

Двигатель

Научно-технический журнал № 3 (15) ◀ 2001



Редакционный совет

Абрамов Г.А.,
научный консультант Российского Речного Регистра

Анисин Д.Д.,
зам. руководителя Департамента мореплавания Минтранспорта РФ

Гриценко Е.А.,
ген. конструктор СНТК им. Н.Д. Кузнецова, Самара

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

Данилов О.М.,
ген. директор ЗАО "Центральная компания МФПГ "БелРусАвто", Москва

Долецкий В.А.,
президент АО "Русские моторы", Ярославль

Жарнов В.М.,
ген. конструктор ПО "Минский моторный завод"

Зазулов В.И.,
гл. конструктор НПП "ЭГА", Москва

Каблов Е.Н.,
директор ГНЦ ВИАМ

Каторгин Б.И.,
ген. конструктор, ген. директор НПО "Энергомаш", член-корр. РАН

Клименко В.Р.,
гл. инженер ОАО "Аэрофлот – РМА"

Коржов М.А.,
гл. конструктор двигателей ОАО "АвтоВАЗ", Тольятти

Крымов В.В.,
зам. ген. директора ФНПЦ ММПГ "Салют" по науке, Москва

Кузнецов А.Н.,
зам. ген. директора Российского авиационно-космического агентства

Кутенев В.Ф.,
зам. ген. директора ГНЦ НАМИ по внешнеэкономическим связям

Леонтьев Н.И.,
ген. конструктор, ген. директор КБХМ им. А.М. Исаева

Муравченко Ф.М.,
ген. конструктор МКБ "Прогресс", Запорожье

Романов В.И.,
ген. директор НПП "Машпроект" им. С.Д. Колосова", Николаев

Русак А.Д.,
начальник Департамента локомотивного хозяйства МПС РФ

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

Троицкий Н.И.,
директор НИИ двигателей

Фаворский О.Н.,
академик, член президиума РАН

Чепкин В.М.,
ген. конструктор ОАО "А. Лялька-Сатурн"

Черваков В.В.,
декан факультета авиадвигателей МАИ

Чуйко В.М.,
президент Ассоциации "Союз авиационного двигателестроения"

Шапошников Е.И.,
советник Президента РФ по авиации и космонавтике

Шматович В.В.,
председатель Совета директоров ОАО "Авиадвигатель" и ОАО "Пермский моторный завод"

УЧРЕДИТЕЛЬ
ООО "Редакция журнала "Двигатели"

ИЗДАТЕЛЬ
ООО "Редакция журнала "Двигатели"

РЕДАКЦИЯ
Главный редактор
Александр Бажанов
Заместитель главного редактора
Дмитрий Боев

Ответственный секретарь
Александр Медведь

Финансовый директор
Галина Чекина

Редакторы:

Андрей Касьян, Людмила Клименко,
Валентин Шерстянников

Литературный редактор
Лидия Рождественская

Художественный редактор
Людмила Жемуранова

Дизайн и верстка
Александр Коваленко

Техническая поддержка
Александр Бобылев

В номере использованы
фотографии, эскизы и рисунки:

Александра Бажанова,
Дмитрия Боева,
Льва Берне,
Александра Медведя

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111250, Россия, Москва,
ул. Авиамоторная, 2
Тел.: (095) 362-39-25
Факс: (095) 362-39-25
E-mail: engine@ztl.ru
http://www.engines.da.ru

Рукописи не рецензируются
и не возвращаются.

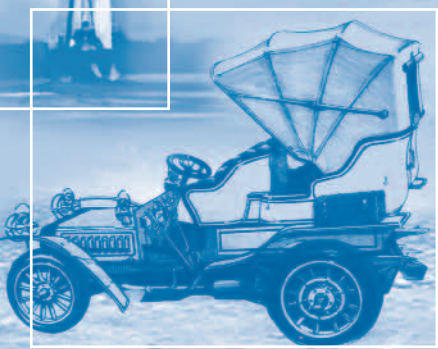
Редакция не несет ответственности
за достоверность информации
в публикуемых материалах.

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"
г. Москва
Тираж 5000 экз.
Цена свободная



СОДЕРЖАНИЕ

№ 3 (15) май-июнь 2001

2 Необходимость кардинальных решений

Интервью с В. Богуслаевым

5 Авиационному двигателестроению в Запорожье - 85 лет

Ю. Басов, Ю. Курченко

12 Потребительские товары ОАО "Мотор Сич" - высокая надежность, гарантия качества, доступные цены

Л. Пирогов, С Головин, В. Приходько

15 Содружество науки и производства

П. Жеманюк, М. Рылин, С. Кикеев

16 Служба обеспечения качества и достоверности измерений

В. Яковлев, П. Капто

18 Система качества ОАО "Мотор Сич"

М. Карпуть, И. Лебедева

19 Новые технологии повышают КПД двигателя

Е. Клодницкий

20 Внешнеторговая фирма - гарант процветания предприятия

П. Хомутов, Ю. Князева

22 Направления и этапы сотрудничества технологической службы завода с НИИ, ОКБ и другими разработчиками

В. Мозговой, В. Мигунов, Р. Шахмаев

24 Новые технологии ускоренного получения заготовок лопаток авиадвигателей на базе систем быстрого прототипирования

В. Леховицер, Е. Липский, К. Балушок

26 Прогрессивные процессы металлургического производства - основа обеспечения высокого качества продукции

И. Быков, Ю. Кресанов

29 Высокопроизводительная обработка жаропрочных и титановых сплавов

В. Великий, К. Рябов

30 Основные тенденции развития сварочного производства на ОАО "Мотор Сич". Проблемы и перспективы

П. Жеманюк, И. Петрик

32 Дальнейшее развитие технологии упрочнения бандажных полок лопаток турбины из жаропрочных сплавов

И. Петрик, И. Перемилловский

33 Газотурбинные приводы перекачивающих агрегатов и электростанций

А. Морозов, Е. Якубенко

34 Определение оптимальных режимов сварки титановых деталей

П. Жеманюк, И. Петрик, В. Крюковский

36 Об одном методе устранения разрушения болтового соединения вал-диск газотурбинного двигателя

