

Двигатель

Научно-технический журнал № 1 (37) 2005



Если государство не начнет заниматься промышленностью России, то даже игрушки будут только импортными

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. директора А.И. Бажанов

.....
Рукописи не рецензируются
и не возвращаются.

Редакция не несет ответственности
за достоверность информации
в публикуемых материалах.

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

.....
Научно-технический журнал "Двигатель"
зарегистрирован в
Государственном Комитете РФ по печати
Reg. № 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. Были в МАПе, были в МОПе...

Интервью с В.М. Чуйко

6. Ивановские ПГУ на основе ГТЭ-110 - прорыв в российской энергетике

8. Лучшая российская программа Dynamics R3.1®

9. Надежные станки для современного производства

10. Новейшие лазерные, электроэрозионные и электрохимические технологии лидера авиационно-космической промышленности Великобритании

Интервью с Андрю Лаусоном

12. Методика расчета сравнительной доходности эксплуатации двигателей самолетов ГА

Е. Марчуков, В. Андреев, В. Куликов, И. Осипов

14. Информация

16. Эскадра воздушных кораблей

А. Николаев

20. Создатель трех ОКБ

Л. Берне

24. Здравствуй, дорогие друзья

25. Вторая ежегодная Олимпиада по истории авиации и воздухоплавания

26. Двигатели

30. Электромобиль. Где взять энергию?

33. Химическое топливо - источник энергии

34. Цикл Карно, или как изобрести тепловую машину без формул и чертежей

38. Буду любить всегда

А. Маркуша

44. Надули - и поехали!

Д. Соколовский

46. Исследование теплового и газодинамического воздействия воздушного заряда на развитие топливной струи

В. Рудаков

48. Ветрянки или нефтяные двигатели?

И. Грибов

50. Электродуговые плазмотроны Центра Келдыша

А. Голиков, Ю. Кочетков, Ю. Свирчук, В. Федотов

52. О "немецком следе" в истории отечественного ракетостроения

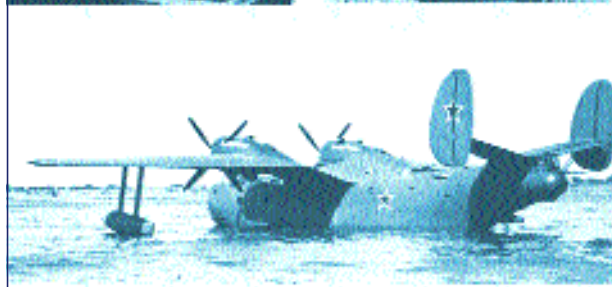
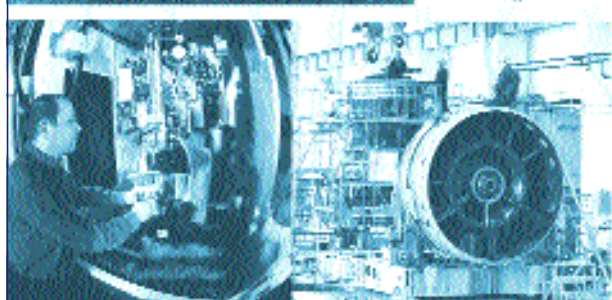
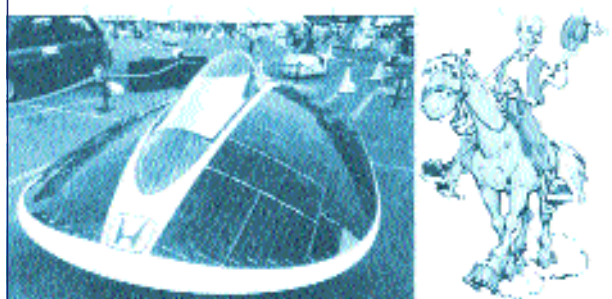
В. Рахманин

На первой странице обложки: действующие модели авиационной, железнодорожной и автомобильной техники, любезно предоставленные для фотографирования компанией **Eurotrain**.

Москва, ул. 3-я Тверская-Ямская, 12.

Тел.: 251-9240; 507-7454.

www.eurotrain.ru



БЫЛИ В МАПЕ, БЫЛИ В МОПЕ...

Это уже стало традицией и нашего журнала и АССАД: в начале года мы обращаемся к Виктору Михайловичу Чуйко, президенту этой ассоциации с просьбой ответить на некоторые наиболее животрепещущие вопросы из жизни авиационного двигателестроения, авиастроения и отечественной авиации в целом.

“Д”: Как сказались на положении авиации вообще и двигателестроения в частности прошедшая в прошлом году административная реформа? Можно ли сейчас уже что-либо определенное сказать по этому поводу?

Виктор Чуйко: Из-за размеров нашей планеты авиация в любом случае будет иметь особенное значение, так как она позволяет быстро перенестись из одной точки в другую. Как бы ни развивались наземные средства транспорта, при расстояниях более 1,2...1,5 тысяч километров авиация будет самым выгодным из скоростных средств транспорта. Поэтому ее возможности человечество всегда будет совершенствовать, а раз так - имеющаяся авиатехника постоянно будет устаревать. Для разумной организации совершенствования техники нужен координирующий центр. Сегодня отрицательную роль играет отсутствие экспертов, способных обосновать перспективы развития техники при президенте, законодательной и управляющей ветвях власти. В результате появляются противоречивые рекомендации. Сложилось такое положение, что сейчас в администрации президента нет человека или группы лиц, курирующих авиастроение, несмотря на то, что это - одна из самых технологичных и приносящих максимальный экономический эффект отраслей.

Полагаю, если взглянуть по-крупному, то сейчас уже более-менее понятно, что произошло с системой управления страной. Отдельные нюансы еще будут уточняться, но в основном картина обрисовалась: государство практически отказалось от координирующей и в какой-то мере управляющей роли в экономике вообще и в авиационной промышленности, в частности. Другими словами, в сегодняшней России отсутствует орган, который намечал бы техническую и экономическую стратегию развития, в частности - авиационной промышленности страны. Уже в период существования Росавиакосмоса количество людей, занимавшихся проблемами отрасли, было настолько малым, что исполнять функции управления они не могли, а сейчас число управленцев уменьшилось еще в три раза. Ожидать от новой структуры эффективности управления невозможно! Причем, если слушать проводников этих преобразований, продолжает доминировать идея, в соответствии с которой необходимо всю государственную собственность превращать в частную (акционировать), поскольку управление государством этой собственностью неэффективно. Иначе говоря: “я, как представитель государства, признаю, что мое управление моею же собственностью никуда не годится”. И тем не менее, эти люди продолжают претендовать на руководство страной!

Если даже говорить о заявленных целях реформы - повышении эффективности и сокращении аппарата, то придется признать, что он в целом ... вовсе не сократился. Более того, сейчас каждый руководитель департамента чувствует себя министром со всеми вытекающими административными претензиями. “Де-юре” количество министерств уменьшили, а “де-факто” их стало больше... Кроме того, размылась ответственность отдельных лиц за действия в рамках административной реформы.

“Д”: Как изменилось в существующих условиях положение авиастроительной отрасли?

В.Ч.: Мало того, что в результате административной реформы авиационная промышленность выпала из-под процесса управления, так у нас еще и возникло двоевластие! Как известно, ныне руководство авиационной промышленностью находится в Рос-

проме, но и в департаменте оборонных отраслей промышленности остались руководители бывшего агентства [Росавиакосмоса - прим. ред], не так давно еще этой промышленностью командовавшие. И они... продолжают руководить! Впечатление такое, что им, кроме авиационной промышленности, заниматься больше нечем, и они продолжают ею “рулить”, хотя она уже находится в другом ведомстве. Может, оно и неплохо было бы, если бы действия этих двух структур координировались: руководители департамента встречались бы с руководством авиационной промышленности из Роспрома (заместителями генерального директора этого ведомства). Сегодня же создается впечатление, что вообще нет никаких согласных действий в руководстве авиационной промышленностью России. Я не говорю о координации стратегических действий (что для авиации, вообще-то говоря, более важно), но даже и тактические указания зачастую даются “враздрай”. И авиация не какое-то досадное исключение. То же самое происходит и в некоторых других отраслях промышленности.

Замечу, что в самой космической отрасли положение проще: там есть Космическое агентство, четкое руководство отрасли, на которое замыкаются все вопросы в отрасли. Впрочем, не исключая, что и из департамента Роспрома идут к ним какие-то указания. Интересно, что в новое положение о Департаменте оборонных отраслей заложено очень много моментов, касающихся авиационной промышленности. Таким образом, отсутствует четкость в определении прав и обязанностей руководящих органов и ведомств.

Проблемы авиапромышленности очень сильно “завязаны” на кадровых вопросах. В руководящие органы предприятий и высших административных органов стали назначать людей, не владеющих спецификой предприятий. Можно с полной уверенностью утверждать, что у государства на самом деле отсутствует кадровая политика в авиационной промышленности. Раньше мы привыкли к преемственности, сменяемости и логичности какой-то при назначении людей на решающие должности. При этом все действия проводились достаточно публично и были обоснованы. Кадровый резерв воспитывался и тщательно отбирался. Теперь ничего похожего не наблюдается. Сплошной волюнтаризм или влияние случая. На ряд предприятий пришли специалисты “со стороны”. Я не хочу сказать, что это однозначно плохо, потому что, скажем, если пришел грамотный экономист или специалист по теории управления, и он опирается на инженерные и научные силы, которые есть на данном предприятии, - это несомненное благо. Однако обычно назначенные руководители приводят с собой целиком всю команду управленцев и ведут дело так, как будто до них ничего не существовало или все делалось неправильно. И, как следствие, дела очень быстро расстраиваются, связи теряются, предприятие или даже всю отрасль лихорадит. Впрочем, это только завятым пессимистам кажется, что они всегда в таком положении, что хуже уже и быть не может: давайте будем оптимистами. Перспективы, как выясняется, всегда есть, по крайней мере, в этом направлении.

Вот, придумали единую самолетостроительную компанию, чтобы-де улучшить инвестиционную привлекательность отрасли. Но если мы будем вместе строить региональный самолет, то инвестиционный климат надо обеспечивать не отдельным компаниям, а всем участникам работ. И в данном случае практически безразлично - усилиями одной или нескольких компаний создается кон-

кретный самолет. С другой стороны, рынок - поле свободной конкуренции. Поэтому, когда мы отдельных членов этого рынка объединяем в одну компанию и объясняем это тем, что у нас, мол, излишняя конкуренция и распыление средств, мы тем самым по сути подрываем основы функционирования рынка.

“Д”: *А как чувствует себя авиационное моторостроение при этих переменах?*

В.Ч.: Говоря в целом об авиационном моторостроении, нужно отметить, что в результате неоднократных преобразований - из Министерства авиационной промышленности в отдел Комитета по оборонным отраслям промышленности, после - в Государственный комитет по оборонным отраслям, затем - в Министерство оборонной промышленности, в Министерство экономики (где был департамент авиационной промышленности) и последующей передачи в Росавиакосмос, положение с координацией как организаторской, так и экономической деятельности в авиационном двигателестроении значительно ухудшилось. В чем это выразилось? Ну, во-первых, в том, что почти вдвое уменьшились объемы финансирования долгосрочных программ по моторостроению. Напомню, в МАПе 25...30 % финансирования из бюджетных средств приходилось на долгосрочные перспективные программы. В Госкомоборонпроме и даже в департаменте авиационной промышленности минэкономики доля долгосрочных программ создания новых авиационных двигателей составляла 20...25 %, а с переходом в Росавиакосмос она уменьшилась до 18...20 %. На протяжении последних двух лет продолжился спад: до 11...12 %.

В результате, так и не была профинансирована должным образом, например, программа по НК-93. И хотя самарцы не один раз объявляли о намерении начать летные испытания, до полетов с размещенным на борту самолета двигателем НК-93 дело так и не дошло. Деньги в нужном объеме не выделяются, а двигатель, обладавший уникальными характеристиками и не имевший аналогов, потихоньку устаревает.

Эта же причина привела к замедлению работ по двигателю ПС-90А2. Разработку этой модификации известного двигателя российская и американская стороны взяли оплачивать на паритетных началах. Однако в кулуарах нашего управления пошли какие-то споры: “а кто платит нашу вторую половину?..”, “а когда там американцы?..” В результате этой неразберихи необходимые средства на этот двигатель государство так и не выделило.

По той же причине замедлились работы и по Д-436. Впрочем, благодаря вкладу серийных заводов, которые будут изготавливать эти двигатели, удалось сертифицировать Д-436 в модификация Т1 для Ту-334 и ТП для Бе-200. Подчеркну, что бюджетные средства для этого дела выделялись в объеме примерно 25...30 % от необходимого. Пришлось изменить программу испытаний с целью минимизации расходов, а сами двигатели для этого процесса предприятия-изготовители (а это и украинский “Мотор Сич”, и российские “Салют” и УМПО) предоставили за собственный счет. Теперь путь указанным самолетам (кстати, также сертифицированным) к серийному производству открыт.

Из-за нерешенности на протяжении длительного времени проблемы финансирования программы разработки двигателя со сверхбольшой степенью двухконтурности Д-27 (более того - заказчик отказался от участия в испытаниях самолета Ан-70 и двигателя) все работы резко затормозились. И хотя последние заявления Главкома ВВС свидетельствуют о том, что он удовлетворен ходом устранения ранее отмеченных недостатков Д-27, программа выполняется как-то уж очень вяло. Мое мнение: надо в течение двух следующих лет “вложиться”, а затем начать продавать самолет.

“Д”: *Недавно было объявлено о значительной доле участия государства в разработке и производстве совершенно нового двигателя для регионального самолета совместно с французской фирмой SNECMA. Каково Ваше мнение по этому поводу?*

В.Ч.: Относительно RRJ и SaM-146 можно сказать, что мы ведь не финансируем работу иностранной фирмы, но работаем над совместным проектом, работаем на общую перспективу. Опасна лишь мысль, которую нам настойчиво прививают и которая



многими у нас уже подхвачена: “Россия не в состоянии построить “серьезный” самолет, только региональный”. Многих такое положение устраивает: создание самолета класса RRJ и двигателя для него требует меньших денег, а значит, удобнее для тех, кто эти деньги выделяет. Кроме того, мы сами, авиадвигателестроители, с 80-х годов стремились начать совместные работы с иностранцами. Цель была понятна: объединить достижения обеих сторон с тем, чтобы получить более совершенный и прогрессивный продукт. Благодаря такой интеграции мы рассчитывали попасть на мировой рынок и создать такую же возможность для наших зарубежных коллег по отношению к авиарынку СНГ. То, что делается “Сатурном” совместно с фирмой Snecma и пермским “Моторостроителем” совместно с Pratt & Whitney вполне отвечает тем целям, которые нами ставились на протяжении последних 20 лет. В частности, НПО “Сатурн” создало вместе с французами два совместных предприятия со вкладом 50 на 50 %. Специалисты объединения уже не первый год работают над совместными программами, а недавно сумели полностью реконструировать громадный корпус, использовав новейшие инженерные решения. Сегодня уже на половине площадей смонтировано новое оборудование, приобретенное частично “Сатурном”, а частично - фирмой Snecma. Это пример настоящего конструктивного взаимодействия.

Но есть и другая сторона у подобных процессов. В условиях острого дефицита средств значительная часть государственного финансирования вкладывается в такую совместную работу, при этом отнимаются деньги у других работ. В результате остальные наши двигателестроительные предприятия буквально “дышат на ладан”. Мы же не можем вложить в международный проект меньше денег, чем договаривались, а для внутренних проектов пре-



крашение финансирования - совершенно обыденная вещь.

Вкладывать деньги в совместные работы с иносфирмами, конечно же, необходимо. Понятно, что хозяин любой собственности (в том числе и интеллектуальной) - в конечном итоге тот, на чьи деньги она была создана, а если так, то надо стремиться оставить наработанную часть интеллектуальной собственности за Россией. С этой собственности Россия может иметь доход. Другое дело, что, занимаясь этой программой, нельзя все остальные оставлять без денег. И это еще одна причина, по которой остро необходимо решить вопрос с координацией действий в авиастроении.

"Д.": Виктор Михайлович! Недавно прошедший автомобильный форум выявил большую заинтересованность властных и финансовых структур в улучшении положения дел в отрасли. Авиационной промышленности приходится намного сложнее?

В.Ч.: Сравнение отечественного авиастроения и автомобилестроения, к сожалению, будет не в пользу авиации. В нашем автопроме явно наличествует организующий центр, который может координировать и направлять усилия на защиту отечественного производителя в рыночных условиях. Совсем недавно автомобилестроители убедили законодателей принять закон, обеспечивающий инвестиционную привлекательность этой отрасли. Автомобилестроение получило определенные льготы по налогам для инвесторов, гарантии возврата инвестиций и так далее. Это - нормальное положение в условиях рынка. А вот по авиастроению у нас такого закона нет: при нашем двоевластии в авиации все вроде бы всем занимаются, но никто ни за что не отвечает. И несмотря на "правильные" слова о том, что все хотят, чтобы авиационная промышленность "расцвела" (а я еще никогда не слышал от высших руководителей, чтобы кто-нибудь из них сказал, что он не хочет, чтобы отечественная авиация развивалась), практических действий - никаких. Если не считать выступлений и статей в прессе и других СМИ. Правда, этим больше старательно подчеркивается "патриотичность" выступающего, нежели реально движется дело. Когда доходит до практики, получаем в год на развитие всей авиационной техники чуть больше \$100 млн, и это при том, что одна только General Electric за год вкладывает около миллиарда долларов в перспективные программы.

"Д.": Сдвинулся ли в конце концов вопрос с лизингом авиатехники?

В.Ч.: Должен отметить, что мы в последнее время много внимания уделяли лизингу, и эта проблема в конце концов начала как-то решаться. Первые самолеты уже закуплены лизинговыми компаниями и переданы в эксплуатацию. У нас сегодня работают две лизинговые компании: московская "Ильюшин лизинг финанс", обеспечивающая продвижение самолетов Ил-96, и "Лизинговая авиационная компания" из Казани, которая покупает в основном Ту-214 и передает их в лизинговую эксплуатацию. Сейчас обе эти компании присматриваются к региональным самолетам Ан-148 и RRJ. Они не могут участвовать в финансировании разработок, но в состоянии будут предварительно оплатить заказ, когда дело дойдет до выпуска конкретной региональной техники.

Для более или менее быстрого развития авиационной отрасли необходимо сделать так, чтобы инвесторам стало выгодно вкладывать деньги в авиастроение, чтобы сюда пошла инвестиция. В двигателестроении есть отдельные программы, которые позволяют поддерживать отрасль. В первую очередь это - экспортная программа, программа разработки перекачивающих и энергетических станций, программа ремонта эксплуатируемой авиатехники. Срок выполнения программы развития гражданской авиации заканчивается в 2010 году. С точки зрения конкретики эта программа немного отстала от жизни, но стратегически она верна. Главный ее недостаток - малый объем выделяемых средств, что тормозит доводку и внедрение в производство тех же двигателей ПС-90А2 и Д-436, о чем я уже говорил.

Программой предусматривалось финансирование разработок двигателя для ближне- и среднемагистрального самолета. К сожалению, я не могу назвать тип самолета, о котором в данном случае идет речь. Мы привыкли к тому, что на предварительном этапе

должны рассматриваться два-три проекта и в результате конкурса выбирается наилучший из них. Однако отсутствие конкретных проектов привело к тому, что нам пришлось на год задержать проведение конкурса по двигателю. Недавно в ЦИАМ было проведено заседание расширенного научно-технического совета, на котором эти проблемы были рассмотрены. Приехали руководители практически всех заводов и ОКБ и с интересом выслушали доклады генерального директора ЦИАМ В.А. Скибина и руководителя Пермского двигателестроительного комплекса А.А. Иноземцева. Движение ума есть, и это хорошо. Тем не менее, пора объявлять конкурс на создание самолета и двигателя для него.


"Д.": Какие, по Вашему мнению, стратегические задачи должны стоять перед отечественной авиационной промышленностью?

В.Ч.: Сейчас мы говорим уже о шестом поколении реактивных двигателей, предназначенных для военных самолетов. Пятое поколение, шестое... Но ведь по существу работы-то не организованы! Вот в Европе спроектировали самый большой самолет А-380. Будет он - нет ли, но это уже перспективная работа. И в любом случае она направлена на перспективу. А мы, которые могли бы провести практически аналогичные работы по пассажирскому самолету и гораздо легче (когда делали еще "Руслан"), эту возможность просто не использовали. Дело не в размере самолета, а в его качестве, в возможностях двигателей, надежности, эксплуатационных характеристиках. Соответствующие исследования мы имеем возможность провести в рамках СНГ, используя накопленный опыт. Для этого надо привлечь наши научные кадры и определить облик самолета. Пусть у него будет сверхбольшое аэродинамическое качество, сверхмалая масса конструкции, сверхмалые расходы топлива, максимально благоприятные экологические характеристики - по шуму, эмиссии, пусть он будет сверхнадежен и, конечно же, он должен обладать прекрасной эксплуатационной технологичностью. Вот такого типа задачу надо ставить нам на перспективу. Таких целей и надо добиваться. Совместными усилиями мы вполне способны освоить производство и такой машины, и ее двигателей. Название этому самолету нетрудно придумать - "Содружество". У нас есть несомненные достижения в численных методах, проектировании, материаловедении, изучении процессов в двигателестроении, но все это надо внедрять, надо апробировать на практике. Иначе так и останемся с нашими достижениями. Мы давно и много говорим об этом, но в руководстве считают, что есть более насущные проблемы, чем перспективы отрасли. Например, управление футболом или "разруливание" конфликтов в Большом театре. Неужели это - единственные темы, достойные обсуждения во всех СМИ?

"Д.": Как Вы считаете, Виктор Михайлович: способно ли выступление в СМИ реально как-то позитивно повлиять на проходящие процессы?

В.Ч.: К сожалению, все наши публикации не находят в обществе достойного отклика. Раньше у нас существовала система, при которой выступления, опубликованные в прессе и содержащие критику каких-либо сторон жизни, воспринимались как обращения непосредственно к тому, кого касалось данное замечание. Ни одно деловое выступление в прессе не оставалось незамеченным. Это же и дисциплинировало выступающего: за свои слова надо было отвечать.

Теперь же публикации в прессе - от официальной до самой "желтой" - никого не волнуют. Так - сотрясение воздуха. Все печатают, что хотят, никто ни за что не отвечает и реакции никакой на свое выступление никто не ждет. При этом говорят: "А если что не так - подавай в суд". И жди ответа и решения.

Пресса перестала быть "четвертой властью", да и остальные три власти не слишком-то властвуют. Самое лучшее, что в наших условиях может сделать пресса (и за что я давно люблю ваш "Двигатель"), это - честно донести позицию собеседника до максимального числа читателей или слушателей. Вот, вы уже и награды стали получать за свои публикации о предприятиях авиационного двигателестроения. Давайте сотрудничать и впредь. 



ВТОРОЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВОЕННО-МОРСКОЙ
САЛОН



Санкт-Петербург



29 июня - 3 июля
IMDS
2005



Министерство
оборонь РФ



ВМФ РФ



ФГУП "Рособоронэкспорт"

УСТРОИТЕЛЬ



ЗАО "Морской Салон"



ЗАО "Морской Салон"

196191, Россия, Санкт-Петербург, Ленинский 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

ИВАНОВСКИЕ ПГУ НА ОСНОВЕ ГТЭ-110 - ПРОРЫВ В РОССИЙСКОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Сегодня в России строительство крупной современной электростанции – событие, к сожалению, редкое. Редкое, в основном, по двум причинам: во-первых, деньги (стоимость такого рода проектов – миллиарды рублей), а во-вторых, неготовность чисто техническая – до недавнего времени не было современных российских газовых турбин большой мощности. Тем значимее событие, которое произошло 24 февраля 2004 г. в городе Комсомольске Ивановской области, где состоялась торжественная церемония начала строительства новой электростанции РАО "ЕЭС России" на территории Ивановской ГРЭС.

Крупнейший проект

Строительство Ивановских ПГУ – это долгосрочный и масштабный проект, ориентировочная стоимость которого – девять миллиардов рублей. Завершить его планируется в 2008 году, после чего Ивановская область должна стать энергетически самодостаточной. Сейчас 70 % потребляемой областью электроэнергии покупается. Строительство первого блока ОАО "Ивановские ПГУ" планируется завершить в марте 2007 года. В 2005 году на строительство "Ивановских ПГУ" будет направлено 3,839 млрд рублей. Общий объем финансирования проекта строительства первого блока станции оценивается в 6,2 млрд руб. Ивановские ПГУ создаются на базе четырех газотурбинных установок ГТЭ-110 производства ОАО "НПО "Сатурн". "Сатурновская" ГТЭ-110 – первая российская газовая турбина большой мощности.

"То, что сегодня происходит в Комсомольске, для энергетики событие абсолютно особенное, – отметил на церемонии начала строительства Ивановских ПГУ Анатолий Чубайс, Председатель Правления РАО "ЕЭС России" – речь идет не просто о начале строительства новой станции, а о настоящем технологическом прорыве в энергетике, который основан на разработках российских ученых и продукции российских машиностроителей. За 27 месяцев будет построена электростанция, работающая на самой современной парогазовой технологии. Техническая основа – уникальная российская турбина большой мощности ГТЭ-110 и оборудование других машиностроительных предприятий России. Речь идет о масштабной загрузке российских предприятий, о новой налогооблагаемой базе, о новых технологиях в энергетике. Более того, речь идет о структурном сдвиге в российской экономике".

Большое значение Ивановские ПГУ имеют и для региона. Вот что по этому поводу говорит губернатор области В.И. Тихонов:

"Это один из главных инновационных проектов на территории Ивановской области. Ивановские ПГУ – это более 250 мест для высококвалифицированных специалистов, это дополнительная налогооблагаемая база – около 90 миллионов рублей в областной бюджет, 55 миллионов – в бюджет Комсомольска. Помимо этого предполагается развитие социальной сферы, включающее в себя строительство жилья".

Первая российская турбина большой мощности

"Ивановские ПГУ" входят в перечень важнейших строек и объектов капитального строительства в электроэнергетике, финансирование которых ведется в соответствии с инвестиционной программой РАО "ЕЭС России". Для первого ПГУ-325 концерн "Силовые машины" изготовит одну паровую турбину и три генератора, а ОАО "ЗИОМАР" – два котла. Генеральным подрядчиком строительства по итогам открытого конкурса, проведенного РАО "ЕЭС России", выбрано ФГУП "Технопромэкспорт". Как мы уже отметили, основой парогазовой установки является турбина ГТЭ-110, созданная НПО "Сатурн".

"К этому дню мы шли долгих десять лет. Мы вместе с НПП "Машпроект" и специалистами РАО "ЕЭС России" проделали огромную работу и сделали все, чтобы у России была своя высокоэффективная турбина большой мощности, – отметил Юрий Ласточкин, генеральный директор НПО "Сатурн", – Мы прекрасно понимаем свою ответственность перед энергетиками, перед нашими заказчиками. Коллектив компании сделает все, чтобы сделать турбины с необходимым качеством и вовремя их поставить. К этому объекту, к этой стройке приковано внимание огромного количества людей – наших потенциальных заказчиков, наших конкурентов. Нам от имени российских машиностроителей придется доказывать, что в России могут создавать современные турбины большой мощности".



Серийное производство ГТЭ-110

"До еще совсем недавнего времени в России не было конкурентоспособных турбин большой мощности, - подчеркнул Юрий Ласточкин, - В 1992 году было принято решение Министерством энергетики России о создании такой турбины, потом были разные времена. Но совместно с РАО "ЕЭС России", при помощи инвестиций РАО и собственных вложений нам удалось создать такую турбину. ГТЭ-110 конкурентоспособна. Однако нужно четко понимать, что ГТЭ-110 - это очень емкий инвестиционный проект. Для того, чтобы она выпускалась серийно, как это существует в ряде западных компаний, нужны крупные энергетические инвестиционные проекты - такие, какой мы сегодня видим в Иваново".

Сейчас "Сатурн" готов к серийному выпуску турбин большой мощности, для этого на предприятии в течение нескольких лет создавалась необходимая производственная база. В декабре 2001 года на Ивановской ГРЭС был построен уникальный испытательный стенд и развернута необходимая инженерная инфраструктура. В течение двух лет на стенде был проведен комплекс сложных испытаний и экспериментальных работ, завершившийся 16 сентября 2003 года подписанием акта межведомственных испытаний.

Готово к серийным заказам ГТЭ-110 и РАО "ЕЭС России". При строительстве новых, а также модернизации уже действующих тепловых электростанций в РАО было принято решение отказаться от устаревших паросиловых блоков в пользу ПГУ-325 российского производства. По оценке специалистов РАО "ЕЭС России", потребность в парогазовых установках оценивается в 103 комплекта для 20 российских ТЭЦ в период до 2015 года. Перевод всех газовых электростанций РАО "ЕЭС России" на парогазовый цикл позволит ежегодно экономить более 40 млрд куб. метров топлива или более 40 млрд рублей.

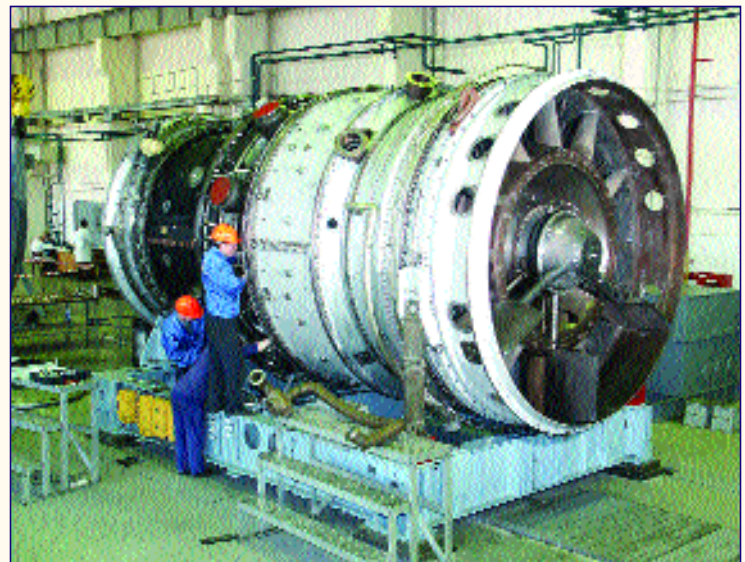
Готовность и дальше внедрять российские ПГУ на объектах РАО подтвердил на пресс-конференции 24 февраля 2005 года Анатолий Чубайс: "Если все будет реализовано так, как задумано, то все, что будет сделано в Иваново, станет не просто проектом, а началом масштабного, долгосрочного, крупносерийного обновления всей российской тепловой газовой генерации. Это, по сути, поворотная точка в технологическом уровне российской энергетики, еще раз повторю, основанная на российских технологиях. Речь идет о проекте, который не стыдно показать самой продвинутой мировой компании. Я поставил перед своими коллегами в РАО "ЕЭС России" задачу проинвентаризировать план наших инвестиций с целью выявления объектов, которые могут быть реализованы на базе установок ГТЭ-110".

Самая эффективная технология

Стремление к внедрению парогазовых энергоустановок большой мощности закономерно. Широкое распространение ПГУ в промышленно развитых странах объясняется в первую очередь их высокой экономической и производственной эффективностью. К.п.д. использования топлива на таких установках существенно выше и достигает 51 % по сравнению с аналогичным показателем паросиловых турбин, не превышающим 35...38 %. При этом потребление природного газа снижается на 30 %. Появляющаяся экономия можно использовать для сдерживания роста тарифов, или же реинвестировать в развитие электростанции.

Кроме того, парогазовые станции удовлетворяют самым высоким экологическим требованиям. Так, благодаря совершенствованию процессов сжигания топлива в камерах сгорания уровень выбросов оксида азота снижается до 50 мг/нм³, то есть в три и более раза по сравнению с аналогичным показателем на традиционных для России паросиловых блоках. Помимо высоких производственных и экологических характеристик парогазовая станция обладает еще одним неоспоримым преимуществом - она более компактна, что снижает время ее строительства на треть. Одним словом, переход с паросиловых технологий на парогазовые можно сравнить с переходом от "Запорожца" к современному автомобилю.

Почти две трети от вводимых во всем мире электростанций



работают с использованием технологии парогазового цикла. В России в настоящее время на парогазовом цикле работают всего две электростанции - Северо-Западная ТЭЦ и Сочинская ТЭС, оснащенные силовыми установками фирмы "Siemens". В Иваново будет первая российская ПГУ с силовыми установками российской компании НПО "Сатурн".

"С моей точки зрения, - подчеркнул Анатолий Чубайс, - доля парогазовой энергетики в газовом секторе российской энергетики должна быть сто процентов. Я не знаю технологических и экономических оснований, которые бы могли доказать целесообразность сохранения паросиловых установок во всем диапазоне мощности. Для этого необходимо полное переоборудование всей российской тепловой энергетики, работающей на газе. Это колоссальный объем задач. Именно поэтому мы уделяем такое внимание тому, что сделано здесь в Иваново. Цена вопроса - десятки миллиардов долларов. Необходима внятная стратегия поэтапного решения этих задач. Для решения этих задач потребуются не менее десяти лет".

Знаковый проект российской экономики

"У нас часто политики и экономисты любят спорить на тему о том, будет ли Россия сырьевым придатком, или не будет, - отметил Анатолий Чубайс. - Не хочется включаться в эти абстрактные споры - хочется делать дело. То, что делается сегодня на Ивановской ГРЭС, - это прорыв, далеко выходящий за пределы только станции и только энергетики, имеющий принципиальное значение для российской экономики. Я считаю, что именно таким образом и решается вопрос о том, сырьевой придаток Россия, или Россия современная высокотехнологичная страна, работающая на самом современном уровне в сложнейших отраслях промышленности, а значит в перспективе способная к экспорту, к захвату чужих рынков".

Дополнительная информационная справка к статье

ОАО "НПО "Сатурн" - машиностроительная компания, специализирующаяся на разработке и производстве газотурбинных двигателей для военной и гражданской авиации, энергогенерирующих и газоперекачивающих установок. Продукция энергетического машиностроения - одно из наиболее быстро растущих направлений бизнеса компании. "Сатурн" реализует программу выпуска широкого спектра энергетических установок различной мощности - от 2,5 до 110 МВт.

Основные заказчики энергоустановок "Сатурна" - ОАО "Газпром", РАО "ЕЭС России", а также независимые производители электроэнергии. Объекты "наземной тематики" "Сатурна" сейчас находятся по всей стране - в Москве, Рыбинске, Нарьян-Маре, Омске, Череповце, Вологде, Уренгое, Смоленской, Рязанской и Волгоградской областях, в Республике Коми и др.

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 ПТД, 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

ВЕДУЩИЕ РЕГИОНАЛЬНЫЕ
СТРОИТЕЛЬНЫЕ ВЫСТАВКИ

19-22 апреля 2005



Инструменты. Станки. Оборудование.
UralExpoTOOL

2-я Международная специализированная выставка

Екатеринбург, ВЦ КОСК «Россия»

Поддержка:



Организаторы:

RTE RTE-Moscow
Тел.: +7 (095) 101-4407
Факс: +7 (095) 101-4417
E-mail: tools@rte-expo.ru
http://www.rte-expo.ru

RTE RTE-Ural
г. Екатеринбург
Тел.: +7 (343) 217-9089
Факс: +7 (343) 217-9087
E-mail: tools@rte-ural.ru

Информационная поддержка:



www.uralexpotool.ru

НАДЕЖНЫЕ СТАНКИ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА



В наше время в гибкости нуждаются не только мелкие и среднесерийные производства, но и крупные технологические комплексы.

Выпуск нового или постоянное совершенствование любого двигателя невозможно на жесткой агрегатированной линии или производстве, где применяются сложные приспособления для каждого типа оборудования. Перестройка таких производств на выпуск комплектующих для новых изделий связана с огромными техническими трудностями и большими финансовыми затратами. А это неизбежно ведет к удорожанию продукции, а значит и понижению конкурентоспособности.

Для решения этих и многих других проблем ООО "Ковосвит-Русь" предлагает экономичную серию модульных токарных центров серии S чешского завода KOVOSVIT MAS.

Токарные станки с ЧПУ S42i, S50i, S80i предназначены для штучного, мелкосерийного и серийного производства точных деталей из заготовок или пруткового материала, а также фланцев и валов.

Станки спроектированы по модульному принципу. При этом основные узлы выполнены в виде отдельных конструктивно законченных элементов, а это дает возможность расширения основного варианта путем присоединения дополнительных узлов без доработки станка. Теперь не нужно подгонять технологию под станок, наоборот станок можно собрать для выбранного техпроцесса. Благодаря широко разнесенным направляющим, покрытым специальным материалом, станок обладает превосходной жесткостью, что гарантирует стабильность резания и чистоту поверхности. Управление станками обеспечивается цифровыми управляющими системами FANUC, HEIDENHAIN или SIEMENS, контролирующими приводы шпинделя и сервоприводы подачи.

Станки оснащены 12-позиционной инструментальной головкой SAUTER или DUPLOMATIC с возможностью установки ротационного инструмента (мощность 7 кВт, частота вращения 4500 мин⁻¹). Наличие оси С обеспечивает фрезерование и сверление как на торце, так и на цилиндрической поверхности детали.

Станки способны работать в автоматическом цикле при присоединении податчика прутка или с применением опции "вытягивание прутка" при помощи специальной державки в револьверной головке.

Станки легко интегрируются в производственные линии, могут оснащаться роботами и манипуляторами без применения дополнительных технических решений.

Более подробную информацию Вы можете получить у наших специалистов, обратившись по адресу:



ООО "Ковосвит-Русь":

111024, Москва,

шоссе Энтузиастов, д. 5.

Тел./Факс: (095) 781-2208.

Тел.: (095) 362-6090.

E-mail: kovosvitrus@pochtamt.ru

info@kovosvitrus.ru

Http: www.kovosvitrus.ru



НОВЕЙШИЕ ЛАЗЕРНЫЕ, ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЕ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИДЕРА АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ВЕЛИКОБРИТАНИИ

Компания Winbro Group Technologies Ltd появилась на российском рынке очень неожиданно, но сегодня уже имеет завидную репутацию, зарекомендовав себя как компания, создающая высокие технологии и надежное технологическое оборудование.

Сегодня мы беседуем с Андрю Лаусоном (Andrew Lawson), коммерческим директором компании.

"Д": Андрю, что Вы могли бы рассказать о компании?

Андрю Лаусон: Winbro Group Technologies Ltd (Великобритания) - это новое название очень известных компаний Amchem Ltd и M J Technologies Ltd. Компании имеют более чем пятидесятилетний опыт работы в авиационной промышленности и отрасли, занимающейся производством газотурбинных двигателей для энергетических станций. В феврале 2003 г. компании объединились и сейчас работают вместе. Winbro Group известна как мировой лидер в разработке новейших технологий и технических систем, использующих лазерные, электроэрозионные (EDM) и электрохимические (ECM) процессы. Компания специализируется в обработке наиболее сложных и ответственных деталей авиационных реактивных двигателей, а в последнее время и в изготовлении деталей газовых и паровых станций в связи с всевозрастающей мировой потребностью в энергии.

"Д": Почему Winbro решила начать работать на российском рынке?

А.Л.: Российские ученые и инженеры создали совершенные и сегодня такие известные во всем мире самолеты, как "Сухой" и "МиГ", и мы ожидали, что в интересах дальнейшего улучшения характеристик самолетов российские разработчики новых двигателей проявят заинтересованность в наших новых технологиях и станках. ММПП "Салют" стало первой компанией, которая установила с Winbro контакт и сделала запрос на разработку новых технологий для обработки отверстий для охлаждения в лопатках турбины новейшей конструкции, в стенках сопловых блоков и камер сгорания. Во время проведения авиационного салона в Великобритании (Фарнборо) компанию Winbro посетил генеральный директор ММПП "Салют" Ю.С. Елисеев. Через месяц после этого были подписаны контракты на поставку станков HSD6-II и HSD6- GT.

