, трудно и перечислить.

Грозные инспекторы из Москвы, разобравшись с организацией работ по изучению ракетной техники, одобрили ее и посоветовали "затвердить" у руководства страны. В начале 1946 г. генерал Л.М. Гайдуков вместе с представителями промышленности, среди которых был С.П. Королев, выехал в Москву, где доложил секретарю ЦК партии Г.М. Маленкову и наркому вооружения Д.Ф. Устинову о проделанной работе, полученных результатах и предложил перечень мероприятий, связанных с комплексным освоением ракеты А-4 на территории Германии.

Представленные предложения были одобрены. Генерал Гайдуков получил распоряжение срочно приступить к их реализации. В феврале 1946 г. все ранее созданные советскими специалистами предприятия в Германии были объединены в институт "Нордхаузен". Это наименование институт получил по месту расположения в городе Нордхаузене подземного завода по производству ракет А-4. Директором института был назначен Л.М. Гайдуков, его заместителем и главным инженером - С.П. Королев. В "Нордхаузен" вошли три завода по сборке ракет А-4, институт "Рабе", завод "Монтания", занимавшийся изготовлением двигателей для А-4, и стендовая

база в Леестене, где осуществлялись их огневые испытания, а также завод в Зондерхаузене, занимавшийся сборкой аппаратуры системы управления. Централизованное руководство позволило расширить и ускорить работы, связанные с выявлением недостающей конструкторской и технологической документации для изготовления всех ракетных систем А-4, и обеспечить комплексное ведение этих работ. Создание института привело к продлению срока командировки ведущим советским специалистам на длительный срок. В связи с этим было принято решение о выезде в Германию членов семей указанных специалистов.

В институте "Нордхаузен" В.П. Глушко возглавил отдел по изучению двигателей А-4. В течение 1945 - 1946 гг. численность и состав отдела периодически менялись в связи с ротацией командированных в Германию специалистов из ОКБ-РД и других предприятий.

Двигательный отдел с августа 1945 г. по январь 1947 г. выполнил огромную работу: был составлен список заводов, занимавшихся производством различных ЖРД и их составных частей в Германии и Чехословакии (их оказалось около 100), выявлены и привлечены к работе оставшиеся в советской зоне оккупации немецкие специалисты по реактивным двигателям, собраны и систематизированы основные чертежи двигателя А-4. Советские специалисты ознакомились с техническими отчетами по гидравлическим и огневым испытаниям агрегатов и двигателя в целом, материалами по стендовой отработке двигателя. Были найдены и собраны из отдельных узлов несколько десятков двигателей. На различных заводах удалось разыскать технологическое оборудование и оснастку для изготовления двигателей, что позволило восстановить производственные цехи на заводе "Монтания" и изготовить более 10 камер двигателя А-4. На испытательной базе завода "Форверк-Митте" в г. Леестене восстановили имевшийся стенд и заново отстроили стенд для проведения огневых испытаний отдельных камер и двигателя А-4 в целом.

При изучении конструкции и технологии изготовления двигателя А-4 наших специалистов в первую очередь поразили размеры ЖРД и масштабы его производства. Тяга самой мощной камеры из разрабатывавшихся в ОКБ-РД составляла всего 0,6 тс (двигатель РД-2), а у двигателя А-4 - 25 тс, т.е. он был более чем в 40 раз мощнее. Столь же гигантская разница обнаруживалась и в размерах стендового оборудования для проведения огневых испытаний. Однако искреннее удивление характеристиками двигателя и восхищение достигнутыми немецкими конструкторами результатами у наших специалистов несколько поубавились после детального изучения конструкции германского ЖРД. Они обнаружили, что схема двигателя и конструкция его агрегатов не имеют принципиальной для них новизны, а отдельные фрагменты конструкции в отечественном исполнении более прогрессивны. Так, разработанная в 30-е годы в ГДЛ ребренная стенка обеспечивала лучшее охлаждение, чем гладкая стенка камеры двигателя А-4. Широко применявшиеся в СССР при проектировании ЖРД центробежные форсунки обеспечивали более совершенное смесеобразование, чем струйные распылители. Разработанное в ГДЛ и позднее примененное в дви-

гателе РД-1ХЗ химическое зажигание также оказалось более надежным, чем пороховые "зажигалки" у А-4. Примеры можно продолжить, но это ни в коей мере не принижает огромного достижения немецкой науки и техники - создание двигателя А-4 явилось крупным шагом в развитии мировой ракетной техники. Накопленный советскими специалистами опыт разработки ЖРД подсказывал, что переход от создания ЖРД тягой в сотни килограммов силы к тяге в десятки, а затем и сотни тонн силы не мог быть осуществлен простым геометрическим увеличением размеров. Для этого предстояло найти правильные технические решения в соответствии с непростыми законами физики, химии, термо- и газодинамики, гидравлики, акустики и других наук. На тернистом пути к созданию новых мощных и надежных ЖРД следовало тщательно изучить достижения немецких ученых и инженеров. И сделать это было проще и быстрее при участии немецких специалистов.