М. Рылин, Б. Федоренко, М. Юфа

38 Концепция создания ГТД-6РС

Ю. Елисеев, В. Беляев, М. Синкевич

42 Двигатели ВК: первый двухконтурный

П. Изотов, Д. Изотов

44 Александр Микулин, человек-легенда

Л. Берне, В. Перов

48 Авиаторы в Политехническом музее

Д. Боев



44



38



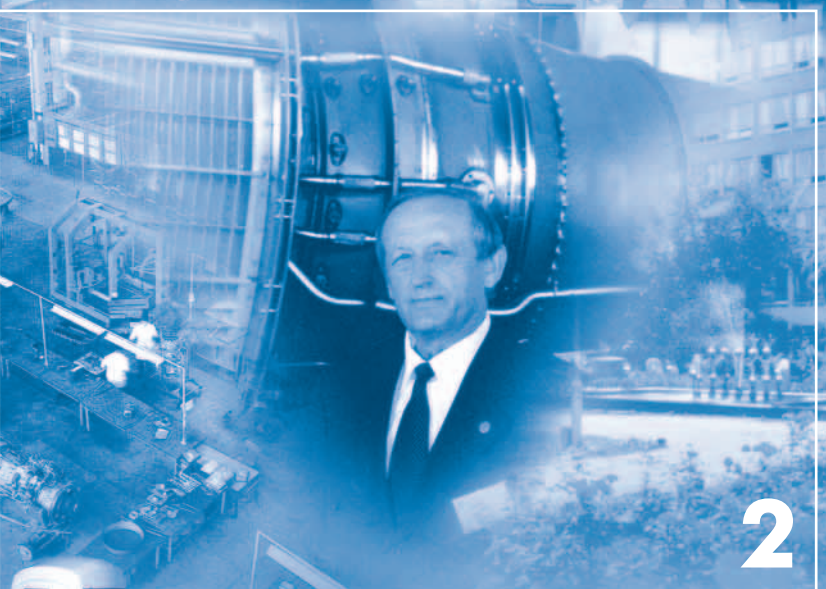
20



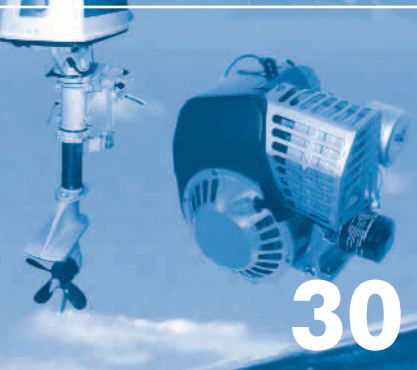
16



5



2

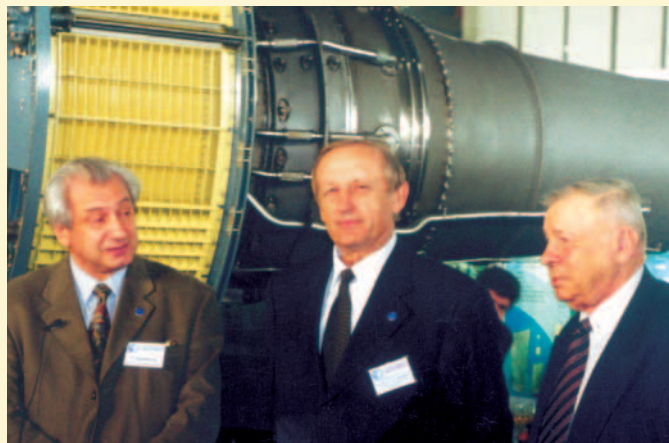


30



5

НЕОБХОДИМОСТЬ КАРДИНАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ



Читатели журнала "Двигатель", ознакомившись в этом номере со статьями специалистов объединения "Мотор Сич", получат представление об истории этого предприятия, сегодняшних проблемах и путях их решения, узнают и о новых технологиях, способствовавших завоеванию предприятием своего рынка такой наукоемкой продукции, какой является современный газотурбинный двигатель, применяемый сегодня и на летательных аппаратах, и в наземных промышленных установках. Тем не менее, редакция журнала "Двигатель" попросила Вячеслава Александровича Богуслаева – генерального директора ОАО "Мотор Сич" – ответить на некоторые вопросы и высказать свое мнение о проблемах развития двигателестроения и авиационной отрасли в наших странах, тем более что возглавляемое им предприятие обеспечивает Украине престижный статус страны-производителя современных авиационных двигателей. Редакция считает, что его мнение может быть интересным для руководителей российских предприятий, государственных и политических деятелей.

"Двигатель": Во времена Советского Союза у предприятий двигателестроительной отрасли практически не было друг от друга технологических секретов. Специалисты одного завода при необходимости направлялись в смежные организации, проводились семинары, конференции, обмен опытом и другие мероприятия. Теперь между ОАО "Мотор Сич" и российскими предприятиями государственная граница. Как это влияет на взаимоотношения между предприятиями наших стран? Какие проблемы существуют, на каком уровне и какими путями они, на Ваш взгляд, должны решаться?

Вячеслав Богуслаев: Сегодняшние государственные границы, конечно, внесли определенные трудности во взаимоотношения с нашими родственными предприятиями, но не настолько, чтобы мы прятали секреты друг от друга. Мы, как и прежде, и на территории нашего предприятия, и на территории московских моторных предприятий, и в Уфе, и в Казани, и в Самаре проводим научно-технические конференции, где не только рассказываем о достижениях по отдельным направлениям технологии и конструктивным особенностям двигателя, но и делимся опытом. Проводя два раза в году заседания Межгосударственного координационного совета или выездного заседания АССАД на нашем предприятии, мы выставляем, как и прежде, все, чем мы сегодня владеем, что у нас появилось нового для обмена опытом с теми, кто к нам приезжает. Я скажу, что удерживать секреты нет необходимости – это бессмысленно, потому что мы несколько отстаем сегодня в технологии от того уровня, который есть на Западе. Поэтому мы заимствуем новинки друг у друга. Дело в том, что мы связаны совместными программами и нам нужна скорость, нам нужна инициатива, нам нужны дешевые технологические приемы для того, чтобы быстрее выйти на рынок. Поэтому границы не внесли существенного разноробия в работе моторных и авиационных предприятий бывшего Советского Союза. Вот с западными предприятиями, нашими конкурентами, мы работаем, конечно, по-другому. Нам не удалось в течение последних десяти лет наладить серьезное тесное сотрудничество с самолетостроительными компаниями. Сначала мы думали, что сможем организовать совместные предприятия, а оказалось, что западные фирмы – просто конкуренты, у которых один интерес – завоевать у нас рынок в наших странах и совершенно нет интересов по совместной деятельности.

"Д": Во всем мире наблюдаются процессы укрупнения авиационных и двигателестроительных фирм, компаний, корпораций. При

этом происходит как полное поглощение одних другими (покупка 100 % акций), так и взаимное приобретение акций. Какова Ваша оценка этого явления? Акции каких российских и западных авиадвигателестроительных компаний приобрело бы ваше предприятие?