Мне приятно сообщить, что эти станки установлены на ММПП "Салют" и работают в серийном производстве уже более года (фото 1). Сейчас инженеры "Салюта" уже самостоятельно разрабатывают новые технологии и успешно используют новые возможности наших станков.

"Д": Сколько станков моделей HSD6-II или HSD6-GT для скоростного электроэрозионного сверления уже продано другим компаниям?

А.Л.: За последние пять лет Winbro продала более 130 станков для скоростного сверления ("супердрель") основным производителям реактивных двигателей в девяти странах мира. В их числе та-

кие известные компании как Rolls-Royce, Pratt and Whitney, Snecma Moteurs, GE Aircraft Engines. Кроме того, наши станки закуплены компаниями Siemens, Alstom, General Electric и др., где они используются при производстве деталей для газовых и паровых энергетических станций.

"Д": Андрю, представители российских заводов часто отмечают, что Ваша компания смело берется и решает самые сложные задачи для производства. Как Вы это прокомментируете?

А.Л.: Девиз компании - "Технология - наша профессия". В компании собрана сильная команда высокопрофессиональных инженеров, которые работают рука об руку с конструкторскими бюро западных компаний - разработчиками новейших реактивных двигателей. Такой союз позволяет находить технологические решения для воплощения самых смелых замыслов конструкторов. Наши усилия и успехи в поиске нестандартных технологических решений при создании двигателей нового поколения сделали компанию мировым лидером в этой отрасли промышленности. Мы стараемся охватить все стадии создания двигателя: от замысла конструктора, через опытное производство и далее до освоения наших технологий в серийном производстве. Следует сказать, что пять наших опытных инженеров постоянно работают в компании Rolls-Royce, и такая совместная работа дает положительные результаты.

"Д": Андрю, могли бы Вы рассказать нашим читателям о некоторых новых технологиях, которые Winbro может предложить российским предприятиям?

А.Л.: Winbro предлагает российским производителям новейшие технологии, разработанные по заданиям западных компаний, которые только недавно завершены. Я коротко охарактеризую некоторые из них:

- **технология формирования двух- и трехмерных охлаждающих отверстий.** Конструкторы двигателей стараются поднять температуру двигателя все выше и выше, что позволяет повысить к.п.д.

двигателя, увеличить его тягу, а также занимаются проблемой увеличения межремонтного ресурса двигателя и т.д. Winbro работает на Западе с ведущими конструкторскими бюро над созданием новых сложных форм охлаждающих отверстий и технологий их сверления. Внедрение отверстий новой формы позволяет повысить эффективность охлаждения лопаток на 200...300% и при этом не приводит к снижению тяги двигателя. Winbro разработала электроэрозионную и лазерную технологии для из-



Фото 1

готовления двух- и трехмерных диффузорных отверстий в лопатках турбин из жаропрочных сплавов, а так же в лопатках, имеющих теплозащитное керамическое покрытие (фото 2);

- встроенные в станок средства контроля геометрических размеров детали.

Мы разработали несколько технологий для точного позиционирования детали перед началом обработки, которые позволяют измерить реальные погрешности заготовки и оптимизировать положение детали в пространстве до начала обработки лазером или EDM. Такой "контроль на рабочей позиции" позволяет компенсировать погрешности литых лопаток и даже компенсировать во время обработки погрешность расположения внутренней полости в лопатке (фото 3). Наконец, мы предлагаем модуль, который с помощью лазерного луча измеряет на обработанных лопатках диаметры отверстий и точность их расположения относительно оси двигателя;

- технология высокоскоростного сверления (HSD). Скорость электроэрозионного сверления на наших станках ("супердрель") может достигать 60 мм/мин, а глубина сверления при использовании вращающегося электрода - 96 мм. Станки могут сверлить до 45 отверстий одновременно.

- технология лазерного "сверления на лету" (drilling on the fly) позволяет изготавливать до 25 отверстий в секунду (фото 4);

- технология лазерной вырезки и сварки. Нашей компанией разработаны технологии и станок для лазерной вырезки "окон" и отверстий в корпусах камер сгорания и компрессоров. Станок после вырезки "окон" и установки в них фланцев или другой арматуры производит лазерную сварку этих деталей с корпусом. Станок выполняет операции вырезки и сварки в деталях, изготовленных как из титановых, так и хромоникелевых жаропрочных сплавов;

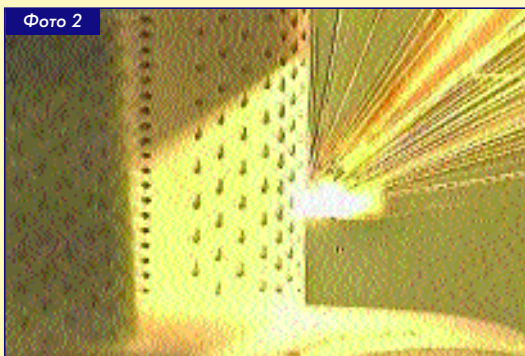
- технология лазерной наплавки на лопатки турбины. К этой ремонтной технологии сегодня проявляют интерес многие российские и украинские компании. Станки могут производить восстановление или ремонт изношенных поверхностей дорогостоящих деталей с помощью лазерной наплавки. Технология позволяет использовать для наплавки как проволоку, так и порошки;

- технология электрохимического сверления отверстий (STEM). Наши станки могут сверлить отверстия диаметром 1,0 мм на глубину 600 мм. Особенностью технологии является отсутствие оплавленного измененного слоя. Технология успешно применяется компаниями Rolls-Royce и GE Aircraft Engines для изготовления отверстий в лопатках из монокристаллических сплавов с очень высоким требованием к качеству поверхности.

"Д": Андрю, расскажите нам о работе Winbro с другими компаниями России и стран СНГ.

А.Л.: В 2004 г. нашу компанию посетили делегации таких предприятий, как:

- НПО "Сатурн" во главе с генеральным директором



Ю.В. Ласточкиным и генеральным конструктором М.Л. Кузменко;

- МПО им. В. Чернышева во главе с главным инженером А.Г. Пайкиным;

- ММПП "Салют" во главе с главным инженером В.А. Покладом;

- ОАО "Мотор Сич" во главе с главным технологом В.Ф. Мозговым.

В соответствии с предварительной договоренностью между Winbro и компанией Rolls-Royce некоторые делегации посетили производственный комплекс турбинных лопаток (TBF) в г. Дерби (Англия). Специалисты могли наблюдать работу более 45 наших станков в автоматизированных производственных ячейках. Станки выполняют сверление отверстий в лопатках турбины непрерывно на протяжении 24 часов с высокой производительностью и надежностью.

Сегодня мы обсуждаем с руководством ряда российских и украинских компаний детали контрактов на поставку станков и технологий.

"Д": Как специалисты этих компаний оценили технологии и станки?

А.Л.: Оценка была очень высокой. Например, генеральный конструктор НПО "Сатурн" М.Л. Кузменко отметил, что компания Winbro располагает многими техническими решениями, которые не имеют аналогов. Он отметил также, что компания удачно использует в конструкции станков передовые технологии и новейшие достижения в электронике и машиностроении.

"Д": Какие планы у компании Winbro на этот год?

А.Л.: Мы продолжаем активно информировать ведущие конструкторские бюро разработчиков двигателей и машиностроительные заводы в России и странах СНГ о нашей компании, технологиях и станках, которые мы можем им предложить. В дополнение к ранее упомянутым компаниям мы договорились продолжить сотрудничество с ЗМКБ "Прогресс", компанией "Завод турбинных лопаток" (корпорация "Силовые машины"), "Газэнергосервисом". Мы надеемся продолжить и укрепить деловые отношения с компаниями "Авиадвигатель", "Пермский Моторный Завод", "УМПО" и др.

"Д": Андрю, я уверен, что после нашей беседы многие компании захотят связаться с Winbro и узнать больше о ваших станках и технологиях. Как это можно сделать?

А.Л.: Мы всегда рады новым деловым контактам. Для этого представители компании могут выехать на завод потенциального заказчика, сделать для специалистов презентации наших станков и технологий. Кроме того, мы всегда готовы принять делегации на наших предприятиях в Великобритании. По всем вопросам, пожалуйста, обращайтесь без колебаний к нашему представителю в России Б.И. Чугунуову. **П**

WINBROGROUP
technology is our business

Тел.: +7 (095) 766-9290.
Факс: +7 (095) 251-8490.
E-mail: bchugunov@mail.ru
www.winbrogroup.com

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СРАВНИТЕЛЬНОЙ ДОХОДНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВИГАТЕЛЕЙ САМОЛЕТОВ ГА



НТЦ им. А. Люльки ОАО "НПО "Сатурн":
Евгений Марчуков, директор НТЦ,
Владимир Андреенко, главный конструктор,
Владимир Куликов, зам. главного конструктора,
Игорь Осипов, ведущий конструктор

В настоящее время известны апробированные и надежные методики определения технико-экономической эффективности эксплуатации самолетов, основанные на расчете прямых эксплуатационных расходов (ПЭР) [1-2]. Такие методики используются, как правило, на финальном этапе проектирования, когда вся детализированная номенклатура ПЭР может быть определена с достаточной точностью. В то же время зачастую требуется определить эффективность того или иного технического решения на раннем этапе проектирования в условиях нехватки данных, необходимых для использования указанных методик. Поэтому для инженерного экспресс-анализа нужны упрощенные методы оценки правильности выбора проекционной опции.

В работах [3-4] предложена целевая функция (ЦФ) для выбора оптимальной стратегии в задачах проектирования, доводки и эксплуатации стационарных ГТУ. В настоящей статье рассматривается возможное развитие указанной ЦФ, которую предлагается использовать при решении аналогичных проблем в области двигателестроения для самолетов гражданской авиации (ГА).

Общее выражение для расчета прибыли владельца самолета за время жизненного цикла (ЖЦ) t можно записать в виде:

$$G(t) = I \cdot N_{flight} - C_{TO}(t) - C_0 - N_d(t) \cdot c_d - N_{rd}(t) \cdot c_{rd} - A(t), \quad (1)$$

где I - доход от некоего стандартного полета протяженностью S ; N_{flight} - число таких полетов; $C_{TO}(t)$ - расход топлива в денежном эквиваленте; C_0 - цена самолета; $N_d(t)$ - число двигателей стоимостью c_d каждый, которыми необходимо оснащать самолет за время ЖЦ; $N_{rd}(t)$ - число капремонтов двигателей самолета стоимостью c_{rd} каждый за время ЖЦ; $A(t)$ - прочие эксплуатационные расходы.

Число полетов определяется формулой

$$N_{flight} = R \cdot (t / t_{flight}),$$

где R - коэффициент технического использования самолета (отношение суммарной продолжительности полетов к продолжительности ЖЦ); t_{flight} - продолжительность стандартного полета.

Выражение для дохода владельца самолета за один стандартный полет записывается в виде:

$$I = C \cdot G \cdot S, \text{ или}$$

$$I = C_1 \cdot N \cdot S,$$

где первая формула описывает доход владельца грузового самолета, и в этом случае C - грузовой тариф (\$/км·т); G - грузоподъемность самолета (т). Второй вариант формулы дает доход от эксплуатации пассажирского лайнера. В этом случае C_1 - удельная цена пассажирского билета (\$/км); N - пассажиремкость самолета.

Эксплуатационные расходы самолета ГА определяются следующим образом.

Пусть 1 кг топлива стоит C_T . За время полета, равное

$$t_{flight} = t_{st} + S/V + t_{land}$$

(где V - скорость полета на крейсерском режиме, t_{st} , t_{land} - времена взлета и посадки лайнера, соответственно), будет потрачено следующее количество топлива в денежном эквиваленте:

$$C_{TO} = N_d \cdot C_T \cdot t_{flight} \cdot Q_{vac}$$

где Q_{vac} - средний часовой расход топлива одного двигателя, N_d - число двигателей, установленных на самолете. Тогда за время жизненного цикла расходы на закупку топлива составят

$$C_{TO}(t) = N_{flight} \cdot C_{TO} = N_{flight} \cdot C_{TD} \cdot t_{flight} \cdot Q_{vac}$$

$$\text{где } C_{TD} = C_T \cdot N_d.$$

Расходы на закупку авиационных двигателей на протяжении ЖЦ самолета определяются соотношением:

$$N_d(t) \cdot c_d = C_d \cdot (R \cdot t / t_d - 1),$$

$$\text{где } C_d = c_d \cdot N_d, \quad t_d - \text{ресурс двигателя.}$$

Затраты на капитальный ремонт двигателей составят

$$N_{rd}(t) \cdot c_{rd} = R \cdot C_{rd} \cdot (t / t_{rd}) \cdot \text{int}(t_{rd} / t_{rd}),$$

где $C_{rd} = c_{rd} \cdot N_d$; t_{rd} - межремонтный ресурс двигателя; $\text{int}(t_{rd} / t_{rd})$ - целая часть частного t_{rd} / t_{rd} (в случае, если величина t_{rd} / t_{rd} является целым числом, следует брать $t_{rd} / t_{rd} - 1$).

С учетом полученных результатов формулу (1) можно преобразовать для расчета прибыли владельца самолета:

$$G(t) = R \cdot [I - C_{TD} \cdot t_{flight} \cdot Q_{vac}] \cdot t / t_{flight} - C_0 - C_d \cdot (R \cdot t / t_d - 1) - R \cdot C_{rd} \cdot t / t_{rd} \cdot \text{int}(t_{rd} / t_{rd}) - A(t).$$

При условии $A(t) \sim \text{const}$ можно получить следующую целевую функцию, имеющую смысл сравнительной доходности от использования двух различных самолетов или двух разных модификаций одного и того же самолета:

$$F(t) = \Delta [R \cdot (I - C_{TD} \cdot t_{flight} \cdot Q_{vac}) \cdot t / t_{flight}] - \Delta C_0 - \Delta [C_d \cdot R \cdot t / t_d] - \Delta [R \cdot C_{rd} \cdot t / t_{rd} \cdot \text{int}(t_{rd} / t_{rd})]. \quad (2)$$

Формула (2) позволяет рассчитать сравнительную конкурентоспособность любых двигателей самолетов ГА.

Расчет сравнительной доходности самолета Ил-76 при оснащении его четырьмя двигателями ПС-90А и Д30КП "Бурлак" [5, 6] является актуальным. Такая постановка вопроса рассматривается, например, в [7].

Таблица 1

Параметры ГТД ПС-90А и Д30КП "Бурлак"		
Параметры ГТД	ПС-90А	Д30КП "Бурлак"
Часовой расход топлива Q_{vac} , кг/ч	1977	1733
Ресурс двигателя, тыс. ч	5	24
Стоимость двигателя, тыс. \$	3500	1500
Межремонтный ресурс двигателя, тыс. ч	2,5	5
Стоимость капремонта двигателя, тыс. \$	760	300
Масса двигателя m_d , кг	4160	3550

Таблица 2

Параметры Ил-76 с двумя вариантами силовой установки		
Параметры самолета	с ПС-90А	с Д30КП "Бурлак"
Максимальная взлетная масса самолета, т	195	195
Коммерческая нагрузка самолета G, т	50	54,55 ^[1]
Крейсерская скорость, км/ч	820	800
Время набора высоты, мин	20	20
Время приземления, мин	30	30
Время жизненного цикла, тыс. ч	240	240
Коэффициент технического использования самолета	0,125	0,125

Примечание: ^[1] - с учетом ограничений на посадочную массу коммерческая нагрузка самолета с ГТД Д30КП "Бурлак" рассчитывается по формуле:
 $G_{Д30} = G_{ПС-90} + N_{д} \cdot (t_{flight} \cdot \Delta Q_{час} + \Delta m_{д}) - 2,6$

Кроме того, приняты следующие значения характеристик самолетного цикла:

- грузовой тариф $C = 120$ \$/(тыс. км·т) [8];
- протяженность маршрута для обоих самолетов $S = 4000$ км;
- стоимость топлива $C_T = 0,5$ \$/кг.

Результаты расчета с использованием формулы (2) показывают, что владелец самолета Ил-76, оснащенного ГТД Д30КП "Бурлак", сэконоит за время ЖЦ на \$115 млн больше, чем владелец грузового лайнера с ГТД ПС-90А благодаря:

- меньшим часовому расходу топлива и массе двигателя ГТД Д30КП "Бурлак" (\$27 млн), причем \$15 млн удается сэкономить в связи с меньшей платой за топливо, а \$12 млн - вследствие большей полезной нагрузки;
- меньшей цене двигателей (\$8 млн);
- меньшим расходам на ремонт двигателей (\$12 млн);
- меньшим затратам на покупку новых двигателей за время ЖЦ самолета (\$68 млн).

Ниже рассматривается задача из области проектирования авиационного двигателя.

Пусть в результате выполнения проекта создания двигателя для 100-местного двухмоторного пассажирского лайнера масса двигателя оказалась на 100 кг больше, чем было определено техническим заданием (ТЗ). Это приводит к тому, что планируемая пассажировместимость самолета должна быть уменьшена на 2 места и, таким образом, составить 98 чел. При этом предполагается, что центр тяжести системы из двух двигателей находится в геометрическом центре самолета, так что для сохранения баланса необходимо снять два пассажирских кресла: одно из головной, а другое - из хвостовой частей самолета. Кроме того, считается, что запасы прочности достаточны для увеличения массы двигателей и не требуют наращивания массы конструкции самолета. Предполагается также, что остальные параметры спроектированного двигателя выдержаны в соответствии с требованиями ТЗ и составляют:

- к.п.д. двигателя $\eta_i^{(1)} = 0,35$;
- часовой расход топлива $Q_{час}^{(1)} = 1733$ кг/ч;
- межремонтный ресурс двигателя $t_{рд}^{(1)} = 2,5$ тыс. ч;
- ресурс двигателя $t_{д}^{(1)} = 8$ тыс. ч;
- стоимость капремонта двигателя $c_{рд} = \$230$ тыс.

Необходимые для расчета ресурсно-стоимостные данные самолета для простоты взяты такими же, как в предыдущей задаче. Величина C_T (удельная стоимость пассажирского билета) положена равной 100 \$/(тыс. км).

Результаты расчетов по формуле (2) показали, что суммарное уменьшение прибыли владельца самолета за время

жизненного цикла самолета из-за снижения пассажировместимости составит \$4,1 млн. Следует ожидать, что в рассматриваемой ситуации заказчик потребует снизить соответствующим образом цену двигателя.

Однако, парировать указанное уменьшение дохода возможно путем совершенствования других показателей качества конструкции двигателя.

Реально проектируют управляют осредненным термическим к.п.д. двигателя ($\eta_i = 0,35$), который определяет часовой расход топлива $Q_{час}$ ресурсом двигателя $t_{д}$ и межремонтным периодом $t_{рд}$.

Вначале рассматривается возможность увеличения доходности самолета на \$4,1 млн путем повышения к.п.д.

Возрастание к.п.д. двигателя самолета приводит к снижению среднего часового расхода и сказывается двояко. Во-первых, оно способствует сокращению денежных затрат собственника самолета на закупку топлива. Во-вторых, меньший расход топлива позволяет увеличить пассажировместимость самолета N (предполагается, что ограничение на посадочную массу самолета позволяет увеличить число пассажиров). Рост пассажировместимости рассчитывается в соответствии с формулой

$$\Delta N = t_{flight} \cdot N_{д} \cdot \Delta Q_{час} / 100$$

(считается, что масса пассажира с багажом равна 100 кг).

Увеличение ΔN позволяет повысить доход владельца самолета в соответствии с формулой:

$$\Delta I = C_T \cdot \Delta N \cdot S.$$

Результаты расчетов с использованием зависимости (2) подтверждают следующее: если снизить часовой расход топлива на ~31 кг/ч, то доходы владельцев самолетов (с данными, соответствующими ТЗ, и утяжеленного на 200 кг) практически сравняются.

Соответствующий рост осредненного термического к.п.д. $\eta_i^{(2)}$ рассчитывается по формуле:

$$\eta_i^{(2)} = \eta_i^{(1)} \cdot Q_{час}^{(2)} / Q_{час}^{(1)} = 0,353.$$

Исследование влияния ресурсных параметров двигателя показало, что увеличение ресурса до величины $t_{д}^{(2)} = 9,5$ тыс. ч также приводит к парированию уменьшения дохода владельца самолета на \$4,1 млн. Равный по величине эффект достигается увеличением продолжительности межремонтного периода до $t_{рд}^{(2)} > 4$ тыс. ч (при сохранении заданного ресурса).

Список литературы

1. Временная методика сравнительной оценки транспортных самолетов (МЭО-82). - М.: МГА, 1982 - 188 с.
2. В.А. Пономарев. Оценка экономической эффективности авиационных ГТД: Учебное пособие. - Рыбинск: РГАТА, 2000 - 90 с.
3. И.Л. Осипов. Выбор функции цели для оценки эффективности инноваций при проектировании газовых турбин. XLVII научно-техническая сессия РАН по проблемам газовых турбин. Тезисы докладов. Пермь, 2000.
4. С.А. Воронцов, И.Л. Осипов. Об одном методе оптимизации параметров ГТУ. Теплоэнергетика. 2003, № 12, с. 46-51.
5. Каталог поставщиков авиационной продукции и услуг за 2003 г., № 1. М.: Изд. "Аэросфера", 2003 г.
6. НПО "Сатурн". Авиационные двигатели. Материалы выставки на ВВЦ "Двигатели 2004".
7. S. Sokut. The Il-76: New options for a Mainstay Arlifter. Russia/CIS Observer. Airshow China 2004, Zhuhai. Приложение к журналу "Авиатранспортное обозрение" (Air Transport observer), 2004, с. 15.
8. А. Батков, В. Дмитриев, Е. Каблов. Летная погода для авиационной науки. Известия, 9.10.2004 г.

DIGEST: THE METHOD OF INCOME CALCULATION FOR ENGINE USAGE OF CIVIL AVIATION AIRCRAFT

There is presented the method of technical-economic background for decisions, which are taken by aircraft developers while making the choice of engine features for civil aviation aircraft or by engine designers for evaluation of correct calculations of engine parameters. The method is based on goal function introduction, which is the comparative income of owner of the aircraft where the different technical solutions are put forward.

20 января 2005 г. во ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова" под эгидой Управления авиационной промышленности Федерального агентства по промышленности (Роспрома) прошло заседание расширенного научно-технического совета (НТС) отрасли. Темой заседания было рассмотрение состояния и программы работ, направленных на создание ТРДД нового поколения для самолета МС-21, который предназначается для работы на ближних и средних магистралах (БСМС). В работе заседания приняли участие представители Минпромэнерго и Минтранса России, научно-исследовательских институтов, опытно-конструкторских бюро и серийных заводов авиационной промышленности, предприятий и организаций смежных отраслей.

С докладами выступили В.А. Скибин (ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова"), А.Н. Семенов (ОАО "Авиадвигатель"), Г.А. Павловец (ФГУП "ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского"), И.Ф. Кравченко (ГП "Ивченко-Прогресс", Украина), Б.С. Ломберг (ФГУП "ВИАМ"), Д.Г. Федорченко (ОАО "СНТК им. Н.Д. Кузнецова"), А.А. Иноземцев (ОАО "Авиадвигатель"), В.А. Яковлев (ФГУП "ММПП "Салют").

НТС отметил острую необходимость разработки и создания конкурентоспособного ТРДД нового поколения в классе тяги 12 тс для семейства самолетов МС-21 (рассчитанных на 130-170 пассажиров). Это объясняется существенным ужесточением технических, экологических и экономических требований, предъявляемых к двигателям самолетов гражданской авиации, а также явно обозначившимся превосходством зарубежных аналогов (CFM56, V2500) по сравнению с применяемыми в настоящее время отечественными серийными двигателями. Наши двигатели третьего поколения, разработанные тридцать-сорок лет назад, не удовлетворяют международным нормам по шуму и эмиссии вредных веществ.

За рубежом уже начата эксплуатация двигателей пятого поколения, сроки создания которых были сокращены до 4-5 лет благодаря широкому использованию научно-технического задела, наработанного в последние 10-15 лет в рамках государст-

венных программ с большим объемом финансирования (программы ИРТЕТ, VAATE, UEET, CLEAN, ANTLE и др.). В настоящее время ведущие зарубежные фирмы работают над созданием базовых газогенераторов нового поколения как основы для разработки в 2005-2010 гг. новых и модернизации серийных ТРДД тягой 7...18 тс (проекты Tech 56, VISTA, DEM21, HDV12 и др.).

В этих условиях совершенно необходимо, чтобы перспективные пассажирские самолеты семейства МС-21 и новые модификации самолетов Ту-204, Ил-214 и др. также оснащались двигателями, равноценными по техническому уровню зарубежным аналогам. Решить указанную задачу НТС считает наиболее рациональным путем разработки на основе базового газогенератора семейства двигателей нового поколения в классе тяги 7...20 тс.

Федеральной целевой программой "Развитие гражданской авиационной техники России на 2002-2010 годы и на период до 2015 года" предусматривалось создание ТРДД для нового БСМС на конкурсной основе с объемом финансирования 13,5 млрд рублей, в том числе из федерального бюджета - 6 млрд рублей, внебюджетных источников - 7,5 млрд рублей. Однако в 2002-2003 годах эта программа из средств федерального бюджета не финансировалась. Существенное продвижение в направлении создания необходимых экспериментальных объектов стало возможным только в 2004 г. в рамках НИР "Программа НТЗ" (головной исполнитель - ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова", соисполнители: ВИАМ, ВИЛС, НИАТ, ОАО "Авиадвигатель", ОАО "СНТК им. Н.Д. Кузнецова", ФГУП "ММПП "Салют", ФГУП "НПП "Мотор", ОАО "НПП "Аэросила", ОАО "Композит", ОАО "Мотор Сич" и др.). В настоящее время технологическая готовность различных узлов нового ТРДД составляет от 25 до 70 %. НТС отметил необходимость интенсификации работ, связанных с экспериментальной отработкой перспективных технических решений.

В 2002 г. Росавиакосмосом и Минтрансом России было утверждено "Техничес-

кое задание на конкурсную разработку технического предложения по созданию турбореактивного двухконтурного двигателя (ТРДД) нового поколения для ближне-среднего магистрального самолета", разработанное ЦИАМ с участием ГосНИИ ГА, ЦАГИ, самолето- и двигателестроительных предприятий отрасли.

В июне 2003 г. был объявлен конкурс технических предложений по созданию ТРДД нового поколения в классе тяги 12 тс (письмо Росавиакосмоса № СР-21-5318 от 09.06.2003 г.). На конкурс были представлены технические предложения по двигателям ПС-12 и Д-БСМС. Однако дирекцией федеральной целевой программы "Развитие гражданской авиационной техники России на 2002-2010 годы и на период до 2015 года" дальнейшие мероприятия, связанные с проведением конкурса, не проводились.

НТС постановил считать создание ТРДД нового поколения для МС-21 приоритетной задачей авиационной промышленности России и СНГ и рекомендовал Роспрому в первом полугодии 2005 г. на конкурсной основе определить генерального разработчика и создать проектно-производственную кооперацию, необходимую для создания гражданского ТРДД нового поколения. ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова" получило задание до февраля 2005 г. уточнить программу обеспечения технологической готовности создания ТРДД нового поколения с экспериментальным подтверждением характеристик отдельных элементов и узлов.

Для успешной реализации программы создания ТРДД нового поколения объем необходимого финансирования программы из средств федерального бюджета должен составить 6 млрд рублей с ежегодным выделением начиная с 2005 г. не менее 300 млн рублей (остальные средства - из внебюджетных источников). В федеральные целевые программы разных отраслей промышленности России следует включить ряд работ, без которых невозможно создание нового ТРДД.



Соб. инф.

В рамках IX Московской международной автомобильной выставки "MIMS 2005" ОАО "Автосельхозмаш-холдинг", ГНЦ РФ ФГУП "НАМИ", НП "Объединение автопроизводителей России" при поддержке Департамента промышленности Минпромэнерго России и Комитета Торгово-Промышленной Палаты РФ по предпринимательству в автомобильной сфере традиционно организуют VII конференцию на тему "Двигатели для российских автомобилей", которая состоится 25 августа 2005 г.

Цель конференции: оценка степени успешности реализации Концепции развития автомобильной промышленности России в области двигателестроения, в

том числе по достижению экологических норм Комитета по внутреннему транспорту ЕЭК ООН; ознакомление с результатами новых научных исследований и практических разработок, связанных с применением альтернативных видов топлива, созданием топливных элементов и комбинированных энергоустановок; изучение достижений в области ЭСУД и других систем обеспечения современных характеристик работы ДВС; анализ процессов дизелизации в российском автомобилестроении; ознакомление с новыми разработками двигателей, систем, узлов, агрегатов и деталей, а также с технологией их изготовления; выявление эф-

фективных проектов в отечественном двигателестроении.

В качестве докладчиков на конференцию приглашены представители федеральных министерств, руководители и ведущие специалисты предприятий, производящих двигатели для автомобилей и комплектующие изделия к ним, а также крупные отечественные ученые, работающие в области двигателестроения, представители банков и инвестиционных компаний.

По результатам конференции будет издан сборник докладов.

Приглашаем к сотрудничеству.

Тел./Факс: (095) 921-7546, тел. 926-0139

E-mail: inf@asm-holding.ru

В Индии завершилась V Международная выставка "Аэро Индия-2005", на которой Россия приняла активное участие. "Для России выставка имела особое значение, т.к. Индия является стратегическим партнером РФ в области ВТС", - подчеркнул руководитель российской делегации, первый заместитель Государственной службы по военно-техническому сотрудничеству Александр Денисов. Из примерно \$5,7 млрд, полученных Россией в 2004 г. от программы ВТС в мире, почти треть приходится на Индию. Важно и то, указал он, что стратегия сотрудничества, как и руководители крупных отечественных корпораций "ориентированы на развитие высокотехнологичного сектора" экономики России. Это подтверждено успешным завершением поставок в Индию истребителей Су-30МКИ.



Главной темой, обсуждавшейся на выставке, был предстоящий тендер на оснащение военно-воздушных сил Индии 126 новыми многофункциональными истребителями среднего класса. Эта закупка оценивается примерно в \$4,5 млрд.

Предполагается, что небольшую часть из этих самолетов поставит фирма-победитель тендера, остальные будут собраны по лицензии на индийских предприятиях.

Реально только два самолета могут претендовать на победу: "Мираж-2000-5" и МиГ-29М2. Победа достанется тому, кто предложит меньшую цену, решит передать максимум новейших технологий, организует ремонт самолетов в Индии.

В ходе выставки объявлено о победе НПО "Сатурн" в тендере на поставку двигателя для индийских учебно-тренировочных самолетов - однодвигательного НТ-36 и двухдвигательного НТ-39. По оценкам экспертов, Индии потребуется более тысячи двигателей. Россия за разработку, выпуск партии двигателей и передачу технологий получит не менее \$1 млрд. В настоящий момент НПО "Сатурн" дорабатывает проект своего двигателя АЛ-55И под индийские требования.

Соб. инф.

21 февраля 2005 г. состоялась пресс-конференция компании АСКОН. С докладом об итогах года выступил директор по стратегическому развитию компании Евгений Бахин. В числе главных успехов компании отмечается рост объема продаж в 2004 г. на 42%. Более 300 новых предприятий-заказчиков появилось у АСКОН в прошлом году, их общее число превысило 2300.

Сегодня АСКОН - одна из крупнейших компаний СНГ в области САПР и управления данными. Научно-технические продукты, разработанные интегратором решений САПР, успешно конкурируют с мировыми лидерами.

"В последние годы на российском рынке

САПР наблюдается уверенный рост, - отметил Евгений Бахин, - по экспертной оценке АСКОН, в 2003 г. объем рынка составлял \$50...60 млн, в 2004 г. - \$70...84 млн. При этом доля АСКОН составила около 13%".

По оценке Евгения Бахина, при условии снижения пиратства в области ИТ с нынешних 90% до 70%, рынок САПР способен выйти на уровень \$250...500 млн в год.

В соответствии со стратегией развития на 2005-2007 гг. АСКОН планирует ежегодный рост на уровне 30...40%. Компания продолжит развитие мощной проектно-внедренческой инфраструктуры. Усилия АСКОН будут сконцентрированы на ключевых линиях программных продуктов: системе трехмер-

ного моделирования КОМПАС-3D, системе управления инженерными данными ЛОЦМАН:PLM, САПР технологических процессов АВТОПРОЕКТ. Кроме того, АСКОН намерен расширить портфель программных продуктов новым решением в области технологической подготовки производства, выпуск которого состоится весной 2005 г.

Третий год подряд компания признается лучшим отечественным разработчиком САПР и получает премию "Компьютерная элита" (учредитель - ИД "КомпьютерПресс"). В 2004 г. АСКОН вошел в число крупнейших компаний на российском ИТ-рынке по данным рейтинга агентства Эксперт РА (www.expert.ru).

Соб. инф.

АВИАДВИГАТЕЛИ XXI ВЕКА

Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие в работе

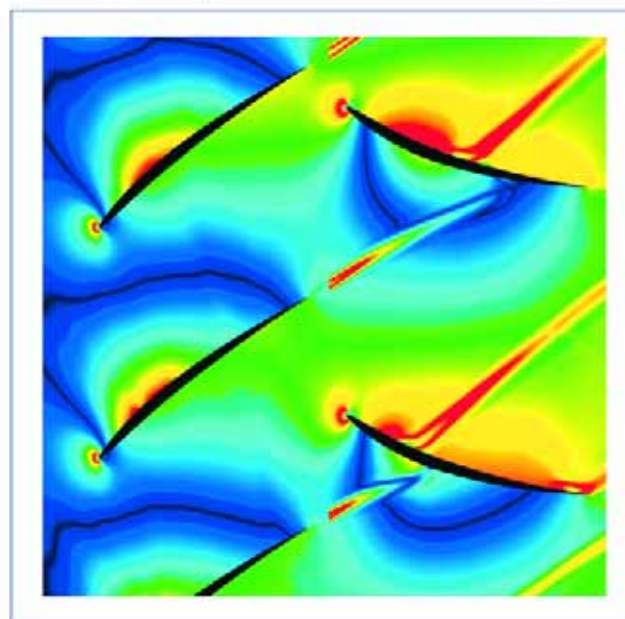
II Международной научно-технической конференции

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

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

ЭСКАДРА ВОЗДУШНЫХ КОРАБЛЕЙ

Александр Николаев

(Окончание. Начало в № 6 -2004 г.)

К пику производства

Расширению производства самолетов помешала эвакуация РВБЗ из Риги осенью 1915 г. К этому времени удалось выпустить только первую партию авиадвигателей РБЗ-6 для "Муромцев". Завод эвакуировался в Тверь, Москву и Петроград. По существу возникли три отдельных предприятия. Постройку "Муромцев" продолжало петроградское отделение в кооперации с другими филиалами завода. В конце 1916 г. в авиационном отделении завода работало около двух тысяч рабочих и служащих. Мощности этого предприятия позволяли ежемесячно выпускать шесть многомоторных и 30-40 малых самолетов, однако производство "Муромцев" тормозилось из-за отсутствия достаточного количества двигателей, небьющихся стекол, специальных сортов стали. Попытка администрации завода приобрести в США необходимые станки для обработки деталей авиадвигателей окончилась неудачей. Правительство не согласилось предоставить валюту для оплаты заказа. Обвиняя завод в "бесхозяйственности", военное ведомство со своей стороны не оказало ему серьезной поддержки.

По состоянию на 1 января 1916 г. в Эскадре воздушных кораблей имелось 10 изношенных в боях и учебных полетах "Муромцев", шесть из них находились на основной базе в Пскове, а остальные - в двух боевых отрядах (по две машины на Юго-Западном и Северном фронте). Погодные катаклизмы гораздо сильнее сказывались на исправности парка многомоторных самолетов, нежели противодействие противника. Так, ураганный ветер 3 января 1916 г. сорвал с привязи один из "Муромцев" и серьезно его повредил; восстановленную машину в дальнейшем использовали только как учебную. Следует отметить, что средний срок службы самолета до первого капитального ремонта составлял 2-3 месяца, его общая долговечность не превышала 9 месяцев, в то время как ресурс двигателя оценивался в 500 ч (до первой переборки - около 50 ч). Как видно, "продолжительность жизни" двигателя могла превышать срок службы самолета, и нередко одни и те же моторы эксплуатировались на двух, а то и на трех "Муромцах".

Столкнувшись со все более ожесточенным огнем с земли, пилоты вынуждены были обходить районы зенитного огня или увеличивать высоту полета. И тут выяснилось, что рабочий потолок переживших осень и зиму, изрядно промокших и потяжелевших бомбовозов сильно уменьшился. "Муромцы" серии В, по заявлениям с фронта, были "не в состоянии ходить с полной нагрузкой на боевой высоте 2500...3000 м". В ответ И.И. Сикорский разработал "Муромец" серии Г с увеличенной хордой нижней и верхней плоскостей, что обеспечило некоторое снижение нагрузки на крыло, однако нагрузка на мощность из-за возрастания полетной массы снова повысилась. Несколько уменьшился и запас прочности машины.

В 1916 г. РВБЗ сумел изготовить 42 самолета "Илья Муромец" (почти все, за исключением двух, - серии П), 39 из них были отправлены на фронт, "из коих свыше 17 признаны начальником эскадры

вполне пригодными для боевых полетов". Итак, далеко не каждый "Муромец" признавался боеготовым, но, как представляется, это не было связано с типом силовой установки. Подавляющее большинство бомбовозов, изготовленных в 1916 г., оснащалось моторами "Санбим" мощностью по 150 л.с., три машины были снабжены трофейными (по некоторым сведениям - снятыми со сбитых немецких дирижаблей) моторами "Аргус" мощностью по 140 л.с. Два самолета серии Е получили по четыре двигателя "Рено" мощностью по 225 л.с., другая пара (серии П) - смешанную установку из двух таких же "Рено" и двух моторов РБЗ-6 мощностью по 150 л.с., а "Муромец" № 194 стал уникальным - он был оснащен четырьмя РБЗ-6.

Как видно, авиационное отделение завода использовало примерно половину своих производственных возможностей. Как утверждало правление завода в докладной записке на имя председателя Особого совещания по обороне государства в декабре 1916 г., постройка самолетов типа "Илья Муромец" продвигалась крайне медленно из-за препятствий, чинимых военным ведомством. Акционеры утверждали: "1) Производительность завода использована менее чем на 40 %. 2) В данный момент отсутствие работы достигло крайних пределов и грозит серьезными убытками и даже остановкой завода. 3) Без принятия немедленно серьезных мер для упорядочения производства и поднятия производительности завод обрекается на минимальное участие в деле государственной обороны".

Из представленных Особому совещанию документов следовало, что из 400 рабочих основных цехов только 195 было занято исполнением заказов на "Муромцы". Завод испытывал недостаток в средствах, так как ГВТУ к ноябрю 1916 г. приняло в казну только три из 40 самолетов, изготовленных заводом. Каждый "Муромец" обошелся 150 тыс. руб. К концу 1916 г. военное ведомство задолжало предприятию свыше 1,5 млн руб. Картина до боли знакомая сегодняшним авиастроителям. Непринятые машины загромождали заводские помещения и затрудняли работу. Как утверждала администрация предприятия, "сборочные цехи были совершенно закупорены готовыми аппаратами". Длительный простой самолетов на территории завода приводил к их моральному износу. В результате корабли, уже подготовленные к сдаче, многократно передельвались, что не всегда позитивно сказывалось на качестве продукции.