Ранее уже упоминалось, что основные научно-конструкторские кадры ракетного центра в Пенемюнде попали к американцам и были вывезены в США. Поэтому привлекаемые к работам в институте "Нордхаузен" немецкие специалисты в лучшем случае могли оказать только консультативную помощь при изучении конструкции двигателя. Более существенную роль играли инженеры-технологи, которые хорошо разбирались в технологических процессах изготовления двигателя, разъясняли предназначение найденных экземпляров технологической оснастки, вместе с рабочими ремонтировали поврежденное оборудование.

Отдавая должное помощи, оказанной немецкими специалистами, в первую очередь следует отметить Вернера Баума, который в военный период осуществлял контроль за изготовлением двигателей со стороны Управления вооружений армии, и Бернардта Герхардта - инженера по камерам сгорания. Они составили описание конструкции и принципов функционирования двигателя, акцентируя внимание на особенностях организации струйного смесеобразования в форкамерах, на внутреннем охлаждении сопла камеры струями горючего, поступающими из тракта охлаждения перпендикулярно газовому потоку, а также на других особенностях ЖРД.

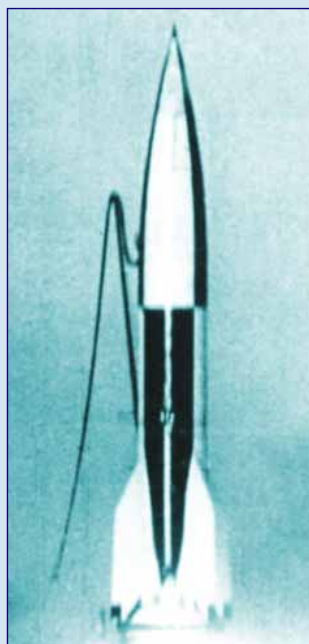
В организации работ по восстановлению цехов завода "Монтаж" и по изготовлению камеры, заметную роль играл Рудольф Квальчик, дипломированный инженер, ранее работавший начальником производства камер на заводе Линке-Гофман. Существенную помощь советскому специалисту В.Л. Шабранскому при восстановлении, отладке и проведении огневых испытаний на стенде в Леестене оказал Вилли Шварц, возглавлявший во время своей работы в Пенемюнде аналогичные сооружения. При проведении испытаний двигателей на стенде в Леестене проходила стажировку бригада мотористов и инженеров-испытателей ОКБ-РД. Ими была

составлена технология подготовки и проведения испытания, а также получены навыки самостоятельного выполнения этих работ. В Германию приехали испытатели, имевшие опыт проведения огневых пусков двигателя РД-1 в Казани. Они, понаблюдав на трех-четыре испытаниях за действиями немецкой команды, следующее испытание провели самостоятельно. Немцы, которые придирчиво наблюдали за работой наших специалистов, были поражены их уверенными и точными действиями. До этого в поведении немцев чувствовалось ироничное отношение по поводу поставленной перед советскими специалистами задачи - овладеть немецкой технологией проведения огневого испытания ЖРД.

Вместе с советскими специалистами по двигательной тематике в Германии постоянно работало 20 дипломированных немецких инженеров, 11 техников, около 30 мастеров и квалифицированных рабочих. Однако по оценке Глушко "...среди них не было ни одного, кто бы играл заметную роль в разработке двигателя, привлеченные кадры к самостоятельной работе не пригодны". Немецкие специалисты аккуратно выполняли порученную работу, помогали разбираться в структуре построения комплекта конструкторской документации, комплектовали технологические карты с применяемой оснасткой, из собранных узлов и агрегатов выполнили показательную сборку двигателя А-4. Советские специалисты сверили разрозненную техническую документацию с изготовленными образцами деталей, узлов и агрегатов, систематизировали, доукомплектовали ее и подготовили к отправке в СССР. Практически был собран комплект конструкторской и технологической документации, пригодный для организации серийного изготовления двигателей.

Однако это не удовлетворяло советских разработчиков ЖРД. Среди собранных материалов не было основных документов, необходимых для проектирования двигателей: методик расчета теплотеплопередачи, расчета термодинамики и смесеобразования в камере, газодинамики истечения газов из сопла и т.д. Оставались неизвестными экспериментальные коэффициенты, уточнявшие теоретические формулы. Глушко тщательно изучал трофейные материалы. Особенный интерес вызвал найденный технический отчет о начальной стадии работ по форсированию двигателя А-4. Приняв полученные немцами результаты за исходную точку, советские специалисты под руководством Глушко с участием немецких специалистов провели комплексные исследовательские работы, в ходе которых изучалась возможность форсирования двигателя по тяге с 25 до 32 тс без существенного изменения конструкции и габаритных размеров двигателя. Одновременно, используя базовую конструкцию двигателя А-4, проводилось проектирование двигателя тягой 100 тс. Полученные материалы были использованы позднее при создании двигателей для ракет Р-2, Р-3 и Р-5.