В.Б.: Да, сегодня в постсоветском пространстве имеются предприятия различной формы собственности, поэтому мы надеемся, что парламенты стран России и Украины, других стран создадут такой механизм, который бы позволил нам на равных и взаимовыгодно объединяться в какие-то финансовые группы. Но как только "политическая телега" оказалась впереди "экономической лошади", так все поменялось и у нас. Мы сегодня имеем законы в России по финансово-промышленным группам, а у нас – по промышленно-финансовым группам, даже названия разные. Наш украинский закон о промышленно-финансовых группах полностью политизированный, направленный против того, чтобы на территории Украины присутствовали иные производители. К сожалению, у нас не удалось создать такие промышленно-финансовые группы. Это во-первых. Во-вторых, предприятия могут укрупняться по двум направлениям:

1. Для решения комплекса целевых задач. Ну, скажем, для выполнения каких-то конкретных заказов, что мы и делаем сегодня. Все это возможно, только если есть собственные оборотные средства.

2. Для создания финансово-промышленных групп, которые позволили бы нам привлечь банковский или частный капитал.

Я прямо скажу, что и в России, и в Украине немного частного капитала, который сегодня с желанием вкладывается в долгосрочные программы. Ведь цикл создания двигателя составляет 5-7 лет и, значит, на 5-7 лет нужно заморозить деньги и только на десятый год можно ожидать каких-то возвратных поступлений. Пока такого стремления у "новых русских" или "новых украинцев" мы не наблюдаем. Тем не менее, мы создали вместе с российскими предприятиями шесть совместных предприятий, и с ОКБ, и с серийными заводами по решению тех комплексных целевых задач, о которых я говорил вначале. Я с удовольствием могу назвать предприятия: Казанское моторостроительное объединение, где руководитель Александр Филиппович Павлов; Уфимское моторостроительное объединение, где директором Валерий Павлович Лесун; Московское объединение "Салют", где директором Юрий Сергеевич Елисеев. Самое мощное объединение у нас произош-

ло с Санкт-Петербургским ОКБ и заводом им. В.Я. Климова, где руководителем Александр Александрович Саркисов. Мы объединяем свои усилия с Самарой по новому направлению развития - созданию 12-тонной машины под будущий перспективный самолет. Мы, конечно, понимаем, что сегодня на многих предприятиях существует частная собственность или собственность акционеров, и мы сделали не только первые попытки, но и реальные шаги по приобретению акций, т.е. мы вкладывали деньги в некоторые моторостроительные и авиационные предприятия России. Есть интерес и к акциям нашего предприятия, и мы будем работать с теми, кто взаимовыгодно сегодня будет развивать это направление. Безусловно, за этим будущее. Мы обязаны сливаться не только производственными мощностями, но и нашими финансами. Речь не идет о полном поглощении одного предприятия другим. Хотя я и в этом не вижу ничего плохого. Если, скажем, есть предприятие, которое работает лучше, чем мы, и оно берет нас под свое крыло, используя наши мощности, мы будем с удовольствием сотрудничать с этим предприятием или с любым другим, которое по государственному и в пользу нашего коллектива будет решать объединительные процессы.

Но если говорить о наиболее перспективных предприятиях, у которых мы хотели бы купить акции или обменяться капиталом, то я их назвал. Мы уже друг друга выбрали и работаем сегодня на паритетных и доверительных началах, скрепленных, прежде всего, договорами между предприятиями в рамках Межправительственных соглашений. Я подчеркиваю: мы все наши действия и со стороны российских предприятий, и со стороны нашего предприятия делаем в рамках существующих Межправительственных соглашений. Новую тематику мы оформляем протокольным дополнением к этим соглашениям и только с разрешения наших правительств мы занимаемся сегодня совместной деятельностью. Поэтому у нас есть, конечно, задумки, на какие предприятия в России выходить в дальнейшем с тем, чтобы не поглощать, а, наоборот, давать работу тем производителям, которые есть в России, и совместно создавать необходимую сегодня народам России и Украины новую технику как авиационную, так и наземную.

"Д": В последние годы, и особенно часто в последнее время, в России идут разговоры о необходимости реструктуризации

авиационной промышленности в целом и ее двигателестроительной компоненты, в частности. Каково Ваше мнение об этой проблеме и об эффективности предлагаемых мероприятий? Как они повлияют на взаимоотношения российских предприятий между собой и с ОАО "Мотор Сич"?

В.Б.: Относительно реструктуризации авиационной промышленности, которую сегодня пытаются делать в России. Реструктуризацию надо понимать и как разъединение, во-первых, а во-вторых, как объединение. По первому пути пошли на некоторых предприятиях, скажем, на Самарском авиационном заводе "Авиакор", где существует больше 10 всяких малых предприятий, кооперативов, не объединенных ни единой целью, ни задачами, фактически идет растаскивание предприятия. Это не та реструктуризация. Все вывозят на металлолом, не создали за последние 10 лет ни одного рабочего места, а, наоборот, потеряли десятки тысяч рабочих мест. А попытки российского правительства реструктуризировать с точки зрения объединения усилий работающих предприятий, сохранив при этом тех, кто остался из кадров, вовлечь туда потом молодежь и спасти таким образом двигателестроение, агрегатостроение, самолетостроение по направлениям: боевая авиация, гражданская авиация, транспортная авиация, вертолетостроение - можно только приветствовать. Если эти будущие создаваемые холдинги или корпорация позволят туда вступить нашему запорожскому предприятию, мы, безусловно, пойдем на это на любых условиях, потому что мы не мыслим себя в отрыве от тех задач и целей, которые заставляют объединяться моторостроительные и другие предприятия. Это правильно. Также было бы правильным создать министерство по оборонным отраслям. Это чудачки когда-то разрушили такое министерство и подчинили разные его подотрасли Минэкономки, Минфинансов, Минторговли. Это разрушительная реструктуризация. Нужно немедленно объединить всех, но я думаю, создаваемые холдинги должны обязательно подчиняться какой-то государственной структуре. Почему? Если будут просто холдинги - будет лоббирование интересов каждого холдинга в отдельности. Если будет над этим стоять совет из уважаемых в государстве людей, то лоббирование будет идти через научно-технические советы, где можно не взятками, а научными аргументами доказать преимущество той или иной схе-



мы, того или иного самолета, вертолета или двигателя. Так сделано в Америке, там есть НАСА, где разбирают предложения фирм "Боинг" или "Локхид" или других авиационных компаний. Есть орган, подчиненный президенту, который занимается отслеживанием всего нового, что делается в этих холдингах, крупных корпорациях или крупных компаниях. Если просто создать холдинги и опять надеть на них уздечку под видом рыночных отношений - ничего из этого не выйдет. Все равно будут растаскивать скудное бюджетное ассигнование по принципу: каждой сестре по серьге. Поэтому я и все мы за то, чтобы было министерство, оно нам нужно. Еще раз повторяю: не для управления нами, а для проведения научно-технических совещаний, справедливого распределения бюджетных средств на новую технику прежде всего, для определения, кому выживать, а кому надо посоветовать иное направление в развитии своего предприятия. Точно также, я убежден, необходимо министерство торговли или министерство авиации, которому следует сегодня заниматься созданием рынка. Просто министерство, которое будет работать с предприятиями, производящими продукцию на склад, никому не требуется. Нам необходимо министерство, которое изучает и создает рыночные условия, определяет потребности в нашей продукции, дает заказы на те виды авиационных услуг, которые нужны сегодня на рынке, взаимодействуя с теми, кто производит эту технику. Сегодня нет рынка, сегодня потеряно информационное пространство, сегодня мы работаем по принципу "тычка". Где-то наше движение совпало с потребностью на рынке, где-то мы не попадаем. Я бы так сказал, что у нас коэффициент полезного действия работы на рынке с заказчиками равен 15-20 %, не больше. И каждый год меняются руководители над нами, и надо начинать работать на рынке с начала, с нуля. Поэтому я за то, чтобы министерство такое было создано.