Самым радикальным и правильным решением вопроса в годы войны была бы национализация авиационного отделения и превращение его в самостоятельный военный авиационный завод. Но от этой меры УВВФ уклонилось. Вместо этого ГВТУ разработало положение о премиальной системе для создателей тяжелых кораблей. Заводу предоставлялось право на одном из самолетов серии производить усовершенствования. Премии устанавливались за горизонтальную и вертикальную скорость, за грузоподъемность. Нормальной горизонтальной скоростью считалась 100 км/ч. За каждый достигнутый километр прироста скорости от 100 до 105 км/ч уплачивалось 500 руб.; от 105 до 110 км/ч - 1000 руб., свыше 110 км/ч - до 2000 руб. Нормальной скороподъемностью на высоту в 1000 м считались 22 мин. Каждая минута экономии премировалась в размере 1000 руб. Премия за грузоподъемность выдавалась при условии, что полезная нагрузка превысит 1500 кг.

Эти требования военного ведомства дают представление о предельных возможностях "Муромцев". Премиальная система, как казалось ее авторам, должна была заинтересовать заводских работников в улучшении качественных характеристик выпускаемых самолетов. Однако основной нажим на завод в этом направлении шел со стороны фронта. Эскадра воздушных кораблей неоднократно предъявляла заводу новые повышенные технические требования, и, как утверждало правление общества, "завод каждый раз беспрекословно подчинялся этим требованиям". Как говорится, до-



Экипаж "Ильи Муромца" тип Г с моторами РБЗ-6

рога в ад вымощена благими намерениями. Желание "подзаработать" на премиях в данном случае пошло вразрез с проблемами развертывания серии.

Часть вины за снижение боевых качеств "Муромцев" нес завод и главный конструктор машины. При наличии относительно крупных заказов на "Муромцы" следовало перейти к их серийному производству. Однако Шидловский и Сикорский продолжали, как заявил В. Гурко, *"заниматься изменениями конструкции кораблей, создавая новые типы и заставляя завод непрестанно переделывать уже готовые корабли"*. Конечно, в условиях войны крайне важно было взять за основу отдельный тип, под него разработать приспособления, штампы, плазы - все, что необходимо для серийного производства многомоторных самолетов. Особое совещание по обороне государства в сентябре 1916 г. рекомендовало перейти к массовому изготовлению аппаратов "Илья Муромец". Администрация завода признавала в конце 1916 г., что *"на заводе до сих пор вообще еще не производилось серийной работы"*.

Только в начале 1917 г. заводу удалось организовать нечто похожее на серийное производство. За период войны петроградское отделение РВБЗ построило около 80 "Муромцев". Это число могло бы быть удвоено при должном содействии военного ведомства, которое могло бы привлечь к постройке самолетов заводы-смежники, способные изготовлять отдельные детали и необходимые полуфабрикаты. Военное же ведомство сначала вообще устранилось от участия в постройке тяжелых кораблей. Трудно найти более яркий пример неразберихи, бюрократизма, равнодушия, а может быть, и злого умысла.

Руководители военного ведомства признавали, что в деле улучшения конструкции "Муромцев" РВБЗ добился положительных результатов. Процесс их технического совершенствования был связан прежде всего с повышением грузоподъемности и обеспечением большего радиуса полета. Наряду с улучшением аэродинамики самолета на отдельных машинах серии Е была увеличена суммарная мощность силовых установок до 900 л.с. "Муромец" этой серии с полезной нагрузкой в 2500 кг свободно поднимался до высоты в 4000 м. Его вооружение состояло из семи пулеметов, бомбовая нагрузка превышала 900 кг. Команда состояла из семи человек, в том числе четырех офицеров. Горизонтальная скорость полета достигла 135 км/ч, скороподъемность на высоту 1000 м - 7 мин, на высоту 3000 м - 43 мин. Авиационная комиссия Особого совещания по обороне государства полагала, что *"Илья Муромец" серии Е с четырьмя двигателями "Рено" может быть признан очень хорошим"*.

Один из наиболее удачных вылетов Эскадры состоялся 23 августа 1916 г., когда четверка "Муромцев" атаковала стоянку немецких гидроаэропланов на озере Ангерн. Каждый бомбовоз нес до 13 пудов бомб и до пяти пулеметов. При подлете к озеру экипажи насчитали 17 вражеских гидросамолетов, восемь из которых тут же взлетели и попытались противодействовать русским бомбардировщикам. После короткого боя шесть немецких машин получили повреждения и ушли со снижением. В результате удара пять гидросамолетов считались уничтоженными на воде, отмечались прямые попадания в ангары.

В боевых полетах выяснилась сравнительная беззащитность хвоста "Муромца", поэтому была предпринята попытка оборудования заднего пулеметного гнезда. Пришлось переделывать все оперение, вместо трех рулей поставить два, что открывало свободный обстрел всей задней полусферы. Впрочем, из-за сильного смещения центровки назад широкого распространения такая установка не получила. Отдельные "Муромцы" имели поверх фюзеляжа нечто вроде палубы, огороженной барьером, на которой устанавливалось два пулемета на шкворневых установках. Проводились опыты по установке пушки калибром 50 мм, но недостаточная скорострельность такой пушки заставила отказаться от нее. Нижняя часть кабины и спинки сидений экипажа стали изготовлять из брони толщиной до 10 мм. Винтовочная пуля не пробивала такую броню. "Муромец" последних модификаций имел протектированные бензобаки, которые покрывались слоем резины, войлока и брезента, пропитанного в растворе борной кислоты. В случае попадания в них пуль или мелких осколков такое покрытие предохраняло от утечки горючего.

Все эти усовершенствования свидетельствовали о большой творческой работе летчиков, механиков, конструкторов и техников эскадры и завода. Начальник УВВФ признал, что "Муромцы" серий Г и Е обладали "вполне удовлетворительными полетными качествами". Тем не менее, коллектив строителей "Муромцев" не мог осуществить многие из своих ценных начинаний, направленных на улучшение летно-технических качеств воздушных кораблей. Этому препятствовало в основном отсутствие подходящих авиадвигателей и невозможность проверять на заводе аэродинамические качества отдельных частей самолета.

Как признал член Государственной думы А.Ф. Половцев, "для "Муромцев" началась моторная голодовка". Правление РВБЗ обратилось за поддержкой в ГВТУ. Последнее, вместо принятия решительных мер к организации производства авиадвигателей для "Муромцев" в России, пошло по проторенному пути: закупило в Англии 40 двигателей "Санбим" - 8-цилиндровых двигателей жидкостного охлаждения с V-образным расположением цилиндров мощностью около 150 л.с. Одновременно ГВТУ некоторое количество двигателей этой системы заказало в Москве заводу Ильина.

Двигатели "Санбим" находились еще в стадии освоения. Как это случалось и раньше, в Россию послали недоброкачественную продукцию. У поступивших из Англии экземпляров моторов имелись даже такие дефекты, как трещины в цилиндрах и перекос шатунов. Как утверждал А.Ф. Половцев в записке, представленной авиационной комиссии Особого совещания по обороне государства, закупка таких двигателей в Англии *"явилась крупной ошибкой, затормозившей развитие эскадры. Более недоброкачественной работы, неудачного типа и неверности действия нельзя, кажется, дать на конкурс"*. После шести-восьмичасовой работы эти двигатели имели вид машин "сильно потрепанных, валы быстро изнашивались или даже ломались, смазка переставала функционировать, число оборотов винта значительно падало". Один экземпляр двигателя отличался от другого своими высотными характеристиками. Крайне затрудненным оказался запуск в условиях низких температур. Из-за несовершенства зажигания двигатели в полете часто выходили из строя.

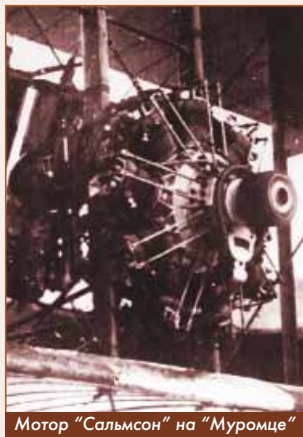
Для кораблей типа "Илья Муромец", совершавших глубокие рейды по тылам противника, безотказная работа двигателей имела первостепенное значение. Управление режимом работы двигателей возлагалось на бортмеханика. Оно осуществлялось с помощью системы тяг, управляющих дроссельными заслонками от секторов, смонтированных на пульте управления. В полете бортмеханику часто приходилось вылезать на крыло самолета и с риском для жизни устранять неполадки в двигателе.

Не получив помощи от военного ведомства, руководство РВБЗ после его эвакуации из Риги решило самостоятельно восстановить производство двигателей жидкостного охлаждения РБЗ-6 в Петроградском отделении завода. Как известно, в основу конструкции этого мотора были положены немецкие авиадвигатели "Бенц" и "Аргус". Однако в ходе освоения и доводки российские разработчики создали по существу оригинальный и более совершенный рядный 6-цилиндровый двигатель жидкостного охлаждения мощностью около 160 л.с. Производство их в условиях войны встречало огромные трудности. Завод не располагал оборудованием дляковки валов, отсутствовала сталь нужной марки. В закупленных у шведской

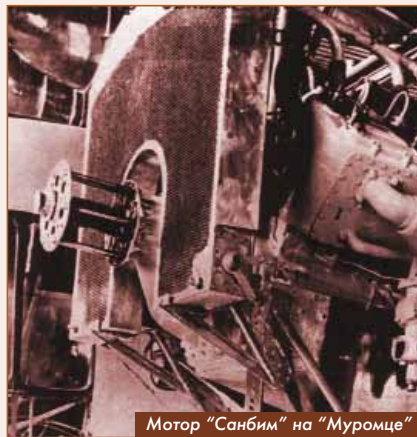


"Илья Муромец" тип Е с моторами "Рено"

фирмы "Скания" валах оказались трещины. Можно было организовать изготовление валов на Обуховском или Путиловском заводах в Петрограде, но они были перегружены военными заказами. Только через десять месяцев после начала освоения двигателей удалось получить от Ижорского завода сталь для валов. Несмотря на все трудности, завод сумел к весне 1917 г. из трехсот заказанных двигателей изготовить около восьмидесяти.



Мотор "Сальмсон" на "Муромце"



Мотор "Санбим" на "Муромце"

ческий комитет привлек для аэродинамической оценки "Муромца" типа Г и определения его прочности ученых. Комиссия в составе С.П. Тимошенко, Г.А. Ботезата и А.П. Фан дер Флита отметила в своем заключении, что у этого типа воздушных кораблей "управление в горизонтальной плоскости благодаря принятому устройству рулей и кили является весьма грубым и может быть причиной неблагоприятных явлений". В связи с оценкой прочности самолета комиссия утверждала:

"Дальнейшие заказы на "Муромцы" приостановить"

На протяжении всей войны двигатели оставались наиболее слабым местом при эксплуатации "Муромцев". Моторы РБЗ-6 по существу находились в стадии освоения, что неизбежно было связано с внесением конструктивных изменений, целесообразность которых проверялась в боевых полетах. Кроме того, к середине 1917 г. эти двигатели по своим конструктивным и эксплуатационным качествам уже представляли собой далеко не последнее слово авиационной техники. К указанному периоду королевские ВВС Великобритании уже располагали моторами "Роллс-Ройс" мощностью 270 и 360 л.с. Во Франции создали 8-цилиндровые двигатели "Испано-Сюиза" мощностью 300 л.с. Наконец, появились американские 12-цилиндровые моторы "Либерти" мощностью 400 л.с. Все эти двигатели были построены по V-образной схеме, имели жидкостное охлаждение, причем масса наиболее тяжелого из них не превышала 420 кг.

Если бы военное ведомство сумело снабдить Эскадру двигателями типа "Роллс-Ройс", то скорость "Муромца" при неизменной конструкции составила бы не менее 160 км/ч. Но завод, строивший "Муромцы", не располагал такого рода двигателями и не смог существенно улучшить летные качества выпускавшегося тяжелого самолета.

Была еще одна возможность усовершенствовать корабль, улучшив его аэродинамику. За время войны она не претерпела существенных изменений. Общая аэродинамика "Муромца" с современной точки зрения представляется далеко не совершенной. Незакапотированные двигатели, многочисленные расчалки и тросы, несовершенная форма фюзеляжа, громоздкое неубирающееся шасси значительно (не менее чем на 200 %) повышали коэффициент лобового сопротивления самолета. Аэродинамическое качество "Муромца" не превышало 8...9. При относительно небольшой нагрузке на единицу площади несущих поверхностей, равной примерно 28 кгс/м², скорость полета "Муромца", по меркам 1917 г., была уже невысокой. В то же время типовая нагрузка на 1 л.с. составляла у 5,5 кг. Весовая отдача "Муромца" доходила до 35 %, что следует считать выдающимся достижением для того времени.

Однако в аэродинамике и прочности первых многомоторных самолетов имелись и существенные недостатки. Прежде всего, "Муромцы" не обладали достаточной поперечной устойчивостью, имели тенденцию при небольшом крене скользить на крыло. Для предотвращения этого в кабине пилота устанавливался креномер, который состоял из двух стеклянных V-образных трубочек с шариком. В горизонтальном полете шарик должен был оставаться в середине прибора. В начале 1917 г. на одном из "Муромцев" для повышения поперечной устойчивости между стойками крыла установили щитки из фанеры, которые по идее должны были устранить скольжение самолета при небольшом крене. Однако при резком маневре щитки были сорваны воздушным потоком, а стойки вывернуты в узлах. Самолет развалился в воздухе, экипаж погиб. Пустотелые элементы конструкции крыльев, как и крылья в целом, не имели дренажа и быстро поражались плесенью.

Несколько месяцев спустя в УВВФ в связи с разработкой общего вопроса о снабжении Эскадры большими самолетами техни-

ка: "Проверочный расчет прочности аэроплана показал, что наиболее слабыми частями его являются диагональные растяжки и средние стойки главной коробки, а также шасси". Ученые рассчитали, что общий запас прочности "Муромца" в два раза меньше, чем у аппарата типа "Фарман-30", коэффициент безопасности составляет 1,5 вместо 3 для малых аппаратов. Комиссия утверждала, что "всякие резкие эволюции на "Муромцах" уже являются для него опасными и поэтому совершенно недопустимыми". Вывод гласил, что "аппарат с точки зрения прочности в полете опасен", заказов больше делать не следует и что "лучше выработать новый тип, чем заниматься улучшением "Ильи Муромца".

С мнением профессоров ни конструктор, ни летчики эскадры не согласились, считая, что запас прочности у растяжек значительно выше, чем указано комиссией. Капитан А.Н. Журавченко, летавший на тяжелых кораблях в качестве штурмана, заявил в своем докладе, что на "Муромцах" возможно выполнение некоторых необходимых маневров. Если можно согласиться, что комиссия к оценке запаса прочности самолета подошла чрезмерно осторожно, то все же нельзя не признать, что общий коэффициент безопасности "Муромцев" был небольшим и, во всяком случае, не превышал 2.

Справедливым можно рассматривать требование комиссии усилить стойки, растяжки и шасси. Однако И.И. Сикорский понимал, что всякое увеличение запаса прочности отдельных частей самолета вызовет увеличение веса и, следовательно, ухудшение летных качеств самолета. Как уже отмечалось, требованиям грузоподъемности и дальности полета в то время придавалось первостепенное значение по сравнению с другими характеристиками. Все улучшения в отношении прочности деталей становились невозможными из-за недостаточной мощности силовых установок. Между тем запас прочности действительно был незначительным и крайне осложнял пилотирование корабля. По словам летчиков, всякий разворот на "Муромце" приходилось делать осторожно, так как при большом крене длинный и недостаточно жесткий фюзеляж скручивался и стабилизатор получал меньший угол крена, чем крылья. При резком крене существовала даже опасность разрушения самолета.

Взванный на заседание комиссии военный летчик эскадры подпоручик Г.В. Янковский доложил комитету о проблемах с управлением самолетом "Илья Муромец". Он указал на то, что при посадке приходилось давать команду экипажу перемещаться в хвост корабля, что смещало его центровку. Из-за больших нагрузок на рули давление на штурвал достигало 70...80 кгс, поэтому руль в момент посадки помимо летчика тянул также механик или второй пилот. Так приходилось поступать из-за отсутствия компенсации на рулях высоты; в то время еще не знали способа борьбы с этим явлением. Управление режимом работы двигателей целиком возлагалось на бортмеханика, что в ряде случаев было неудобно. Второй пилот являлся запасным, так как второй штурвал на самолете отсутствовал.

26 мая 1917 г. комиссия доложила свое заключение Техническому комитету, на заседании которого присутствовали директор РБВЗ, член государственного совета, председатель комиссии по

авиационным вопросам при Особом совещании по обороне Гурко, член Государственной думы А.Ф. Половцев, конструктор И.И. Сикорский и др. Мнение конструктора, представителей завода и фронта, высказанное в защиту "Муромцев", во внимание принято не было. Комитет согласился с предложением ученых. Три дня спустя начальник УВВФ направил военному министру доклад об аэропланах типа "Илья Муромец" с приложением журнала Технического комитета. В докладе указывалось, что *"полеты на аэропланах "Илья Муромец" не могут считаться безопасными... Выяснившаяся ныне неполная надежность кораблей типа "Илья Муромец" может изменить взгляд на них высшего командования армией и эскадрой воздушных кораблей. Эти обстоятельства, в свою очередь, должны отразиться и на плане дальнейшей заготовки аппаратов типа "Илья Муромец"*. Военный министр препроводил доклад Верховному главнокомандующему. Последний приказал дальнейшие заказы на "Муромцы" приостановить.

Таким образом, многомоторным воздушным кораблям, вместо всемерного их развития и совершенствования, дважды выносили смертный приговор: первый раз в начале войны и второй раз в разгар войны, когда они воочию доказали свою боевую ценность.

Революцией мобилизованные и призванные

К ноябрю 1917 г. большая часть самолетов Эскадры была сосредоточена на территории Украины, поэтому после заключения Брестского мира и последовавших событий для России они были потеряны. Одну из машин попытался спасти полковник И.С. Башко, который вылетел в Смоленск, но из-за поломки приземлился в расположении 1-го польского корпуса легионеров. Здесь его вначале едва не расстреляли, обвинив в осуществлении налетов на польскую кавалерию. За офицера поручился знакомый поляк, возглавлявший авиацию корпуса. В течение трех месяцев Башко демонстрировал лояльность, но в мае, получив распоряжение передать "Муромец" немцам, осуществил побег. Взлетев на "Муромце" с группой симпатизировавших ему польских легионеров (те тоже не желали сдаваться немцам), Башко вновь отправился на северо-восток. Не долетев до Смоленска, корабль опять потерпел аварию, причем его экипаж снова был арестован, теперь уже в качестве "немецких шпионов". Удивительно, но в штабе Московского округа быстро разобрались в ситуации. Башко поверили и в дальнейшем назначили на довольно высокую должность в Красной Армии. Польским легионерам разрешили выехать во Францию через Архангельск.

Четырнадцать боеспособных машин из двух боевых отрядов и базы Эскадры, располагавшейся в начале 1918 г. в Виннице, достались гетману Скоропадскому. На базе остатков Эскадры была сформирована новая войсковая часть, получившая наименование на украинский лад - *"Эскадра Повітрових Кораблів"*. Из прежнего состава эскадры в ЕПК остались служить 33 человека, в том числе 16 офицеров. Дефицит обслуживающего персонала в сочетании с общей неразберихой, характерной для того периода, практически обнулил боевую эффективность ЕПК. По-видимому, ни один из украинских "Муромцев" с нарисованными на бортах трезубцами ни разу не вылетал на боевое задание. История ЕПК не была долгой - в июне эскадру расформировали, а самолеты сдали на склад, где они быстро "дошли до кондиции".

Таким образом, по состоянию на февраль-март 1918 г. в России не осталось ни одного исправного "Муромца". Однако нужда в многомоторных самолетах ощущалась - их намеревались использовать как в военных, так и мирных целях: в частности, для исследования Северного морского пути.

В марте 1918 г. в Петрограде началось формирование Северной группы воздушных кораблей (СГВК). Начальником Группы первоначально был назначен опытный военный летчик А.В. Панкратьев. На вооружение СГВК должны были поступить пять "Муромцев", которые планировали достроить из задела, оставшегося в петроградском филиале РБВЗ. Машины относились к типу Г и оснащались двигателями "Рено". Из-за крайне сложной обстановки в промышленности достройка шла мед-



Один из последних "Муромцев" в полете

ленно - всего по одному самолету в месяц, причем последний, пятый аэроплан, так и не удалось закончить.

К началу июля собрали и облетали четыре "Муромца", но применять их не спешили - вероятно, из-за отсутствия экипажей. В связи с угрозой захвата Петрограда немцами машины разобрали и погрузили на железнодорожные платформы. Затем начались долгие и довольно бестолковые скитания эшелонов - сначала в Казань, затем в Нижний Новгород и, наконец, в Липецк. Новый начальник СГВК И.С. Башко в сентябре 1918 г. докладывал о состоянии вверенной ему техники: *"Корабли в разобранном виде находились на железнодорожных платформах до сего момента без укрытия и поэтому все деревянные части сильно пропитаны водой... в некоторых местах порвана материя..."* Вместе с тем, он полагал, что две машины могли быть исправлены местными средствами.

В октябре-ноябре 1918 г. после переброски на Южный фронт СГВК получила прежнее наименование - Эскадра воздушных кораблей. Однако, несмотря на грозную словесную формулу, в ее составе имелось всего три исправных "Муромца" при четырех экипажах. Летчиком, бывшим офицером царской армии, командование Южфронта не доверяло. Существовал запрет на полеты *"без летчика-коммуниста на борту"*. В ожидании таковых прошел ноябрь. Так и не совершив ни одного боевого вылета, "Муромцы" несли потери - при перебазировании на другой аэродром разбился самолет летчика Алехновича. Расследовавшая инцидент комиссия пришла к выводу: *"Авария произошла из-за совокупности следующих причин: плохая погода, коренные недостатки корабля, возможность запотевания очков у пилота"*.

В начале 1919 г. два уцелевших "Муромца" снова оказались в Липецке, где один из них был списан после осмотра. Последний корабль (зав. № 241) летом еще эксплуатировался в качестве учебной машины. В августе он совершил несколько боевых вылетов против конницы генерала Мамонтова. Машина использовалась не столько для бомбометания, сколько для разбрасывания листовок. В сентябре 1919 г. настал и ее час - из-за предельного износа "Муромца" списали.

Однако на заводе в Петрограде еще оставался задел, из которого в 1920 г. умудрились собрать последние тринадцать самолетов. Новую авиационную часть назвали Дивизионом воздушных кораблей, ее база была развернута в Сарапуле. В составе дивизиона сформировали три отряда "Муромцев", первый из них отправился на Западный фронт в мае 1920 г. Два других отряда применялись на Южном фронте против войск генерала Врангеля. Здесь отличился экипаж летчика А.К. Туманского, брата будущего известного конструктора авиадвигателей С.К. Туманского. Этот экипаж сумел сбить истребитель, принадлежавший Добровольческой армии, за что его командир (единственный из пилотов "Муромцев") был награжден орденом Красного Знамени.

С весны 1921 г. шесть уцелевших "Муромцев" применялись для почтово-пассажирских перевозок на линии Москва - Харьков. Из-за изношенности машин и моторов интенсивность эксплуатации была невысокой. Спустя год, весной 1922 г., последние машины были списаны.



СОЗДАТЕЛЬ ТРЕХ ОКБ

Лев Берне

(Окончание. Начало в № 6 - 2004 г.)

Однако мотор был явно не доведен даже до 100-часового ресурса. Кроме того, французы не сообщили, а комиссия не обратила внимания на значительное количество производственных и технологических "особенностей". Так, например, в спецификации покупных узлов указывались марки подшипников, но нигде не отмечалось, что это английские подшипники, прошедшие специальный отбор. Совершенно неудовлетворительно было организовано охлаждение второго ряда цилиндров, вследствие чего летчик должен был вручную контролировать режим по температуре головки одного из задних цилиндров.

Назаров и конструкторы ОКБ буквально сутками не выходили с территории завода, устраняя недоработки и дефекты, которые в изобилии имел новый мотор. Огромный объем работы выпал на заводских технологов. Необходимо было согласовать требования, указанные во французских технологиях, с возможностями нашего оборудования. В отличие от контрактов, которые подписали Швецов и Побережский в США и в соответствии с которыми американцы передавали нам большое количество оборудования, в том числе и станки, фирма "Гном-Рон" передавала запорожскому заводу в основном технологические карты на французском языке. И все же в конце 1935 г. завод № 29 начал, хотя и "со скрипом", серийное производство мотора М-85. Всего было выпущено более 450 таких двигателей.

Конструкция М-85 стала базовой при создании семейства высокоэффективных моторов, которые обеспечили возможность разработки ряда военных и гражданских самолетов с высокими техническими данными. Освоение мотора в производстве потребовало серьезного технического перевооружения многих цехов завода, внедрения принципиально новых станков, специального оборудования. Многократно увеличилась номенклатура приспособлений, мерительного и режущего инструмента.

Государство не скупилось на помощь заводу. С началом освоения мотора на завод стало поступать уникальное по тем временам отечественное и импортное оборудование, в том числе точнейшие координатно-расточные, агрегатные, резьбошлифовальные, зубообрабатывающие станки, кузнечно-прессовые установки. Была произведена реконструкция литейного цеха, введен новый корпус, оснащенный современным оборудованием. В горячих цехах "получили прописку" газовая цементация, азотирование, закалка деталей токами высокой частоты. Освоение новых моторов ускорило процесс внедрения прогрессивных методов планирования производства.

Мотор М-85 и его модификации внесли существенную корректировку в организацию труда сборщиков. Была разработана

и внедрена пооперационная сборка моторов и их отдельных узлов. Впервые в истории отечественного авиационного моторостроения на сборке был создан конвейер с принудительной тягой. Создателем конструкции узловых или, как их тогда называли, настольных конвейеров и главного конвейера сборки стала группа инженеров и рабочих во главе с заместителем начальника сборочного цеха А.Я. Кундиным.

Параллельно с освоением "Мистраль Мажора" в серийном производстве Назаров решил его модернизировать. В 1936 г. на испытания поступил двигатель М-86 со взлетной мощностью 950 л.с. В отличие от М-85 новый мотор оснащался новым редуктором. Изменение его конструкции было вызвано необходимостью применять винты с изменяемым в полете шагом (ВИШ), что позволяло более рационально использовать мощность моторов как при взлете и наборе высоты, так и при полете на больших высотах. Усовершенствованный редуктор, предусматривавший двухпозиционное положение лопастей винта (соответствовавших "малому" и "большому" шагу), стал в дальнейшем базовым для многих других авиационных моторов и применялся до тех пор, пока на смену указанным винтам не пришли автоматические.

На самолете ДБ-2 "Родина" (другое обозначение АНТ-37), оснащенном двумя моторами М-86, в конце сентября 1938 г. экипаж Валентины Гризодубовой, Полины Осипенко и Марины Расковой совершил перелет Москва - Дальний Восток. Был установлен мировой рекорд для женских экипажей, к сожалению, не зарегистрированный, так как в то время Советский Союз не являлся членом международной авиационной федерации (ФАИ).

В 1936 г. конструкторы завода № 29 под руководством Аркадия Сергеевича Назарова приступили к созданию очередной модификации двигателя на основе "Мистраль-Мажора" - мотора М-87. Его отличительной чертой являлась повышенная высотность (850 л.с. на высоте 4700 м), что обеспечивало увеличение дальности полета самолета при неизменном запасе топлива (по сравнению с машинами, оснащенными М-85 и М-86). Кроме того, у мотора М-87 конструкторы изменили головку цилиндра (увеличено оребрение, повышена степень сжатия с 5,5 до 6,1), полностью перепроектированы поршни, применен улучшенный приводной центробежный нагнетатель в связи с увеличением высотности мотора.

Увлеченный идеей существенного увеличения мощности и возможностями, которые были обусловлены конструктивными особенностями 14-цилиндрового мотора М-85, А.С. Назаров на базе его цилиндропоршневой группы начал проектирование самого мощного по тому времени 18-цилиндрового двигателя воздушного охлаждения. Несмотря на то, что его создание не было доведено до конца, оно в значительной степени способствовало накоплению опыта проектирования мощных двигателей.

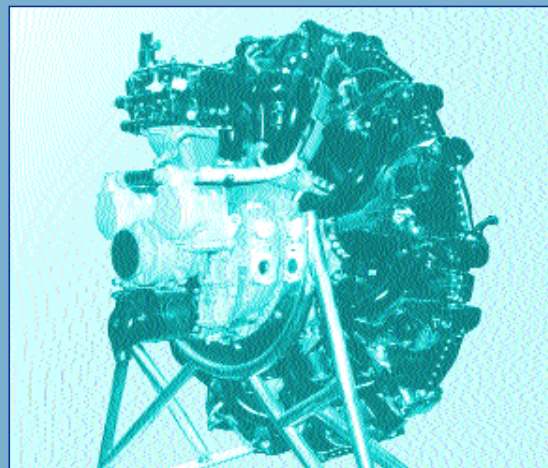
Внедрение в широкую серию мотора М-86, который, к сожалению, унаследовал многие дефекты своего предшественника - двигателя М-85, сопровождалось большими трудностями

Производство моторов на запорожском заводе в 1930-1936 гг.

Тип мотора	Год							
	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	Итого
М-11	140	535	1755	2404	2607	1037	303	8781
М-22	-	80	400	535	905	694	103	2717
М-85	-	-	-	-	-	4	129	133



Дальний бомбардировщик ДБ-3 с моторами М-85 вырывается на старт



Звездообразный мотор М-85

ми. Производственные планы не выполнялись. Дело осложнялось еще и тем, что завод № 29 наряду с М-85 и М-86 производил в большом количестве моторы М-11. Заказчики требовали повышения его мощности и улучшения других характеристик, а ОКБ сосредоточилось, в основном, на проблемах моторов семейства М-85.

Руководство НКАП, раздраженное затянувшимся освоением моторов М-85 и М-86, возложило вину на Назарова и в конце 1936 г. освободило его от должности главного конструктора завода № 29. Аркадия Сергеевича назначили главным конструктором воронежского завода № 16, передав туда с завода № 29 все работы, связанные с серийным производством, доводкой и усовершенствованием мотора М-11. Для Аркадия Сергеевича освобождение его от должности главного конструктора завода № 29 стало тяжелым ударом. В то время он уже отлично разбирался в основных дефектах, присущих моторам семейства М-85, наметил пути их устранения, а главное - понял, в каком направлении следует модифицировать двигатель.

Однако отстранение от работ по наследникам "Мистраль-Мажоров" не сломило волю Назарова, и на новом месте он с огромной энергией взялся за дальнейшее усовершенствование мотора М-11 и создание его новых модификаций. Всего за год Аркадий Сергеевич сумел добиться существенного повышения мощности двигателя и увеличения его ресурса до 300 ч. Но и этот успех не уберег Назарова от вала развернувшихся в стране репрессий. В декабре 1937 г. Аркадия Сергеевича арестовали.

Вскоре после ареста Аркадия Сергеевича доставили в Москву и поместили в Бутырскую тюрьму. Впрочем, уже в январе 1938 г. он был направлен в распоряжение 4-го специального отдела НКВД, объединявшего особые КБ (так называемые "шараги"). Решением руководства НКВД Назарова включили в состав тушинской "шараги" (работавшей при авиамоторном заводе № 82), техническим руководителем которой являлся Алексей Дмитриевич Чаромский - один из крупнейших авиационных дизелистов страны, который в то время разрабатывал двигатель для дальнего бомбардировщика.

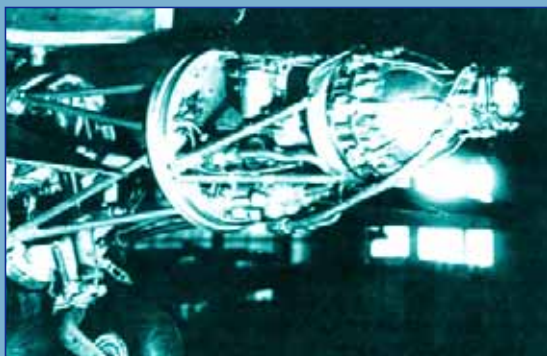
Надо сказать, что в то время в авиационном мире фигуры Чаромского и Назарова были равнозначными, но в отношении дизелей Чаромский, конечно, котируется выше, и Аркадий Сергеевич это понимал. Поэтому он был вполне удовлетворен, когда ему выделили самостоятельную бригаду и поручили две фактически независимые темы: создание нагнетателя и редуктора для разрабатывавшегося дизеля.

Следует напомнить, что к 1940 г. на базе первого авиадизеля АН-1 коллектив под руководством Чаромского создал высотный 12-цилиндровый V-образный мотор М-30 мощностью 1250 л.с. Вначале для обеспечения повышенной высотности мотор оснастили четырьмя турбокомпрессорами (ТК). Это решение сыграло роковую роль в судьбе отечественного авиадизеля. Па-

раллельно с М-30 другой коллектив конструкторов (оставшихся на свободе после "изъятия" А.Д. Чаромского и ряда его коллег) под руководством В.М. Яковлева на ленинградском Кировском заводе разрабатывал еще один вариант авиадизеля (М-40), который также создавался на базе АН-1, но обладал определенными отличиями от М-30. Располагая мощным станочным парком и квалифицированными специалистами, В.М. Яковлев опередил (правда, только на время) "конкурентов" из тюремного ОКБ А.Д. Чаромского. Весной 1941 г. на летные испытания в НИИ ВВС поступил четырехмоторный бомбардировщик ТБ-7, оснащенный дизелями М-40. Подобно М-30, наддув в нем обеспечивался только ТК, что привело к неприятностям в ходе высотных полетов: при изменении качества смеси в системе "двигатель плюс ТК" (регулирование осуществлял борттехник при изменении режима полета самолета) иногда возникали незатухающие колебания частоты вращения вала, и моторы самовывключались. Повторный запуск на большой высоте не получался (холодная смесь "не желала" воспламениться). Летом 1941 г. эта же история, хоть и в более мягком варианте, повторилась на другом бомбардировщике ТБ-7, оснащенный дизелями М-30. Кроме того, конструкция примененных ТК оказалась недостаточно совершенной: почти в каждом полете разрушались лопатки из жаропрочного материала, рассыпались подшипники, которые не выдерживали нагрузок при непомерной по тем временам частоте вращения (порядка 20 000 мин⁻¹).

А.С. Назаров первым предложил для стабилизации работы системы наддува авиадизелей ввести в ее состав каскад, жестко связанный с основной кинематикой двигателя и включавший ПЦН, который к тому времени уже прошел испытания на установке, созданной под руководством Аркадия Сергеевича. Когда немцы приблизились к Москве, тушинскую "шарагу" перевели в глубокий тыл, распределив "зэков" в соответствии со специальностями по различным заводам. Война затормозила внедрение предложения Назарова, но впоследствии (в 1942 г.) Чаромский воспользовался идеей и применил на М-30 схему комбинированного наддува (ТК + ПЦН). Кроме того, была введена автоматика регулирования подачи топлива и некоторые другие усовершенствования. Надежность двигателей, получивших обозначение М-30Б, заметно повысилась, и в 1942 г. они вполне успешно прошли летные испытания на одном из бомбардировщиков ТБ-7. Результаты были доложены в самые высшие инстанции, и в соответствии с легендарной формулой Лаврентия Берия ("машина в воздухе - "зеки" на свободе") Чаромский и некоторые его сотрудники были освобождены ("расконвоированы"). По величайшей несправедливости это не коснулось Аркадия Сергеевича. Сегодня об этом судить трудно, но, возможно, Чаромский не проявил при составлении списка освобождаемых сотрудников достаточного мужества... Возможно, список был ограничен "руководством". Так или иначе, но Назаров остался в "шараге".

По иронии судьбы - иначе это не назовешь - Назаров попал в ставшую впоследствии знаменитой казанскую "шарагу", разме-



Жидкостный реактивный двигатель РД-1 на самолете Су-7



Летающая лодка Бе-6 с моторами АШ-73

стившуюся в одном из корпусов казанского моторного завода. Это предприятие было развернуто на базе эвакуированного из Воронежа завода № 16, на котором Аркадий Сергеевич работал в момент ареста!

В Казани А.С. Назаров подчинили другому "эзку" - руководителю бригады В.П. Глушко. Валентин Петрович тепло отнесся к своему новому сотруднику и по существу предложил ему самому выбрать поле деятельности, естественно, в рамках того положения, в котором они оба находились. В то время Глушко работал над сравнительно небольшими ЖРД, которые предполагалось устанавливать на самолеты для кратковременного увеличения скорости полета.

Вначале Аркадий Сергеевич с целью изучения создаваемого ЖРД тщательно изучил конструктивные особенности двигателя и выявил ряд узлов, которые, по его мнению, можно было конструктивно и технологически улучшить. Следует учитывать, что Назаров ракетной тематикой до этого момента никогда не занимался и поэтому он обладал преимуществом "свежего глаза", замечая неудачные решения, к которым многие уже приоткрылись и считали их совершенно естественными. Ему многое было непонятно, его вопросы для ракетчиков звучали наивными, но один из десяти вопросов, как правило, заставлял В.П. Глушко и его коллег серьезно задуматься. В результате проведенной "ревизии" многие узлы ЖРД были переделаны, что быстро сказалось на повышении надежности и, как следствие, на увеличении ресурса.

Работа ЖРД в качестве ускорителя имеет свою специфику, связанную с необходимостью изменения режима, неоднократным включением и выключением двигателя в процессе полета, трудностями обеспечения запуска на больших высотах. Ознакомившись с проблемами, Аркадий Сергеевич предложил оригинальную конструкцию дистанционно управляемых по расходу жидкости форсунок, которые обеспечили безударный запуск и изменение тяги двигателя. Назаров не был химиком, но постепенно он стал разбираться и в физико-химических процессах, происходивших в камере сгорания ЖРД. Трудно сказать, кому пришла в голову мысль разработать и применить в ЖРД самовоспламеняющиеся компоненты топлива. Известно лишь, что в числе авторов этого изобретения были В.П. Глушко и А.С. Назаров.

После окончания войны завод № 16 получил задание создать на базе трофейного газотурбинного двигателя БМВ-003 отечественный ТРД. По предложению наркома авиационной промышленности СССР М.М. Лукина ОКБ 4-го специального отдела НКВД, базировавшееся на заводе № 16, было расформировано. И снова несправедливость: большую часть сотрудников отдела В.П. Глушко освободили и в начале 1946 г. перебросили на завод в Химки, а Назарова, профессора Жирицкого и некоторых других "эзков" направили в другие еще оставшиеся "шараги".

Так Аркадий Сергеевич оказался в Таганроге, где встретился с талантливым авиаконструктором, итальянцем по происхождению, Робертом Людвиговичем Бартини. Вероятно, их пути и раньше где-то пересекались - скорее всего в одной из многочисленных "шараг". Бартини высказал пожелание, чтобы Назаров стал его заместителем по силовой установке проектировавшейся машины.

В то время Роберт Людвигович работал над созданием первого в нашей стране широкофюзеляжного транспортного самолета Т-117. Он был способен перевозить танковую и автомобильную технику, а в десантном варианте брать на борт 160 солдат с полным вооружением. Тогда же у Бартини возникла идея создания большого десантного корабля на воздушной подушке. Позднее эти идеи были воплощены в жизнь в амфибиях МВАА-62 и ВВА-14. А.С. Назаров являлся автором оригинальных силовых установок, в том числе и топливных систем (все делалось впервые) этих уникальных летательных аппаратов. Шли годы, и, наконец, в декабре 1947 г., через десять лет заключения, Аркадий Сергеевич вышел на свободу.