Подготовка и пуск
ракеты Р-1





Изучая немецкие технические достижения, Глушко, умевший видеть перспективу большого дела, размышлял не только о техническом воплощении конструкции двигателя А-4 и дальнейшем его совершенствовании, но и об организации работ, направленных на создание отечественных образцов ракетной техники. Свои предложения по этому вопросу он изложил в двух докладных записках. Первая была направлена 23 ноября 1945 г. председателю Особой правительственной комиссии Л.М. Гайдукову, вторая, более детально проработанная, содержащая развернутую концепцию организации ракетного двигателестроения в СССР, 31 мая 1946 г. представлена министру вооружения Д.Ф. Устинову.

Анализируя технический уровень конструкции двигателей наиболее совершенных ракет А-4 и "Вассерфаль", Глушко указывал, что осваивать изготовление таких двигателей с целью дальнейшего их совершенствования в то время в СССР было негде в связи с отсутствием предприятия, занимающегося изготовлением подобных технических объектов. Поэтому необходимо было его создать, и лучше в виде Опытного завода реактивных двигателей, задачей которого являлось бы полное освоение производства и стендовых испытаний двигателя А-4 с последующим форсированием этого двигателя для получения больших значений тяги. Конечной целью завода, по мысли Глушко, должно было стать изготовление двигателей отечественной конструкции. Организационная форма института имеет свою специфику и в данном случае не будет соответствовать требованиям промышленной разработки и производства ракетных двигателей. При Опытном заводе следует развернуть специализированное конструкторское бюро с лабораториями, экспериментальным производством, мощной испытательной базой и эксплуатационным отделом. Для лучшего управления объединенным комплексом - заводом и КБ - во главе его нужно было поставить одного руководителя: директора-главного конструктора, полностью ответственного за работу КБ и завода.

Глушко считал, что оптимальным для расположения Опытного завода являлся подмосковный регион. Для его организации он предлагал использовать один из существующих малозагруженных заводов. Близость завода к основным научно-исследовательским организациям и центральным управляющим структурам позволяла бы оперативно решать многочисленные вопросы, возникающие в процессе функционирования завода.

Опытный завод должен был стать головным предприятием при отработке технологии изготовления новых двигателей, производстве доводочных двигателей, их стендовых испытаниях и последующем изготовлении головной малой партии двигателей для проведения летных испытаний. После летной отработки конструкторскую и технологическую документацию следовало передать на серийный завод для изготовления товарной продукции.

Все стенды и лабораторные установки для испытаний агрегатов и двигателя в целом должны были создаваться в СССР заново, что требовало немалых затрат на строительство и изготовление стендового оборудования, а также подбора отечественных и импортных приборов. Конечный успех дела, как указывал В.П. Глушко, определялся тем контингентом людей, которым удастся укомплек-

товать Опытный завод, и для этого нужно было предпринять особые меры, как административные, так и экономические.

В заключение В.П. Глушко, основываясь на своем 16-летнем опыте разработки реактивных двигателей и глубоком изучении конструкции и организации производства двигателей в Германии, предлагал свою кандидатуру на роль руководителя нового предприятия. Сам он считал, что у него имеются все основания для организации и дальнейшего руководства работами по разработке реактивных двигателей в СССР и при благоприятном решении поставленных вопросов он готов представить материалы к проекту постановления правительства о необходимых мероприятиях по организации Опытного завода.

При чтении докладных обращает на себя внимание один момент. Свои идеи Глушко формировал в процессе изучения ракетной техники с участием немецких специалистов. Однако в предложениях об организации Опытного завода и о виде первоначальной продукции для освоения - двигателе А-4 - отсутствовало какое-либо упоминание о необходимости участия в этих работах немецких специалистов. Это не случайность и не упущение. Столкнувшись с фактической квалификацией тех немцев, с которыми пришлось контактировать, Глушко не считал целесообразным их привлечение к дальнейшим работам на территории СССР.

Иное мнение сложилось у руководителей государственных структур, которые исходили из объективных фактов. Действительно, в СССР в то время не было дальнобойных жидкостных ракет даже в перспективных проектах. Еще в довоенную пору основное внимание ракетчиков сосредоточилось на небольших твердотопливных реактивных снарядах, хорошо зарекомендовавших себя в боях установках залпового огня "Катюша". Но это было оружие ближнего действия, а дальнобойные управляемые ракеты открывали новые формы ведения боевых действий, особенно с учетом появления ядерных боеприпасов. В связи с этим считалось необходимым проведение срочного и тщательного изучения германских научно-технических достижений с самым широким привлечением немецких специалистов, находящихся в советской оккупационной зоне. Такой подход был бы правильным, если бы нашим специалистам, уже имеющим опыт разработки ЖРД, пусть и не таких мощных, как у ракеты А-4, передавали свой опыт конструкторы реактивной техники. Но специалисты нужного уровня оказались за океаном, в Хантсвилле. Тем не менее, задачу использования немецких специалистов при изучении реактивной техники руководство страны поставило однозначно.