"Д": Разработка и производство современных двигателей требуют значительных интеллектуальных и финансовых затрат. Отдельным предприятиям сегодня такое не под силу, поэтому, как правило, организуется совместное производство. Известно, что ОАО "Мотор Сич" совместно с российскими предприятиями изготавливает как авиационные, так и промышленные двигатели. Как Вы считаете, каковы перспективы у этого направления? Ваше мнение о целесообразности и возможности сотрудничества с компаниями Запада?

В.Б.: С компаниями Запада у нас не получается, и надо всем нам забыть о Западе раз и навсегда. У нас свои рынки, нам нужно их отстаивать, потому что на наши исконные рынки продвигаются западные компании, которые исследовали нас несколько лет, приняли меры и сегодня работают над тем, чтобы снижать цены на свою продукцию. Снижение цены идет в виде 10-летних товарных кредитов через Межправительственные соглашения. На наши рынки уже продвигаются конкуренты. Поэтому мы не против с ними работать, но только на равных условиях. Они сегодня не делают ничего для того, чтобы мы могли на этом рынке работать.

"Д": Практически все крупнейшие двигателестроительные компании Запада производят и автомобильные, и авиационные, и

ракетные двигатели. Некоторые из них создают также двигатели для морских и речных судов и железнодорожных локомотивов. При этом руководством этих компаний стимулируется перекрестное использование новейших технологий, что позволяет разрабатывать самые совершенные изделия по каждому направлению. Возможно ли такое в наших странах, и не считаете ли Вы целесообразным для координации этого процесса иметь единый руководящий орган, нечто вроде Министерства двигателестроения?

В.Б.: Сегодня моторостроительные предприятия России и наше предприятие кроме авиационной тематики занимаются наземной техникой - это газотурбинные приводы для газоперекачки, электростанций, дизельные, карбюраторные двигатели, моторы для сельскохозяйственных машин. Это правильно. Мы уже осознали, что просто делать что-то одно, как раньше мы делали, быть монополистом в каком-то направлении нельзя.

Поэтому нужно иметь всегда 2-3 сильных производства с тем, чтобы конъюнктурный спрос или колебания на рынке предприятие в целом и коллектив не ощущали, чтобы можно было компенсировать все эти колебания перераспределением прибыли от производства различной техники. Это не зависит от того, будет министерство или нет. Такую политику должен строить сам директор предприятия или совет акционеров, или совет директоров. Но такая ближняя или дальняя магистраль политики должна обязательно быть.

Стратегия, тактика, правильно построенная нами или другими директорами, скажем, 10 лет назад, сегодня себя оправдывает. И кто эту стратегию не строил и тактически не решал каждый день, каждый год сиюминутные задачи - тот, наверное, сегодня плохо себя чувствует в экономических преобразованиях. Поэтому мы с удовольствием и удовлетворением отмечаем, что целый ряд российских моторостроительных предприятий, принявших такие стратегические программы в прошлом, сегодня начинают успешно осваивать рынки



и на энергонаправлении, и в химии, и в атомной энергетике, и в сельскохозяйственном машиностроительном направлении. Это очень важно, тем более что технологии, которыми мы все обладаем, уникальны. Сегодня российские и украинские ОКБ способны осуществлять самые сложные передовые разработки. Другое дело, что по нашим рыночным условиям вроде бы дороговато, но когда помотришь, сколько новая разработка и новые изделия стоят на том самом Западе, куда мы подсматривали левым глазом, то оказывается, что наши цены в 2-3 раза ниже, чем на Западе.

И вообще, хороших вещей дешевых не бывает. Хорошие разработки с хорошим ресурсом, с хорошим качеством всегда дорогие. Другое дело, что у нас рынок сегодня вялый, на рынке мало денег и надо, конечно, гибко вести политику по реализации продукции. Сегодня многие предприятия пошли по лизинговой схеме, по собственной заводской лизинговой схеме, и мы в том числе, для того чтобы предложить свои услуги на рынке очень гибко и удобно для тех, кто эксплуатирует нашу авиационную и наземную технику.

Без кардинальных решений для судьбы каждого коллектива, я думаю, сегодня не обойтись. ◀



АВИАЦИОННОМУ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЮ В ЗАПОРОЖЬЕ -

Юрий Басов,
главный конструктор
Юрий Курченко,
главный конструктор проекта

85 ЛЕТ



Восемь с половиной десятилетий тому назад на берегах Днепра был создан первый в Украине авиационный двигателестроительный завод. Непрерывно развиваясь и совершенствуясь, осваивая новую, все более сложную технику, предприятие прошло славный путь. Ныне оно носит наименование открытое акционерное общество "Мотор Сич".

Свое 85-летие ОАО "Мотор Сич" встречает как одно из крупнейших в мире и единственное украинское предприятие по производству, сопровождению в эксплуатации и ремонту 55 типов и модификаций надежных и экономичных авиационных газотурбинных двигателей: от небольших вспомогательных силовых агрегатов до мощнейших силовых установок самых крупных в мире самолетов "Руслан" и "Мрія", вертолетов Ми-26, а также промышленных газотурбинных приводов.

Потребителями наших двигателей являются всемирно известные самолето- и вертолетостроительные ОКБ - Антонова, Бериева, Ильюшина, Туполева, Яковлева, Камова и Миля, а также чешская фирма Aero Vodochody и китайская компания HAIC(G). В гражданской и военной авиации 105-ти стран эксплуатируются самолеты и вертолеты 61-й модели, оснащенные двигателями ОАО "Мотор Сич".

На нашем предприятии в свое время работали генеральные конструкторы авиационных двигателей С.К. Туманский, А.Г. Ивченко и В.А. Лотарев, а также генеральный конструктор космической техники В.Н. Челомей.

Здесь же находятся исторические истоки двух других предприятий - Омского моторостроительного производственного объединения им. П.И. Баранова и Запорожского машиностроительного конструкторского бюро "Прогресс" им. А.Г. Ивченко.