Рассматривая личное дело Назарова, невольно обращаешь внимание на несколько дат: арестован 3.1.1938 г.; осужден 30.5.40 г. по ст. 58-7 и 58-8 на 5 лет, срок наказания отбыл по 25.12.1947 г. Что-то неладно с арифметикой было в недрах НКВД - МВД... Впрочем, и не только с арифметикой. В справке из военной коллегии Верховного суда СССР зафиксировано: *"Дело по обвинению Назарова А.С. пересмотрено 30 мая 1956 года. Приговор Военной коллегии от 30 мая 1940 года в отношении Назарова А.С. по вновь открывшимся обстоятельствам отменен, и дело за отсутствием состава преступления прекращено"*.

После освобождения перед Аркадием Сергеевичем встала дилемма: что делать, как жить дальше? Вернуться в авиационное двигателестроение? Но за десять лет оно очень сильно продвинулось вперед, а он в это время был вынужден фактически заниматься совершенно другими делами. Кроме того, все посты главных конструкторов давно были заняты вполне достойными специалистами.

После нелегких раздумий Назаров принял решение остаться на прежней должности заместителя Р.Л. Бартини (но теперь уже в качестве "вольного" специалиста) и продолжать создавать силовые установки для гидросамолетов, ведь в Таганроге его ожидала интересная работа и вполне достойное положение. Итак, с июля 1948 г. А.С. Назаров - заместитель главного конструктора ОКБ-86 (так стало называться конструкторское бюро Бартини, созданное на базе существовавшей до этого в Таганроге "шараги" ОТБ 4-го специального отдела НКВД).

Спустя непродолжительное время ОКБ-86 было расформировано и большая часть его сотрудников, в том числе и Аркадий Сергеевич, перешла на работу в ОКБ-48, резвакуированное с тбилисского завода № 31. Главным конструктором этого конструкторского бюро, занимавшегося морским самолетостроением, являлся Георгий Михайлович Бериев. В 1948 г. под его руководством велась разработка многоцелевого гидросамолета Бе-6 с двумя двигателями АШ-73. Проектированием силовой установки занималась бригада во главе с Аркадием Сергеевичем Назаровым. Самолет Бе-6 был принят на вооружение авиации ВМФ и долгое время эксплуатировался на флоте.

Производство самолетов Бе-6 на таганрогском авиапредприятии						
Год	1952	1953	1954	1955	1956	1957
Количество	8	24	40	31	12	8



Летающая лодка Р-1 с двигателями ВК-1



Летающая лаборатория Ту-16 для проведения летных испытаний двигателей

12 июня 1948 г. вышло постановление Совета министров СССР о создании первого отечественного реактивного гидро-самолета Р-1, оснащенного двигателями РД-45 (позднее ВК-1). На этапе эскизного проектирования А.С. Назаров предложил оригинальный вариант компоновки силовой установки: двигатели размещались на стыках консолей и центроплана, при этом элементами мотогондолы являлись воздухозаборники, капот и обтекатель, входивший в конструкцию крыла. Назаров разработал также топливную систему гидросамолета, варианты которой в дальнейшем использовались на последующих самолетах с маркой "Бе".

Разработка самолета Р-1 с принципиально новой силовой установкой продвигалась довольно трудно. Однако проблемы постепенно решались, и в ноябре 1951 г. начались его заводские мореходные и летные испытания. Несмотря на то, что эта машина не стала серийной, создание Р-1 обеспечило накопление необходимого научно-технического задела, послужившего базой для дальнейших работ ОКБ Бериева. В дальнейшем в ОКБ были созданы летающие лодки Бе-10 и Бе-12 с турбореактивными и турбовинтовыми двигателями, соответственно.

Так случилось, что в 1957 г. Назарова вызвали в министерство авиационной промышленности на совещание, на котором обсуждались проблемы, возникавшие при создании двигателей для гидроавиации. На этом совещании присутствовал Сергей Константинович Туманский, возглавивший ОКБ-300 после ухода А.А. Микулина. Они не виделись 20 лет. Время изменило обоих, да и положение у них было неодинаковым.

Аркадий Сергеевич знал, что в 1936 г., когда руководство Главного управления авиационной промышленности (ГУАП) приняло решение о переводе Назарова на завод № 16, на место главного конструктора завода № 29 в Запорожье прочли именно С.К. Туманского - одного из ведущих сотрудников ЦИАМ, который был хорошо знаком с проблемами моторов М-22 и М-85 (в институте он был ведущим специалистом по этим двигателям). Каково же было удивление руководителей ГУАП, когда Туманский, получив предложение, ответил, что хорошо знает Назарова и тот, по его мнению, вполне способен самостоятельно исправить положение дел на заводе.

Тогда руководство ГУАП стало подбирать другие кандидатуры, но все как-то не складывалось. Время шло, а завод № 29 был без главного конструктора. Лишь через год, в 1938 г., когда Назаров уже находился в заключении, С.К. Туманский принял повторное предложение стать главным конструктором завода № 29. И вот, в 1957 г. они встретились вновь. В разговоре Аркадий Сергеевич заметил, что в Москве у него дочь-студентка. Неожиданно Туманский спросил Назарова: "Слушай, Аркадий Сергеевич, а не переехать ли и тебе в Москву? У нас завод большой, а стоящее дело мы тебе найдем..." Назаров тут же согласился с предложением.

2 марта 1957 г. заместитель министра авиационной промышленности СССР А. Рюмин подписал распоряжение главному конструктору завода № 49 Г.М. Бериеву: *"Инженера тов. Назарова Аркадия Сергеевича откомандируйте на завод № 300 в порядке перевода для постоянной работы по специальности"*.

С.К. Туманский предложил Аркадию Сергеевичу должность ведущего конструктора и по просьбе начальника летно-испытательного отдела Кирилла Андреевича Сазонова направил в этот отдел, учитывая опыт работы в качестве специалиста по силовым установкам. В то время коллектив завода № 300 все силы отдавал созданию классического образца мирового авиационного двигателестроения - знаменитого Р11-300. Назаров, оказавшись в незнакомых условиях, поступил так же, как в аналогичной ситуации, когда он попал к В.П. Глушко. Несколько месяцев он тщательно изучал и анализировал конструктивные особенности двигателя Р11-300. Впоследствии он внес большой вклад в усовершенствование отдельных узлов и схем двигателя, в частности, систем запуска.

На этапе летных испытаний двигателя Р11-300 важные результаты были получены с помощью летающей лаборатории, созданной на базе самолета Ту-16. С.К. Туманский поручил А.С. Назарову провести "ревизию" мотогондолы экспериментального двигателя. В этот период ведущим инженером вышеуказанной летающей лаборатории работал автор настоящей статьи. Надо сказать, что для ОКБ такая работа была новой и вопросов типа *"а как надо сделать то-то правильно?"* было огромное количество. Назаров трудился в аэродромных условиях неделю и дал более сотни предложений, связанных с изменением отдельных конструктивных элементов силовой установки Р11-300 на летающей лаборатории Ту-16.

В те дни мне посчастливилось работать вместе с Аркадием Сергеевичем. У него были несомненные педагогические способности. Назаров настойчиво и очень деликатно указывал на наши недоработки и показывал иногда непосредственно с гаечным ключом или отверткой, как все должно быть сделано. В нашем отделе Назаров проработал около года, и это было время учебы высшему инженерному мастерству.

Позже почти два десятка лет Аркадий Сергеевич успешно занимался расчетами показателей надежности опытных авиационных двигателей. Фактически им были созданы некоторые элементы теории надежности опытных ГТД, впервые разработана и внедрена методика оценки показателей надежности авиационных двигателей.

А.С. Назаров - единственный в нашей стране крупный организатор, создавший три конструкторских бюро, которые успешно работали, создавая новые авиационные двигатели. Как главный конструктор он является создателем нескольких семейств поршневых моторов, с большим успехом применявшихся на учебных, спортивных и боевых самолетах.

Двигатели Назарова много лет верой и правдой служили отечественной авиации. Особенно заметную роль они сыграли во время Великой Отечественной войны на бомбардировщике ДБ-3 и на легендарном многоцелевом самолете По-2.

Аркадий Сергеевич внес значительный вклад в подготовку и воспитание плеяды специалистов, бескорыстно передавая молодежи свои богатейшие опыт и знания. Назаров - один из тех людей, о которых с полным основанием говорят: *"Он до конца своих дней трудился на благо Родины"*. П

ЗДРАВСТВУЙТЕ, ДОРОГИЕ ДРУЗЬЯ!

*"Знания подвигают на размышления.
Размышления приводят к пониманию.
Понимание дает мудрость.
Мудрость требует новых знаний".
Конфуций*

В начале позвольте напомнить о тех причинах, которые привели нас к мысли о необходимости издания общепромышленного научно-технического журнала "Двигатель".

Не секрет, что в советские времена каждое конструкторское бюро, каждое предприятие о своих успехах в деле разработки новых конструкций, создания новых материалов, отработки новых технологий и т.д. и т.п. даже в рамках одной отрасли информацией со своими коллегами не делились. Предприятия занимались выпуском своего определенного перечня продукции (один завод делал один-два двигателя, другой - один тип автомобиля, самолета, трактора и т.д.). И всюду - глобальный режим секретности, поэтому технический или технологический прорыв, достигнутый в какой-нибудь отрасли, оставался недоступным для специалистов других отраслей. Традиции оказались сильны: положение совершенно не менялось и с ликвидацией режимности в большинстве отраслей.

Понимая ущербность такого положения дел, мы, имея опыт работы в технической журналистике, решили внести свой вклад в исправление сложившегося положения. Редакционный коллектив, работая над каждой статьей, стремится привести ее к такому виду, чтобы содержание было понятно любому достаточно подготовленному читателю, независимо от того, в какой сфере бизнеса или политики он работает. Делалось это с одной целью: помочь производителям как можно быстрее узнать о новинках и внедрить их на своем предприятии. Несомненно, что исторические статьи о развитии техники и ее творцах также представляют интерес для наших читателей и помогают формировать облик журнала.

Тогда же, в последние годы прошлого века, нам стало понятно, что и с техническим просвещением подрастающего поколения творится что-то неладное: школьные программы пересматриваются в сторону "облегчения" от физико-математических дисциплин, технические учебные заведения испытывают хронический недобор абитуриентов, а многие техникумы вообще перепрофилируются. Профессии инженера и научного работника перестали быть престижными. Обновление корпуса специалистов почти прекратилось, научные и технические кадры постарели. Все это в сочетании со стагнацией в большинстве отраслей промышленности привело к тому, что темпы научно-технического прогресса в России стали все в большей степени отставать от соответствующих темпов на Западе и Востоке.

Известно, что везде и всегда любая работа начинается с просвещения. Неграмотный человек, каким бы хорошим он не был, для дела почти бесполезен (как, впрочем, бесполезен и грамотный, но некультурный, беспринципный и т.п.). В истории много примеров, когда для осуществления прорыва по какому-нибудь направлению выработывалась государственная программа, одним из пунктов которой обязательно становилась пропаганда определенных технических знаний. К сожалению, за последние годы ничего подобного в нашей стране не делается. Нет ни исполняемых программ, ни, соответственно, широкой пропаганды.

С учетом все большего отставания технического уровня продукции, выпускаемой отечественными предприятиями (отдельные лицензионные производства не в счет), все настоятельнее становится необходимость принятия быстрых и эффективных мер, направленных на ускорение научно-технического прогресса в стране. Надо все время придумывать что-то совершенно новое, чтобы "обскакать" конкурента. Да, для этого нужны время и деньги. Но и этого мало - прежде всего нужны люди, морально готовые на постоянное внедрение в производство все более и более нового. Одной из первоочередных задач следует признать необходимость поиска и поддержки новых кадров: умных, целеустремленных, преданных своему Отечеству. Во всех странах, находящихся в авангарде прогресса, государством и от-

дельными компаниями выделяются громадные средства на приобщение студентов и даже школьников к решению отдельных наиболее сложных технических задач. При этом главной целью считается не столько получение немедленного конкретного технического результата, сколько поиск одаренных детей, их последующая опека и привлечение к работе.

В России сегодня так мало практического делается для подготовки будущих инженерных и научных кадров, что больно становится. Ждать, когда за решение насущных для жизни государства проблем возьмутся чиновники, нет времени (тем более что и в самих министерствах без конца идет кадровая чехарда). Именно поэтому на седьмом году существования журнала его редакция начинает осуществлять свою задумку, появившуюся практически одновременно с рождением идеи издания "Двигателя". Отныне в рамках журнала будут публиковаться статьи, специально подготовленные для старшеклассников и учащихся ВУЗов, техникумов и технических колледжей. В этих статьях будут освещаться вопросы, связанные с созданием двигателей (конструирование, отработка технологии, поиск новых материалов и т.д.), а также с их применением. Будут публиковаться статьи и об автомобилях, самолетах, ракетах, кораблях, локомотивах и т.п., на которых устанавливаются двигатели. Не останутся в стороне и вопросы истории развития техники, судьбы людей, ее создававших, а также материалы по истории заводов, КБ, НИИ.

Совмещение в одном журнале ставших уже обычными материалов и специального раздела с адаптированными статьями позволит нашим юным читателям ознакомиться с проблемами, стоящими перед техническими специалистами сегодня. Пусть наши дети "подглядывают" за делами взрослых, а если возможно - и помогают им!

Безусловно, нам будет гораздо легче подбирать материалы для последующих публикаций, если в редакцию станут поступать письма от молодых читателей с замечаниями, предложениями и пожеланиями. Наиболее интересные из них мы будем публиковать, а к предложениям прислушиваться.

Вместе с тем, мы хотели бы предложить несколько заданий для юных читателей журнала. Это не будут математические или физические задачи с использованием сложных формул. Вот первые из них:

1. Какие двигатели используют силу гравитации? В каких устройствах они нашли применение? Предложите свою конструкцию гравитационного двигателя и устройства, в котором она будет работать.
2. В каких двигателях используется вода (в любых агрегатных состояниях) в качестве рабочего тела? Дайте хронологию появления двигателей, использующих воду в качестве энергоносителя.
3. Когда появились первые двигатели внутреннего сгорания? Где они нашли применение? Какое топливо в них использовалось?
4. Какой двигатель был установлен на первом "автомобиле"? Кто был автором этой конструкции?
5. Назовите, какие типы двигателей используются для обеспечения движения надводных кораблей. Когда первые из них нашли свое применение?

Ответы юных читателей, наиболее полно ответившие на вопросы, будут опубликованы. Поэтому желательно вместе с ответами присылать свои фотографии, а также точный домашний адрес. Ответы можно присылать как по обычной, так и по электронной почте. Все активно участвующие в наших конкурсах в конце года будут награждены специальными призами.

Надеемся, что материалы новой рубрики будут интересны не только юному поколению, но и их родителям. Журнал может и должен стать не только межотраслевым, научно-техническим, популярным, но и семейным.



Редакция журнала

ВТОРАЯ ЕЖЕГОДНАЯ ОЛИМПИАДА ПО ИСТОРИИ АВИАЦИИ И ВОЗДУХОПЛАВАНИЯ

Клуб авиастроителей при участии Фонда авиационно-космических технологий в 2004/2005 учебном году проводит Вторую ежегодную олимпиаду по истории авиации и воздухоплавания для русскоговорящих юношей и девушек в возрасте от 12 до 18 лет, посвященную 60-летию Победы советского народа в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.

Вторая олимпиада проводится как продолжение традиции, начатой Авиакосмофондом в 2003 - 2004 учебном году. Тогда Авиакосмофонд стал инициатором, организатором и финансирующей организацией Первой ежегодной олимпиады молодежи и школьников по истории авиации и воздухоплавания. Проект этой Олимпиады был поддержан Департаментом образования города Москвы, Департаментом науки и промышленной политики города Москвы, Комитетом по делам семьи и молодежи города Москвы, МГУ им. Баумана, МАИ, МАТИ им. Циолковского, РГГУ, Институтом открытого образования, другими организациями. Первый этап Олимпиады прошел в сети интернет, второй - в виде молодежного симпозиума в Доме культуры "Чайка" ФГУП "ММПП "Салют". Олимпиада вызвала большой интерес и у ребят, и у взрослых. В жюри и оргкомитете Олимпиады приняли участие представители профессорско-преподавательского состава перечисленных вузов, а в мероприятиях Олимпиады - такие известные люди как Герои Советского Союза, заслуженные летчики-испытатели С.А. Микоян, В.Г. Пугачев, В.Н. Кондауров, члены семьи В.П. Чкалова, писатели, инженеры, деятели искусства и культуры.

В отличие от других, данная Олимпиада не разовое мероприятие. Участие в ней предполагает работу с молодежью в течение всего учебного года. Именно это, как нам удалось выяснить у ребят, их и привлекает. Им импонирует то, что, став участниками Олимпиады, они получают возможность общаться с людьми, посвятившими свою жизнь авиации и авиостроению. Это и есть профессиональная ориентация подрастающего поколения на нашу отрасль, выявление ребят, которым интересна авиация и все, что с ней связано.

Сама технология проведения Олимпиады весьма демократична. Первый этап Олимпиады проходит в сети интернет. От желающих принять участие не требуется ни документов, ни каких-либо разрешений, ни даже очного присутствия. Это дает возможность всем ребятам независимо от склада их характера и места жительства принять участие в Олимпиаде. Зато второй этап необычайно сложен. Это очный молодежный симпозиум, к которому ребята, победители первого этапа, готовятся вместе с преподавателями - специалистами в области истории техники. Уже одно это - награда для них: их заметили, оценили, с ними работают. И они это очень ценят. Победители второго тура Олимпиады получили подарки из рук прославленных летчиков-испытателей. В этот момент неизвестно кто был более счастлив - тот, кто заработал приз, или тот, кто его вручал. Фотографии, опублико-

ванные в средствах массовой информации, освещавших Олимпиаду, - не просто очередные иллюстрации с места события, это - фотографии о счастливой совместной жизни детей и взрослых, это - окно в самый интересный мир - мир авиации.


В нынешнем году наша страна будет отмечать шестидесятилетие Победы советского народа в Великой Отечественной войне. В связи с этим темы рефератов, предложенные победителям первого этапа Олимпиады, тесно увязаны с этим знаменательным событием:

1. Летчики - герои битвы за Москву.
2. "Кукурузник" У-2 и его вклад в Победу.
3. Женщины-пилоты в годы Великой Отечественной войны.
4. 1942-1943 годы - борьба за господство в воздухе.
5. "Черная смерть" (штурмовик Ил-2).
6. Самые результативные асы Великой Отечественной войны.
7. ВВС СССР в первые месяцы Великой Отечественной войны.

Ряд предлагаемых для разработки тем рефератов предполагает охват проблемы "в мировом масштабе" (но ребята смело берутся и за такую сложную тематику):

1. Крупнейшие военные сражения Второй мировой войны.
2. Авиатехника, рожденная Второй мировой войной.
3. Сравнительный анализ авиационного потенциала стран-участниц Второй мировой войны.
4. Развитие бомбардировочной авиации в годы Великой Отечественной войны.
5. Тактика ведения воздушного боя в годы Второй мировой войны.
6. Лучшие самолеты-истребители военной поры. Не забыты и наиболее интересные эпизоды недавней истории:

1. История истребительного полка "Нормандия-Неман".
2. "Битва за Англию" - "дуэль" британских и германских ВВС.
3. Использование военно-воздушных сил СССР в войне с Финляндией.
4. История воздушных таранов.

Впереди у победителей первого тура - три месяца напряженной и исключительно интересной работы по выбранным темам. Организаторы Олимпиады не сомневаются в высоком качестве материалов, которые будут представлены участниками. Проведение Олимпиады будет способствовать все более широкому привлечению интереса молодого поколения к истории авиации, а также выявлению талантливых и трудолюбивых юношей и девушек, способных проанализировать и дать самостоятельную оценку самым сложным процессам, которые связаны с историей авиации. 



ДВИГАТЕЛИ

Двигатели вокруг нас. Они в нас. Они - синонимы к таким словам как "наука" ("наука - двигатель прогресса"), "реклама" и т.п. Всевозможные словари дают им практически одинаковое определение: "Двигатели - это энергетические силовые машины, преобразующие какую-либо энергию в механическую работу". Без них наша жизнь уже немыслима. Хотя существуют они ровно столько, сколько существует Вселенная. Первыми двигателями, по-видимому, следует считать Большой взрыв, породивший нашу Вселенную и заставивший разбежаться ее части в разные стороны (преобразование энергии первоначальной точки в движение во все стороны появляющейся материи) и гравитацию, которая приступила к формированию из этой материи галактик, солнц, планет и т.д.

С возникновением жизни появились биологические двигатели - мускулы, позволившие живому существу передвигаться, искать пищу и есть ее, качать кровь по телу, убежать и защищаться, чтобы не стать пищей для другого существа. Но как только нашему предку пришла в голову мысль, что надо бы не только поедать животных, но и использовать их для экономии ресурса своих собственных мускулов, он тут же стал их приручать. Одними из этих животных стали лошади; спустя тысячелетия благодаря им за единицу мощности двигателя была принята "лошадиная сила".

Принято подразделять двигатели на первичные и вторичные. К первичным относят те двигатели, которые непосредственно преобразуют энергию природных ресурсов (воды, ветра, гравитационных сил), мускульную энергию человека и животных или внутреннюю энергию топлива в механическую энергию (гидротурбины, ветродвигатели, двигатель внутреннего сгорания и др.). Полученную от первичного двигателя механическую энергию можно использовать для вращения мельничных жерновов (как это совсем недавно делали наши предки на водяных и ветряных мельницах), а можно использовать и для выработки, например, электричества (как это делаем сейчас мы). Примеров первичных двигателей можно привести достаточно много. Некоторые из них стали достоянием истории техники, многие используют уже тысячелетия (например, парус судна), некоторые существуют в виде научных расчетов и чертежей инженеров-конструкторов (тот же парус, но только солнечный для межорбитальных буксиров космических объектов). Немалая часть двигателей, а точнее идей, как их построить, существует пока только на страницах фантастических романов и, к сожалению, не торопится перейти на ватман изобретателя.

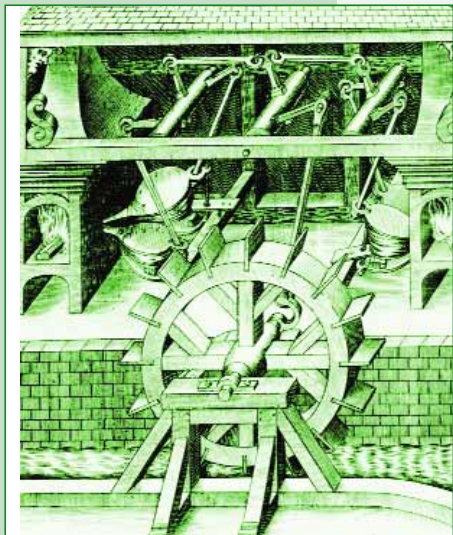
Помимо первичных двигателей, осуществляющих непосредственное преобразование энергии в механическую работу, существуют так называемые вто-

ричные двигатели, которые используют энергию, получаемую от первичных двигателей. В этом случае получается цепочка: энергия (например, запасенная в бензине) - первичный двигатель (двигатель внутреннего сгорания) - другая энергия (электрическая, полученная с помощью электрогенератора, присоединенного к двигателю) - вторичный двигатель (электромотор). Все это достаточно условно: электромотор постоянного тока в качестве первичного двигателя отлично работает в игрушках от химической батареи. К вторичным двигателям можно отнести также пружинные, пневматические и пр. Да и цепочки преобразования энергии могут быть самыми разными.

Термин "двигатель" встречается в отечественных письменных источниках с XIV века. Значение его в различные времена менялось: от "средства обеспечения движения" до "силы, побуждающей к действию". В приложении к энергетическому приводе этот термин стал широко применяться с конца XIX - начала XX веков. В начале XX века его пытались заменить словом "мотор" (от французского le moteur), пришедшим в русский язык вместе с бурным развитием отечественной промышленности и техники. Остались оба понятия, но "мотором" сейчас называют в основном автомобильные и электрические преобразователи энергии.

Понятно, что двигатель в большинстве случаев существует не сам для себя, а для обеспечения движения или перемещения, например автомобиля или самолета. Непосредственно, двигатель в этих случаях движение не обеспечивает. Движение обеспечивают получающие механическую энергию вращения от двигателя, соответственно, колеса и винт, которые называют движителями. Но бывают и такие случаи, когда разделить двигатель и движитель достаточно трудно, а иногда просто невозможно, как, например, у мотор-колеса большого карьерного самосвала.

Двигатели можно классифицировать по различным критериям. Например, по виду используемой энергии их можно поделить на потребляющие источники энергии, заложенные в природе, и те, для которых эти источники энергии приходится подготавливать специально. Первыми двигателями, которые были изобретены человеком и черпали необходимую энергию для своей работы из природных источников, можно считать парус и водяное колесо. Других пока не нашли. Парусом пользуются уже более 7...8 тыс. лет. Первое применение водяного колеса было связано с необходимостью подъема воды из реки в каналы оросительных систем. Затем для него нашли другие формы применения - приводить в действие молоты, которые размельчали руду, качать мехи, необходимые для подачи воздуха в плавильные печи, и пр. Впервые водяные колеса появились в странах Древнего мира: Китае, Индии, Египте. В средние века водяные и ветряные двигатели использовались в Европе в качестве основной энергетической базы мануфактурного производства. С их помощью приводили в действие жернова мукомольных мельниц, пилы при разделке бревен на доски, станки при изготовлении



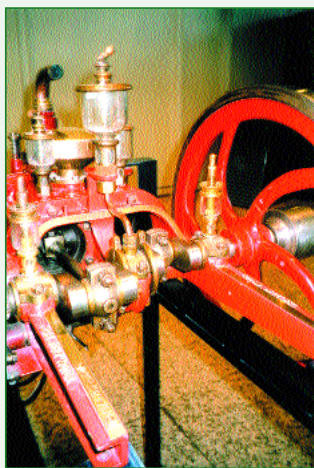
Водяное колесо - один из древнейших двигателей



Паруса - преобразователи энергии ветра

изделий из дерева и металла.

Как оказалось, еще в I веке до нашей эры в Египте Герон Александрийский разработал конструкцию первой паровой машины, с помощью которой осуществлялся поворот статуи nereиды, отбивающей каждые полчаса склянки на Александрийском маяке. Он применил цилиндр, в который подавался пар (по некоторым источникам - горячий воздух), и поршень, приводивший в движение стацию. По сути, это было первое устройство, использующее внутреннюю энергию вещества. Однако эта идея на многие века опередила свое время, и только во второй половине XVIII

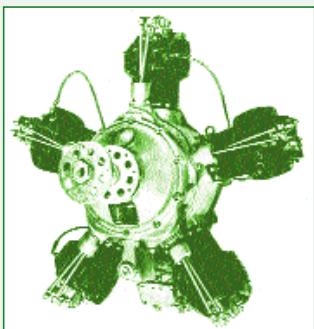


ДВС конструкции Даймлера

века появилась поршневая паровая машина непрерывного действия, нашедшая применение в промышленности и на транспорте (паровоз, пароход).

В связи с тем, что в такой машине извлечение внутренней энергии вещества происходит вне механического контура машины, в топке, подобные устройства называют двигателями внешнего сгорания. Развитие паровых машин шло по пути совершенствования конструкции нагревательных устройств, теплообменников, применения различных видов топлив и т.д.

Следующим шагом в развитии паровых машин стало применение турбин вместо цилиндра с поршнем. Расцвет этого типа машин - как стационарных, так и для транспорта - приходится на XIX - начало XX века. Сейчас паровые турбины используются на электростанциях (причем на всех атомных электростанциях именно паровая турбина вращает электрогенератор). На морях и океанах уже почти полвека источником энергии для паровых турбин ледоколов, авианосцев и подводных лодок служит атомный реактор.



Звездообразный авиатор

В конце позапрошлого века человечеством были освоены двигатели внутреннего сгорания (ДВС). В этих двигателях извлечение энергии из вещества происходит внутри механического рабочего контура. Семейство ДВС весьма разнообразно. Оно включает, например, двигатели принудительного воспламенения (карбюраторные и непосредственного впрыска), а также дизели, в которых воспламенение топлива происходит от воздействия высокой температуры сжатого воздуха. ДВС - основной тип двигателей транспортных и стационарных машин, используемый в настоящее время. Наверно каждый знает хотя бы немного об автомобильных двигателях. Но не все представляют, на-

сколько сложен механизм ДВС; особенной трудностью для исследования отличаются протекающие в камере сгорания термические и газодинамические процессы.

Именно поэтому конструкторам приходилось идти путем проб и ошибок, в экспериментах искать оптимальную конструкцию. И только сравнительно недавно появились вычислительные машины и специализированные программы, позво-

ляющие детально "просчитать" ДВС и обеспечить не только его работоспособность, но и достижение заранее запланированных характеристик.

ДВС стал первым двигателем - "пламенным мотором", поднявшим самолет в небо. Долгие годы из него выжимали мощность, чтобы лететь выше

и быстрее. И когда стало понятно, что в борьбе за скорость он не помощник, стали искать ему замену. Так появился реактивный двигатель, в котором большая часть внутренней энергии сгоревшего топлива преобразуется в кинетическую энергию струи газов. Различают два основных класса реактивных двигателей: использующих в качестве окислителя кислород воздуха (воздушно-реактивные - ВРД) и обходящихся без него. В последнем случае все компоненты топлива (окислитель и горючее) размещают на борту летательного аппарата. Важным достоинством таких двигателей является их способность к работе вне земной атмосферы, а недостатком - необходимость размещения массивных и весьма объемных баков окислителя на самолете или ракете, а также "прожорливость" - большой расход топлива.



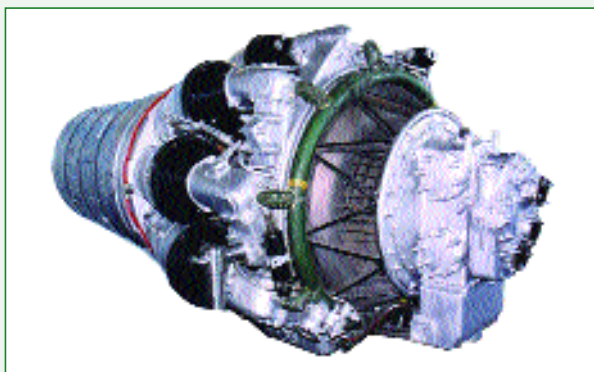
Автомобиль стал возможен только с появлением ДВС

Воздушно-реактивный двигатель использует кислород воздуха, поэтому баки с окислителем не нужны. Но для того, чтобы подавать в камеру сгорания достаточное количество воздуха, его приходится сжимать. В турбореактивных (ТРД) и турбовинтовых (ТВД) двигателях сжатие производится с помощью компрессора, приводимого во вращение турбиной. Разнятся они тем, что в ТРД тяга получается от потока воздуха, проходящего внутри двигателя, а в ТВД ее создает вращаемый этим двигателем винт. Иногда удается сжать поток воздуха без использования компрессора путем выбора соответствующей формы входного устройства двигателя - в этом случае получается так называемый прямоточный воздушно-реактивный двигатель (ПВРД).



Аэроплан братьев Райт оснащался ДВС

Исторически получилось так, что первым из ракетных двигателей был твердотопливный (РДТТ). В нем и окислитель и



ТРД позволил резко увеличить скорость полета самолета



Ветрогенераторы - будущее энергетики?



Современный многоцелевой истребитель с ГТД

горючее представляли собой твердое тело: например, такую смесь, как порох. Говорят, еще в Древнем Китае пытались с его помощью оторваться от Земли. Затем его использовали для запуска фейерверков, а на рубеже XIX и XX веков пришли к мысли, что только с помощью ракетного двигателя можно подняться в космос и добраться до других планет. Накануне и в ходе Второй мировой войны жидкостный ракетный двигатель (ЖРД - у него, в отличие от РДТТ и горючее и окислитель жидкие и сжигаются в специальной камере сгорания с высоким давлением) попытались применить в качестве дополнительного двигателя

самолетов с поршневыми моторами для кратковременного увеличения скорости полета или для облегчения взлета тяжелогруженого самолета. Устанавливали ракетные двигатели и на истребители-перехватчики, которые в первой и единственной атаке должны были сбивать самолет противника. На вторую атаку топлива уже не оставалось. Таким самолетам так и не удалось всерьез повоювать.

Более перспективными оказались самолеты с воз-



Ракета-носитель лунного комплекса Н1

душно-реактивными двигателями, которые отличались заметно большей продолжительностью полета. И уже более полувека практически все атмосферные летательные аппараты оснащаются ТРД или ТВД. Двигатели постоянно совершенствуются, меняется их конструкция для достижения требуемых характеристик. Модификации этих двигателей (в некоторых случаях их называют газо-

турбинными - ГТД) используются не только на летательных аппаратах; устанавливаются они и на различных транспортных средствах:

кораблях, большегрузных автомобилях, танках и т.п. Широкое применение нашли такие двигатели в энергетике, созданы энергоблоки мощностью свыше 100 МВт и проектируются еще более мощные. Любопытно, что уже существуют электростанции с энергоблоками, в которых паровая турбина вместе с газотурбинным двигателем нагружена на один электрогенератор.

Отказ авиации от ракетного двигателя не привел к смерти последнего. Никакой другой двигатель,



Современный атомный ледокол

кроме ракетного, не в состоянии ни сегодня, ни в обозримом будущем обеспечить доставку грузов и людей на орбиту Земли. Основная характеристика ракетного двигателя - удельный импульс (отношение развиваемой мощности к собственному весу двигателя) - имеет самое большое значение среди всех известных на сегодня двигателей. Именно поэтому они способны преодолеть притяжение Земли.

Уже упоминалось о том, что существуют две большие группы ракетных двигателей - жидкостные -



Двухконтурный ГТД фронтального истребителя

ЖРД и твердотопливные - РДТТ. У каждого из них свои достоинства и недостатки, а также свои области применения. Свойства разных видов топлив весьма специфичны, поэтому создателям ракетных двигателей приходится быть не только конструкторами и инженерами, но и химиками. Постоянно приходится искать такие топливные компоненты, которые выделяют максимум энергии, причем не только из тех, которые внесены в таблицу Менделеева. А из химических элементов периодической таблицы только взаимодействие фтора с водородом позволяет получить в ракетном двигателе максимальный удельный импульс. И хотя такой двигатель создан, практического применения он не нашел из-за агрессивности фтора и опасности его применения.

Реактивную тягу можно получить не только путем высвобождения энергии топлива при химической реакции горючего и окислителя. В "вертушке Герона" реактивная тяга образуется в результате истечения пара из трубки. Аналогичный принцип нашел применение в современных ядерных ракетных двигателях, использующих теплоту, которая выделяется при радиоактивном распаде ядерного горючего. Эта теплота нагревает рабочее тело (например, водород) до очень высокой температуры. Затем рабочее тело истекает из сопла двигателя с громадной скоростью и создает



Мощный ЖРД

значительно больший удельный импульс по сравнению с импульсом двигателей на химическом топливе. Мощность, развиваемая ядерным ракетным двигателем, достаточна для взлета с Земли, но из-за опасности радиоактивного заражения местности эти двигатели вряд ли найдут применение. Было, однако, время, когда такие двигатели все же разрабатывались и даже проводились наземные эксперименты. Эти работы позволили подготовить достаточно обоснованные проекты, свя-



Судовой дизель отличается впечатляющими размерами

занные с их применением на космических аппаратах, которые полетят к другим планетам.

Создана еще одна разновидность ракетных двигателей, характеризующаяся весьма высоким удельным импульсом тяги, в десятки и сотни раз превышающим удельный импульс тяги химических двигателей. Это так на-

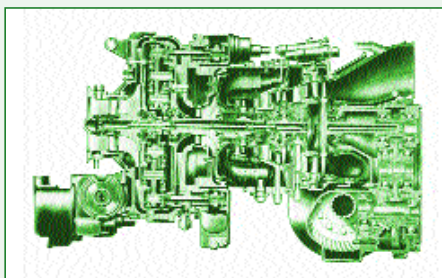


Автомобильный дизель с коробкой передач

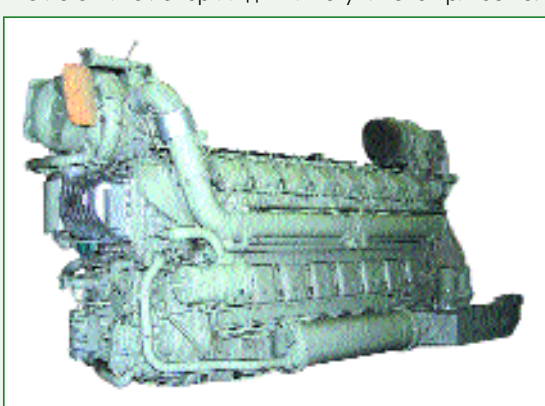
зываемые электрические ракетные двигатели. Сама тяга, развиваемая такими двигателями, невелика, но они весьма экономичны: применяются чаще всего для коррекции орбиты космических аппаратов, обеспечения их стабилизации в пространстве. Их можно применить в качестве разгонных двигателей при выполнении дальних космических полетов. Небольшая тяга, действующая длительное время, способна разогнать космический аппарат до очень больших скоростей. Уже создан целый ряд электрических ракетных двигателей: электро-термические, электромагнитные, ионные и др.

Но вернемся к аппаратам, которые передвигаются в пятом океане - атмосфере. В борьбе за скорость летательного аппарата был придуман гиперзвуковой прямоточный воздушно-реактивный двигатель (ГПВРД). Этот двигатель может работать на скоростях, во много раз превышающих скорость звука. Главное отличие этого двигателя от других воздушно-реактивных двигателей заключается в том, что у него нет вращающихся частей. К недостаткам таких двигателей следует отнести их низкую топливную эффективность (очень малая часть энергии сгоревшего топлива используется для создания тяги). Из-за этого область применения прямоточного двигателя ограничена: устанавливаются они пока лишь на некоторые типы ракет. Но если удастся решить ряд технических и технологических проблем, то их применение сулит возможность достижения таких скоростей, которые позволят сократить время межконтинентального перелета до часа и даже десятков минут. Поэтому эксперименты продолжают.

Отдельный и весьма обширный класс составляют электрические двигатели. Уже из их названия понятно, что источником энергии для них служит электричество. В



Разрез танкового ГТД



Дизельный двигатель тепловоза

природе электрическая энергия существует (например, в разряде молнии), но использовать ее пока никто не пытался. Поэтому приходится вначале электроэнергию получать, используя другие виды энергии в совокупности с двигателями первого рода и электрогенераторами, или с помощью каких-либо энергопреобразователей. Ими могут

быть химические источники тока, фотоэлектрические (солнечные батареи), тепловые (в некоторых качестве тепловыделяющего вещества используются радиоактивные материалы) и др. Область применения электрических двигателей необычайно широка. Например, в современном автомобиле в различных системах используются до сотни различных электродвигателей. Несмотря на то, что история применения электродвигателей занимает чуть более полутора веков, их развитию и совершенствованию не видно предела. Созданы двигатели, работающие на постоянном токе и на переменном токе, есть двигатели с коллектором и без него. Есть даже электродвигатели, которые получили название шаговых. Свое

применение они нашли в стрелочных электронных часах, поэтому громадное число жителей Земли являются собственниками хотя бы одного такого двигателя.

Современной промышленности необходимы электродвигатели разной мощности. На первый взгляд, для повышения мощности достаточно увеличить размер двигателя - и вопрос решен, но не все так просто. Остаются проблемы прочности, помехозащищенности, теплоотвода и пр. Что касается задачи миниатюризации, то здесь все еще сложнее, тем не менее, уже есть электромоторы размером в несколько миллиметров и даже меньше. И создаются они не ради забавы, а для реализации вполне конкретных устройств.

Сейчас на любом объекте, будь то автомобиль, корабль, космический аппарат, помимо основного двигателя, главной энергетической установки и т.п., имеется большое число вспомогательных двигателей. Они отличаются не только своими размерами и развиваемой мощностью, но принципами действия, используемыми источниками энергии и т.д.