Необходимо отметить, что во второй половине 1946 г. работы в Германии велись в соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 13 мая 1946 г. № 1017-419. Это постановление широко известно по мемуарной литературе как основополагающее при создании в СССР ракетостроительной отрасли. Для решения всех организационных вопросов при Совмине СССР был создан Специальный комитет по реактивной технике, председателем этого комитета был назначен Г.М. Маленков, а первым заместителем председателя - Д.Ф. Устинов. Спецкомитету поручалось *"представить на утверждение председателю СМ СССР план научно-исследовательских и опытных работ на 1946 - 1948 гг., определить как первоочередную задачу - воспроизводство с применением отечественных материалов ракет типа ФАУ-2 (дальнобойная управляемая ракета) и "Вассерфаль" (зенитная управляемая ракета)"*.

Далее Совмин СССР давал многочисленные поручения различным министерствам и ведомствам, участвовавшим в создании реактивного вооружения. В частности, министерство вооружения обязывалось *"создать Научно-исследовательский институт реактивного вооружения и Конструкторское бюро на базе завода № 88, сняв с него все другие задания"*. Министерство авиационной промышленности, которому подчинялось казанское ОКБ-РД, определялось головным при создании ЖРД для дальнобойных ракет.

В постановлении одобрялась существовавшая форма изучения немецкой реактивной техники и намечались дальнейшие работы в этом направлении. Поскольку эта часть постановления не получила широкого освещения в мемуарной литературе, приведу ее

основные положения: "...Считать первоочередными задачами следующие работы по реактивной технике в Германии:

- полное восстановление техдокументации и образцов дальнотбойной управляемой ракеты ФАУ-2 и зенитной управляемой ракеты "Вассерфаль";

- восстановление лабораторий и стендов со всем оборудованием и приборами, необходимыми для проведения исследований и опытов по ракетам ФАУ-2 и "Вассерфаль";

- подготовку кадров советских специалистов для овладения конструцией ракет, методами испытаний, технологии производства деталей и узлов и сборки ракет...

Направить в Германию для изучения и работы по реактивному вооружению необходимое количество специалистов соответствующего профиля, имея в виду, что с целью получения опыта, к каждому немецкому специалисту должны быть прикреплены советские специалисты".

Министерством запрещалось отзывать из Германии своих специалистов, работавших в комиссиях по изучению немецкого реактивного вооружения.

Были также приняты решения о продолжении работ на территории СССР, и среди них: "Предрешить вопрос о переводе Конструкторских бюро и немецких специалистов из Германии в СССР к концу 1946 г.", а также "разрешить Специальному Комитету по реактивной технике устанавливать немецким специалистам, привлекаемым к работам по реактивной технике, повышенную оплату". Для обеспечения жильем переводимых в СССР немецких специалистов по реактивной технике предусматривалось выделение до 15 октября 1946 г. 150 разбросанных домов и 40 восьмиквартирных домов по разнарядке Специального Комитета по реактивной технике.

В соответствии с намеченными сроками в одну из ночей в двадцатых числах октября 1946 г. немецких специалистов, работавших в производственных подразделениях института "Нордхаузен", неожиданно разбудили советские солдаты, предложили собрать необходимые вещи и вместе с семьями погрузиться в подготовленные железнодорожные вагоны для отправки в СССР. Не оказывая сопротивления, немцы выполнили это требование, выказав только недоумение, зачем нужно это было делать ночью, ведь погрузка личных вещей, включая мебель, производилась до вечера, а отъезд состоялся только на следующий день. Для оказания технической помощи при воспроизводстве двигателя ракеты А-4 на советском заводе было отобрано 17 немецких специалистов, которые вместе с семьями в ноябре 1946 г. прибыли в город Химки Московской области.

Здесь немцев встретили дружелюбно. По указанию директора завода № 456 рабочие завода помогли доставить громоздкие вещи в финские домики, специально построенные в примыкающем к заводу поселке Лобаново. "И чтобы мебель при погрузке-разгрузке не поцарапали!" - напутствовал директор рабочих. Всем немцам выдали продуктовые карточки и небольшой денежный аванс.