История предприятия началась в далекие годы Первой мировой войны, когда Петербургское акционерное общество "Дюфлон, Константинович и К^о" (сокращенно "Дека") организовало на юге России, в Александровске (так тогда назывался город Запорожье), производство авиадвигателей. По площади кирпичных производственных зданий завод, получивший название "Дека", превосходил любой из существовавших моторных заводов царской России, а по своему оснащению являлся одним из лучших.

Первенцем предприятия стал собранный в сентябре 1916 г. вертикальный однорядный шестицилиндровый двигатель типа "Мерседес" мощностью 100 л.с. с водяным охлаждением, получивший название "Дека" М-100. Дату изготовления этого двигателя принято считать днем рождения нашего завода.

В дальнейшем мощность двигателя усилиями специалистов "Дека" удалось повысить до 129 л.с. а затем и до 168 л.с. Мотор устанавливался на нескольких модификациях самого большого бомбардировщика Первой мировой войны - четырехдвигательного "Ильи Муромца", сконструированного выдающимся авиаконструктором И.И. Сикорским.

Пережив пожар гражданской войны, завод, получивший в 1920 г. наименование "Большевик" № 9, вначале приступил к ремонту, а затем и к изготовлению деталей авиадвигателей "Рено".

В 1923 г. предприятие получило задание освоить серийное производство двигателей "Испано-Сюиза" 8FB мощностью 300 л.с. на номинальном режиме. Они предназначались для осна-

щения большой партии закупленных за границей истребителей "Фоккер" D-XI и "Мартинсайд" F-4.

Необходимо отметить, что рабочие чертежи двигателя, переименованного в Советском Союзе в М-6, и другая техническая документация были разработаны на московском заводе "Икар" (ныне ФНПЦ ММП "Салют"), с которым ОАО "Мотор Сич" успешно сотрудничает и сегодня по самым современным двигателям Д-436Т1/ТП, Д-27 и АИ-222-25.

Помимо упомянутых выше истребителей, двигатель М-6 устанавливался также на другие отечественные самолеты - переходный (по нынешней терминологии - УТС повышенной подготовки) самолет П-2 конструктора Н.Н. Поликарпова и санитарный самолет К-4 харьковского авиаконструктора К.А. Калинина.

Следующей важной вехой в истории завода стал пятицилиндровый звездообразный мотор воздушного охлаждения М-11. Это был первый авиационный двигатель отечественной конструкции, введенный в крупносерийное производство. Он был спроектирован в 1924 г. под руководством А.Д. Швецова в содружестве с металлургом Н.В. Окромешко в рамках конкурса на двигатель для учебных самолетов. Серийное производство двигателя М-11 началось в 1927 г. В декабре того же года наше предприятие получило новое наименование - Государственный авиационный завод № 29.

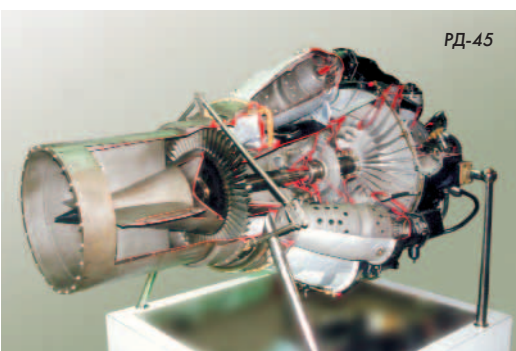
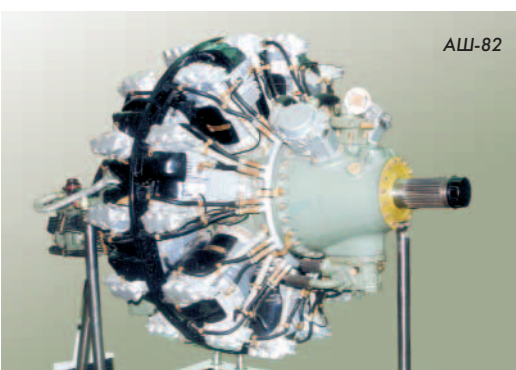
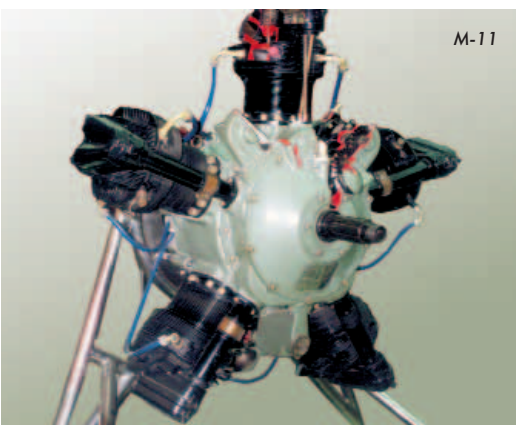
В июле 1930 г. на заводе был организован опытно-конструкторский отдел под руководством главного конструктора А.С. Назарова. Этот коллектив создал ряд модификаций двигателя М-11, последовательно добившись повышения его мощности со 100 до 150 л.с., при этом ресурс довели до 400 ч. Производство М-11 продолжалось более 30 лет, всего было изготовлено свыше 120 тысяч таких моторов.

Высокие качества двигателя М-11, в том числе надежность, неприхотливость в эксплуатации и низкая стоимость, позволили ему стать основным двигателем отечественной учебной и легкомоторной авиации. Он эксплуатировался на летательных аппаратах 88 типов, как серийно выпускавшихся (У-2 (По-2), Ш-2, УТ-1, УТ-2, Як-18, Як-6 и т.д.), так и экспериментальных и опытных. Помимо самолетов мотором М-11 оснащали планерлеты (ныне именуемые мотопланерами) и автожиры.

Бесценный опыт, приобретенный в ходе производства и доводки двигателя М-11, позволил в середине 1930 г. перейти к серийному выпуску более мощного авиационного мотора М-22 (такое наименование получил в Советском Союзе лицензионный Бристоль "Юпитер" VI). Этот звездообразный девятицилиндровый двигатель воздушного охлаждения мощностью 570 л.с. на взлетном режиме оказался весьма ценным приобретением для отечественной авиации.

Мотор М-22 производился до 1935 г., а эксплуатировался вплоть до 1941 г. Всего было выпущено более восьми тысяч моторов, которые устанавливались на 25 моделях самолетов военной и гражданской авиации. В их числе серийные истребители И-4 (АНТ-5) конструктора А.Н. Туполева, И-5 и первые серии истребителей И-15 и И-16 конструктора Н.Н. Поликарпова, пассажирские К-5 К.А. Калинина, "Сталь-3" А.И. Путилова, ХАИ-1 И.Г. Немана.

В 1933 г. нашему заводу было присвоено имя начальника Главного управления авиационной промышленности П.И. Баранова, трагически погибшего в авиакатастрофе.