В данной статье не ставилась задача подробно рассмотреть все двигатели - это просто невозможно, ибо даже простое перечисление всех типов и видов двигателей займет больше места, чем эта статья. Например, в статье не упоминалось об огнестрельном оружии, хотя это самая настоящая тепловая машина, в которой происходит преобразование энергии порохового заряда в движение ядра, пули или снаряда. Поэтому в следующих номерах будут публиковаться более подробные описания работы тех или иных двигателей, истории их создания и совершенствования.



Самосвал КамАЗ



Основной боевой танк с газотурбинным двигателем



Современный тепловоз

ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ. ГДЕ ВЗЯТЬ ЭНЕРГИЮ?

Чем плох автомобиль? Первое, что приходит на ум - загрязнение окружающей среды, второе - громадное количество пострадавших в автомобильных авариях и катастрофах. Несмотря на это конструкторы автомобилей продолжают создавать все более мощные, а значит и более "грязные" машины. Как достоинство отмечаются их все улучшающиеся динамические показатели - разгон до 100 км/ч за считанные секунды: а ну, пешеход, увернись! В Китае, где еще вчера одновременно крутили педали миллионы велосипедистов, начинается автомобильный бум - страна выходит на первое место в мире по темпам производства машин. Рядовому китайцу тоже хочется себя пожалеть и побаловать, ведь куда приятнее нажимать на педаль газа. Итог человеческой лени известен - экология страдает, граждане болеют, а то и просто погибают. Встает извечный вопрос - что делать?

Можно, конечно, пересестись на лошадь, но это сопряжено с большими неудобствами: и сена ей надо, да и крыши над ней нет. В некоторых странах вспомнили про велосипед. Очень удобно - не надо гаража, можно в коридоре на стенку повесить, да и на улице никаких пробок. Мало того, во многих странах для велосипедистов построены вдоль основных магистралей специальные дорожки. Многие умные люди поняли, что крутить педали полезно для здоровья, стали даже устраивать велопробеги и объездили свою страну вдоль и поперек, да и за границу поколесили. Но как бы там ни было, после появления на пути приличной горки сразу возникает мысль о том, что было бы неплохо, если бы кто-нибудь другой крутил твои педали. У некоторых такое желание остается несбыточной мечтой, но есть ведь и творческие люди... Как всегда в таких случаях, умелец крепко задумывается и начинает что-то изобретать.

Если поставить на велосипед хоть и маленький, но все же бензиновый моторчик, то при их числе в сотни миллионов дышать опять скоро станет нечем. А через сотню лет, смотришь, опять по дорогам будут носиться монстры-автомобили, и тогда смотри первый абзац. Значит, надо идти другим путем, например, установить на велосипед аккумулятор и электромотор. Некоторые умельцы так и сделали. Первый эксперимент был предпринят в области водного транспорта в далеком теперь 1838 г. Немецкий инженер Мориц (Борис) Якоби, работавший в то время в Санкт-Петербурге, погрузил на лодку 27 гальванических батарей и установил два электромотора, которые сам сконструировал четыремя годами ранее. Однако заряда батарей хватило только на то, чтобы медленно проплыть несколько километров по Неве против течения. На этом эксперимент в те времена и закончился. Впрочем, полученный опыт не был забыт, впоследствии аккумулятор и электродвигатель

нашли применение на подводных лодках для обеспечения движения в погруженном положении. Ныне такая схема используется на самых современных дизельных подводных лодках.

Но вернемся к велосипеду. Почему мысль изобретателя остановилась на аккумуляторе и электромоторе? Прежде всего потому, что электромотор отличает очень высокий коэффициент полезного действия, т. е. практически вся электрическая энергия, подведенная к нему, превращается в механическую энергию вращения вала якоря двигателя. Современные электродвигатели имеют к.п.д. порядка 90...95 %. Для сравнения: к.п.д. поршневого бензинового двигателя составляет около 20 %. Но второй компонент электродвигательной установки - аккумулятор - в значительной степени лишает ее привлекательности. Во-первых, он слишком тяжел (в традиционных кислотных аккумуляторах пластины выполнены из свинца, плотность которого около 12 г/см³). Во-вторых, удельная емкость аккумуляторов (отношение количества запасенной энергии к массе устройства) невелика. Одним словом, традиционный "электровелосипед" (или "электромобиль") отличается большой массой при малой дальности пробега. А что если научиться вырабатывать электроэнергию непосредственно "на борту", преобразуя дармовую солнечную энергию?

Для привлечения интереса к созданию транспортных систем, использующих энергию солнца, в 1987 г. были проведены первые в мире соревнования гоночных автомобилей на солнечных батареях. Трасса гонки протяженностью 3000 км - от Дарвина до Аделаиды - пересекала австралийский континент с севера на юг. В гонке участвовало 24 солнцемобилия из шести стран. Победителем соревнований стал американский "Санрейсер", в разработку которого фирма General Motors вложила несколько миллионов долларов. К созданию каждого элемента этого солнечного автомобиля привлекались ведущие ученые, конструкторы, инженеры и даже дизайнеры. После успешного окончания австралийской гонки в США была разработана национальная образовательная программа, рассчитанная на привитие молодежи интереса к вопросам экономии энергии, сохранению окружающей среды и прогрессу в науке и технике. Финансировала эту программу компания General Motors.

Через три года стартовала вторая трансавстралийская гонка, в которой приняли участие 36 машин из девяти стран. В гонках 1993 г. принимали участие 52 солнцемобилия из 12 стран. Трехлетний перерыв между гонками позволяет конструкторам производить глубокий анализ достижений и корректировать основные тенденции развития этого вида транспорта. На вторых и третьих гонках "Санрейсер" не участвовал, и в



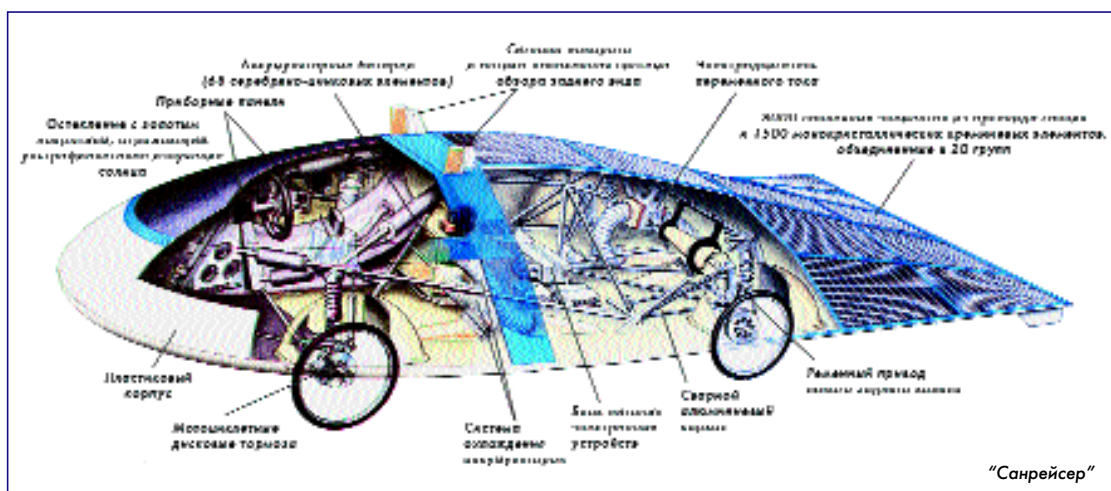
От аэродинамического качества велосипеда и позы человека зависит, в конечном счете, значение необходимой мощности, которую должен развивать велосипедист для достижения определенной скорости. Тренированный спортсмен способен отдавать мощность 1 л.с. в течение 30 с, а здоровый нетренированный человек - в течение 12 с.

1990 году победили швейцарцы, а в 1993 году японцы из компании "Хонда" (всего для участия в соревнованиях было представлено 20 японских машин). Затраты "Хонды" на машину под названием "Мечта" составили не менее \$10 млн. "Мечте" удалось побить рекорд скорости, установленный "Санрейсером", но первый успешный солнечномобиль достоин того, чтобы на его примере рассказать об устройстве "аппарата".

Одним из принципиальных новшеств, примененных в "Санрейсере", является легкий бесколлекторный электродвигатель, разработанный фирмой General Motors. Главной изюминкой, позволившей добиться уникальных параметров двигателя, стало использование мощных постоянных магнитов из сплава железа, неодима и бора. Технологической особенностью изготовления таких магнитов являлось сверхбыстрое охлаждение расплава. Американским конструкторам удалось создать электродвигатель массой 3,6 кг, который обладал к.п.д. порядка 92 % при номинальной мощ-

ществляется преимущественно двигателем, который при этом работает в режиме генератора. Примерно половина энергии, которая в ином случае рассеивалась бы в виде тепла в тормозных дисках, возвращается в аккумулятор. Преобразование энергии переменного тока электродвигателя в энергию постоянного тока, которая подзаряжает аккумулятор, осуществляется с помощью инвертора.

Принципиальная простота устройства электромобиля делает его реализацию чрезвычайно привлекательной. Двигатель имеет всего одну движущуюся часть - ротор, трансмиссия - только одну передачу. Торможение осуществляется главным образом двигателем, причем энергия торможения регенерируется. Отпадает необходимость в сцеплении, так как при остановке автомобиля двигатель просто не работает. Предполагается, что перспективный двигатель для электромобилей будет весить всего около 45 кг и развивать мощность до 100 л.с., т. е. обладать очень высокими техническими характеристиками.



ности. И хотя при обычном пробеге мотор развивал среднюю мощность всего лишь в 1 л.с., он мог увеличить ее до 4 л.с. при непрерывной работе, а кратковременно "выдавать" до 10 л.с. Это создавало предпосылки для легкого преодоления подъемов и быстрого разгона. Трансмиссия передавала крутящий момент от двигателя только на одно из двух задних колес, что позволило исключить потери в дифференциале, который был бы необходим при использовании двух ведущих колес.

Постоянные магниты были установлены на роторе электродвигателя, а обмотки размещены на статоре. Формирование вращающегося магнитного поля производится электронным коммутатором, который получает питание от аккумулятора. Современные быстродействующие электронные приборы, из которых собран коммутатор, позволяют очень точно подбирать амплитуду и фазу синусоидального тока, подаваемого на обмотки статора. Значения параметров тока зависят от многих факторов, в том числе от профиля дороги, выбранной скорости и ускорения. Одновременно к преобразователю предъявляется требование минимизации потерь энергии. В конечном итоге удалось поднять к.п.д. коммутатора до 96...98 % для широкого диапазона значений крутящих моментов и скоростей вращения вала электродвигателя.

Для увеличения общего к.п.д. электромобиля применен принцип регенерации: торможение осу-

ществляется широко применяются в технике, в том числе и на транспорте. В городах они установлены на трамваях и троллейбусах, на железных дорогах - в электричках и электропоездах. Но во всех этих случаях ток для электродвигателя берется из контактной сети, подвешенной над дорогой. Если захочется свернуть, то уехать далеко не удастся; вспомните кинофильм "Берегись автомобиля", в котором водителю троллейбуса в азарте погони пришлось свернуть в перелок: "рога" качаются - машина стоит.

Стало быть, нужен источник энергии на борту. На "Санрейсере" были установлены солнечные батареи и аккумулятор. Первоначально на электромобиле планировали применить кремниевые солнечные батареи, но затем выбор был изменен в пользу более дорогого материала - арсенида галлия, благодаря чему удалось увеличить к.п.д. батарей до 24 %. Известно, что у поверхности земли в ясный летний день плотность потока солнечной энергии составляет 1,0...1,5 кВт/м². Очевидно, что при указанных значениях плотности потока энергии и к.п.д. для питания электродвигателя требуются солнечные батареи большой площади, да вдобавок они должны быть постоянно ориентированы на солнце (причем в движении). Очевидно, что обеспечивать перемещение наземного транспортного средства только благодаря солнечным батареям пока нереально. Тем более, что солнышко

Изобретатель прорвался в кабинет директора автозавода:

- Ура! Я столько лет разрабатывал новый электромобиль, и вот наконец все получилось! Я приехал сюда на нем.
- И во сколько это Вам обошлось?
- Пять тысяч баксов. Семь долларов за электроэнергию, а остальное - за провода.

Перспективные типы аккумуляторных батарей		
Тип аккумуляторных батарей	Удельная энергия, Вт·ч/кг	Относительная удельная энергия
Свинцово-кислотные	25...30	1
Никель-кадмиевые	30...40	1,3
Никель-гидридные	35...50	1,5
Никель-водородные	35...50	1,5
Никель-железные	45...50	1,5
Никель-цинковые	45...75	1,7
Серебряно-цинковые	80...120	2,3
Цинк-бромные	65...70	3,6
Натрий-серные	60...90	4,4
Натрий-никельхлоридные	90...130	2,7
Цинк-воздушные	90...150	4,0

Для сравнения: у двигателя внутреннего сгорания удельная энергия системы бензин-воздух достигает почти 400 Вт·ч/кг, а относительная удельная энергия составляет 14,5.

Самый быстрый в мире электромобиль (на сегодняшний день) был разработан студентами и аспирантами университета Огайо и получил наименование "Пуля Огайо".
Во время одного из пробегов "Пуля Огайо", оснащенная двигателем мощностью 400 л.с. и никель-металлгидридными аккумуляторами, смогла развить скорость 517 км/ч.



даже днем часто облака закрывают, а ночью оно светит не нам. Отсюда следует вывод, что при разработке электромобиля не следует "заикливаться" только на идее использования солнечных элементов. Более целесообразным представляется все же использование мощных аккумуляторов, которые следует периодически подзаряжать от стационарных источников тока. Причем эти стационарные источники не только могут, но и должны в перспективе быть преобразователями солнечной энергии в электрическую. Это будет способствовать решению ряда экологических проблем.

Так, на "Санрейсере" элементом электрической системы были серебряно-цинковые аккумуляторы электрической емкостью 3 кВт·ч и массой около 27 кг. Свинцовые аккумуляторные батареи такой же емкости имеют вчетверо большую массу.

Но, как всегда, если в чем-то выигрываешь, то где-то и проигрываешь. Так, если серебряно-цинковые аккумуляторы можно использовать на соревнованиях, то они непригодны для автомобилей массового выпуска. Такие батареи очень дороги и не могут многократно эффективно перезаряжаться: после пятнадцати циклов они начинают терять емкость. Для электромобилей массового применения требуются долговечные, недорогие и легко перезаряжаемые аккумуляторы с высокой плотностью энергии. Электромобиль окажется приемлемым для городских условий, если его пробег без перезарядки аккумуляторов будет не менее 120...240 км. Так как перезаряжаемые аккумуляторы постепенно теряют емкость и требуют замены, их стоимость не должна быть очень высокой.

Во всем мире продолжают исследования, связанные с созданием более совершенных аккумуляторов. Одним из наиболее перспективных кандидатов на эту роль считается серно-натриевый аккумулятор, имеющий плотность энергии в четыре раза выше, чем у свинцовых аккумуляторов. Более того, используемые в нем материалы

недороги, а его емкость в принципе не снижается с увеличением наработки. В настоящее время керамические компоненты серно-натриевых аккумуляторов еще ненадежны, но если проблема будет решена, такие аккумуляторы смогут обеспечить пробег автомобиля без перезарядки протяженностью до 240...320 км и общий пробег до замены батарей не менее 200 000 км. Наиболее существенным недостатком серно-натриевых аккумуляторов является то, что для нормального функционирования они требуют постоянной температуры порядка 350 °С. Для них приходится разрабатывать термостатические контейнеры, ограничивающие тепловые потери. Кроме того, контейнеры должны быть надежными хранилищами для расплавленного электролита, ведь в случае аварии из-за значительной температуры и исключительно высокой химической активности материалов, содержащихся в батарее, они представляют большую опасность для людей.

Серно-натриевые аккумуляторы, смонтированные в специальных контейнерах, уже используются в нескольких экспериментальных электромобилях, которые созданы канадскими и немецкими конструкторами. Предполагается, что такие аккумуляторы найдут применение в электромобиле-фургоне, разработку которого осуществляет компания Ford Motor при финансовой поддержке ми-



нистерства Энергетики США. Фирма Hughes Aircraft разрабатывает серно-натриевые аккумуляторы для космических аппаратов и в будущем надеется использовать их в электромобилях.

Но, как всегда и бывает в технике, появилось еще одно устройство для получения электрической энергии. Называется оно топливным элементом или топливной батареей. Для его работы необходим водород и кислород. При их соединении выделяется энергии в пять раз больше, чем при реакции окисления углеводородных топлив (143 кДж/г против 29 кДж/г). Принцип работы основывается на возможности расщепления атомов водорода в присутствии катализатора на протоны и электроны, а также на том, что некоторые вещества способны пропускать сквозь себя протоны, а электроны нет. Полученный таким образом избыток электронов направляется во внешнюю электрическую цепь, где и совершает работу. В последнее время разработаны топливные элементы различной конструкции; некоторые из них проходят испытания на экспериментальных электромобилях. Это направление считается сегодня одним из наиболее перспективных. В последующих номерах будут опубликованы материалы, посвященные этим источникам электроэнергии.

Технические характеристики солнцемобилей			
Характеристика	"Санрейсер", США	"Мечта", Япония	"Дух Биля III", Швейцария
Масса, кг	163	180	150
Мощность солнечных батарей, кВт	1,5	1,86	1,6
Энергоемкость аккумуляторных батарей, кВт·ч	2,5	4,98	4,85
Мощность электродвигателя, кВт	1,5	1,5	2,5
Максимальная скорость, км/ч	120	130	140
Средняя скорость на трассе гонки, км/ч	67	85	78

ХИМИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО- ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

Любой двигатель - каковы бы ни были его природа и назначение - преобразователь энергии. Чаще всего мы встречаемся с двигателями, преобразующими химическую энергию сгоревшего топлива в механическую работу. Первыми двигателями такого рода были двигатели внешнего сгорания: паровые, паро-атмосферные, паро-воздушные. С точки зрения технологии изготовления и применения это были наиболее простые устройства. В топку можно было кидать и дрова, и уголь - да хоть пачки "керенок". Первые паровозы на дровах и ездили, но уголь использовать лучше: удельная теплота сгорания у него выше, можно было реже загружать топливом. На деньгах, правда, не ездили - это были отдельные нехарактерные случаи. Когда же стали добывать много нефти и получать из нее мазут, то появились паровозы, в которых вместо тендера с углем ставили цистерну, а под котлами установили форсунки. Помощнику машиниста большое облегчение вышло: знай себе, регулируй подачу топлива (а не шурь лопатой в топке)... И доживи паровозы до наших дней, вместо помощника этим точно занималась бы автоматика под управлением компьютера.

С двигателями внутреннего сгорания чуть сложнее. Сейчас в них в основном применяется топливо жидкое или газообразное, хотя на самом первом этапе изобретатель дизельного двигателя Рудольф Дизель в качестве источника энергии рассматривал угольную пыль. Но хлопот с жидким топливом во всех отношениях меньше, поэтому его и стали использовать. Для дизельных двигателей из нефти получают дизельное топливо, для газотурбинных - керосин, а для двигателей с искровым зажиганием - бензин. В сущности нефть - механическая смесь ископаемых углеводородов, разделенных на различные фракции. В зависимости от состава фракции и от вида внесенных добавок-присадок бензин получается различных марок. Первоначально в качестве присадок применяли соединения свинца, но от него скоро отказались: ядовит. Применяемые теперь присадки безвредные, но, правда, и более дорогие.

Когда авиация перешла с привычных поршневых на газотурбинные двигатели, и самолеты вместо дорогого и взрывоопасного бензина стали использовать керосин, пассажирская авиация сделалась массовым видом транспорта. Тем не менее, постоянно изыскивается возможность применения и других более энергонасыщенных топлив. Еще в 60-70-х годах прошлого века были экспериментально исследованы бороводородные топлива, например пентаборан. У бора из всех химических топлив самая высокая объемная теплотворность. Пентаборан отличала и высокая массовая теплота сгорания, но такое топливо оказалось очень токсичным.

Одним из наиболее перспективных направлений сегодня считается применение криогенных топлив типа жидкого водорода или природного газа. Уже был создан и испытан в воздухе самолет,

двигатели которого работали на сжиженном водороде (Ту-155) и на сжиженном природном газе (Ту-156). Такой самолет был бы очень удобен на трассах, где аэропорты (или хотя бы один из них) находятся в местах добычи газа. В этом случае отпадает необходимость в транспортировке газа на большие расстояния.

В жидкостных ракетных двигателях также используются химические источники энергии. При этом ракета несет на борту как топливо - тот же керосин, спирт, жидкий водород и прочее, так и окислитель: различные кислоты и перекиси, жидкий кислород или еще что-то. Сжиженные газы хранят в баках ракеты при очень низкой температуре. В процессе поиска самого эффективного и удобного в использовании ракетного топлива конструкторам двигателей ракет вместе с химиками приходилось создавать новые химические вещества. Такие виды топлива смогли обеспечить двигателям очень высокие удельные параметры. Но в этой бочке меда есть и своя ложка дегтя: к сожалению, многие разновидности ракетного топлива очень токсичны. Поэтому ракеты-носители, предназначенные для вывода в космос пилотируемых космических кораблей, оснащаются как правило кислородно-керосиновыми или кислородно-водородными двигателями.

Водород, широко применяемый в качестве топлива для ракет, теперь пытаются использовать и в автомобильной технике. Причин этому несколько. Помимо экологических проблем, которые выявились в связи с широким использованием углеводородного топлива, появились проблемы экономические, связанные с ограничением природных ресурсов. Поскольку запасов нефти осталось мало (по разным оценкам, лет на 30-50), то конструкторы двигателей ищут альтернативные источники энергии. В некоторых странах стали заливать в баки автомобилей тростниковый спирт, в некоторых - рапсовое масло, но основные надежды связываются с водородом. Одно из основных достоинств этого химического вещества - чистота его сгорания. Запасов водорода на Земле много, но в чистом виде он отсутствует, а его получение пока дорогое. Во всем мире идет поиск технологий и материалов, которые необходимы для получения и использования водорода как альтернативного экологически чистого источника энергии.

По оценкам специалистов, лет через десять мир войдет в эпоху широкого применения водорода. Поэтому Россия, обладая большими наработками в области водородной энергетики и располагая залежами палладия - основного катализатора в водородных энергетических установках, способна занять достойное место среди энергонезависимых стран мира. А громадным запасам углеводородного топлива можно найти более достойное применение, чем их сжигание. Помните, у Менделеева: "Нефть - не топливо! Топить можно и ассигнациями".



ЦИКЛ КАРНО, ИЛИ КАК ИЗОБРЕСТИ ТЕПЛОВУЮ МАШИНУ БЕЗ ФОРМУЛ И ЧЕРТЕЖЕЙ

Теплота - это жидкость или мера подвижности частиц?

Известно, что о природе теплоты люди стали задумываться очень давно. Было, в частности, подмечено, что теплота может передаваться только от более нагретого тела к менее нагретому, но не наоборот. Отсюда было недалеко до идеи о некоторой "теплосодержащей жидкости", которая "переливается" из одного тела в другое по аналогии с двумя расположенными на разных уровнях емкостями. "Жидкостные" представления о тепле глубоко проникли в язык: мы говорим "его залила волна холода", "тепло разлилось по его телу" и т.п.

Вместе с тем, с давних времен распространено представление о том, что все тела состоят из крохотных частиц. Но тогда и "теплосодержащая жидкость", вообще говоря, должна состоять из невидимых и невесомых (поскольку никакими средствами обнаружить их не удавалось, ведь масса тела при нагревании и охлаждении не меняется, что твердо установлено опытами) частиц. Часть ученых уже тогда придерживалась мнения, что количество теплоты, заключенной в теле, тесно связано с мерой подвижности этих частиц, то есть с их скоростью. Однако было непросто объяснить, как, прикасаясь к телу снаружи, удается влиять на подвижность частиц внутри его. Кроме того, было известно, что теплота в виде излучения распространяется в космической пустоте - ведь Землю обогревает солнечный свет. Поскольку "материальность" света была доказана относительно недавно, до этого ученые - приверженцы представлений о "кинетической" (от греческого "кинетикос" - "приводящий в движение") природе теплоты, сталкивались с серьезными затруднениями.

Обе эти концепции сосуществовали очень долго и не очень мешали друг другу. В XVII в., когда закладывались основы современной науки, наиболее распространенным стало представление о теплоте как о движении. К середине XVIII века существовало несколько "кинетических" теорий, отличавшихся кое-какими деталями. Самой известной из них считается теория швейцарского механика, математика и физиолога Даниила Бернулли. Согласно его воззрениям, частицы газа (от греческого "хаос" - "зияющая пропасть", "тьма") движутся равномерно и прямолинейно до тех пор, пока не столкнутся друг с другом или со стенкой сосуда, в который газ заключен, а затем разлетаются, подчиняясь закономерностям упругого удара, и все начинается сначала, т. е. возникает хаотическое движение. Так объяснялось давление газа на стенки сосуда, пропорциональное квадрату скорости

его частиц. Заметим, что теория Бернулли практически полностью совпадает с современными представлениями о теплоте.

В то же время, ученые того периода еще не понимали разницы между количеством теплоты и степенью нагрева тел, т.е. температурой. Полагали, что температура определяется только количеством теплоты в теле, мол чем больше теплоты, тем выше температура (то есть считали, что эти две физические величины всегда связаны линейно). Однако в 1757 г. шотландский химик и физик Джозеф Блэк установил, что при конденсации газов и отвердевании жидкостей выделяется некая теплота, названная им "скрытой". При испарении и плавлении, наоборот, такую же по величине теплоту надо затрачивать. Блэк рассуждал так: если теплота связана с молекулярным движением, то более плотные вещества должны иметь большую скрытую теплоту. Однако опыт не подтвердил этих ожиданий. Кроме того, Блэк понял, что теплота и температура - вещи разные. Он стал различать количество теплоты, содержащейся в теле, и температуру - показатель степени нагрева, измеряемой термометром. Чтобы связать их, Блэк ввел понятие *удельной теплоемкости* - количества теплоты, которое нужно затратить, чтобы нагреть тело единичной массы на один градус. Удельная теплоемкость (c) определяется очевидной формулой

$$c = Q / (m \Delta T),$$

где Q - количество теплоты, m - масса тела, ΔT - разность температур. Теплоемкость у разных тел была разной. Она оказалась характеристикой вещества, а не теплоты.

Открытие Блэка заинтересовало научную Европу, и ученые стали оживленно обсуждать материальную природу теплоты. В 1787 г. французские химики К. Бертолле, Л. Гитон де Морво, А. Лавуазье, А. Фуркруа придумали для нее специальное название - теплород. В своем "Начальном учебнике химии" Лавуазье посвятил теории теплорода целую главу. Он относил теплород к простым веществам и полагал, что его частицы друг друга отталкивают, но притягивают частицы других веществ, причем частицы разных веществ - с разной силой. В конце XVIII - начале XIX в. идея теплорода была чрезвычайно популярна. Наличием теплорода объясняли все: и тепловое расширение газов, и удельную теплоемкость, и скрытую теплоту плавления и парообразования, и теплоту химических реакций.

Вместе с тем, в самом конце XVIII в. возникла довольно мощная оппозиция теории теплорода. Англичане граф Румфорд и сэр Хамфри Дэви провели ряд экспериментов, целью которых было доказательство

Современное определение гласит: "Теплота - форма беспорядочного движения образующих тело частиц, мерой которого служит количество теплоты или количество энергии, получаемой или отдаваемой системой при теплообмене".



Даниил Бернулли

концепции теплоты как движения. Так, Румфорд сверлил пушечные стволы и доводил охлаждающую сверло воду до кипения (откуда тут взяться теплоту?), а Дэви плавил лед с помощью трения. Но этих аргументов все равно было недостаточно для объяснения распространения теплового излучения в пустоте. И тогда кинетическая теория теплоты получила неожиданную поддержку со стороны оптики - сначала корпускулярную теорию света заменила волновая теория Юнга - Френеля, а в 1841 г. итальянский физик Мачедонио Меллони доказал тождественность тепловых и световых лучей. Сторонники волновой теории света считали, что свет - это колебания эфира. Принятие такой гипотезы для теплоты давало сразу два преимущества - объясняло все тепловые эффекты и в то же время устраняло концепцию теплоты.

Понятно, что многочисленные концепции, претендовавшие на объяснение природы теплоты, создавались не только из "любви к чистому искусству". Химики при исследовании физических свойств различных веществ накопили обширнейший материал, связанный с тепловыми явлениями. Были созданы первые паровые машины. Все это требовало безотлагательного осмысления протекавших процессов, сопровождавшихся поглощением и выделением тепла, на основе каких-то общих принципов.

Непростую задачу, требовавшую умения мыслить абстрактно, решил молодой французский артиллерийский инженер Никола Леонар Сади Карно. Изданная им книга называлась "Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу". То были действительно размышления, потому что Карно интересовало не устройство машин как механизмов, а "явление получения движения из тепла... с достаточной общей точки зрения... независимо от какого-либо механизма, какого-либо определенного агента".

В своей работе Никола Леонар Сади Карно в известной мере опирался на методику, предложенную его отцом, Лазаром Никола Карно, знаменитым математиком и механиком, который занимал должность военного министра во время Великой французской революции. Тот стремился свести все движения механических машин к единым принципам механики, а по возможности даже к геометрии. На эту тему он написал большой труд под названием "Опыт о машинах вообще". Поэтому для Карно-младшего глобальный подход к подобной проблеме оказался вполне естественным. Он понимал, что развить теорию тепловых машин нельзя до тех пор, "пока законы физики не будут достаточно расширены и достаточно обобщены, чтобы заранее можно было предвидеть результаты определенного воздействия теплоты на любое тело".

Для начала Сади Карно собрал все известные к тому времени свойства теплоты, полученные из наблюдений, и скомпоновал их в виде двух положений:

- тепло вещественно и количество его сохраняется;

- теплотод стремится восстановить равновесие, т. е. самопроизвольно тепло переходит только от нагретого тела к холодному. При этом "возникновение движущей силы обязано... не действительной трате теплоты, но его переходу от горячего тела к холодному", и "повсюду, где имеется разность температур, может происходить возникновение движущей силы" (для получения движущей силы недостаточно иметь нагретое тело, необходимо иметь и холодное). Од-

ной лишь разности температур также недостаточно, поскольку при непосредственном контакте тел движущая сила не возникает, просто выравнивается их температура. Движущая сила проявляется себя только тогда, когда изменение температуры сопровождается изменением объема.

По-видимому, Карно первым осознал, что если бы мир имел повсюду одинаковую температуру, то было бы невозможно превратить тепловую энергию в работу. Процессы, сопровождающиеся превращением работы в тепло, могут протекать в однородной по температуре среде (например, вследствие трения), но их нельзя повернуть в обратном направлении и получить затраченную работу "назад". Одним словом, для работы тепловой машины необходимы как минимум два устройства: "нагреватель" и "холодильник", обладающие неодинаковыми температурами (кавычки, в которые заключены названия устройств, отражают условность их наименований - ведь в большинстве случаев "холодильником" служит атмосферный воздух; впрочем, он же является "нагревателем" в холодильной машине).

Умозаключение Карно о необходимости двух сред с разными температурами для работы тепловой машины составляет содержание второго закона, принципа или начала термодинамики. Первым началом термодинамики является закон сохранения энергии, также известный Карно ("тепло вещественно и количество его сохраняется"). Поскольку указанный закон, хотя и в урезанном виде, был сформулирован раньше, да и вообще справедлив по отношению ко всем процессам, то он и именуется первым.

Итак, наблюдательный Карно обратил внимание на то, что полезную работу можно получить только при переходе тепла от тела более нагретого к телу менее нагретому, однако и от холодного тела к горячему передать тепло все же можно, но только затратив на это некоторую работу. К такому выводу он пришел, изучая изобретенный им круговой процесс, который теперь называют циклом Карно.

Прежде чем обратиться к обсуждению этого самого цикла, в котором заключена вся суть термодинамики, рассмотрим одну особенность теплоты, открытую Карно. Он считал теплоту субстанцией, веществом, а потому, рассуждая о ней, пользовался аналогией из механики: массивное тело, падая с некоторой высоты, совершает работу, равную произведению массы на ускорение свободного падения и на высоту. Теплота же, "падая" от более высокой температуры к более низкой, по мнению Карно также способна производить движущую силу, зависящую от количества теплоты и от разности температур. Но в отличие от массы здесь имеют место два нюанса:

- теплота может и не производить движущую силу (перемещающаяся масса совершает работу всегда);

- механическая работа зависит только от разницы высот, которую тело преодолевает (если считать начальную скорость равной нулю), а не от абсолютного положения высоты, с какой оно падает, ведь при изменении высоты на 1 м неважно, падает ли тело со стола или с крыши дома. **Доля теплоты, преобразуемой в движущую силу, в ряде случаев зависит от начальной точки отсчета,** т. е. далеко не одно и то же, происходит "падение" теплоты в тепловой машине от 11 до 10 °С или от 99 до 98 °С. Количество движущей силы в этих случаях получается разным. Так что аналогия аналогии рознь! И это тоже следует из цикла Карно.



Никола Леонар Сади Карно

Если из покоящейся на столе бутылки с газированной водой под давлением углекислого газа пробка и часть жидкости вылетят из бутылки и поднимутся на некоторую высоту, то сумма кинетической и потенциальной энергий системы "бутылка - жидкость - пробка" увеличится. Одновременно с вылетом пробки из бутылки с газированной водой охлаждается газ, избыточное давление которого выбросило пробку. Изменение внутренней энергии газа, выбросившего пробку, равно приращению кинетической и потенциальной энергий системы.

Сколько теплоты нужно сообщить газу, чтобы его температура увеличилась на один градус?

Оказывается, на этот простой вопрос нельзя дать однозначного ответа. Все зависит от того, в каких условиях происходит нагревание газа. Если объем газа не меняется (изохорный процесс), то для нагревания газа нужно определенное количество теплоты; при нагревании увеличивается также давление газа.

Если же нагревание ведется так, что давление остается неизменным (изобарный процесс), то потребуются иное, большее количество теплоты, чем в первом случае; при этом увеличится объем газа.

Возможны также процессы, в ходе которых при нагревании меняются и объем, и давление газа. Согласно сказанному газ может иметь несколько удельных теплоемкостей. Выделяют обычно две из них: удельную теплоемкость при постоянном объеме (c_v) и удельную теплоемкость при постоянном давлении (c_p).

Отношение удельных теплоемкостей $c_p/c_v = \gamma$ называют показателем адиабаты. У жидких и твердых тел не различают c_p и c_v , а говорят просто об удельной теплоемкости c .

К делу!

Что же это такое - цикл Карно? Почему его называют великим, а большинству людей он вообще представляется чем-то таинственным и непонятным?

Основная задача, которую решал Карно, формулируется так: выяснить, универсален ли процесс получения движущей силы из теплоты. Для этого ученому надо было ответить на три вопроса:

- что является источником движущей силы в тепловой машине;
- зависит ли эта сила от вида рабочего вещества;
- каким образом можно добиться извлечения максимума движущей силы при равном количестве подводимой теплоты.

Технически движение из теплоты получают в тепловой машине, как правило, благодаря расширению водяного пара или какого-нибудь другого аналогичного процесса. Работает такая машина следующим образом. Сначала пар нагревают (подводят к нему тепло), а потом позволяют ему расширяться. Расширяясь, пар производит работу, например, толкая поршень, и одновременно охлаждается. Все - теплота перешла в работу. Но чтобы машина продолжала указанные действия, надо проделать одно из двух:

- удалить отработанный холодный пар, взяв новую его порцию, нагреть, дать расшириться и снова удалить;
- сжать отработанную порцию пара, отдавая при этом часть полученного тепла холодильнику, вернуть пар в первоначальное состояние (которое характеризуется исходными значениями температуры, объема и давления), снова нагреть, дать расшириться и т. д.

Вообще говоря, годятся оба способа. Разница в том, что первый требует неограниченных ресурсов пара и возможности его удаления, а второй - наличия холодильника. Получается замкнутый (циклический) процесс, который может повторяться любое число раз. Однако полностью цикличесен только второй способ, а при использовании первого рабочее же вещество в нем постоянно меняется. Но по результатам использования оба способа совершенно равноправны.

Итак, Карно исходил из гипотезы, что теплота вещественна и количество ее сохраняется. Во время работы тепловой машины пар на каком-то этапе поглощает теплоту, а на каком-то - отдает. Карно указывал, что механическая работа производится благодаря переносу тепла от нагревателя к холодильнику, другими словами - за счет "падения" теплоты от температуры нагревателя до температуры холодильника. По его мысли, величина работы зависит лишь от разности этих температур. Следует подчеркнуть, что по современным представлениям от нагревателя к холодильнику переносится только часть теплоты.

Для выполнения намеченной программы Карно понадобилось создать некую идеальную тепловую машину, способную давать максимум движущей силы. По аналогии с механикой, где идеальная машина отличается от реальной отсутствием потерь, например, из-за трения, Карно предложил свою интерпретацию "трения" в тепловой машине. В механической машине на трение расходуется часть полезной работы. В тепловой - "бесполезно тратится теплоту", когда два тела разной температуры приводятся в соприкосновение и тепло просто перетекает от более теплого тела к более холодному, не совершая никакой работы. Если подобной ситуации избежать, то, пре-

вратив теплоту в движение или механическую работу (что, по существу, одно и то же), можно использовать полученное движение и снова превратить его в теплоту, действуя так столько раз, сколько заблагорассудится. Этот процесс он назвал обратимым. Если удастся добиться, чтобы на любом, самом маленьком участке полного цикла процесс был обратимым, будет создана идеальная тепловая машина, т. е. машина без потерь.

Далее Карно мысленно сконструировал идеальную тепловую машину. Неважно, осуществима она в реальности или нет, - главное, чтобы работала в принципе. На современном языке рабочий цикл его идеальной тепловой машины описывается следующим образом:

1. Сначала при постоянной температуре топки T_1 (чтобы избежать недоразумений, подчеркнем: имеется в виду **термодинамическая температура**) водяному пару сообщают некоторое количество теплоты Q_1 и дают ему расширяться, сохраняя температуру неизменной. Изотермический процесс описывается, как известно, законом Бойля-Мариотта

$$pV = const, \tag{1}$$

где p - давление пара, а V - объем, который он занимает.

Вследствие того, что температура пара остается постоянной, его внутренняя энергия не меняется, поэтому вся подведенная теплота Q_1 расходуется на совершение паром работы против внешних сил A_1 . Можно показать, что количество тепла, сообщаемое пару, пропорционально его массе m , температуре и логарифму отношения начального (p_1) и конечного (p_2) давлений

$$Q_1 = A_1 = k_1 \cdot m \cdot T_1 \cdot \ln(p_1/p_2)$$

Эта часть процесса описывается изотермой 1 (рис. 1). Все действия на этом этапе должны происходить довольно медленно, чтобы постоянно соблюдались условия равновесного состояния.

2. Затем заставляют теплоту Q_1 работать, "роняя" пар до температуры $T_2 < T_1$. При этом отсутствует передача теплоты во внешнюю среду, что осуществимо, если процесс протекает сравнительно быстро (теплопередача требует времени). Пар еще больше расширяется, а его давление и температура уменьшаются (от p_2 до p_3 и от T_1 до T_2 , соответственно). Процесс, при котором отсутствует теплообмен с внешней средой, называют адиабатическим. В соответствии с первым началом термодинамики на этом этапе работа против внешних сил совершается за счет изменения внутренней энергии пара. Уравнение адиабатического процесса имеет вид

$$pV^\gamma = const,$$

где γ - показатель адиабаты (для одноатомных газов он равен 1,67, а для двухатомных - 1,4).

Итак, эта часть цикла описывается адиабатой 2. Адиабата более крута, чем изотерма, потому что при адиабатическом расширении уменьшение давления обусловлено не только увеличением объема, но и понижением температуры.