Советские специалисты, командированные в Германию из ОКБ-РД, уезжали в СССР поэтапно. Последним заданием в период их пребывания в Германии стало обеспечение отправки в СССР подготовленных комплектов технической документации по двигателю А-4, технических отчетов о проведенных в 1945-1946 гг. экспериментальных работах, а также контроль за демонтажем и погрузкой для отправки в СССР технологической оснастки и оборудования завода "Монтажная", стендов и кислородной станции в Леестене. Уезжавшему в числе последних В.Л. Шабранскому запомнилась неожиданная встреча в начале января 1947 г. с С.П. Королевым на вокзале в Берлине. Работники ОКБ-РД со своими семьями ожидали в вагоне отправления поезда в СССР. В этот момент в вагон стремительно "влетел" С.П. Королев. Как оказалось, он случайно узнал об отъезде бывших коллег по казанскому ОКБ и в свой день рождения решил их навестить. Быстро был накрыт стол. Именинник прихватил с собой несколько бутылок вина, отъезжавшие обеспечили закуску. Встреча прошла в непринужденной обстановке, с искренней радостью и весельем. Все были молоды, их переполняло чувство гордости за выполненное ответственное поручение Родины, впе-

реди была интересная работа, словом, жизнь прекрасна...

К моменту возвращения советских специалистов в СССР произошел ряд событий в сфере организации ракетостроительной промышленности. Получив правительственное поручение об изготовлении двигателя ракеты А-4 в системе Министерства авиационной промышленности, министр М.В. Хруничев определил в качестве базовых предприятий ОКБ-РД и самолетостроительный завод № 456 в Химках.

7 июня 1946 г. М.В. Хруничев подписал приказ, которым заводу № 456 предписывалось завершить производство элементов фюзеляжа и хвостового оперения самолета-снаряда типа ФАУ-1 в варианте ОКБ В.Н. Челомея и прекратить дальнейшие работы по этой тематике, а в IV квартале 1946 г. начать подготовку производства к изготовлению двигателя ракеты ФАУ-2, для чего получить чертежи в Главном артиллерийском управлении Министерства Вооруженных Сил. Следующим шагом стало объединение ОКБ-РД и завода № 456 в единое производственное предприятие. Это решение было оформлено приказом № 424 по миновиапрому от 3 июля 1946 г. Приведем некоторые выдержки из этого приказа: "В целях освоения двигателей ракеты А-4, создания и дальнейшего развития жидкостных реактивных двигателей для ракет дальнего действия приказываю:

1. Завод № 456 переоборудовать под производство жидкостных реактивных двигателей для ракет дальнего действия типа А-4. Установить задачей завода № 456 освоение двигателя А-4, его дальнейшее развитие и выпуск этих двигателей, а также создание жидкостных реактивных двигателей для самолетов.

2. Перебазировать ОКБ-РД с завода № 16 на завод № 456 с личным составом по списку главного конструктора тов. Глушко с оборудованием и инвентарем. Срок - до октября 1946 г.

3. Назначить главным конструктором ОКБ завода № 456 тов. В.П. Глушко. Заместителями главного конструктора - тов. Д.Д. Севрук, тов. Г.С. Жирицкого.

4. Организовать при заводе № 456 бригаду для проектирования по заданию ОКБ завода № 456 лабораторий и стендов для испытания двигателей и их агрегатов, хранилищ компонентов и т.д.

5. Выделить заводу № 456 станочное и лабораторное оборудование, обеспечить контрольно-измерительными приборами, передать все трофейное лабораторное и испытательное оборудование по ЖРД".

Далее в приказе подробно излагались поручения по кадровому, материально-техническому и финансовому обеспечению нового предприятия, приводился поименный список работников ОКБ-РД, переводимых в ОКБ при заводе № 456 в Химках. Этим приказом были заложены организационные и материально-технические основы предприятия замкнутого технологического цикла, главной задачей которого должно было стать проектирование, изготовление и проведение наземных испытаний ракетных двигателей.

Из-за нерешенности ряда организационных вопросов перебазирование ОКБ-РД в Химки задерживалось, поэтому 29 сентября 1946 г. вышло распоряжение правительства СССР, в соответствии с которым перевод ОКБ-РД на завод № 456 откладывался на ноябрь-декабрь 1946 г. В конце ноября работники ОКБ-РД вместе с оборудованием лабораторий и отделов переехали из Казани в Химки.

В Химки перебазилось 96 работников ОКБ и 243 члена их семей. Часть сотрудников ОКБ-РД перешла в другие организации, в том числе С.П. Королев, назначенный в августе 1946 г. начальником отдела № 3 в СКБ НИИ-88 и главным конструктором ракеты дальнего действия. Г.С. Жирицкий решил посвятить себя подготовке инженеров-двигателистов, возглавив кафедру в КАИ. Н.Л. Уманский стал начальником отдела № 8 в СКБ НИИ-88 и главным конструктором ЖРД для зенитных ракет Р-101 и Р-102.

В отличие от приема немецких специалистов для работников ОКБ-РД жилье никто не приготовил. Прибывшие семьи вынуждены были снимать комнаты у жителей Химок в частных домах или арендовать непригодные для зимнего проживания дачи.