С целью ликвидации сложившегося к началу тридцатых годов отставания отечественного авиадвигателестроения от зарубежного в 1932 г. правительство СССР приняло решение о приобретении лицензий на производство новейших образцов зарубежных двигателей. Одним из них стал 14-цилиндровый двухрядный звездообразный мотор "Мистраль-Мажор" 14К фирмы "Гном-Рон" (Франция) мощностью 850 л.с., производство которого под обозначением М-85 было развернуто в 1934 г. на нашем заводе.

В дальнейшем заводскими конструкторами были созданы следующие модификации двигателя М-85:

- в 1936 г. - М-86 с редуктором под винт изменяемого шага;
- в 1937 г. - М-87 мощностью 950 л.с. на номинальном режиме;
- в 1939 г. - М-88 мощностью 1100 л.с. на номинальном режиме;
- в 1940 г. - М-89 мощностью 1300 л.с. и его форсированная модификация мощностью 1580 л.с.;
- в 1941 г. - М-90 - 18-цилиндровый мотор мощностью 2000 л.с.

Эти двигатели устанавливались на самолетах почти 40 моделей, в том числе на опытные истребители И-180, дальние бомбардировщики ДБ-3 и Ил-4, многоцелевые самолеты Су-2 и др.

Вероломное нападение гитлеровских войск 22 июня 1941 г. нарушило мирную жизнь запорожских моторостроителей. Нависла угроза оккупации, и 12 августа 1941 г. на завод поступил приказ об эвакуации в Омск.

Благодаря помощи омичей уже в ночь с 6 на 7 ноября 1941 г. вышел на испытания первый изготовленный на новом месте мотор М-88Б, который своим ревом известил о втором рождении завода. В Омске предприятие освоило производство двигателя АШ-82ФН мощностью 1850 л.с., разработанного А.Д. Швецовым. Этот двигатель успешно эксплуатировался на истребителях Ла-5 и Ла-7, а также на фронтовом бомбардировщике Ту-2. Всего за годы войны завод изготовил 10 512 двигателей М-88Б и 17 526 АШ-82ФН.

После освобождения Запорожья в октябре 1943 г. правительство приняло решение об организации на территории (а точнее сказать - на руинах) бывшего завода № 29 базы ремонта авиадвигателей М-88Б, получившей наименование завод № 478. В соответствии с приказом наркома авиапромышленности А.И. Шахурина № 193 от 5 мая 1945 г. на заводе было создано опытно-конструкторское бюро № 478, задачей которого являлась разработка новых и модернизация ранее созданных авиационных двигателей средней и малой мощности для гражданской авиации.

Впоследствии это ОКБ переименовали в Запорожское машиностроительное конструкторское бюро (ЗМКБ) "Прогресс", получившее широкую известность не только в отечественном, но и в мировом авиадвигателестроении. Возглавил ОКБ № 478 кадровый конструктор завода А.Г. Ивченко, ставший позже генеральным конструктором. Его имя затем было присвоено ЗМКБ "Прогресс".

Основу коллектива нового ОКБ составляли опытные специалисты нашего завода прошедшие великолепную школу создания и доводки авиадвигателей от М-11 до М-88Б и АШ-82ФН.

В 1947 г. предприятию было поручено освоение серийного производства усовершенствованного мотора М-11ФР-1 по документации, полученной от московского завода № 21. Двигатель имел мощность 160 л.с. и ресурс 200 ч. В процессе производства заводские специалисты довели его ресурс до 400 ч. Мотором М-11ФР-1 оснащался самолет Як-18.

В том же 1947 г. в ОКБ-478 под руководством А.Г. Ивченко закончилась разработка первого двигателя собственной конструкции М-26ГР (вертолетный, редукторный) мощностью 500 л.с. Он стал первым не только в Советском Союзе, но и в мире поршневым мотором воздушного охлаждения, специально предназначенным для вертолетов. После успешного окончания комплекса испытаний в ноябре 1947 г. этому мотору был присвоен индекс "АИ" - "Александр Ивченко", с тех пор являющийся фирменным обозначением двигателей разработки ЗМКБ "Прогресс".

Двигатель АИ-26ГР и его модификации АИ-26ГРФ (мощностью 550 л.с.), АИ-26ГРФЛ (мощностью 575 л.с.) устанавливались на вертолеты Г-4, Б-5, Б-9, Б-11 конструктора И.П. Братухина и экспериментальный вертолет Як-100, а очередная модификация АИ-26В (мощностью 575 л.с.) - на вертолет Ми-1.

В дальнейшем производство двигателей семейства АИ-26 было передано на другое предприятие, а завод с 1949 г. начал серийное производство 9-цилиндрового однорядного двигателя воздушного охлаждения АШ-62ИР мощностью 1000 л.с., предназначенного для самолетов Ли-2 и Ан-2. Выпуск АШ-62ИР осуществлялся по документации, полученной с рыбинского авиадвигательного завода. "Шестьдесят второй" оказался последним поршневым авиационным мотором, серийно производившимся на нашем заводе. С 1953 г. завод перешел к производству газотурбинных двигателей.

Реактивным первенцем стал двигатель РД-45 тягой на взлетном режиме 2270 кгс. Он был разработан в ОКБ-45 под руководством В.Я. Климова на базе лицензионного турбореактивного двигателя (ТРД) "Нин" фирмы "Роллс-Ройс". Двигатель устанавливался на истребителях МиГ-15, а также на бомбардировщиках Ил-28 и Ту-14. Производство РД-45 на нашем предприятии продолжалось до второго квартала 1958 г. Его ресурс был доведен до 300 ч.

В 1956 г. завод начал освоение производства конструктивно аналогичного двигателя РД-500 с тягой на взлетном режиме 1590 кгс. Он был разработан в ОКБ завода № 500 (в

настоящее время ТМКБ "Союз") также под руководством В.Я. Климова на основе лицензионного ТРД "Дервент-5" фирмы "Роллс-Ройс". Этими двигателями в короткоресурсном варианте оснащались самолеты-снаряды (крылатые ракеты наземного базирования) ФКР-1 разработки главного конструктора А.Я. Березняка.

В 1955 г. ОКБ Н.Д. Кузнецова и ОКБ А.Г. Ивченко получили задание на разработку турбовинтовых двигателей (ТВД) взлетной мощностью 4000 л.с. для среднемагистральных пассажирских самолетов ОКБ О.К. Антонова и С.В. Ильюшина. Этот, как принято теперь называть, тендер выиграло запорожское ОКБ. В 1957 г. созданный им двигатель АИ-20 успешно прошел государственные испытания и был запущен в серийное производство одновременно на двух заводах - запорожском и пермском. Резервы, заложенные в конструкцию АИ-20 на этапе проектирования, позволили в дальнейшем создать целое семейство модифицированных двигателей мощностью от 4000 до 5180 л.с.