Работа против внешних сил, численно равная уменьшению количества теплоты, содержащейся в паре, определяется формулой

$$A_2 = k_2 \cdot m \cdot (T_1 - T_2).$$

В результате расширения пар будет обладать теплотой $Q_2 = Q_1 - \Delta Q_1$, температурой T_2 и давлением p_3 .

3. Далее нужно, чтобы пар вернулся в исходное состояние с первоначальными температурой, объе-





При движении по верхней изотерме 1 и правой адиабате 2 производимая работа равна площади под кривыми ab и bc. При дальнейшем движении по нижней изотерме 3 и левой адиабате 4, наоборот, работа затрачивается на сжатие пара и равна площади под кривыми cd и da. Но так как первая площадь берется со знаком плюс (работа производится), а вторая - со знаком минус (работа затрачивается), то конечный выигрыш в работе за один полный цикл равен площади, ограниченной всеми четырьмя кривыми (окрашена в желтый цвет).

Взаимосвязь между шкалой температур Цельсия и термодинамической шкалой широко известна: один градус Цельсия равен одному кельвину, а ноль термодинамической шкалы температур лежит в точке, соответствующей $-273,16\text{ }^{\circ}\text{C}$. Менее известна у нас шкала Фаренгейта. Ее ноль расположен в точке, соответствующей $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$, а взаимосвязь между градусом Цельсия и градусом Фаренгейта выглядит так: $1\text{ }^{\circ}\text{C} = 320/179\text{ }^{\circ}\text{F}$.

мом и давлением. Для этого на третьем этапе его сжимают при постоянной температуре T_2 до некоторого вполне определенного объема. При сжатии пар нагревается, и, чтобы температура его сохранялась неизменной, часть своей теплоты Q_3 он должен отдать холодильнику. Этот процесс изображается изотермой 3. В конце третьего этапа давление пара p_4 будет определяться изменением объема в соответствии с соотношением (1).

Поскольку теплота у пара отбирается, то и работа A_3 , совершаемая им, оказывается отрицательной (сжатие происходит вследствие действия внешних сил - в случае паровой машины в их роли выступает давление атмосферы)

$$Q_3 = A_3 = k_1 \cdot m \cdot T_2 \cdot \ln(p_3/p_4).$$

4. На четвертом этапе путем дальнейшего, но теперь уже адиабатного сжатия (без отвода теплоты к внешним потребителям), пар нагревают до первоначальной температуры T_1 . Эта часть цикла изображается адиабатой 4. Упомянутый "вполне определенный объем" на изотерме T_2 выбирают таким образом, чтобы после адиабатного сжатия пар оказался в исходной точке цикла, характеризующейся давлением V_1 и p_1 .

Работа внешних сил, численно равная увеличению количества теплоты, содержащейся в паре, равна

$$A_4 = k_2 \cdot m \cdot (T_2 - T_1).$$

Нетрудно заметить, что работа, выполняемая на четвертом этапе численно равна работе второго этапа, взятой с обратным знаком. С учетом этого суммарная работа, которая осуществляется в цикле Карно против внешних сил, определяется только процессами, протекающими на первом и третьем этапах,

$$A = k_1 \cdot m \cdot [T_1 \cdot \ln(p_1/p_2) - T_2 \cdot \ln(p_4/p_3)].$$

В описанном рабочем цикле ничто не мешает проделать все указанные операции в обратном порядке. Другими словами, цикл обратим. Тогда при движении вдоль изотермы 3 в противоположном направлении пар будет расширяться и отбирать тепло у холодильника, а на изотерме 1, наоборот, - сжиматься и отдавать теплоту нагревателю. Получится холодильная машина, за действие которой заплачено работой, заключенной внутри четырехугольника.

Можно доказать, что при прочих равных условиях именно обратимый цикл производит максимум движущей силы, откуда, в частности, следует, что все мыслимые и немыслимые обратимые тепловые машины

(где при температуре T_1 поглощается теплота Q_1 , а при температуре $T_2 < T_1$ отдается теплота Q_3) совершают одну и ту же работу. И эта работа не зависит ни от устройства машины, ни от рабочего вещества, будь то какой-либо газ, пары воды или спирта.

Но если удалось хотя бы для одной обратимой машины (пусть совсем абстрактной) найти закон, позволяющий вычислить ее работу, то он будет универсальным для всех веществ! То есть накладываются определенные ограничения: нельзя изобрести такое вещество, чтобы в обратимой тепловой машине оно произвело работу большую, чем допускает цикл Карно. Эффективность цикла Карно определяется формулой

$$\eta = (Q_1 - Q_3)/Q_1.$$

Только эту относительную часть теплоты можно превратить в работу, и ничуть не больше! Величина η называется также **термическим коэффициентом полезного действия** и зависит только от температур нагревателя и холодильника.

Позднее на основе изложенных рассуждений Уильям Томсон и Рудольф Клаузиус ввели в арсенал науки понятия "абсолютная температура" и "энтропия" и создали классическую термодинамику.

Для цикла Карно термический к.п.д. определяется только разностью температур нагревателя и холодильника

$$\eta = (T_1 - T_2)/T_1.$$

Цикл Карно - идеальная машина, и работа ее максимальна. Работа реальной машины со всевозможными потерями заведомо меньше.

Возможно, Карно сам выполнил бы всю работу до конца, если бы не ранняя смерть (в 36 лет). Интересно еще отметить, что у Карно приведенные рассуждения не сопровождалось ни расчетами, ни графиками. Его книга была опубликована в 1824 г., но никакого резонанса не получила.

Лишь через десять лет, в 1834 г., другой француз, Эмиль Клапейрон, придал термодинамике Карно канонический вид. Он ввел все необходимые обозначения, проделал описанные словами вычисления и построил диаграммы. Через три года статью Клапейрона перевели на английский язык и издали в Англии в сборнике Scientific Memoirs ("Ученые записки"). А еще через девять лет на нее обратил внимание немецкий физик и издатель И.Х. Поггендорф, перепечатал в своем журнале Annalen der Physik und Chemie ("Анналы физики и химии"), и только тогда теория Карно действительно увидела свет.

Каково среднее давление пара в цилиндре паровой машины, если ход поршня 0,4 м, площадь поршня 250 см², и мощность машины при частоте вращения вала 120 мин⁻¹ равна 21 л.с.?

Чему равен термический к.п.д. паровой машины, если пар в котле имеет температуру 100 °С, а вода в конденсаторе (холодильнике) - температуру 25 °С?



"БУДУ ЛЮБИТЬ ВСЕГДА"

Анатолий Маркуша

- Прочли бы, а? Пожалуйста, мы все п-просим. Честно говоря, мы не с каждой с-строчкой согласны, но все равно... Он писал книгу! П-понимаете?

Разговор не получался.

Ребята заметно нервничали. Их волнение каким-то неведомым образом действовало и на меня, хотя я мало понимал, о чем речь.

Не без труда удалось выяснить: неделю назад Вундеркинд был, с ним спорили, ссорились, соглашались или не соглашались, иногда - правда, не слишком часто - им восхищались, он постоянно вызывал удивление, и вот - нет Вундеркинда. Нет. Больше ни подраться, ни помириться. Осталась эта синяя папка, набитая разрозненными листками, исписанными его аккуратным, похожим на девчоночий почерком, наблюдения, мысли, его, Вундеркинда, радости и обиды. Все-таки это непостижимо - был человек - и нет человека, осталась только фотография. Он смеется, показывает белые, ровные, как на подбор зубы...

Рукопись вундеркинда

1. Допустим, я прихожу в редакцию и кладу на стол папку, и покорно кланяюсь:

- Вот, написал книгу, пожалуйста, познакомьтесь.

Они, в редакции, оборжуются: нахал, мальчишка! Книгу сочинил. Что ты видел, а туда же - в писатели?.. Уморил: "Будьте любезны, пожалуйста, прочитайте..." Делать нам нечего?!

Может, в глаза ржать не станут, но спроводят обязательно.

Почему-то все взрослые всех подряд ребят считают дураками, а себя, наоборот, умными. Как закон! Не спорю, среди взрослых умные, конечно, есть, но это еще вопрос: а какой они составляют процент от общей массы?

И потом, правильно ли думать, если кто-то закончил институт, пусть даже заделался кандидатом каких-нибудь наук, так он уж обязательно и очень умный?

Могу привести пример. Приходит в дом гость, дядя Лева. У хозяина сын. Так? Ребенку пять лет. Он нормально читает - хоть букварь, хоть газету.

- Здорово, барин! Как звать? - голосом петрушки выкрикивает дядя Лева (барин - для шутки, наверное). Получив ответ на свое "как звать", интересуется:

- А почему у тебя глазки черненькие? Или не ешь?

- Мою, - говорит парнишка, а сам думает: "Ну, идиот!"

- А кого ты, барин, больше любишь - маму или папу? - не успокаивается дядя Лева.

"Болван!" - снова непочтительно думает мальчишка, но отвечает. Попробуй не ответить - скандала не оберешься: старших уважать полагается. Это как дважды два!

- Больше всего я люблю подарки.

- Во дает! - то ли изумляется, то ли восхищается

дядя Лева и тут же начисто про мальчишку забывает.

Знаю! Сейчас мне скажут: пятилетний мальчик думать так не может - мал. Еще как может! Этим пятилетним был я и думал точно так. А дядя Лева - родственник моего отца, какой-то "юрродный" мне дядя. Он закончил Московский автомобильный институт, работает в НИИ и, между прочим, очень гордится своим верхним образованием. Когда я тут недавно спросил у него, кто первым и в каком году перелетел через Атлантический океан, так дядя Лева не ответил, а начал заводиться - пусть яйца курицу не учат! Это правильно? Если я знаю, а он - нет, так почему бы у меня не поучиться?

Одного примера мало? Могу привести еще сто!

Было мне десять лет. Начался третий класс. Зимой родители прибавили мне самостоятельности - разрешили без сопровождения взрослых ходить на каток. Вот и пошел... С Олей. Ей тоже десять лет было. Мы в одном классе до сих пор учимся. И ее мама попросила мою маму, чтобы я Олю взял с собой - у них папа болел и всякое такое. Мне это не очень понравилось, но как сказать тут "нет"... То есть сказать проще всего, а объяснить - почему?

Мы накатились и пришли с катка к нам. У меня ключ был. Сначала думали чаю попить, но нам так спать захотелось - может, мы перекатались, - что не успели на диван прилечь, захрапели.

Как мама пришла, как пледом нас накрыла, не слышали. Накатались, спим. Теперь вопрос: чего тут особенного? Правда, ничего? Я тоже так считаю.

Но притащилась соседка из сто восьмой квартиры. Марья Алексеевна. Между прочим, лаборантка, химик! Она тогда еще работала в научно-исследовательском институте... Мы с Олей только стали глаза продирать, лежим на диване и не пойдем толком, где находимся, а эта Марья Алексеевна как понесет:

- Ангелочки, маленькие мои! Ну прямо молодожены...

Не дура? Дура!

Оля вся красная стала, готова зареветь. А я так прямо и сказал тогда:

- Вы, Марья Алексеевна, дура!

На мое счастье, как раз в этот момент отец домой вернулся. Представляю, какой бы разнос учинила мне мать без него!

Отец Марью Алексеевну аккуратно под уздцы из квартиры вывел, а мне только и сказал:

- Нехорошо, Кирюха. Пожилой все-таки человек.

Правильно. Старых, много наработавших людей, которые в жизни опыт и все такое имеют, уважать надо. Никто не спорит! Но ведь пожилой человек - еще не профессия.. И что это будет, если все старики станут лезть во все дела, давать советы и "ЦУ"?! Старика, между прочим, тоже разные. Наверное, вам показалось, что я терпеть не могу взрослых. Это верно.

Но не всех подряд. И эту книгу я решил написать, чтобы те, кто считает себя над нами, увидели и поняли, как мамы, папы, учителя, соседи, продавцы магазинов, контролеры в кино, милиционеры, буфетчицы и многие другие-прочие портят нам, ребятам, жизнь, хотя в нашей стране существует только один привилегированный класс - дети. Значит, мы!

Пишу и переживаю: а кто поймет, кто откликнется?

Но вообще-то я зря волнуюсь - скорее всего, никто не захочет напечатать мою книгу и понимать будет нечего.

Но кое-какая надежда у меня все-таки есть: мы растем и вырастем, станем взрослыми, и, может, тогда люди меня услышат!

Так что не буду огорчаться раньше времени. Надо писать, складывать готовые странички в папку, а там... Поживем - увидим!

На некоторые мои личные наблюдения и вопросы хотелось бы получить откровенные ответы старших товарищей.

Кто-то - чаще это женщина - собирается выйти из дома, например, в гости, в театр или на какое-нибудь собрание. И три часа собирается: специально моется, шикарно наряжается, причесывается (бывает, даже в парикмахерскую по такому случаю тащится), пудрится и душит... Правильно? В то же самое время этот человек, находясь дома, разгуливает перед своими в старом, застиранном халате, на халате не хватает штук трех пуговиц, на ногах растоптанные, как лыжи, тапочки, волосы врасстрепку и тэ дэ.

Можно ли из этого наблюдения сделать вывод, что чужие очень многим куда ближе, чем свои... ну-у, члены семьи, дети? Или еще так посчитать можно: вы нафуфырились перед уходом из дома, чтобы посторонним пустить пыль в глаза - знай наших! Это что - тщеславие?

Другое наблюдение.

Около нашего дома, с его внутренней стороны, сделаны довольно высокие железные козлы из водопроводных труб. Каждую субботу и каждое воскресенье кто-нибудь из жильцов непременно часиков в шесть утра вытаскивает и развешивает на козлах ковры и принимается выколачивать из ковров пыль.

Бум-бум-бум! Нажаривают так, что стекла в окнах третьего этажа вздрагивают и жалуются.

У многих для выбивания пыли имеются даже специальные выбивалки - такие, плетеные, по виду напоминают саперную лопатку, только закругленную. А у кого специального инструмента нет, те лупят палками.

Становится ли обработанный таким способом ковер много чище, не знаю. Куда девается пыль из ковра - тоже, между перчим, задача. Поглощается окружающей средой? Возьми, Боже, что нам негоже?! Сомнительно...

Очевидно другое: один ухаживает за своим ковром, пусть даже и очень дорогим его сердцу, а тысяча человек должны не спать. Подъем! На зарядку выходи! И это в нерабочий день, это чуть свет. О какой же справедливости можно говорить тогда в более серьезных масштабах, а? Может, я чего-то не понимаю? Еще один вопрос.

Меня рано стали учить шахматам. Название фигур, правила их расстановки я запомнил сразу. Начал двигать: пешка с е-2 на е-4... Не скажу, что научился играть всерьез, но такие штуки, как длинная и короткая рокировки и киндермат, освоил. И мне ста-

ло интересно: можно ли в шахматах предусмотреть все возможные варианты?

Стал спрашивать у знатоков. И один сообщил историю мудреца - перса, изобретателя шахматной игры, который попросил в награду у своего шаха столько пшеничных зерен, сколько получится, если на первое поле положить зернышко, на второе - два, на следующее - четыре и так далее, на все клетки. Самые главные ученые считали-считали, пока оказалось - никаких богатств всей персидской земли не хватит, чтобы отвалить мудрецу такую премию.

Рассказывал мне эту байку с гордостью: вот, мол, какая неисчерпаемость таится в шахматах? Понял? Чувствуешь?

Понять-то я понял, но думаю, а для чего вообще играть в эту игру, если никакой жизни не может она прибавить? Жалко, не могу спросить у Каспарова об этом - не знаю, как к нему подкатиться...

Ну и последнее наблюдение.

Один раз я был в гостях у бабушки. Она старенькая, ее все считают очень разумной, ходят советовать к ней, по всяким делам - тоже. Когда я у нее был, зашел сосед и стал просить сколько-то денег взаймы, до полочки.

- Небось на водку просишь? - Это бабушка, слышу, спрашивает.

- Не буду врать, Михайловна, выпить охота: все горит внутри, честно говорю.

- И опять напьешься, и опять будешь скандалить, а виноватой окажусь я?

Тут сосед начинает клясться, что лишнего не позволит, что все будет шито-крыто, никакой комар носа не подточит, и в таком же духе еще много чего наговаривает. Бабушка выслушивает - надо же! - и давай соседа учить: если перед выпивкой проглотить грамм сорок масла или стакан жирного мясного бульона, тогда водка его не возьмет и он будет, как она выразилась, "в порядке". И требует: сделает сосед так - она ему в долг даст, а не сделает... Ничего, дескать, не поделаешь.

- Так для чего тогда, Михайловна, пить, если не забалдеешь? Выходит, зря мучиться?

Слушал я этот разговор и думал: как же так - взрослые нас день и ночь учат, что правильно, а что нет. Так? А сами не знают, где хорошо и где им бывает плохо?

Эти вопросы вам, тем, кто будет читать эту книгу. Подумайте, одни ли глупости занимают нас, ребят, как вам кажется?

2. То лето было как и всякое другое: июнь плюс июль плюс август. Только мне казалось, что в каждом месяце сделалось дней по шестидесяти. И ужасно хотелось, чтобы скорее был сентябрь! Дожить - и в школу! Честно сказать, не так уж я мечтал узнавать что-то новое, обогащаться всякими полезными сведениями, как хотелось стать учеником. Ученик - не просто мальчик, ученик - это о-го-го!. Он каждый день ходит в школу, а там не в детские игрушки играют - там занимаются серьезными вещами: пишут, например, или считают! Ему обязательно покупают ранец, краски, пенал, карандаши двадцати четырех цветов, вот!

Будь у меня старший брат или сестра, я бы, пожалуй, лучше себе представлял, что происходит в школе, но у меня никого не было, и про школу я сам себе навдумывал черт-те что. Например, я нисколько не сомневался, будто в школе живет всякое зверье: волнистые попугайчики, морские свинки, белочки,



- А почему у тебя глазки черные? Или не моешь?

золотые рыбки... Почему-то я твердо верил: каждый день начинается чем-то вроде общего спортивного праздника, когда ученики выполняют под красивую музыку всякие упражнения, а потом только разбегаются по своим классам - писать, считать и учиться всем другим наукам.

Я рвался в первый класс, чтобы быть учеником, получить ранец, быть среди других ребят, носить форму.

И день наступил.

Накануне меня заставили хорошенько вымыться, утром надели все чистое и новое.

Мама сказала:

- Перед школой полагается как следует покушать.

- Если не заправишься, ослабеешь,- подтвердил папа.

С ним я не спорил, во всяком случае тогда. Я даже не могу объяснить почему. Ну, отец - авторитет... Хотя я этого авторитета никогда не боялся. Честно. Может, потому не боялся, что он меня не пугал, за уши не таскал и вообще не имел дурацкой привычки показывать, какой он важный... Скорее всего, я за это его и уважал - человек как человек. Все понимает. Если говорит - по делу, не обманывает. Чего обещал, допустим, делает, а не может сделать, так и обещать не станет... И мне говорил: "Не можешь - скажи: "Я постараюсь", - но не больше, а если уверен, что можешь, тут уж, извини, умри, а выполни. Слово - закон!.."

Только я пока подожду про отца писать, а то боюсь, как начну, не остановиться...

Мамина мама, то есть моя бабушка, обожает напоминать: "Смотри не безобразничай: Бог все видит и спасибо за твои фокусы не скажет". У бабушки в комнате красивая большая икона висит, вообще божественный дух имеется. А у нас в доме - ни икон, ни духа. Для меня вроде бога всегда был отец - все видит, все понимает.

...Но есть мне совершенно не хотелось - что тут сделаешь? Горло сухое, слюна не идет... только я привык верить отцу и боялся ослабеть, поэтому через силу, можно сказать, поднаперся овсянкой и чаем. Подзаправился так, что за живот было не ущипнуть, а в глотке булькало и переливалось сладкое.

Когда я был совсем готов, оказалось, что в школу идти еще рано. Как-то странно начинался день: и мы торопились, и часы шли не как надо, и у мамы голос вдруг делался хриплым...

В конце концов я сказал:

- Пошли уж, чего там мучиться!

И мама сказала:

- Правильно. Лучше прийти на десять минут раньше в школу, чем так страдать.

И мы выкатились из дому.

На улице стояла легкая прохлада. Когда мы с мамой вышли, мне показалось, что буквально со всех сторон прут ребята, все - с цветами. Мне тоже всучили гладиолусы - целый веник. Для чего? Но тащить пришлось. Держать цветы было трудно: ветер норвил растрепать букет.

Наконец мы пришли в школу. Тут нас всех построили во дворе. Разные взрослые нас поздравляли и долго говорили: не балуйтесь, учитесь хорошенько, слушайте старших, не деритесь... И для чего они все это рассказывали, когда каждый дурак понимает: в школе не полагается баловаться, а полагается слушаться!

Потом нас повели по классам.

Здесь, в первом "А", мне понравилось гораздо больше, чем во дворе. Я разглядел нашу учительницу. Она была красивая. От нее вкусно пахло. Наша учительница смеялась и не злилась на ребят, если мы во время урока вели себя не очень-то на "отлично".

Наша учительница замечательно все понимала: как мы могли сразу заделаться настоящими учениками, если никогда раньше не ходили в школу? Ну, кто-то вскакивал с места, вертелся - и что? Не террористом ведь был человек - просто еще не привык долго сидеть неподвижно. И она никого не ругала, а, наоборот, всех успокаивала.

Теперь, когда я уже повидал разных учителей, когда могу кое-кого сравнить кое с кем, скажу так: если человек не любит ребят и все время только и делает, что злится, лучше ему в школе не работать. А то и самому, и другим от такого человека никакой радости не будет. А у французского писателя Анатоля Франса я недавно прочитал, что учиться надо обязательно весело. Не знаю, читала наша учительница Анатоля Франса или сама догадалась, как надо учить, но в первом классе у нас всегда было легко и весело, как будто мы не работали, а играли.

И все шло очень хорошо.

Никто из ребят сильно не нарушал порядка, все старались. Когда Оля притащила с собой на урок котенка и тот вылез из сумки и побежал по классу, тоже ничего страшного не случилось.

- А этого ученика как зовут? - спросила учительница.

- Брешка,- сказала Оля, - он мой.

- Очень хорошо. Только лучше Брешку не приноси пока в школу: он еще мал, может заболеть в непривычной обстановке. Ясно, Оля?

Ребята в нашем классе очень редко ревели, мало дрались, и никто, мне кажется, не волновался из-за отметок. Кстати, это очень важный вопрос: кто и для чего придумал ставить отметки прямо с первого класса?

Допустим, у меня все идет нормально: четверки, пятерки, иногда попадает нечаянный тройка... Никто не делает большого шума и не портит никому жизнь. Но вот мне нарисовали в дневнике пару. Справедливо или нет - не главное. Двойка схачен! Какое это может оказать на меня воздействие? Давайте разберемся.

Если человека за двойку дома лупят, хотя официально такое запрещено, а в Швеции даже считается уголовным преступлением, едва ли отметка улучшит мои успехи. Ради чего стараться? Скорее я начну хитрить: поддельывать, "терять" или прятать дневник, возможно, стану расписываться за родителей и... копить в себе злобу. А если пары пойдут одна за другой, очень много шансов - плюну, махну на самого себя рукой и стану медленно, но верно погибать от равнодушия к жизни.

Удивительно, как взрослые не понимают, что системой отметок они нам и себе только портят жизнь! Вот свежайший пример. В параллельном классе Кисьяк (их классный руководитель Кирилл Сергеевич) влепил всем мальчишкам за поведение по единице. Сам ребят довел, и они стали тогда мычать с закрытыми ртами. Он к одному подходит, тот смолкает, он - к другому... ничего сделать не может. И влепил!

Думаете, воспитал?! Ни фига, извините за выражение, никого он не воспитал. Ребята только смеются и, очень возможно, станут теперь нарочно доводить и злить Кисьяка, чтобы не вредничал.



"Я вам покажу! Я вас научу! Марш в угол!.."

Подумайте - всем по колу! Эт-т-то же выходит круговая порука! Нет, людей надо любить, а не злوبيть их дурацкими отметками и несправедливыми наказаниями. Только тогда люди и к вам станут относиться по-человечески. Попробуйте - спасибо мне скажете.

В первом классе было хорошо: Лилия Андреевна нас любила. Может, конечно, и не всех поровну, но доставалось от ее любви каждому. Один раз я сам слышал, как она чьей-то мамаше рассказывала:

- Вместо завтрака в половине восьмого я обед ем. С супом, со вторым и с компотом, чтобы уж потом, в школе, ни о каком буфете не думать. Мое время - их время, ребячье.

Потом она уехала за границу. Ее директором русской школы послали работать. Мы понимали - ей нужно: она жила без мужа, дочка выросла, в квартире стало тесно, в кооператив вступить дорого. Вот и поехала. Это мы понимали и все равно жалели. Дураки: жалели ее, хотя жалеть надо было себя. Правда, тогда мы еще не знали, что нас ждет.

Во втором классе к нам, пришла новая учительница. Толстая - невозможно представить! Идет - колышется студнем. Платья на ней просто лопались и были в пятнах, как будто она жиром потела. Но этого мало. Она еще и злющая оказалась! Чуть что - орать! Да как - дурным голосом: "Я вам покажу! Я вас научу! Марш в угол!.."

Меня она почему-то не очень доставала, но все-таки.

Один раз стала Лилию Андреевну поливать: вроде Лилия Андреевна плохо нас учила, избаловала. Я тогда поднял руку и подрыгал пальчиками: в туалет можно?

- Приспичило? Десять минут всего прошло... В перемену не мог управиться? Ладно, ступай, только живо.

А мне ничего не надо было, но все равно я присидел в уборной до конца урока: не хотел слушать, как она Лилию Андреевну поливает. Торчал у окошка - оттуда тополь виден. Старый, скоро, наверное, свалится: весь ствол в дырках. Такие глубокие дупла... Из них воробьи вылетали.

А я глядел и думал: им хорошо - не надо никого ненавидеть. Чирикают, и все дела!

А Фаину Исааковну эту я и сегодня ненавижу. Ну для чего ей было на маленьких детей орать, топтать, грозить, подзатыльники отвешивать?

И не потому я ее ненавижу, что очень расстраивался из-за наказаний, нет! Мы когда с ребятами возимся, бывает, большее затрещины друг другу отпускаем - и ничего. Но подло орать на человека, когда точно знаешь: он на тебя крикнуть не смеет! Или: ты ему по шее, а он - молчи! Кто это только придумал - орать? Умные люди? Образованные педагоги, да?

Правда, на птиц глядеть - удовольствие! Свободные - куда хотят, летят, когда пожелают, сядут. И никто над ними не начальник...

И тут я бы хотел высказать одну важную мысль. Человеку много чего надо - и взрослому, и тому, кто еще в школу ходит. Но больше всего нам, то есть ребятам, не хватает... свободы. Правда! Который только еще из коляски выполз, он на самом деле ничего еще не понимает, но почему мне, ученику, без конца указывают, велят, напоминают: ходи - не ходи, стой - сиди, молчи - говори, тише - громче... И так без конца! Это же запросто можно сойти с ума. А потом мы же еще и слышим: дети пошли какие-то нервные... Бу-

дешь нервным, если тебя, как куклу в кукольном театре, за ниточки дергают. Это же напряжение! Мне лично повезло, можно сказать, и на родителей, и на первую учительницу. А другим?

Ну пусть почти на всех - обязательно орут. Вы прислушайтесь - и сразу убедитесь: орут. А вот я совершенно не переношу, когда на человека поднимают голос. Фактически из-за этого я и в милицию первый раз попал.

Выхожу на станции "Маяковская" из метро: вижу, военный патруль с бляхами в половину груди, при штыках стоит. Старшим - майор. Сухой-сухой. Глаза у него тусклые. Губы тоненькие - в ниточку. И весь из себя такой, что страх наводит. Смотрю, патруль задержал солдата. Тот роется в карманах - наверное, документы ищет. А майор его про что-то спрашивает. Ну, я подкатываю поближе, встаю рядом - интересно. Подумал еще: "Мне ведь тоже в армии служить, так что интересно узнать, какие там дела бывают. Если по газетам судить, так жутковато. А тут случай самому послушать".

Но ничего толкового я не услышал. Майор меня заметил и с таким презрением в голосе говорит:

- Давай, пацан, отваливай! Нечего тут ушами хлопать. Ты что, не слышишь?

- Вы мне? - спрашиваю, вроде не понял, и рожу скорчил - полного придурка работаю. Люблю полить, когда на меня как на инфузорию смотрят, тем более я майору ничего плохого не сделал.

- А кому же?

- Странно. Ушами обыкновенно ослы хлопают. Потому у них уши и отрастают...

- Очень, я смотрю, ты грамотный, - окрылился майор. - Отваливай, тебе сказано!

- Неужели это плохо - грамотным быть? Вот и нам в школе все время толкуют: учись, учись, а то дураком помрешь или прапорщиком станешь. - Ну насчет прапорщика я, конечно, чтобы позлить его, ввернул. - Что, неправильно нас, товарищ майор, учат?

И тут замечаю: солдатик напрягся, глаза вправо, глаза влево... Ну, ясно - прицеливается дерануть от патруля. И сделалось мне страшно, и помочь солдатике охота. Ну, я и давай нахальничать напропалую. Майор цыкнул на меня: ах, так! И я не смолчал. Словом, пошло-поехало, а пока мы беседовали таким оживленным образом, солдатик не растерялся и дал деру.

Майор как увидел, что рядовой тютю, можно сказать, из рук у него ушел, как на меня разорется. А мне что?! Я тоже ему объяснил: не дело старшему офицеру паршивыми словами погони свои позорить... Короче, солдатика он упустил, а меня, как лицо исключительно гражданское, спровадил в милицию.

Правда, милицкий капитан попался хороший. Для порядка мозги припудрил: вот, мол, ты способствовал смотаться нарушителю, а вдруг он дезертир? Замаскированный шпион?

- Вы серьезно про шпиона, товарищ капитан? Тогда и я, может, из ЦРУ? Не допускаете?

Тут капитан как засмеется на все тридцать два зуба.

- С тобой все, - говорит, - прозрачно ясно: ты трепло и нахал! Вот ты кто. А теперь не отвесывай: ноги в руки - и чеши отсюда... Мне от этого капитана даже уходить не хотелось: понимающий человек! И веселый, и подход у него нормальный. **П**

(Продолжение в следующем номере)



Короче, солдатика майор упустил, а меня, как лицо исключительно гражданское, спровадил в милицию.



Форум организуется при поддержке Правительства Российской Федерации и Правительства Москвы

**The Sixth International Forum
High Technology of XXI**

Организаторы Форума

Министерство промышленности и энергетики
Российской Федерации
Департамент науки и
промышленной политики города Москвы
Правительство Московской области
Институт экономики и
комплексных проблем связи (ОАО «ЭКОС»)
Российский Фонд развития
высоких технологий (РФРВТ)
Московская торгово-промышленная палата
ФГУП «Рособоронэкспорт»
Московская ассоциация предпринимателей
ОАО «Московский комитет по науке и технологиям»
ЗАО «Экспоцентр»

**18-22 апреля
2005 г.
МОСКВА**

www.vt21.ru

ВК ЗАО «ЭКСПОЦЕНТР»

Форум проводится под патронатом Торгово-промышленной палаты Российской Федерации

VI Международный Форум

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА

Достижения высокотехнологического комплекса Москвы, регионов России, Российской академии наук, стран СНГ, ближнего и дальнего зарубежья в различных областях науки и техники:

- авиационно-космические технологии
- радиоэлектроника и связь
- нанотехнологии
- экология
- мирный атом
- медицина и биотехнология
- энергетика, энергосбережение
- информационные технологии
- машиностроение
- лазерные технологии
- технологии безопасности
- химия и новые материалы
- технологии автомобилестроения

Программа Форума:

Международная выставка

Международная конференция

Конкурсная программа

По вопросу участия обращаться:

Форум и выставка -
ОАО «ЭКОС», ООО «ЭКСПО ЭКОС»
Тел.: (095) 331-05-01, 332-35-95
Факс: (095) 331-05-11, 331-09-00
E-mail: expoecos@nii-ecos.ru
<http://www.vt21.ru>
www.nii-ecos.ru/expoecos

Международная конференция - РФРВТ
Тел./факс: (095) 200-26-31
Тел.: (095) 954-99-90
Факс: (095) 954-50-08
E-mail: info@hitechno.ru
<http://www.hitechno.ru>

ПОЗДРАВЛЯЕМ!

Уважаемые коллеги!

На проходившем в Москве на ВВЦ (ВДНХ) с 15 по 18 февраля 2005 года V Московском международном салоне инноваций и инвестиций были подведены итоги конкурса "Пресса об инновациях" на лучшее освещение в СМИ инновационной деятельности и формирования инновационного рынка в Российской Федерации.



В конкурсе приняли участие более 70 печатных и интернет-публикаций из Москвы, Санкт-Петербурга, Ставрополя, Казани, Томска, Перми, Екатеринбурга, и других больших и малых промышленных и научных центров России.

Разрешите вас поздравить, дорогие наши авторы и читатели, с тем, что по результатам работы экспертного совета сразу две награды было решено присудить публикациям журнала "Двигатель".



Разрешите вас поздравить, дорогие наши авторы и читатели, с тем, что по результатам работы экспертного совета сразу две награды было решено присудить публикациям журнала "Двигатель".

ПРОИЗВОДСТВО



ИНВЕСТИЦИИ В БУДУЩЕЕ

Валерий Лесунов, генеральный директор ОАО "УМПО"



ПРОИЗВОДСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В РОССИИ: ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПОЛИТИКА В ОБЛАСТИ ИННОВАЦИЙ

Игорь Данилов, директор проектов консультационной компании "ПАКС"



НАДУЛИ - И ПОЕХАЛИ!

Дмитрий Соколовский

Необозримые стада автомобилей заполнили теперь уже не только города, но и традиционно сельские области. Главный помощник человечества - двигатель внутреннего сгорания во всех своих ипостасях стал главным же его неприятелем: сжигая кислород, загазовывая атмосферу, во все больших объемах уничтожая невозполняемую нефть и нефтепроизводные - бензин, керосин, солярку. И специалистами уже достаточно неплохо подсчитано время, когда нефть перейдет в разряд редкостей: большая часть из ныне живущих это смогут лицезреть лично.

Последние десятилетия наиболее дальновидные ученые самым активным образом проектируют различного рода экологически чистые двигатели для транспорта и стационарных приводов. Наступление ведется по всем возможным направлениям. Так, несколько известнейших автомобильных гигантов проектируют автомобили на водородном топливе; инженеры ряда стран разрабатывают двигатели на других, "не нефтяных" топливах - метане, диметиловом эфире, спирте; не один десяток лет ведутся работы по электромобилям. В этой статье хотелось бы рассказать о еще одном виде двигателей без вредных выхлопов - пневматическом. "Топливом" и носителем энергии движения в них является сжатый воздух, запасенный в баллонах и подаваемый в цилиндры только во время движения.

Двигатели такого типа не являются новым словом в технике. Пневмостартеры судовых и авиационных двигателей, и даже моторов "Формулы-1" давно известны и широко освоены. Шахтные поезда на пневмоприводах - тоже не открытие. Однако в качестве обычного двигателя для обычного же автомобиля в силу различных причин пневмодвигатели пока не применяются. Основные причины - довольно низкая энергоемкость сжатого воздуха по сравнению с традиционными топливами и разного рода сложности с заправкой и применением.

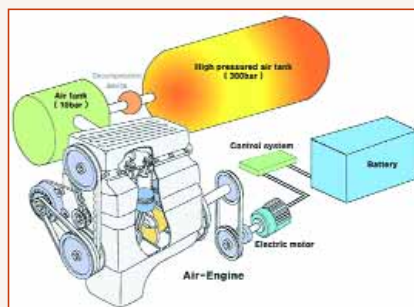
Тем не менее, в последние годы в печатной и электронной прессе "отметились" несколько компаний, занимающихся пневмотранспортом. Результаты деятельности по крайней мере двух из них, расположенных на диаметрально противоположных сторонах Евразии, представляются наиболее интересными.



Фирма Energinе из Южной Кореи разрабатывает автомобиль PHEV (Pneumatic hybrid electric vehicle) с гибридным электropневматическим приводом. В этой машине (внешне - типично "корейского" вида с традиционной эстетикой корпуса, сильно напоминающего Daewoo Matiss) два двигателя: пневматический поршневой и электрический. Строго говоря, эту машину, приводимую в движение как сжатым воздухом от бортовых баллонов, так и электрическим двигателем от аккумуляторов, можно было бы считать электромобилем, поскольку при движении с постоянной скоростью свыше 20...25 км/ч основным является электрический двигатель. Однако стартует, набирает скорость и преодолевает подъемы новая "лошадка" на пневматической тяге, поэтому фирма-разработчик считает, что основной двигатель в конструкции автомобиля все же пневматический. Столь оригинальный дорожный цикл, по словам представителя фирмы, позволяет использовать основные достоинства обоих типов моторов и сгладить их недостатки. Так, высокий

стартовый момент и большая мощность на валу пневмодвигателя прекрасно дополняются относительно низким потреблением энергии (в данном случае - запасенной в аккумуляторах) электродвигателем.

Руководство компании утверждает, что Energinе создала экологически чистый автомобиль для поездок в условиях городского цикла (частые остановки и разгоны). Эта разработка была запатентована в восьми странах, в том числе в пяти европейских, а также в США. Пневмодвигатель, разработанный специально для этого автомобиля, может быть использован в других транспортных и промышленных конструкциях.



Фирма Energinе объявила, что доводочные работы практически завершены и автомобиль PHEV готов для коммерческого использования. По данным компании, с 2002 г. несколько экземпляров PHEV эксплуатируются на дорогах Южной Ко-

реи. В ходе проведенных испытаний была достигнута и поддерживалась в течение часа максимальная скорость 120 км/ч. Масса автомобиля составляет 1260 кг, из которых на алюминиевый корпус приходится 400 кг, оба мотора (и пневматический и электрический) весят по 30 кг каждый, а еще 40 кг весит 100-литровый воздушный баллон. В машине применены Ni-MH батареи, рабочее напряжение которых около 280 В.



Европейская фирма MDI (Moteur Development International) со штаб-квартирой в Люксембурге подошла к проблеме с несколько иной стороны. Ее авто-

мобиль, ставший известным в мировой прессе под названием "e.volution" или, как назвала его сама фирма, "зеленое такси", приводится в действие только пневмодвигателем. Еще в 2000 г. о нем заговорили как о "двигателе с нулевым загрязнением" (Zero pollution). Правда, электродвигатель имеется и здесь, но ему отведена чисто вспомогательная роль: дозаправлять воздушные баллоны и упрощать парковку машины.

Судя по тому, насколько серьезные наскоки в прессе были совсем недавно на деятельность компании MDI (как считают представители фирмы - со стороны СМИ, ангажированных производителей автомашин и бензина), фирма реально добилась результатов, которые возможно применять на практике. В ответ на критику своего проекта фирма решила привести в печати и выложить в Интернете максимум информации по своему проекту.

Двигатель системы CAT's (название Compressed Air Technology systems - "Технологические системы на сжатом воздухе" - зарегистрировано фирмой MDI), примененный в машине, использует в качестве рабочего тела сжатый воздух. Двигатель явился результатом многолетних исследований, причем оконча-

тельный вариант даже идеологически отличался от прародителя.

В самом начале исследований разработчики ставили себе скромную цель: создать двигатель с низким потреблением топлива (традиционного - бензина, газа) и малым загрязнением. Поняв, что основная причина загрязнений - плохое сгорание в цилиндре ДВС, камеру сгорания в конструкции 1994 г. вынесли наружу. При этом цилиндропоршневую группу решили "располовинить" - один поршень (поршень сжатия) сжимает воздух и подает его в сферическую - для лучшего протекания процесса - камеру сгорания, а полученная газовая смесь приводит в движение второй поршень (расширения/выхлопа). Используя свой опыт работы над двигателями автомобилей "Формулы-1", конструктор и изобретатель MDI Гай Негрэ оснастил систему вращающимися цилиндрическими клапанами, а шатун второго поршня обрел очень интересную конструкцию, позволяющую изменять ход поршня во время работы.