(Продолжение в следующем номере)

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

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

Два уникальных явления были открыты почти одновременно. Но судьба их оказалась неодинаковой. Исследования, связанные с турбулентностью, продолжались непрерывно на протяжении следующих полутора лет, а



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

Всего пятьдесят лет разделяют два замечательных гидродинамических наблюдения. В 1834 г. двадцатилетний шотландец Джон Скотт Рассел на протяжении двух миль мчался на лошади вдоль канала за оторвавшейся от баржи волной, которая не меняла своей формы и размеров. Впервые результаты своих наблюдений он документально зафиксировал в 1845 г., где назвал указанную волну "уединенной". А в 1883 г. английский профессор Осборн Рейнольдс описал свои знаменитые опыты с течением струек воды в прямоугольном канале. Он показал, что форма и взаимное положение подкрашенных струек зависят от размера канала, скорости и вязкости жидкости. При больших размерах и скоростях по мере убывания вязкости линии тока начинают колебаться относительно продольного направления, пересекаться (условно) и интенсивно перемешиваться. Так, почти одновременно, возникли два важных раздела физики, связанные с исследованиями так называемых солитонов и турбулентности.

В соответствии с гипотезой академика Ландау турбулентностью называют такой вид движения жидкости, когда с уменьшением вязкости стадийно увеличивается ее сложность. Это является следствием последовательных потерь устойчивости течениями менее сложной структуры. Другими словами, каждому режиму течения соответствует своя устойчивая область. И какой бы сложной эта область сегодня не казалась, преждевременно говорить о достижении изотропного хаоса. Постепенно, вследствие совершенствования экспериментального инструментария с большим разрешением и быстродействием, будут открываться новые, все более сложные виды устойчивости, последовательно выстраивающиеся в логическую цепочку. Важно подчеркнуть, что переходы из одного состояния устойчивости в другое дискретны. При этом со временем понятие турбулентного режима будет непрерывно изменяться, расширяя область так называемого переходного режима, а критическое число Рейнольдса будет постоянно увеличиваться.

Математическое описание перехода от ламинарного режима течения к турбулентному, основанное на линейной теории устойчивости, так и не обеспечило совпадения с практическими исследованиями, поскольку линеаризованные уравнения Навье-Стокса, кроме одномерного волнового уравнения, не имеют локализованных стационарных решений и не отражают волновых аспектов турбулентности. Турбулентность - одно из типичных волновых явлений природы. Полные уравнения Навье-Стокса являются нелинейными дифференциальными уравнениями второго порядка в частных производных, и поэтому они описывают волновые процессы, а их точные решения являются локализованными, стационарными или солитонными. Другими словами, солитонные решения - это решения, при которых выявляются особые устойчивые виды течений.

Согласно определению, приведенному в физической энциклопедии, солитон - локализованное стационарное или стационарное в среднем возмущение однородной или пространственно-периодической нелинейной среды. Основными свойствами солитонов являются их способность сохранять размеры, форму и скорость движения. При взаимодействии друг с другом их свойства не меняются.

Уникальное свойство солитонов сохранять размеры, форму и скорость эквивалентно сохранению импульса, энергии и момента количества движения, что происходит благодаря динамическому балансу между нелинейностью и дисперсией среды. При этом математическое понятие нелинейности среды, отражающее все физические особенности, приводящие к отличию от сред линейных, для которых характерны гармонические процессы, конкурирует с другим математическим понятием - дисперсией. Проявление нелинейности - это зависимость формы волны от ее амплитуды, вплоть до опрокидывания волны (прибой на берегу моря). Дисперсия в данном случае характеризует величину распыливания волны из-за различной скорости распространения волн разной длины. Нелинейность увеличивает скорость максимальной точки волны, а дисперсия замедляет ее движение. Отсутствие одного из факторов приводит к тому, что солитон в данной ситуации не образуется. Очевидно, первое подтверждение взаимосвязи турбулентности с солитонами было продемонстрировано на примере уравнения Кортевега и де-Вриза для уединенной вол-

И СОЛИТОНЫ

вот солитоны оказались практически забытыми и интерес к ним снова возник лишь относительно недавно. До сих пор ни одно из этих явлений не изучено до конца. Теории, описывающие указанные явления, не завершены. Будут ли они развиваться совместно? А может быть, это одно и то же?

ны Дж. Ск. Рассела. Уравнение было получено из системы уравнений Навье-Стокса в виде:

$$u_t + 6 \cdot u \cdot u_x + u_{xxx} = 0,$$

где u - параметр отклонения скорости от равновесного значения.

Второй член уравнения характеризует дисперсию, а третий - нелинейность среды.

В дальнейшем было показано, что многие природные турбулентные явления связаны с солитонами. Вихри и более сложные объекты, построенные из вихрей, являются многомерными солитонами. Солитон, образующийся на вихревой нити, называется спиральным солитоном. В более крупном масштабе спиральный солитон наблюдается в виде торнадо.

Ударные волны, впервые открытые Риманом в 1860 г., также являются солитонами. Приливная волна, заходящая из моря в устье, образует высокую водяную ступеньку, называемую бором. Бор - один из примеров ударной волны. Бор бежит быстрее, чем любая небольшая волна на поверхности воды. Увеличение крутизны фронта волны и ее опрокидывание превращает гигантский, но безвредный океанский солитон в страшное стихийное бедствие - цунами.