Почти 14 тысяч ТВД этого типа успешно эксплуатировались на первых отечественных турбовинтовых военно-транспортных самолетах Ан-8 и Ан-12, пассажирских Ил-18 и Ан-10, амфибиях Бе-12. И сегодня продолжают летать оснащенные двигателями АИ-20 ветераны Ан-12, небольшое количество Ил-18 и все еще значительный парк противолодочных самолетов Ил-38.

Модификации двигателя АИ-20Д серии 5 и серии 5Э, которые предназначены для эксплуатации на транспортных самолетах Ан-32 в условиях жаркого климата и высокогорных аэродромов, выпускаются на предприятии и сегодня.

На основе АИ-20 с использованием теории подобия было создано семейство двигателей меньшей размерности АИ-24 мощностью от 2550 до 2820 л.с. С 1961 г. выпущено более 11 тысяч таких ТВД, которые устанавливались на пассажирских самолетах Ан-24, транспортных Ан-26, а также на самолетах Ан-30, предназначенных для аэрофотосъемки и других специальных работ.

АИ-24 послужил базой для разработки конструкторами нашего завода бортовой энергетической установки АИ-24УБЭ, используемой на самолетах дальнего радиолокационного обнаружения А-50 в качестве источника электроэнергии для питания бортового радиоэлектронного оборудования.

Необходимость дальнейшего повышения лётно-технических и эксплуатационных характеристик самолётов привела к созданию экономичных турбореактивных двухконтурных двигателей (ТРДД). Для нашего предприятия первым двигателем этого типа стал созданный в 1967 г. двигатель АИ-25 (кстати, самый маленький из отечественных самолётных ТРДД) тягой 1500 кгс на взлётном режиме. Тремя такими двигателями оснащался широко известный самолёт Як-40. Всего выпущено почти 6,5 тысяч ТРДД типа АИ-25.

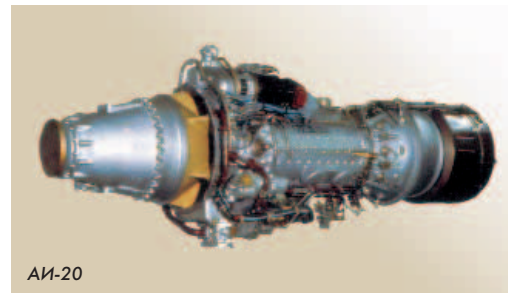
Впервые в практике отечественного авиадвигателестроения двигатель АИ-25 в составе самолёта Як-40 был сертифицирован Авиационным регистром ФРГ и Италии на соответствие нормам лётной годности (FAR и VCAR, соответственно).

В 1973 г. наше предприятие освоило производство двигателя АИ-25ТЛ для учебно-тренировочного самолёта L-39 чехословацкой фирмы Aero Vodochody. Являясь модификацией базового двигателя, АИ-25ТЛ имел увеличенную до 1720 кгс тягу благодаря повышению степени сжатия компрессора и температуры перед турбиной. Высокая (по тем временам) температура газов 1230К потребовала внедрения в производство нового технического решения - охлаждаемых рабочих лопаток первой ступени турбины.

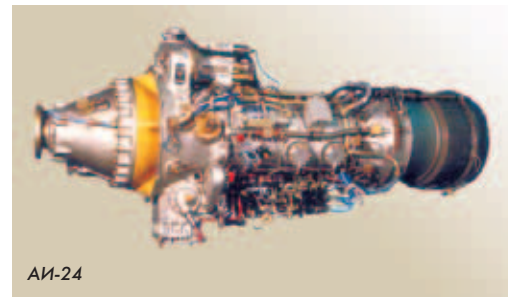
АИ-25ТЛ стал одним из самых массовых в мире двигателей для учебно-тренировочных самолётов. На сегодняшний день выпущено около пяти тысяч АИ-25ТЛ, которые эксплуатируются в 37 стра-