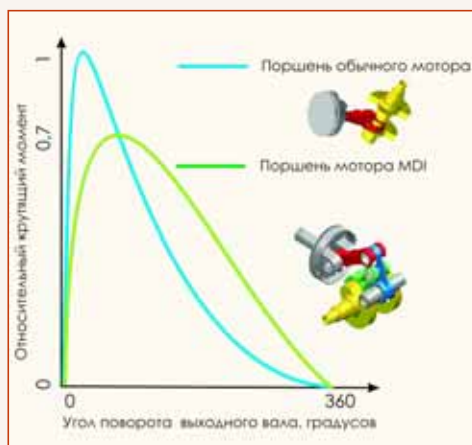
В дальнейшем для уменьшения нагрузки на поршень сжатия и сокращения потерь энергии воздух начали брать не из атмосферы, а подавать из баллонов. Именно такой двигатель устанавливался в 1996 г. в обычный автомобиль "Ситроен АХ" и проходил испытания, о чем сообщалось в прессе. Несмотря на то, что возимый запас воздуха был невелик, испытания показали возможность использования сжатого воздуха на городских маршрутах.

Для детального исследования конструкции был построен специальный стендовый двигатель, в процессе работы над которым стало ясно, что лучших результатов можно добиться, если...вовсе отказаться от углеводородного топлива, а заодно - от камеры сгорания и всего, связанного со сжиганием топлива. Именно в этом направлении и пошли дальнейшие работы, позволившие создать двигатель с реально "Zero pollution" - нулевым загрязнением. В автомобиле City CAT's ("зеленом такси") в 1998 г. единственным источником энергии был уже сжатый воздух.

В дальнейших разработках фирмы совершенствовались уже в основном элементы конструкции, процесс оставался в принципе неизменным. Основное, с чем приходилось бороться создателям двигателя - проблема прямо обратная обычной: воздух высокого давления, расширяясь в цилиндрах мотора, сильно остывал. Если попытаться "сработать" требуемую мощность в одном цилиндре (или группе цилиндров), то на выходе вполне можно получить...струю сжиженного воздуха и сугроб снега из смешанных с воздухом паров воды. Поэтому изначальная идея с двухступенчатым расширением и промежуточным подогревом в радиаторах оказалась весьма прогрессивной. Конечно, такой мотор не заработает в зимнем Новосибирске. Ну, так не для него он и создается...

Если фронт пламени в цилиндре ДВС распространяется с околозвуковой скоростью (следовательно, быстро растет и давление в камере сгорания), то наполнение цилиндра пневмодвигателя сжатым воздухом происходит существенно медленнее. В результате сильно "провалился" крутящий момент. Чтобы избежать этого был применен поршневой механизм с уникальной особенностью, обеспечивающей задержку поршня в районе "верхней мертвой точки" на время, составляющее пятую часть продолжительности цикла. Благодаря этому удалось наладить подачу достаточного количества воздуха в цилиндр и, как следствие, сгладить характеристику крутящего момента.

Правда, такая конструкция создает повышенные вибрации вследствие динамической несбалансированности. Решение проблемы оказалось простым: в моторе MDI применили симметричную схему "боксер", когда две цилиндропоршневые группы разместили зеркально. Во всех элементах схемы применены шарикоподшипники, система смазки сведена к минимуму.



Вскоре фирма MDI построила экспериментальную машину специально для проверки идеи создания "зеленого такси" - экологически чистого городского автомобиля. В ней был осуществлен возврат к рамной конструкции, причем большая часть ее образована баллонами сжатого воздуха. Специально спроектированный легкий стеклопластиковый корпус не является несущим и имеет боковую дверь, распахивающуюся чуть ли не во всю ширину салона. Опытный образец "зеленого такси" испытывался в реальных условиях городского движения.

Фирмой был подготовлен целый спектр моделей. В него входит многоцелевой автомобиль Family ("Семья"), развозной мини-фургон, такси, пикап и городской мини-автомобиль будущего Mini Cat's. Все автомобили, кроме последнего из упомянутых, рассчитаны на 6 мест. Их длина составляет 3,84 м, высота 1,75 м, а ширина 1,72 м. Масса машины 750 кг. Максимальная расчетная скорость достигает 110 км/ч. Пробег без дозаправки 200...300 км. Максимальный перевозимый груз - 500 кг. Возможна заправка баллонов от бортового компрессора, для этого требуется 4 часа. Заправка же на станции высокого давления займет всего 3 минуты. Размеры перспективного трехместного Mini Cat's составляют примерно 60...75 % от указанных, остальные данные как у других моделей семейства.

Двигатель "зеленого такси" расположен вертикально в передней части автомобиля. В последних моделях MDI с задним приводом, в том числе и City Cat's, двигатель помещается сзади под полом автомобиля. Это позволило уменьшить потери в трансмиссии по сравнению с испытанным транспортным средством с передним расположением двигателя. Примененная на автомобиле рекуперативная система торможения (пневматическая система, которая позволяет возвращать приблизительно 13 % энергии торможения) также способствует повышению к.п.д. системы.

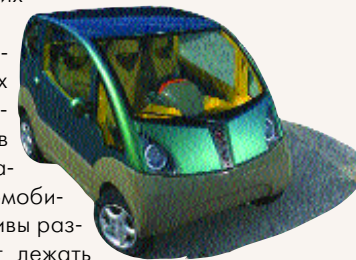


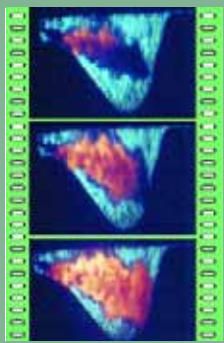
Резервуары, примененные в первых конструкциях, были стальными и очень тяжелыми. Они были способны выдерживать максимальное давление 200 бар. В окончательном виде машины снабжались баллонами из композиционных материалов (углеволокно в термопластике), выдерживающими давление до 300 бар. Эти резервуары массой всего 35 кг вмещают 100 л воздуха при указанном давлении и соответствуют всем требованиям безопасности.



Фирма объявила о готовности конструкции к широкому производству. Называются адреса и мощности предприятий, на которых в текущем году она собирается приступить к серийному производству своих "городских котов".

Новое поколение пневмоавтомобилей обладает множеством интересных особенностей, о которых фирмы-изготовители рассказывают на своих сайтах в Интернете рекламных материалах. Самое главное, что можно понять: у автомобиля, как вида транспорта, есть перспективы развития, причем перспективы эти могут лежать очень далеко от традиционных путей. И это касается не только автомобилей, но, наверное, любой техники. Главное - не зашоривать свое воображение и разумно применять знания и опыт, накопленный человечеством.





ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО И ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОЗДУШНОГО ЗАРЯДА НА РАЗВИТИЕ ТОПЛИВНОЙ СТРУИ

Владимир Рудаков

(Окончание. Начало в № 4 - 2004)

Угол конуса. Понятие угла конуса струи α сохраняет смысл лишь для интервала времени, ограниченного началом и концом впрыска, включая, возможно, небольшой период после его окончания, т.к. после прекращения впрыска струя деформируется и ее угол конусности становится неопределенным. Характер изменения α во всех случаях довольно сложный, типичными для него являются затухающие колебания. Для горячей струи можно условно выделить пять временных интервалов, на протяжении которых происходят знакопеременные изменения угла конуса.

В самом начале впрыска, на первом участке, в интервале времени, ограниченном длительностью экспозиции одного кадра (примерно до 0,1...0,3 мс), закономерности изменения конусности не получены, так как скорость киносъемки ограничивает разрешение по времени. Можно лишь предположить, что на этом этапе происходит быстрый рост величины угла конуса, вызванный нарастанием переднего фронта гидроимпульса давления. Некоторые кинограммы подтверждают это предположение (рис. 6). Угол конуса увеличивается до 20...39° и на некоторых режимах, по-видимому, может превышать эти значения. На втором участке α снижается, и его минимальное значение также варьируется, но располагается в одном интервале значений. На третьем участке угол конуса снова растет до некоторого предельного значения. Момент воспламенения топлива приходится на его начало. На четвертом временном интервале наблюдается медленное снижение α , а после отсечки впрыска, на пятом участке, происходит деформация струи, ее геометрия нарушается и далее она догорает, теряя характерную форму.

В дизельном процессе при $\Delta P_{\text{впр}} = 17,5$ МПа на границе первого и второго участков угол конуса струи достигает 26°. Далее, на втором участке, он уменьшается до 14,5° в течение 1,24 мс, а затем, на третьем участке, возрастает до максимального значения 28°, приходящегося на момент 2 мс (приведены средние величины α). Затем, до окончания впрыска на четвертом участке угол конуса вновь уменьшается со средней скоростью 1°/мс, испытывая небольшие колебания в пределах $\pm 1^\circ$. На последнем участке в течении 5...7 кадров угол конуса становится все хуже определяемым, очаг пламени деформируется, сосредотачивается на периферии камеры и, растекаясь по поверхности поршня, сгорает до открытия выпускного клапана.

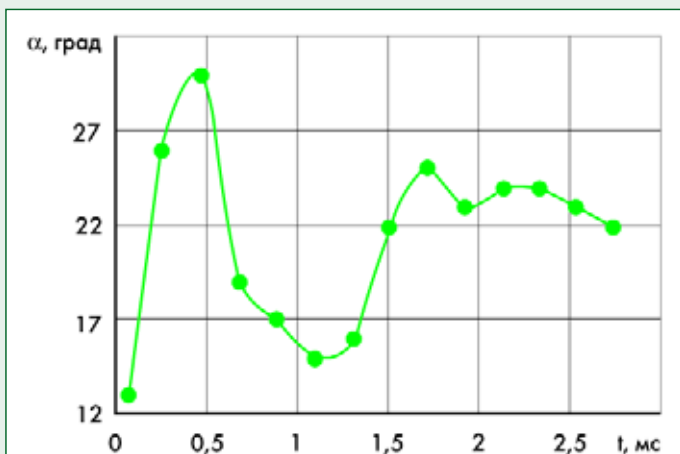


Рис. 6. Типовая зависимость угла конусности струи от времени

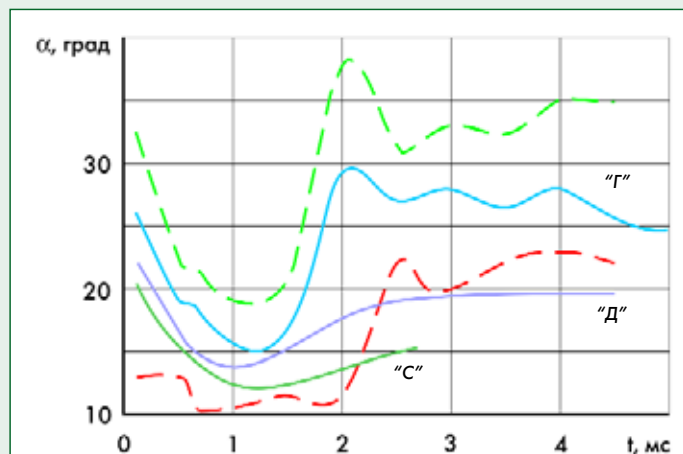
Усредненная зависимость изменения угла конуса струи приведена на рис. 7 (индекс "Г"). Поскольку в разных циклах значения угла конуса отличаются друг от друга, границы их вариаций обозначены на графике штриховой линией.

Аналогичные изменения α происходят при $\Delta P_{\text{впр}} = 21$ МПа. Некоторое различие имеется лишь в значениях угла конуса. В этом случае на рубеже первого и второго участков его средняя величина составляет приблизительно 39°, а затем α снижается до минимального среднего значения 17° за 1,35 мс. Далее угол конуса возрастает до 28°, приходящихся на 2,1 мс, затем медленно снижается на 2° до окончания впрыска. Дальнейшая эволюция угла конуса происходит так же, как и при меньшем давлении. Его вариации очерчены штриховой линией (рис. 8 "Г"). Медленное снижение α на четвертом участке, очевидно, происходит из-за выгорания внешних слоев оболочки.

После отсечки шлейф струи теряет конусность вследствие выгорания последних и периферийных элементов струи, образование которых происходит на этапе, соответствующем заднему фронту диаграммы давления. Скорость их движения незначительна, и при скоростях уменьшения давления впрыска, характерных для ЭГСТ, во внимание может не приниматься. Струя превращается в бесформенный очаг пламени и сосредотачивается на периферии камеры, где сгорает основная масса топлива, при этом медленно продвигаясь по днищу поршня к форсунке.

В режиме "Динамика" происходят аналогичные изменения угла конуса. При $\Delta P_{\text{впр}} = 17,5$ МПа второй участок начинается со значения 22° и заканчивается при 14°, на третьем участке, растянутом до 2,5...3 мс, α достигает значения 19...19,5°, четвертый соответственно укорочен и на его протяжении сохраняется достигнутое значение α . При $\Delta P_{\text{впр}} = 21$ МПа соответствующие значения α составляют 25°, 15° и 17...17,5°. Четвертый участок в обоих случаях продолжается до конца впрыска без изменения угла конуса. Фрагмент кинограммы развития струи в этом режиме приведен на рис. 9.

Изменение угла конуса в холодной статической бомбе имеет аналогичный характер, но изменение α происходит в меньших пределах. При $\Delta P_{\text{впр}} = 17,5$ МПа начало второго участка 20,5°, третьего - 12,5°. Поскольку продолжительность $T_{\text{впр}}$ была уменьшена, момент окончания впрыска пришелся на начало четвертого участка,

Рис. 7. Зависимость $\alpha = f(t)$ при $P_{\text{впр}} = 17,5$ МПа

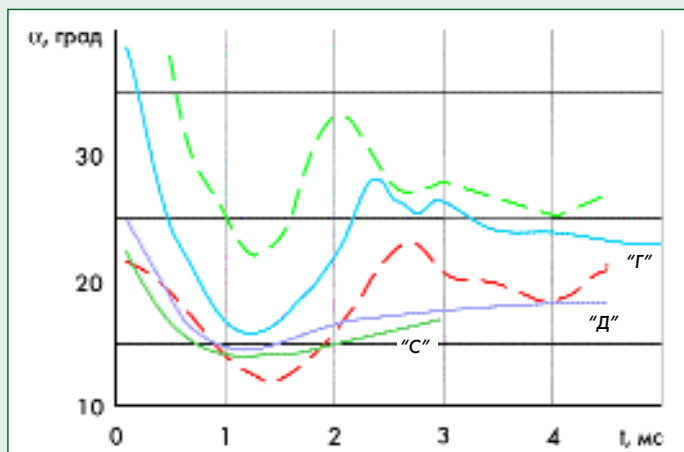


Рис. 8. Зависимость $\alpha = f(t)$ при $P_{впр} = 21$ МПа

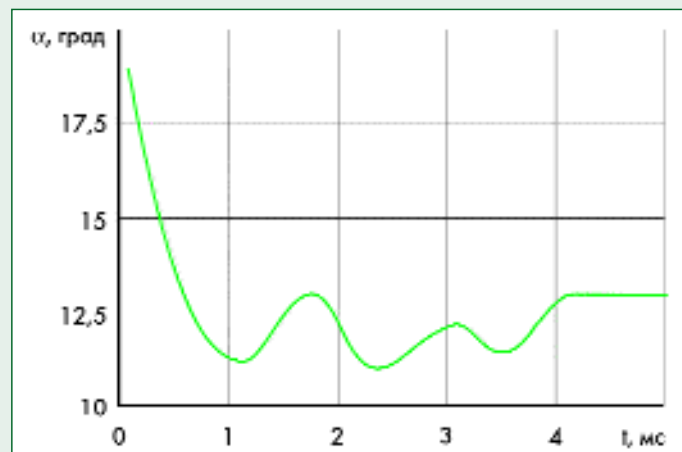


Рис. 11. Зависимость $\alpha = f(t)$ при $P_{впр} = 17,5$ МПа и $T_{впр} = 4,7$ мс

когда угол конуса принял значение $15,5^\circ$, после чего его развитие струи перешло в деформацию.

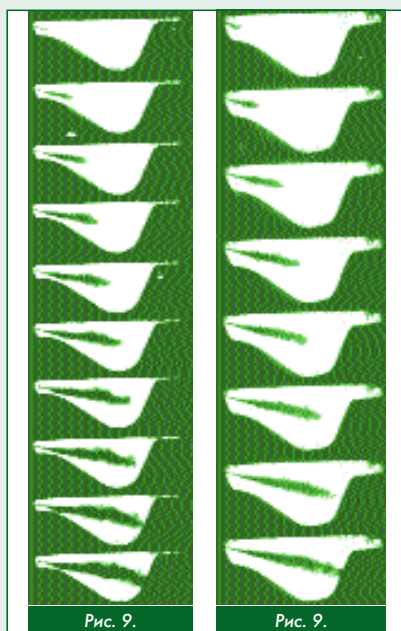
Для $\Delta P_{впр} = 21$ МПа соответствующие значения α составляют $22,5^\circ, 15^\circ, 12^\circ$. Четвертый участок также практически отсутствует. Развитие струи в бомбе приведено на рис. 10. Возрастание угла конуса на третьем участке в некоторой степени можно объяснить воздействием температуры, вызывающей интенсивное испарение распыленного топлива, вследствие чего происходит более активное по сравнению с режимами "Д" и "С" расширение струи. Ее воспламенение еще более усиливает этот процесс, от чего угол конуса за $0,2...0,6$ мс увеличивается на $10...11^\circ$.

Тенденция изменения α , приведенная на рис. 7 и 8, отчетливо прослеживается практически на всех кинограммах. Кроме того, в бомбе при продолжительности впрыска, превышающей 2,5 мс, наблюдаются колебания угла конуса струи в процессе ее развития. На рис. 7 и 8 для индекса "С" эта особенность не отображена достаточно ясно, так как $T_{впр}$ было уменьшено. Для пояснения на рис. 11 приведена аналогичная зависимость $\alpha = f(t)$, полученная при $\rho_b = 17,5$ кг/м³ и $T_{впр} = 4,7$ мс и $\Delta P_{впр} = 21$ МПа. Здесь волнообразное изменение угла конуса струи наблюдается достаточно отчетливо на протяжении всего впрыска. Такие же колебания α отмечаются и на кинограммах холодной струи, полученных в иных условиях.

Помимо угла конуса измерялась площадь профиля топливной струи F . Результаты показали, что воздействие температуры воздуха на этот параметр значительно сильнее, чем соответствующее влияние $P_{впр}$ и ρ_b . Зависимости $F = f(S)$ приведены на рис. 12 и рис. 13. Как видно, особенно сильно воздействие температуры воздуха на F проявляется после воспламенения топлива, вследствие чего площадь поперечного сечения резко возрастает.

Выводы:

1. При объемном смесеобразовании заметного температурного и динамического воздействия воздушного заряда на характер движения топливной струи не обнаружено.
2. Изменение угла конуса топливной струи является сложным процессом и имеет характер затухающих колебаний.
3. Изменение параметров воздушного заряда, включая его температуру, а также давление впрыска, влияет на величину и диапазон изменений угла конуса струи и площадь ее профиля, но в рассмотренных условиях не меняет их характера.



4. Воспламенение струи происходит в зоне, приблизительно равноудаленной от соплового наконечника независимо от $\Delta P_{впр}$.

5. Скорость распространения пламени вдоль струи неодинакова в противоположных направлениях. В направлении движения она имеет более высокие значения, чем в обратном.

6. По мере продвижения фронта пламени от очага воспламенения к концам струи его скорость снижается.

7. Скорость фронта пламени приобретает максимальное значение в момент воспламенения.

8. Скорость охвата струи пламенем меняется от цикла к циклу.

9. Взаимодействие струи со стенками камеры проявляется не только в растекании топливовоздушной смеси по стенкам и ее концентрации на периферии камеры, но и в изломе оси струи.

10. Появление продуктов сгорания отмечается спустя 2 мс после воспламенения. Их концентрация в объеме камеры неравномерна.

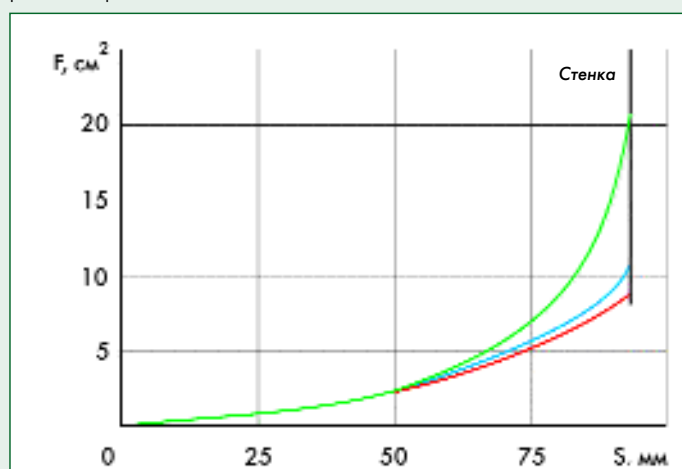


Рис. 12. Зависимость $F = f(S)$ при $P_{впр} = 17,5$ МПа

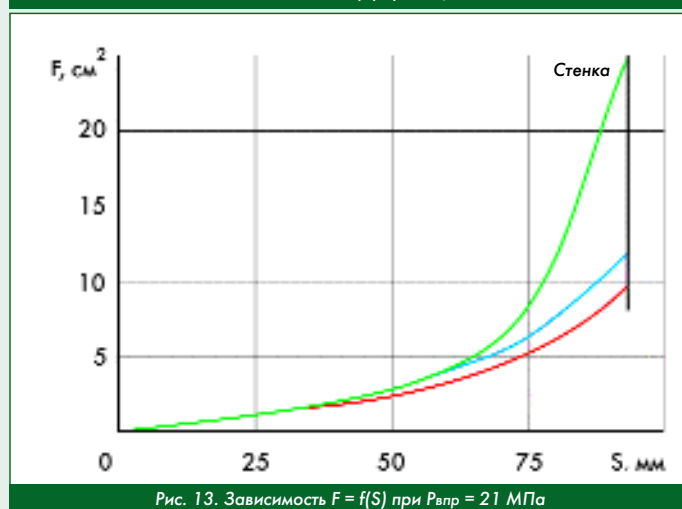


Рис. 13. Зависимость $F = f(S)$ при $P_{впр} = 21$ МПа

Наши уважаемые авторы и читатели!

Как и обещали, публикуем (без правки текста и с сохранением авторской стилистики) отдельные статьи из "Двигателя" начала XX века. Вы увидите, что многие проблемы, актуальные сейчас для нас, были злободневны и в то время. Правда, рассматривали их под несколько иным ракурсом: дым из фабричных труб воспринимался как символ наступающего прогресса.

Александр Бажанов, Дмитрий Боев, издатели журнала "Двигатель"

ВЕТРЯНКИ ИЛИ НЕФТЯНЫЕ ДВИГАТЕЛИ?

"Двигатель" № 5 за 1911 г.

Инженер-технолог И. В. Грибовъ

Быстрые успехи, достигнутые в последнее время техникой в области двигателей внутреннего сгорания, создали на машиностроительном рынке большой спрос и особенно на нефтяные двигатели небольшой мощности для различных мелких кустарных производств.

Нефтяные двигатели в одних случаях заменили собой силу человека и животных, в других более совершенный нефтяной двигатель вытеснил менее совершенные двигатели.

За постройку нефтяных двигателей и их распространение принялись не только все солидные машиностроительные фирмы, но даже и мелкие заводы с числом рабочих не более ста.

Дизели стали появляться и там, где всегда работали другие приводы. Это относится и к традиционным мукомольным мельницам, пережиткам "доброе старое время".

Нефтяные двигатели, доступные по цене мелким хозяевам, как нельзя более кстати пришлось на смену ветрянок.

Сравнительная дешевизна нефти на местах, постоянная готовность к работе, несложность конструкции и нетребовательность к уходу - все это ускорило победу, и ветрянки быстро ломаются или переделываются на мельницы с нефтяными двигателями. Оставшиеся ветрянки почти не имеют помолу.

Применение силы ветра для ветряных мукомольных мельниц по данным истории было сделано впервые в Персии, во времена калифа Омара, т. е. за шестьсот с лишним лет до Рождества Христова. Устройство ветряных мельниц осталось почти без изменения с древних времен и до наших дней и велось мастерами на глаз, без всякого расчета.

Ввиду частой смены ветра издавна уже прибегали к комбинации соединения ветрянки с конным приводом. Эта комбинация являлась достаточно рациональной в примитивном хозяйстве.

Кроме этого недостаток ветряных мельниц заключался в несовершенстве их механизма и в недостаточном использовании силы ветра, почему и стали устраивать ветряные двигатели более усовершенствованного типа.

Начало постройкам такого рода ветряных двигателей положила в пятидесятых годах прошлого столетия Америка. За нею вслед за постройку и разработку ветряных двигателей принялись машиностроительные фирмы и других стран, и в настоящее время даже у нас в России не так уж редки случаи применения ветряных двигателей фабричного производства и главным образом для целей водоснабжения.

Существенным отличием ветряных колес от ветряных крыльев заключается в саморегулировании первых по направлению ветра и в зависимости от его силы. При этом число лопастей ветряных колес делается от 50 до 100.

Обширным материалом к определению природы и свойства ветра послужили наблюдения метеорологических станций.

Установлено, что внутри континента Европа нужно считать от 200 до 280 ветряных дней, дающих возможность работать ветряному двигателю, причем статистически исчислено, что в году можно вообще принять:

от 250 до 300 ветр. дней со скор. от 3 - 4 м в сек.

от 170 до 180 ветр. дней со скор. в 5 м в сек.

от 110 до 120 ветр. дней со скор. в 6 м в сек.

от 60 до 70 ветр. дней со скор. в 7 м в сек.,

считая, в среднем, продолжительность ветра от 6 до 10 часов на день.

Помимо скорости, продолжительности и силы ветра и числа ветряных дней в году перед постановкой ветряного двигателя необходимо определить и направление ветров, господствующих в данной местности, каковое принимается во внимание при конструировании двигателя.

Опытом установлено, что нижний рант крыла ветряного двигателя при самом нижнем положении должен обязательно превышать на величину от 1 до 1,5 сажени все неровности местности в окружности радиусом в 150 сажени.

При достаточной крепости существующих построек возможно ветряные двигатели ставить непосредственно на их крышах. В противном случае приходится сооружать особую станину или башню, поддерживающую двигатель и передаточные механизмы.

Из предыдущего ясно, что причина постепенного исчезания ветряных мельниц заключается в ненадежности ветра, каковая причина, конечно, относится и к ветряным двигателям заводского производства, примитивности устройства и, наконец, в неверной постановке в смысле условий местности.

Ввиду такой борьбы между двумя родами движущей силы, интересно в целях изучения требований мелких мукомолов на практике выяснить, какие же нефтяные двигатели одержали победу?

Обследование промышленных заведений трех уездов - Пензенского, Ниже-Ломонского и Мокшанского Пензенской губернии, произведенное в 1910 году, выяснило, что на мелких жерновых мукомольных мельницах, числом 107, оборудованных нефтяными двигателями, поставлены двигатели 18 изготовителей (из них 13 - отечественных, 61 двигатель и 4 - иностранных, 46 двигателей).

Пользуясь данными обследования всех типов двигателей трех упомянутых уездов, произведенного мною в прошлом году, выясним условия и стоимость содержания, приобретения и установки наиболее распространенных нефтяных двигателей.

Стоимость двигателя в 10 действительных лошадиных сил с фундаментом и постановкой 2450 руб.
Стоимость машинного отделения 550 руб.

Мертвый капитал выражается в сумме 3000 руб.

Годовое содержание установки нефтяного двигателя для мельницы составляет:

Проценты на затраченный капитал по приобретению двигателя	4 ¹ / ₂ %.
На амортизацию двигателя	7 %.
На ремонт двигателя	1 %.
С общей стоимости двигателя всего (2450 руб.)	12 ¹ / ₂ %.
Т. е.	306 руб. 25 коп.

Проценты на затраченный капитал по возведению машинного отделения	4 ¹ / ₂ %.
На амортизацию	2 ¹ / ₂ %.
На ремонт	1 ¹ / ₂ %.
С общей стоимости машинного отделения (550 руб.)	7 ¹ / ₂ %.
Т. е.	41 руб. 25 коп.

Стоимость годового ухода	120 руб. 00 коп.
Смазка, чистка двигателя в год	40 руб. 00 коп.
Нефть, считая 300 раб. дней в году по 6 раб. часов	196 руб. 00 коп.
(при этом стоимость нефти взята в 42 коп. за пуд; расход нефти 1 ¹ / ₂ фунта на 1 лошад. силу в час).	

Вся стоимость годового содержания установки	704 руб. 38 коп.
На 1 лошад. силу-час	704 руб. 38 коп./10 x1500 ≅ 4,7 коп.

По отношению к ветряным крыльям, т. е. к сельским ветрянкам, экономическая сторона дела представляется в следующем виде:

Стоимость крыльев, трубы, стояка	500 руб.
----------------------------------	----------

В этой сумме выражается весь мертвый капитал по отношению к двигателю.

К годовому содержанию относятся:

% в мертвый капитал	4 ¹ / ₂ %.
На амортизацию	3 %.
На ремонт	1 %.

Всего	8 ¹ / ₂ %.
Т. е. от 500 руб	42 руб. 50 коп.

Всего на годовое содержание	96 руб. 50 коп.
На 1 лошад. силу-час,	
считая 5 лошад. сил и 1500 раб. час. в году	92,5/5 x1500 ≅ 1,2 коп.

Возьмем ветряной двигатель заводского производства в 10 лошад. сил при скорости ветра 6-7 м в сек. с диаметром колеса в 10 метров, при том же условии в 1500 рабочих часов в году.

Такой двигатель стоит	2450 руб.
Башня к нему	1400 руб.

Стоимость всей установки	3850 руб.
--------------------------	-----------

Годовое содержание установки:	
% на затраченный на двигатель капитал	4 ¹ / ₂ %.
На амортизацию двигателя	5 %.
На ремонт	1 %.

Всего со стоимости двигателя	10 ¹ / ₂ %.
Т. е. (от 2450 руб.)	257 руб. 25 коп.

% на затраченный на башню капитал	4 ¹ / ₂ %.
На амортизацию	2 ¹ / ₂ %.
На ремонт	1 ¹ / ₂ %.

Всего со стоимости башни	7 ¹ / ₂ %.
Т. е.	105 руб. 00 коп.

Уход и смазка двигателя	60 руб. 00 коп.
-------------------------	-----------------

Годовое содержание установки	421 руб. 25 коп.
На 1 лошад. силу-час	421,25/10 x1500 ≅ 2,00 коп.

Сравнивая три произведенные подсчета, видим, что первоначальная затрата на всю установку больше всего ложится на ветряной двигатель, каковая превосходит соответствующую стоимость установки нефтяного двигателя на 850 рублей. Стоимость ветряных крыльев с трубой и проч. выражается суммой в 500 руб., т. е. в 6 раз меньшею, чем соответствующая стоимость оборудования нефтяного двигателя.

Ежегодное содержание сравниваемых установок, при одинаковом годовом числе рабочих часов и одинаковой мощности, по отношению к нефтяному двигателю и ветряному заводского производства составляет ежегодную экономию при последнем в 271 руб. 77 коп.

Ветряные же крылья в данном отношении, представляя двигатель меньшей мощности только в 5 лошадиных сил, при том же годовом числе рабочих часов дают сравнительно с ветряным двигателем заводского производства ежегодную экономию в 350 рублей.

В смысле долговечности при правильном хозяйстве и уходе ветряной двигатель заводского производства и двигатель нефтяной почти одинаковы, но ветряные крылья долговечнее их более, чем в два раза.

Из подсчетов выводится четвертая причина вымирания ветрянок - это борьба между двумя родами хозяйственной деятельности человека, а именно фабрично-заводской и кустарной. Мельницы, оборудованные нефтяными двигателями, являются уже образцами мелкой промышленности и в состоянии обслуживать потребности больших сравнительно районов. Ветрянки же по существу предназначены к кустарной работе и никогда в смысле производительности не в состоянии конкурировать с мельницами, оборудованными нефтяными двигателями, но их дешевизна во всяком случае не позволит им окончательно умереть; уменьшится только круг потребителей и общее число ветрянок. По отношению к ним желательны только улучшения, указанные в начале этой статьи.

Сравнения между нефтяными и ветряными двигателями велись в зависимости от одинакового числа рабочих часов, а именно бралось 6 часов дневной работы на протяжении 300 рабочих дней в году. Число рабочих часов по отношению к нефтяному двигателю может быть, конечно, увеличено, тогда как работа ветряного двигателя, взятая по каталогу торговой фирмы едва ли во всякой местности может быть выполнена, так как взятая скорость ветра 6 - 7 м в сек. сама по себе чрезвычайно редка.

Во всяком случае, конкуренция между нефтяным и ветряным двигателем невозможна в области хотя бы и мелкой промышленности, где нужно заранее определенное время работы двигателя и постоянство его мощности, что невозможно при ветре, как движущей силе.

Однако ветряные двигатели в определенных случаях могут работать вполне удовлетворительно.

Таким образом, ветряные двигатели с успехом применяются при водоснабжении в небольшом масштабе. В таком случае, вода из источника насосом, приводимым в движение ветряным двигателем, подается в резервуар, служащий местом запаса воды на случай безветренного времени.

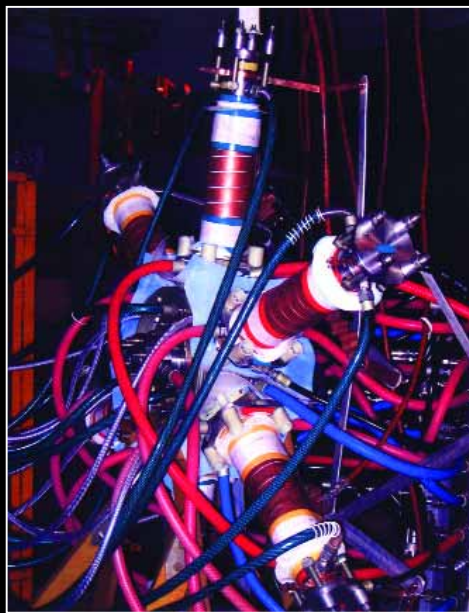
Удобно также применение ветряного двигателя для электрической станции, где динамо-машина, вращаемая ветряным двигателем, передает образованную электрическую энергию аккумуляторам, каковые запас ее должны сохранять на все продолжение тихой погоды.

Иногда с успехом употребляются ветряные двигатели также и для приведение в движение сельскохозяйственных машин, работа каковых чаще производится осенью, т. е. во время более постоянных и сильных ветров.

Игнорирование ветра, как движущей силы, во всяком случае принципиально недопустимо, и дальнейшее улучшение в применении его даровой силы в высшей степени желательно. Вопрос только в выяснении области применения ветряных двигателей, так как излишнее обольщение может только повредить делу утилизации ветра.

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

ЭЛЕКТРОДУГОВЫЕ ПЛАЗМОТРОНЫ ЦЕНТРА КЕЛДЫША



ФГУП "Исследовательский центр имени М.В. Келдыша"

Андрей Голиков, начальник сектора, к. т. н.

Юрий Кочетков, начальник отделения, д. т. н.

Юрий Свирчук, ведущий научный сотрудник, д. т. н.

Владимир Федотов, ведущий инженер

На протяжении четырех десятков лет в Центре Келдыша ведутся работы по созданию, модификации и исследованию технических и эксплуатационных свойств плазмотронов. За это время изготовлен и введен в действие широкий ряд электродуговых плазмотронов, работающих на переменном токе при различных параметрах по электрической мощности и мощности газовой струи. В настоящее время на плазмотронах активно проводятся газодинамические, тепловые исследования и исследования эрозионных свойств различных перспективных материалов. Центр Келдыша предлагает на рынок товаров современные плазмотроны и технологии, основанные на их использовании.

Первые плазмотроны, предназначенные для исследования газодинамических параметров, параметров тепло- и массообмена, механизмов разрушения металлических и композиционных материалов конструкций, были разработаны в 60-х годах прошлого столетия в СССР и США и получили достаточно широкое распространение в ракетно-космической промышленности. К ним предъявляются следующие основные требования:

- диапазон температур торможения - 3000...6000 К;
- диапазон давлений торможения - 0,5...10 МПа;
- диапазон расходов рабочего тела - 0,1...10 кг/с;
- диапазон электрических мощностей - 0,2...50 МВт;
- время непрерывной работы - не менее 20 с;
- колебания температуры и давления в течение запуска - не более 10 %;
- загрязнение рабочего тела (воздуха) примесями, в частности, за счет эрозии электродов - не более 0,1 %;
- обеспечение равномерности полей температуры и давления в выходном сечении.

Принцип действия плазмотрона достаточно прост: поскольку электрическая дуга имеет очень высокую температуру, достигающую десятков тысяч градусов, то при взаимодействии дуги с рабочим газом происходит его интенсивный нагрев. Однако эффективность этого нагрева существенно зависит от того, каким образом организовано это взаимодействие, т.е. рабочий процесс.

Оптимальный рабочий процесс должен удовлетворять двум требованиям. Во-первых, очевидно, что для получения максимальной температуры большая часть нагреваемого газа должна взаимодействовать с дуговым разрядом. Во-вторых, необходимо обеспечить такие тепловые режимы всех узлов плазмотрона, при которых ресурс его работы был бы достаточно велик. Для плазмотронов большой мощности это требование сводится, в первую очередь, к обеспечению стойкости электродов.

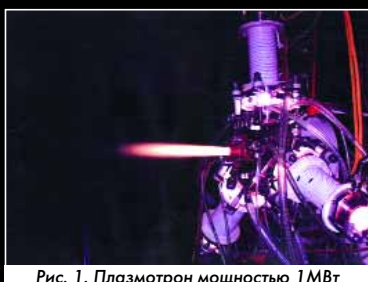


Рис. 1. Плазмотрон мощностью 1 МВт

Одним из способов организации эффективного процесса нагрева рабочего газа является так называемая вихревая стабилизация дуги. Суть ее заключается в том, что дуга горит в цилиндрическом (или коническом) канале, газ в который вводится тангенциально. Таким образом, при движении в канале газ имеет как осевую, так и окружную составляющие скорости. При этом благодаря центробежной силе основная масса относительно холодного и, следовательно, плотного газа течет вдоль стенки канала, тогда как дуга, являющаяся источником горячего и, следовательно, менее плотного газа, располагается вблизи оси канала. Экспериментальные и теоретические исследования показали, что при правильном выборе геометрии канала вихревая стабилизация дуги действительно позволяет эффективно нагревать рабочий газ.

Для электропитания дуги может использоваться как постоянный, так и переменный ток. В настоящее время подавляющее большинство плазмотронов работает на постоянном токе. Установлено, что дуга постоянного тока в принципе горит более устойчиво по сравнению с дугой переменного тока. Действительно, протекающий через дугу переменный ток два раза за период проходит через нуль. Иными словами, можно считать, что дуга периодически погасает и зажигается вновь. Поэтому для устойчивого горения дуги переменного тока необходимо обеспечить условия для ее повторного зажигания после перехода тока через нуль. Самым распространенным способом обеспечения устойчивого горения дуги переменного тока является включение последовательно с дугой катушки индуктивности.

В то же время идея питания дуги в плазмотроне переменным током выглядит весьма привлекательной по следующим причинам.