Если возвратиться к гипотезе Ландау, то можно сказать, что турбулентность есть цепочка солитонов, связанных между собой условиями устойчивости при все нарастающей интенсивности потока и снижающейся вязкости.

С помощью метода горячей визуализации (метода уноса массы, см. журнал "Двигатель", № 6 - 2004 г.) на модельных соплах из фторопласта были получены отпечатки турбулентного потока в виде устойчивых образований, а также зафиксированы области перехода из одного состояния в другое.

1. В области существенных положительных градиентов давления ($dp/dx > 0$) за вкладышем критического сечения сопла образуются парные винтовые течения с продольными осями вдоль стенки сопла. Это - вихри Тейлора-Гертлера. Их протяженность и диаметр среза зависят от крутизны контура. Возникают вихри в результате бифуркаций нормальных составляющих потока, попарно сворачивающихся и образующих вращающиеся компоненты винтового течения. Продольная компонента при этом примерно равна скорости невозмущенного потока (рис. 1).

2. При дальнейшем распрямлении контура сопла ($dp/dx \sim 0$) вихри Тейлора-Гертлера попарно скручиваются. Подобно тому, как пастух вые из пучка конских волос наконечники своего кнута, течение из двух вращающихся навстречу газовых жгутов образует устойчивую скрутку. В результате в местах соприкосновения скруток друг с другом образуются локальные пары, вращающиеся в противоположных направлениях (спины), часть из которых выносит поток к стенке сопла, а часть от стенки. Та часть спинов, которая организует поток к стенке, формирует зоны растекания, другая - стекания. Спины расположены в шахматном порядке. Поэтому унос стенки имеет чередующуюся ячеистую структуру со сдвигом на полшага (рис. 2).

3. При медленном раскрытии сопла ($dp/dx < 0$) можно наблюдать эффект расплетания скруток (рис. 3). При этом ячеистая структура на стенке вырождается, образуя волнообразные борозды.

4. При значительном увеличении степени расширения сверхзвуковой части сопла жгуты упорядочиваются и укладываются в регулярную систему пересекающихся косых волн (волны Маха, рис. 4), которые проявляются на стенке в виде ромбовидных узоров.

5. При течении с отрицательным градиентом давления благодаря силам вязкого трения поток сбивается и образуются волны Толмина-Шлихтинга (рис. 5). Вторичная потеря устойчивости приводит к режиму течения, аналогичному течению со скруткой потока (ячейки уноса расположены в шахматном порядке, рис. 6). Далее с раскрытием сопла возникают волны Маха.

Приведенные иллюстрации, полученные в результате экспериментов, могут быть приняты в качестве аргументов при изучении турбулентности на базе теории солитонов.



Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6

Переворот в электроискровых технологиях

Новые линейные прецизионные электроискровые погружные
проволочно-вырезные станки **AQ327L** и **AQ537L**
со скоростным генератором **LQ33W** (макс. средний ток = 60А)
и системой зеркальной полировки **Super PIKA-W**.

В стандартной комплектации наилучшая шероховатость – **Ra 0,1 мкм**,
максимальная скорость резания на проволоке $\phi/0,25$ мм – **340 мм²/мин.**

Перемещения по осям **XYZ – 370 x 270 x 250 мм.**

Перемещения по осям **UV – 120 x 120 мм,**

макс. угол конусного резания – **$\pm 25^\circ/100$ мм ($\pm 30^\circ/85$ мм).**

Встроенная **3D CAD-CAM** система **3Qvic** (на базе Esprit и Solid Works),
а также совершенная система автопрограммирования
обработки с автотехнологом Heart NC. Телескопическая ванна.



Модель станка	AQ300L	AQ327L	AQ537L
Компьютерный ЧПУ-генератор	LN2W	LQ33W	LQ33W
Встроенная 3D CAD/CAM (3Qvic)	–	+	+
Перемещения по осям XY	300 x 200 мм	370 x 270 мм	570 x 370 мм
Перемещения по оси Z	220 мм	250 мм	350 мм
Перемещения конусного стола UV	80 x 80 мм	120 x 120 мм	120 x 120 мм
Макс. угол конусного резания	$\pm 20^\circ/80$ мм// $\pm 30^\circ/50$ мм	$\pm 25^\circ/100$ мм// $\pm 30^\circ/85$ мм	$\pm 25^\circ/100$ мм// $\pm 30^\circ/85$ мм
Внутренние размеры ванны	750 x 500 мм	865 x 645 мм	1050 x 720 мм
Вес детали	300 кг	500 кг	1000 кг
Наилучшая шероховатость	Ra = 0,17 – 0,2 мкм	Ra = 0,06 – 0,1 мкм	Ra = 0,06 – 0,1 мкм
Макс. скорость резания	305 мм ² /мин (проволока 0,3 мм)	340 мм ² /мин (проволока 0,25 мм)	340 мм ² /мин (проволока 0,25 мм)

Во всех моделях: **керамическая рабочая зона**, **сенсорный дисплей размером XGA 1024x768 (15"/40 см)**. Скоростная автозаправка проволоки, автоматическая установка уровня диэлектрика, линейки обратной связи с дискретностью **10 нанометров** по осям XY и UV, оригинальная схема рекуперации для экономии электроэнергии, антиэлектролизная чистовая система Super BS.



Линейный прецизионный
электроискровые погружной
проволочно-вырезной станок **AQ300L**,
Компактные размеры,
Зона резания **XUZ - 300x200x200 мм**
и фермовый конусный механизм
с ходами **UV - 80 x 80 мм.**
Совершенная система
программирования обработки с
автотехнологом Heart NC.
Наилучшая шероховатость
до **Ra=0,17 - 0,2 мкм**
всего за 3 - 4 прохода.



ЛИНЕЙНЫЕ ДВИГАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ СТАНКОСТРОЕНИЯ!

БУДЬТЕ ПЕРВЫМИ!

Sodick



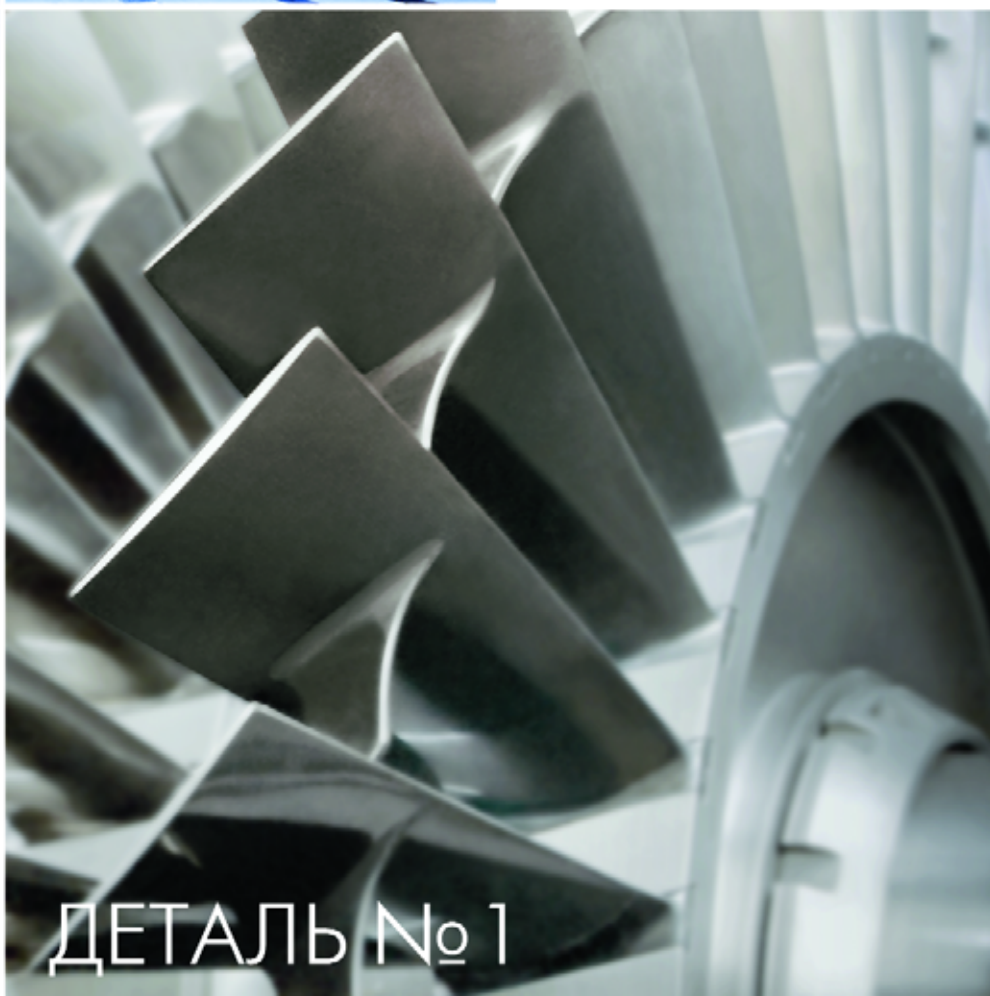
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

E-mail: umpo@umpo.ru, [http:// www.umpo.ru](http://www.umpo.ru)



ГАЗОТУРБИННЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ
УСТАНОВКИ ОТ 2,5 ДО 325 МВт

ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИЕ
АГРЕГАТЫ ОТ 4 ДО 16 МВт



РАЗРАБОТКА,
ПРОИЗВОДСТВО,
МОНТАЖ,
МОДЕРНИЗАЦИЯ,
СЕРВИС

НПО А САТУРН
www.npo-saturn.ru