1. Источниками постоянного тока являются, как правило, выпрямительные устройства, снабженные специальными электронными регуляторами, которые обеспечивают устойчивое горение дуги. Для плазмотронов мегаваттной и мультимегаваттной мощности такие устройства превращаются в очень сложные и,



Рис. 2. Плазмотрон мощностью 15 МВт

главное, дорогие агрегаты, стоимость которых намного превышает стоимость самих плазмотронов. Плазмотроны переменного тока не требуют для питания никаких специальных устройств, они подключаются к промышленной трехфазной сети через катушки индуктивности. Коммутационная аппаратура этих сетей проста и надежна, а их мощность практически не ограничена.

2. Известно, что в плазмотронах постоянного тока ресурс катода обычно в несколько раз ниже ресурса анода. В плазмотронах переменного тока катод и анод меняются местами с частотой сети (50 Гц), поэтому при прочих равных условиях ресурс электродов плазмотрона переменного тока примерно в два раза выше ресурса электродов плазмотрона постоянного тока.

В ФГУП "Исследовательский центр им. М.В. Келдыша" была предложена принципиальная схема и разработано семейство плазмотронов, получивших название "Звезда". Плазмотроны этого типа выполнены с использованием модульного принципа и, по сути, состоят из трех отдельных "однодуговых" плазмотронов, объединенных общей смесительной камерой с выходным соплом, что наглядно демонстрирует фотография такого плазмотрона мощностью 1 МВт. Каждый плазмотрон питается от одной фазы трехфазной сети. Одинаковые условия горения каждой дуги обеспечивают равномерную загрузку трехфазной сети. Основной отличительной особенностью плазмотронов типа "Звезда" является то, что все три дуги замыкаются в центре смесительной камеры по схеме "звезда", образуя плазменную нулевую точку. Таким образом, в этом плазмотроне горят три дуги, однако он содержит только три электрода вместо шести.

Узлы плазмотрона охлаждаются водой.

Дальнейшим развитием плазмотронов этого типа является схема "Шестилучевая звезда". Такой плазмотрон состоит из шести отдельных однофазных плазмотронов, объединенных общей смесительной камерой, внутри которой все шесть дуг замыкаются между собой. Преимущество такой схемы заключается в том, что при одинаковой мощности величина тока в каждой дуге шестилучевого плазмотрона вдвое меньше по сравнению с трехлучевой схемой.

Основные преимущества плазмотронов типа "Звезда":

- однородность распределения температур и давлений в выходном сечении сопла;
- симметричность загрузки трехфазной сети;
- модульность конструкции, что позволяет наращивать мощность плазмотрона путем увеличения числа модулей.

В процессе создания и отработки плазмотронов были решены многие фундаментальные физические задачи, связанные с обеспечением устойчивости работы плазмотронов в широком диапазоне выходных параметров.

Так, было изучено явление вращения приэлектродного участка дуги (ножки дуги) под действием магнитного поля катушки. Показано, что электромагнитная сила, возникающая при взаимодействии постоянного магнитного поля катушки с переменным током дуги, в ходе каждого полупериода дуги меняет знак. При этом меняется направление вращения ножки дуги. В те полупериоды, когда ножка дуги и газовый вихрь вращаются в разные стороны, действующая на ножку аэродинамическая сила возрастает и замедляет ее вращение вплоть до ее остановки. Такое встречное взаимодействие может приводить к ослаблению газового вихря и ухудшению стабилизации дуги на оси.

Характеристики плазмотронов типа "Звезда"										
№ п/п	U_c , кВ	I , кА	S , МВт	N , МВт	G , кг/с	P , МПа	T , К	η_t	d , см	n
10	6	0,13	1,35	0,2	0,03	0,3	3700	0,77	1,4	3
14	6	0,62	6,4	1,0	0,05	0,3	4600	0,42	2,0	3
15	6	0,69	7,2	1,6	0,07	0,9	5700	0,46	1,4	3
31	10	0,73	12,6	5,9	0,69	1,6	3900	0,66	3,0	3
60	10	0,73	26,5	11,4	0,36	4,2	4500	0,22	1,4	6
64	10	0,92	33,4	15,0	0,97	10,5	4000	0,28	1,4	6
88	10	0,77	28,0	14,2	1,63	11,5	3800	0,48	1,7	6
93	10	0,83	30,2	14,6	1,93	4,3	3700	0,56	3,0	6

Здесь U_c - линейное сетевое напряжение; I - ток дуги; $S = \sqrt{3} \cdot U_c \cdot I$ - полная мощность; N - суммарная мощность, вкладываемая в дуговые разряды; G - суммарный расход рабочего газа; P - давление в смесительной камере; T - температура газа в смесительной камере; η_t - термический к.п.д. (отношение тепловой мощности выходной струи к вкладываемой мощности); d - диаметр горла выходного сопла; n - число дуговых камер.

При одинаковом направлении вращения возникает режим интенсивного перемешивания потоков, что в определенных случаях приводит к срыву дуги.

При организации устойчивого течения в камере смешения формируется устойчивое течение в факеле струи. При этом наблюдается в процессе эксперимента четкая система скачков уплотнения, не меняющая своей формы и размеров во времени.

На рис. 1 и 2 представлены кадры из видеофильмов, иллюстрирующие работу плазмотронов. В таблице приведены некоторые значения параметров, иллюстрирующие диапазон характеристик плазмотронов типа "звезда", разработанные в Центре Келдыша.

В настоящее время в мире наметилась тенденция использования плазмотронов для переработки промышленных, бытовых и медицинских отходов. Благодаря высокой температуре, которую обеспечивают плазмотроны, можно значительно улучшить глубину переработки отходов и снизить количество вредных выбросов. Применение плазмотронов "Звезда" для этих целей является весьма перспективным. В Центре Келдыша проводятся работы в этом направлении и создан прототип соответствующей установки для переработки отходов. На рис. 3 представлена установка для плазмохимической переработки экологически опасных отходов.



Рис. 3. Установка плазмохимической переработки отходов

Кроме того, плазмотроны находят применение и при решении иных задач. Так, в Центре Келдыша разработаны новые высокоэффективные технологии:

- плазменно-кластерная технология нанесения прочных термостойких и химически стойких покрытий на основе тугоплавких металлов (рис. 4);
- технология получения базальтового штапельного волокна для изготовления высококачественной базальтовой ваты.



Рис. 4а. Бронзовый нитеводитель с покрытием из Al_2O_3

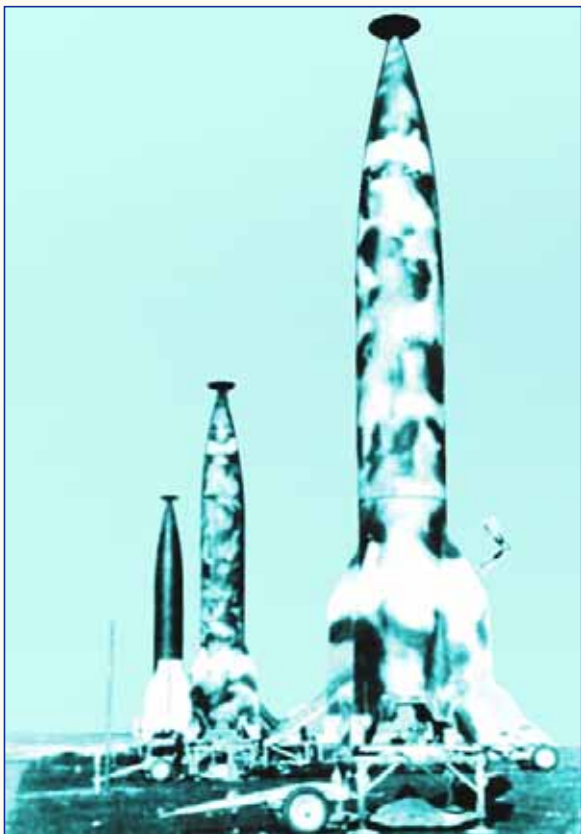


Рис. 4б. Элемент теплозащиты с покрытием из Al_2O_3

О "НЕМЕЦКОМ СЛЕДЕ" В ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РАКЕТОСТРОЕНИЯ

Вячеслав Рахманин,

главный специалист НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко



Завершив в предыдущих номерах журнала изложение истории создания отечественной ракетной техники этапом окончания работ, связанных с применением ЖРД в авиации, необходимо еще раз вернуться к проводившейся параллельно разработке ракетной техники в Германии.

Такое отступление от основной канвы, связанной преимущественно с изложением истории отечественной техники, будет способствовать лучшему ее пониманию, тем более что относящиеся к этому этапу события порой толкуются по-разному. Казалось бы, историю можно считать точной наукой, ведь она обязана и может вполне однозначно фиксировать все то, что произошло в относительно недавнем прошлом. Но оказывается, что практически любое заметное историческое событие имеет несколько интерпретаций. Тут и социальный, и национальный, и классово-партийный, и корпоративный подход к освещению истории. А интерес исторических личностей? Сколько раз в угоду кому-нибудь из них изменялись уже устоявшиеся взгляды на происшедшие события и их главных героев. Наша задача скромнее и строже – изложить фрагмент послевоенной истории создания в СССР первых ЖРД на основании архивных документов и печатных изданий, в которых достоверность изложенных фактов подтверждается другими источниками информации.

Вторая мировая война (1939 - 1945 гг.) стала переломным этапом в мировой истории развития ракетной техники. Самолеты, оснащенные ЖРД в качестве маршевых двигателей или ускорителей полета, широкого применения в боевых действиях не получили, а появившиеся в середине 40-х годов воздушно-реактивные двигатели (ВРД) временно "закрыли" направление использования ЖРД в авиации. Временно потому, что через 35 лет появился американский космический самолет "Спейс-Шаттл", а еще через 7 лет – советский "Буран", на которых вне всякой конкуренции заняли свое законное место ЖРД. И это направление использования ЖРД имеет дальнейшие перспективы. А для полета в пределах атмосферы более подходящего двигателя, чем ВРД, пока никто не создал. Тогда же, в военную пору, стартовало основное направление использования ЖРД – на боевых баллистических ракетах дальнего действия, получившее дальнейшее развитие через 12-13 лет на космических ракетах.

Создание в СССР первой в мире межконтинентальной баллистической ракеты Р-7, ставшей и первой космической ракетой, доставившей в октябре 1957 г. на околоземную орбиту искусственный спутник земли, продемонстрировало всему миру уровень возможностей науки и промышленности в СССР. Объективно настроенные ученые и солидные издания так комментировали это эпохальное событие:

- директор английской радиоастрономической обсерватории "Джодрелл Бэнк" профессор Бернал Ловелл: "Запуск спутника является замечательным достижением и свидетельствует о высокой степени прогресса, достигнутого в СССР";

- председатель американского Национального комитета по проведению Международного геофизического года Дж. Каплан: "Я поражен тем, что им удалось сделать за такой короткий срок, какой они имели в своем распоряжении, который несколько не больше срока, имевшегося в нашем распоряжении...";

- авторитетная газета "Тайм": "Запуск спутника является заслугой советской науки. Хотя после Второй мировой войны немецкие специалисты были вывезены в США и СССР, большинство из них из СССР возвращено, а оставшиеся занимаются преподавательской деятельностью. Уровень ракетной техники в СССР существенно превысил уровень, достигнутый в Германии в период войны. Русские теперь идут своим путем".

Имелись, однако, и другие оценки этих достижений. В многочисленных публикациях в зарубежной прессе по поводу запуска в СССР спутника звучал "немецкий мотив": "Космическая ракета создана на базе немецкой техники вывезенными в СССР немецкими специалистами". Приведенная цитата из газеты "Тайм" является в какой-то мере ответом на эти публикации.

Основанием для утверждения, что космические достижения СССР имеют "немецкие корни" являлся факт изучения советскими

специалистами технической документации и опыта организации работ, проводившихся в 40-х годах XX века в Германии при создании ракетной техники. Это давало недобросовестным историкам основание тогда - в конце 50-х годов - и вновь - в конце 90-х годов - утверждать, что первые космические достижения СССР целиком обязаны разработке новых ракетных двигателей немцами специалистами, находившимися в ОКБ Глушко в конце 40-х годов. В таком изложении истории правда перемешана с вымыслом, значение некоторых действительно имевших место частных событий искажено и гипертрофировано до неузнаваемости. Так, вполне рядовому немецкому специалисту приписывается создание всего научно-технического потенциала СССР в области ракетных двигателей нового поколения, которые появились вслед за применением ЖРД на основе двигателя ракеты А-4 (V-2). В связи с продолжающимися попытками фальсификации периода истории, когда советские инженеры изучали немецкую ракетную технику, а также этапа, в ходе которого немецкие специалисты участвовали в освоении производства двигателя ракеты А-4 на заводе и ОКБ-456 в г. Химки, появилась необходимость еще раз описать важнейшие события того времени, опираясь на архивные документы, и сделать это более подробно, чем указанные периоды заслуживают в общем плане развития ракетной техники в СССР.

Если первые научно-теоретические основы разработки жидкостной ракеты были изложены нашим соотечественником К.Э. Циолковским в опубликованном в 1903 г. труде "Изучение мировых пространств реактивными приборами", то первые в Европе ЖРД были созданы в Германии в 20-х годах прошлого века энтузиастами новой техники с участием Германа Оберта, Иоханеса Винклера, Макса Валье, Вальтера Риделя и др. Работали эти энтузиасты на "любительской" основе, и достижения у них были того же уровня. И не известно, чем бы все это закончилось, если бы "любительское" движение не получило государственной поддержки.

Проигравшая Первую мировую войну Германия по Версальскому мирному договору не имела права иметь наступательное вооружение, включая тяжелую дальнюю артиллерию. Однако о ракетах, как боевом оружии, в Версальском договоре не упоминалось. И германский Генеральный штаб решил использовать эту неожиданно обнаруженную "щель", открывавшую широкую дорогу к созданию нового вида оружия.

Разработку боевых ракет в 1931 г. возглавил в ту пору капитан Вальтер Дорнбергер, который привлек к этим работам практически всех ранее занимавшихся созданием ЖРД, в том числе и Вернера фон Брауна. Этот молодой талантливый инженер вскоре стал техническим руководителем разработки ракет. Первая ракета А-1 (литера "А" - от начальной буквы слова *Aggregat*), разработанная в 1933 г., как и А-2 и А-3, созданные соответственно в 1934 г. и 1935 г., оказались не работоспособными. Однако, устранив выявленные в процессе их испытаний дефекты конструкции, немцы смогли в 1936 г. приступить к разработке ракеты А-4, более известной под обозначением V-2 (от первой буквы слова *Vergeltungswaffe* - "Оружие возмездия"). К началу работ с А-4 в Германии был создан объединенный центр по разработке ракетного оружия. Эта организация называлась "Армейский испытательный центр Пенемюнде". В апреле 1937 г. в Пенемюнде были переведены все ранее разрозненные подразделения конструкторов и исследователей, занимавшихся ракетной техникой. Группа фон Брауна прибыла в Пенемюнде в мае 1937 г. В ее составе работали крупнейшие специалисты Германии в области создания управляемой ракеты дальнего действия. Среди них был Вальтер Тиль, решивший одну из основных задач создания ЖРД, пригодного для установки на крупную ракету. По его предложению камера сгорания имела сферическую форму с форкамерным смесеобразованием вместо известного с двадцатых годов "кюгельдузе" Германа Оберта. Работы по проблемам, связанным с созданием первой ракеты дальнего действия, велись также в научных лабораториях университетов и крупных промышленных фирм Германии.

По своим техническим характеристикам ракета А-4 была уникальным научно-техническим достижением, никто в мире даже близко не подходил к реализации такой мощной ракеты. Дальность ее полета составляла 260...270 км, двигатель создавал тягу около 25 тс, боевой заряд имел массу до 1 т. Двигатель работал на кислородно-спиртовом топливе, подача которого в камеру осуществлялась турбонасосным агрегатом. Рабочим телом турбины были продукты каталитического разложения перекиси водорода. Система управления, основанная на применении гироскопов и радиотехники, обеспечивала полет ракеты в заданном направлении путем воздействия на графитовые рули, установленные в потоке газов, выходящих из камеры.

Первая попытка пуска ракеты А-4 была предпринята 18 марта 1942 г., однако она и ряд последующих запусков закончились авариями. Отработка новой техники сопровождалась большими трудностями, к июню 1943 г. было проведено всего около 30 пусков. Результаты этих испытаний свидетельствовали о нестабильности работы ракетных систем. Ракета нуждалась в продолжении отработки, но в условиях ведения войны политическое руководство Германии приняло решение о завершении доводочных работ и дало указание готовить конструкторскую документацию к развертыванию серийного изготовления ракет А-4.

К середине 1944 г. в Германии было накоплено достаточное количество боевых ракет, построено несколько пусковых стартовых площадок и начат обстрел Англии баллистическими ракетами А-4, который продолжался до 22 марта 1945 г. Значительная часть запущенных ракет не достигала цели по техническим причинам. Немецкое командование предприняло попытку компенсировать это увеличением числа пускаемых ракет. Но и эта мера не исправила сложившегося положения. Недостаточная техническая отработанность ракеты А-4 в сочетании с принципиально большим рассеиванием (обусловленным возможностями применявшейся системы управления) не дали того результата, на который рассчитывало политическое руководство Германии. Ведь нацисты планировали оказать психологическое давление на англичан, посеять страх и панику среди населения Англии, сломить боевой дух армии, а при удачном стечении обстоятельств - вывести Великобританию из войны. Однако "чудо-оружие" не сработало.

Вместе с тем, это не означало, что создание ракеты с дальностью полета до 300 км с боезарядом массой 1 т оказалось тупиковым направлением в развитии военной техники. Это был классический случай "первого блина комом". И если в военном отношении ракета А-4 практически не оказала серьезного влияния на ход войны, в научно-техническом плане ее создание стало выдающимся достижением немецких специалистов, получившим признание у специалистов всех стран, впоследствии создававших ракетное вооружение. Создание конструкции самой ракеты А-4, а также промышленной структуры



Авария при пуске ракеты V-2

для ее производства и войсковых частей, осуществлявших эксплуатацию, стало мощным катализатором мирового прогресса в ракетостроении, послужило толчком для дальнейшего развития фундаментальных и прикладных наук.

Первые сведения об использовании немцами нового оружия при бомбардировках Англии заметного интереса у военно-политического руководства СССР не вызвали. Но после обращения У. Черчилля к И. Сталину, датированного 13 июля 1944 г. и содержащего просьбу ознакомить английских специалистов с техническим оборудованием ракетного полигона, который был захвачен советскими частями в Польше, Верховный Главнокомандующий дал указание обратиться на трофейное ракетное вооружение особое внимание.

Первые образцы трофейной ракетной техники были обнаружены близ польского местечка Близна осенью 1944 г. и доставлены в НИИ-1 наркомата авиационной промышленности. Группа научных сотрудников, в которую входили В.Ф. Болховитинов, А.М. Исаев, Н.А. Пилюгин, В.П. Мишин, Б.Е. Черток, Л.А. Воскресенский, Ю.А. Победоносцев, М.К. Тихонравов по разрозненным фрагментам реконструировали общий вид ракеты А-4, воссоздали принцип управления полетом и ее основные характеристики. Надо отметить, что результаты их расчетно-аналитической работы оказались близкими к реальным. И это притом, что ничего подобного ранее никто из них не только не видел, но даже и представить себе не мог. Укажем лишь на один пример: тяга А-4 составляла 25 тс, в то время как самый мощный ЖРД в СССР имел тягу не более 1,5 тс.

Результаты анализа характеристик трофейной ракеты показали, что в мире появилось новое грозное оружие. Ознакомившись с этими выводами, Государственный Комитет Обороны в первом квартале 1945 г. принял решение сформировать специальную группу инженеров и направить их в Германию для сбора и отправки в СССР образцов немецкой ракетной техники, оборудования и технической документации.

Не оставались в стороне и наши союзники по антигитлеровской коалиции. В конце 1944 г. стратегические службы США разработали план "Пейперклип" ("Канцелярская скрепка"), целью которого являлись сбор и вывоз в США специалистов, технических документов и образцов ракетной техники. Так негласно началась охота за немецкими ракетными секретами. Следует признать, что американцы в этой охоте преуспели больше, чем представители СССР. Во-первых, в конце войны весь научно-инженерный и руководящий состав во главе с генерал-лейтенантом В. Дорнбергером и штурмбанфюрером СС В. фон Брауном эвакуировались на юг Германии, в Тюрингию, где 2 мая 1945 г. сдались захватившим этот район американским войскам. Во-вторых, после разрушительных бомбежек англо-американ-



Камера сгорания двигателя ракеты V-2

ской авиацией Пенемюнде именно туда, в Тюрингию был переведен центр по промышленному изготовлению ракет.

Благодаря этим и другим обстоятельствам военным командованием США было интернировано, а затем вывезено в США около 500 немецких специалистов в области разработки ракетной техники, а также богатейшие технические архивы Пенемюнде - чертежи и результаты разработки новых боевых ракет от А-5 до А-10, среди них и двухступенчатый вариант А-9/А-10 с запланированной дальностью полета более 4000 км. Помимо творческого потенциала немецкой ракетной техники, содержащегося в головах специалистов и технической документации, американцы вывезли в США более 100 готовых к использованию ракет А-4, а также множество раз-

розненных ракетных блоков, узлов, агрегатов. А поскольку Тюрингия по Ялтинским соглашениям попадала в советскую зону оккупации Германии, американцы перед выводом своих войск все недвижимое оборудование ракетных заводов и испытательных стендов разрушили. Как говорится - "табачок врозь!"

Первая группа советских специалистов, направленных в Германию для ознакомления с трофейной ракетной техникой, была сформирована из работников НИИ-1. В нее вошли Б.Е. Черток, А.М. Исаев, А.В. Палло и др. Эта группа еще до окончания войны, в двадцатых числах апреля 1945 г., прибыла в Германию и в начале мая посетила Пенемюнде. Ракетный центр был основательно разрушен, но и его руины указывали, что размах проводившихся здесь работ намного превосходил даже самые смелые представления наших специалистов.

В середине июля 1945 г. произошло разграничение оккупационных зон, и наши специалисты прибыли в Тюрингию, где близ города Нордхаузена в горных штольнях располагался завод, занимавшийся изготовлением ракет А-4. Американцы основательно потрудились, чтобы русским не попали в руки готовые ракеты и оборудование для их производства. Ознакомившись на месте с положением дел, наши специалисты пришли к выводу, что вследствие их малочисленности и с учетом враждебного отношения населения собрать спрятанную техдокументацию и материальную часть невозможно. И они приняли оригинальное и действенное решение: организовать под руководством Б.Е. Чертока и А.М. Исаева институт "Рабе" ("Ракетенбау" - "Строительство ракет"), зачислить в институт бывших работников ракетного завода, надеясь (и, как оказалось, оправданно), что местные жители своим согражданам скорее окажут помощь в поисках чертежей, технологий и матчасти, чем оккупантам. Продуктовые пайки и высокая зарплата, выплачиваемая работникам института, быстро сделали свое дело в голодной Германии лета 1945 г. Через месяц в "Рабе" успешно работало несколько десятков немецких специалистов, не востребованных американским командованием при передаче территории в советскую зону оккупации. Однако квалификация этих специалистов была невысокой, в лучшем случае это были представители среднего производственного звена ракетного завода. Из кадровых работников Пенемюнде в институте удалось привлечь только ведущего специалиста в области системы управления Гельмута Греттруппа, который сбежал из американской зоны, так как его жена не пожелала выехать в США.

Завершение разграничения оккупационных зон послужило сигналом для массового направления в Германию советских инженеров различных специальностей. Каждый промышленный наркомат командировал своих специалистов для сбора технических данных по немецким разработкам по соответствующему профилю и, главным образом, для отбора пригодного промышленного оборудования с целью последующей перевозки его в СССР.



Подземный цех по производству агрегатов ракеты V-2

Представители различных наркоматов целенаправленно подбирали оборудование, порой вступая в жесткую конкуренцию.

В этой обстановке ракетная техника выпала из поля зрения промышленных наркоматов. Как известно, до 1945 г. в СССР образцы ракетной техники разрабатывались на предприятиях трех наркоматов: боеприпасов, авиапромышленности и вооружения, но ни один из них не считал ракеты своей профильной продукцией. Тем более, если это касалось жидкостных ракет дальнего действия, которыми в СССР вообще никто не занимался. К примеру, оценивая перспективы развития ЖРД, С.П. Королев в конце 1944 г. направил докладную записку в наркомат авиационной промышленности, в которой он писал: *"В ближайшие год-два вспомогательные [авиационные - прим. авт.] реактивные установки явятся наиболее жизненной формой использования жидкостных ракетных двигателей на современной стадии развития"*. Другие направления применения ЖРД казались ему менее "жизненными", хотя и возможными. В подтверждение этого тезиса Королев в конце 1944 г. - начале 1945 г. разрабатывал проекты крылатых ракет Д-1 с дальностью полета 36 км и Д-2 с дальностью полета 78 км. Обе ракеты должны были оснащаться твердотопливными двигателями. Разработанный в тот же период времени проект жидкостной ракеты Д-4 имел ЖРД тягой всего 1,2 тс. Этим исчерпывались все перспективные проекты отечественных ракет дальнего действия в начале 1945 г.

Если ракетчик С.П. Королев в 1945 г. не видел перспектив в развитии жидкостных ракет, то двигателест В.П. Глушко верил в будущую востребованность ЖРД. В инициативном порядке он включил в план казанского ОКБ-РД на 1945 г. разработку двигателя тягой 2 тс на топливе "азотная кислота + керосин" с насосной подачей топлива и приводом турбины продуктами каталитического разложения перекиси водорода. Конечно, тоже не особенно впечатляет на фоне уже летавшего германского двигателя тягой 25 тс, но с чего-то надо было начинать, тем более что этот двигатель рассматривался как головной образец в последующем ряде двигателей аналогичной схемы с более высокими параметрами. Однако выполнить этот план не удалось, поскольку конструкторы ОКБ-РД во главе с В.П. Глушко были привлечены к изучению ракетной техники в Германии.

Глушко прибыл в Германию в июле 1945 г. в составе группы советских специалистов, сформированной наркоматом авиапромышленности, с заданием - собрать и изучить материалы по немецким авиационным реактивным двигателям. Но после осмотра двигателя ракеты А-4 В.П. Глушко обратился к руководителю делегации с предложением поручить ему изучение этого двигателя. К этому времени этап разрозненных действий советских специалистов, занимавшихся сбором материалов по немецкой ракетной технике, подошел к концу: специально для руководства ими была создана Особая правительственная комиссия, возглавлявшаяся генералом Л.М. Гайдуковым. В этой комиссии предусматривалась структура управления сбором информации; к работе в ее интересах был привлечен Глушко. Расширяя фронт работ по изучению двигателя ракеты А-4, Глушко утвердил у Гайдукова список работников ОКБ-РД, подлежащих командировке в Германию. В этот первоначальный список вошли заместители главного конструктора Г.С. Жирицкий, Д.Д. Севрук, С.П. Королев и руководители основных подразделений В.А. Витка, Г.Н. Лист, В.Л. Шабранский, Н.Н. Артамонов, Н.А. Судаков.

Однако не все специалисты, указанные в списке, были командированы в Германию: Жирицкий и Севрук решили не оставлять ОКБ-РД в достаточно сложном в тот момент положении без руководства, Витка завершал отработку блока зажигания в двигателе РД-1ХЗ для установки на самолет Як-3Р, а Королев надеялся принять участие в воздушном параде в августе 1945 г. в составе экипажа, пилотирующего самолет Пе-2Р с реактивной установкой. Однако парад был отменен, и Королев выехал в Германию в сентябре 1945 г. на основании решения, сформированного отделом оборонной промышленности ЦК ВКП(б), а Севрук и Витка были командированы в Германию в 1946 г.



Ракета V-2 на транспортировочной тележке

Инициативно созданная Б.Е. Чертоком и А.М. Исавым форма ведения работ по изучению ракетной техники на месте ее производства с участием немецких специалистов оказалась весьма продуктивной. Проводившийся параллельно представителями других промышленных наркоматов вывоз в СССР оборудования и станков немецких заводов не решал главной задачи, как ее понимали советские специалисты ракетной техники. Они намеревались собрать техническую документацию и образцы ракетной техники, изучить технические достижения немецких ученых и инженеров, овладеть новыми технологиями с целью создания научно-технической базы для дальнейшего развития отечественного ракетостроения с использованием немецкого опыта. Такой подход советских специалистов получил одобрение у председателя Особой правительственной комиссии, который оценил эффективность решения поставленной задачи путем изучения и изготовления трофейной ракетной техники на восстанавливаемых промышленных предприятиях Германии под руководством советских инженеров с привлечением немецких технических специалистов. Кроме того, Л.М. Гайдуков убедился в том, что естественное выдвижение на руководящие должности ряда командированных специалистов в процессе создания таких предприятий весьма перспективно в плане использования их после возвращения в СССР в качестве руководителей новых предприятий отечественной ракетостроительной промышленности. О том, что в СССР будет создана такая промышленность, сомнений ни у него, ни у других высокопоставленных военных, ознакомившихся с размахом производства ракет в Германии, не было.

Осенью 1945 г. в Германии успешно функционировали предприятия под руководством В.П. Бармина, В.П. Мишина, В.И. Кузнецова и др. Прибывший в Германию с некоторой задержкой С.П. Королев сразу же включился в работу, создав группу изучения эксплуатации ракет, и получил возможность проявить во всем блеске свой талант организатора. Именно это время он окончательно сделал выбор дела, которому он посвятил всю оставшуюся жизнь, - создания ракет дальнего действия и космической техники.

Прибывшей группе работников ОКБ-РД Глушко поручил восстановить на испытательной базе завода "Форверк-Митте" (г. Лестен) стенд для огневых испытаний камер и двигателей А-4, что и было осуществлено с участием немецких специалистов. Работы возглавил В.Л. Шабранский, ставший после возвращения в СССР в январе 1947 г. начальником первой в нашей стране базы для испытаний ракетных двигателей в ОКБ-456 (Химки). Прибывшие в составе следующей группы работники ОКБ-РД были направлены на сбор рассредоточенной по разным заводам Германии и Чехословакии чертежно-конструкторской документации и материальной части двигателей А-4. □

(Продолжение в следующем номере)

Кому нужны "скоростные" электроискровые станки?

ВОПРОС:

Q

В течение всей работы выставки ЕМО в Милане "Содик" демонстрировал в работе линейные ЭИ станки со скоростью резания более 550 мм²/мин. Почему эти станки до сих пор не предлагаются к продаже?

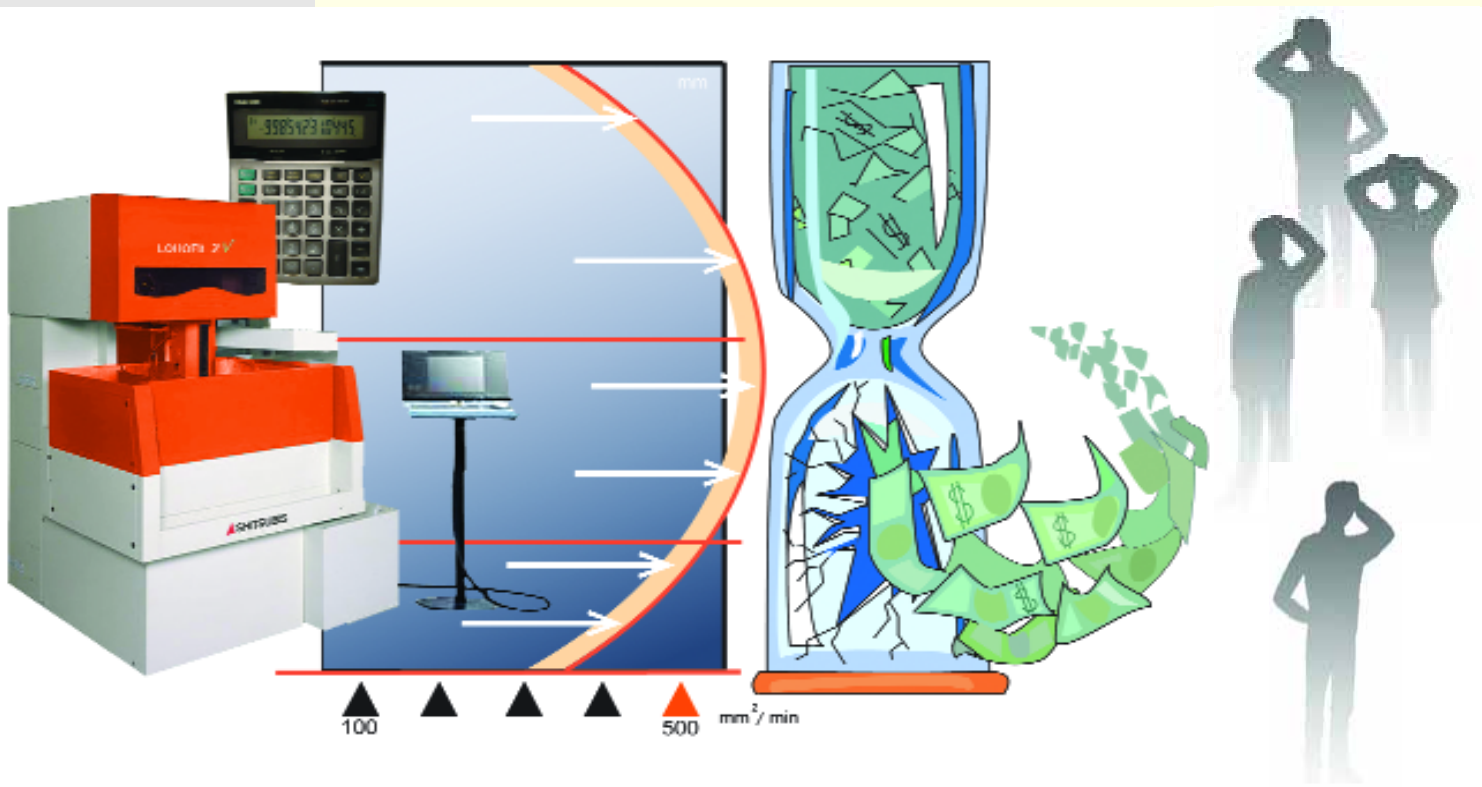
Äëÿ ñêî ðî ñòî î ã
 ýëääèðî èñèðî âî ã
 ðàçàî èÿ èñî î ëüçòáðñÿ
 ñî äòèèèüí àÿ
 î ðî âî èî èà î ÷áí ù
 áí èüø î ã äèàì áððà -
 0,36 î ì (!?). Ðàñòîî ä
 òàèî é î ðî âî èî èè -
 1,25 èã ä ÷áñ, 10 èã ä
 ñî áí ó. Õáí à çà 1 èã -
 äáñÿòèè äî èèàðî ä.
 Çàððàðòó í à î áí ó
 ñî áí ó òî èüèî î î
 î ðî âî èî èà î î ãòò
 äî ñòèèèòó 400-500
 äî èèàðî ä.
 Çàÿäèèí í àÿ ñêî ðî ñòó
 ðàçàî èÿ äî ñòèèèèèü
 èèø üí à î ðüî î î ðàçà
 è ñ ðÿî î î ã äî èî.
 Î ðî äèè à òè÷í à
 í áí ðàðòó áí àÿ
 î áððàáî èèè à à
 ñêî ðî ñòî î ò ò ðàæèè äð
 äèèèèèüí î ñòòò
 ñáñø á 10 î èí.

Прежде всего, потому что не ясно назначение таких станков. Во-вторых, потому что скоростное резание имеет мало общего с главной корпоративной идеей компании "Содик" - выпуском на рынок самых точных, рентабельных и производительных электроискровых станков для прецизионной обработки.

Повышение скорости до 400...500 мм²/мин достигается, прежде всего, за счет увеличения тока генератора и форсирования струйной прокатки. Чтобы проволока не перегорала при сумасшедшем токе и безумном давлении резания предусматривают работу со специальной проволокой очень большого диаметра.

Увеличение тока разряда ведет к росту шероховатости и падению линейности поверхностей реза. Форсирование струйной прокатки создает чрезмерные и неравномерные гидродинамические нагрузки на проволоку и деталь, что приводит к сильным искажениям геометрии вырезаемой детали: недопустимой конусности, бочкообразности, "корсету" и т.п. Искажения достигают даже не соток - десятых миллиметра! Вырезанные на "скоростных режимах" детали практически не пригодны для инструментальных применений, не могут использоваться в качестве точных деталей массового производства, эти детали не подлежат исправлению на последующих проходах - слишком велики погрешности, порождаемые излишней скоростью. По сути, назначение скоростного резания - это замена грубого фрезерования там, где это может себя оправдать, а именно при мелкосерийном производстве деталей с допуском 0,1...0,2 мм. Например, скоростное резание пригодно для вырезки деталей типа гаечных ключей. Правда, непонятно, кому нужно для ключей покупать дорогостоящий ЭИ станок, если стойкость кованых ключей на порядок выше вырезанных на ЭИ станке, а себестоимость - ниже.

Поскольку функция скоростного резания не нужна инструментальщику, то этично ли предлагать покупателю платить за ненужную функцию? Отсутствие четкого ответа на этот вопрос и есть одна из причин, по которой "Содик" не запускает давно созданную модель (самую быструю в отрасли!) в массовое производство. Другая причина - резко возросший спрос на прецизионные линейные станки. Чтобы удовлетворить его, заводы "Содик" работают с полной нагрузкой и без выпуска станков скоростного резания.



Sodick

№ 1 в Японии
№ 1 в Мире

Ї ђі єçâääáí 10-ò û ñÿ÷í û é ëèí àéí û é
ýëâëò ђі èñêđî âî é ñò àí î ê

29 января 2005 г. произошло знаковое событие – торжественно объявлено о выпуске 10 000-го электроискрового станка с линейными приводами. Чтобы изготовить первые 10 тысяч линейных ЭИ станков, компании "Содик" потребовалось чуть более 6 лет. За это время были созданы новые производства и существенно модернизированы старые. Теперь компания способна производить свыше 3000 станков в год и полностью удовлетворить растущий спрос на самые точные и производительные ЭИ станки с линейными двигателями. В 2003 г. доля "Содик" на рынке Японии достигла 49,2 %. Только за год рост рынка составил 4,2 %, а с начала производства линейных станков доля рынка выросла на 10 с лишним процентов!

Все больше производителей смотрят на ЭИ станки с ШВП как на что-то вроде устаревших паровозов или магнитофонов. Сектор рынка ЭИ станков с электромеханическими приводами сместился в сторону дешевых станков. В 2003 г. полностью умер импорт ЭИ станков в Японию. Экспансия высокоточных линейных станков привела к тому, что японцы перестали покупать ЭИ станки из Швейцарии.

Будущее электроискровых станков за линейными двигателями! Приоритет "Содик" в использовании линейных двигателей в ЭИ станках защищают 30 патентов в 12 странах (+ более 40 заявок на патент)! В 2003 ~ 2004 финансовом году объем продаж «Содик» во всем мире достиг 422 млн долларов – рост за год на 26,5 %.



Новый линейный прецизионный ЭИ проволочно-вырезной станок AQ327L.

В стандартной комплектации наилучшая шероховатость – Ra 0,1 мкм, максимальная скорость резания на проволоке Ø 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 - ±25°/100 мм (±30°/85 мм).

Встроенная 3D CAD-CAM система 3Qvis (на базе Esprit и Solid Works), а также совершенная система автопрограммирования обработки с автотехнологом Heart NC. Для удобства оператора – сенсорный дисплей размером XGA 1024x768 (15"/40 см). Скоростная автозаправка проволоки, автоматическая установка уровня диэлектрика, телескопическая ванна, линейки обратной связи с дискретностью 10 нанометров по осям XYUV, оригинальная схема рекуперации для экономии электроэнергии, антиэлектронная чистовая система Super BS.

Предоставляется гарантия 2 или 3 года без ограничения ресурса.



ДЕТАЛЬ № 1