А.Г. Ивченко



АИ-20

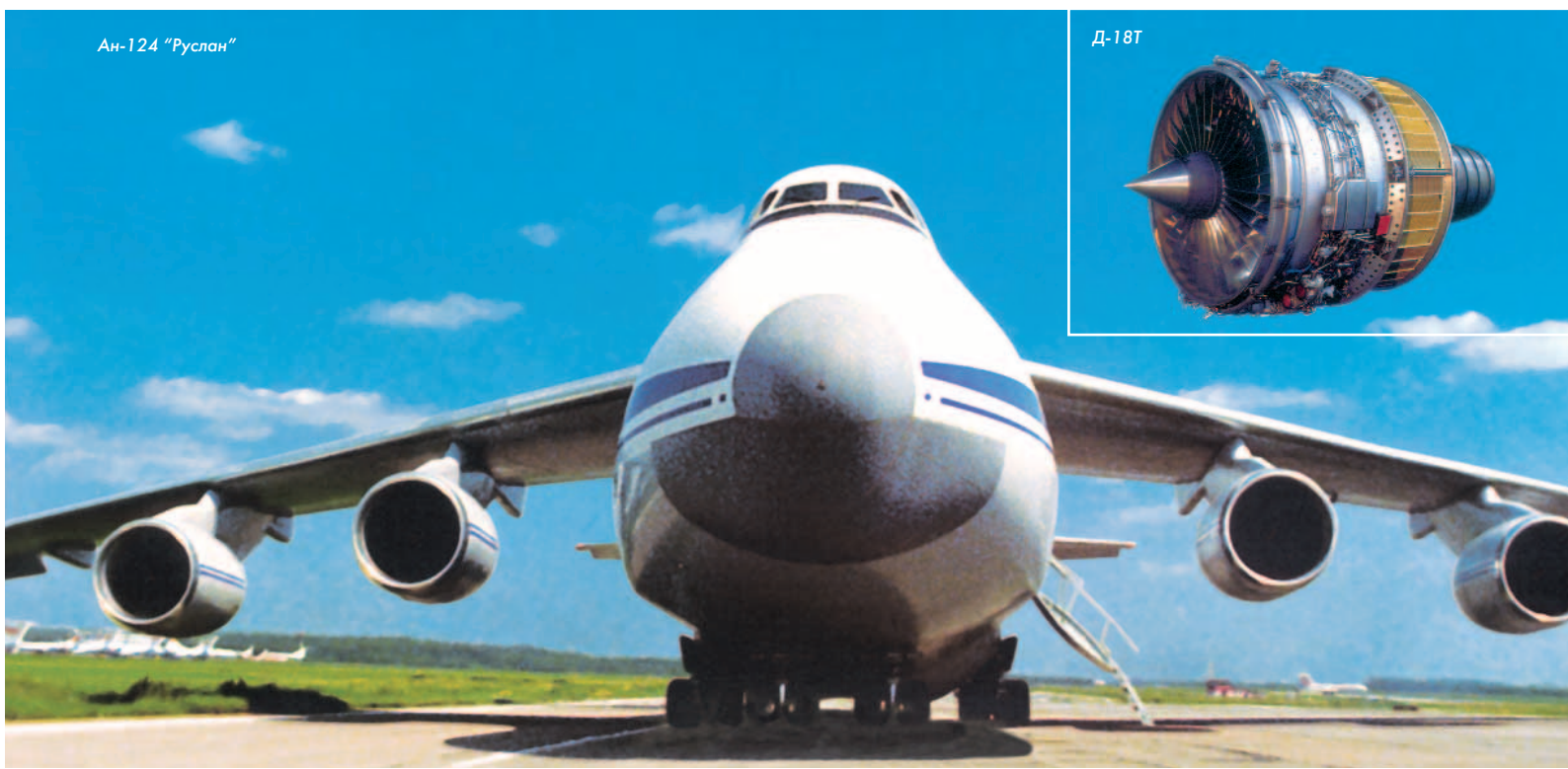


АИ-24



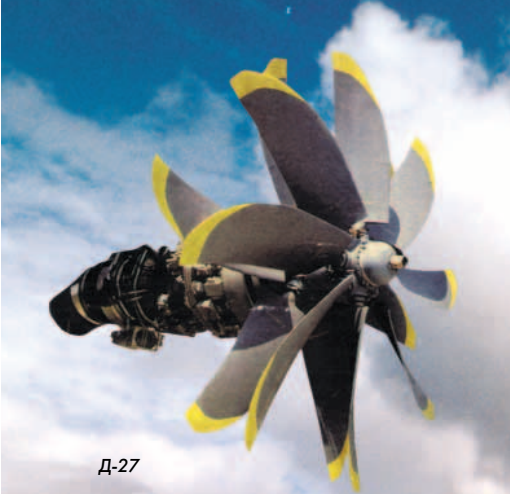
Д-36

Ан-124 "Руслан"



Д-18Т





Д-27

Ан-70



нах мира. Доказанная многолетней эксплуатацией высокая надёжность двигателя, сочетающаяся с уникальными технико-экономическими и эксплуатационными характеристиками, обусловила выбор этого двигателя специалистами КНР для разработанного ими учебно-тренировочного самолёта К-8J. Модификация ТРДД для этого самолёта получила обозначение АИ-25ТЛК и серийно выпускается с 1997 г.

С целью повышения динамических характеристик самолетов L-39 (что особенно необходимо для их учебно-боевых модификаций ZO и ZA) проводятся работы по модернизации двигателя АИ-25ТЛ. Предусматривается значительное улучшение приемистости, а также повышение тяги при полетах на малых высотах, характерных при использовании этих самолетов в качестве легких штурмовиков.

Расширение объемов пассажирских перевозок в конце шестидесятых - начале семидесятых годов потребовало создания новых самолетов повышенной вместимости, одним из которых явился Як-42. Для этого самолёта ЗМКБ "Прогресс" разработало первый отечественный трехвальный ТРДД с большой степенью двухконтурности Д-36, обеспечивающий тягу 6500 кгс на взлётном режиме.

Опытные двигатели изготавливались ЗМКБ "Прогресс" в кооперации с нашим заводом, что позволило в кратчайшие сроки, к 1977 г., освоить их серийное производство. В дальнейшем такая практика стала нормой нашего сотрудничества с разработчиками. Совместными усилиями удается не только значительно сократить продолжительность этапа внедрения в производство нового двигателя, но и достичь исключительно высокого уровня доверительных творческих и деловых взаимоотношений, обеспечить оперативное решение производственных и эксплуатационных вопросов. Эта практика соответствует стилю работы, принятому в мировом двигателестроении. Она стала особенно актуальной в нынешних непростых экономических условиях, когда ОКБ и серийным заводам трудно прожить друг без друга.

В двигателе Д-36 впервые в отечественной практике была реализована модульная конструкция. В сочетании с возможностью контроля состояния всех важнейших деталей и узлов модульность обеспечила принципиальную возможность перехода от принципа эксплуатации с фиксированными межремонтными ресурсами к принципу эксплуатации по техническому состоянию, предусматривающему замену неисправных или выработавших ресурс модулей в условиях эксплуатации. Двигатель Д-36 обладает высокими экологическими показателями, отличаясь низкими уровнями шума и эмиссии вредных веществ.

В середине восьмидесятых годов для транспортных самолётов укороченного взлета и посадки Ан-72 и Ан-74 предприятие стало выпускать двигатели Д-36 серии 1А, а с начала 90-х годов - серии 2А с увеличенным ресурсом и сниженным удельным расходом топлива. С целью обеспечения взлёта этих самолётов с максимальной нагрузкой при одном работающем двигателе (в случае отказа второго в условиях высокогорья и высоких температур наружного воздуха) был создан двигатель серии 3А с модернизированным вентилятором, позволившим ввести чрезвычайный режим, при котором взлётная тяга поддерживается неизменной вплоть до температуры +30 °С.

ТРДД Д-36 и все его модификации имеют сертификат типа, выданный Авиационным регистром Межгосударственного авиационного комитета (АР МАК) стран СНГ. В настоящее время в эксплуатации находятся более 800 двигателей семейства Д-36.

Специально для разрабатываемых модификаций самолёта Ан-74 (ближнемагистрального конвертируемого самолёта Ан-74ТК-300, первый полет которого состоялся 28 апреля 2001 г., и пассажирских Ан-74-68 и Ан-74-400/76 у которых, в отличие от прежней компоновки, двигатели будут установлены на пилонах под крылом) объединенными усилиями наших конструкторов и ЗМКБ "Прогресс" создаются очередные модификации ТРДД Д-36 серии 4А, серии 5А и серии 5АФ, важнейшими особенностями которых будет повышенная высотность крейсерского режима и наличие реверса во втором контуре. Кроме того, двигатели серии 5АФ имеют чрезвычайный режим с увеличенной до 7100 кгс тягой при температуре +30 °С.

В середине семидесятых годов на базе газогенератора (компрессоров низкого и высокого давления, камеры сгорания и турбин высокого и низкого давления) ТРДД Д-36 был создан самый мощный в мире вертолётный двигатель Д-136, обеспечивающий мощность на максимальном взлётном режиме 11 400 л.с. Он предназначался для тяжелого транспортного вертолёта Ми-26. Высокая степень унификации с базовым двигателем (более 70 %) позволила быстро освоить его серийное производство. На сегодняшний день в эксплуатации находятся около 500 двигателей Д-136.

Этапным для нашего предприятия стал ТРДД Д-18Т. Созданный ЗМКБ "Прогресс" для тяжёлого транспортного самолёта Ан-124 "Руслан", он обеспечивал тягу 23 400 кгс на взлетном режиме. Разработка этого уникального двигателя проводилась с широким использованием достижений отечественной науки и техники и опыта зарубежного авиадвигателестроения в области создания сверхзвуковых вентиляторов, высоконапорных компрессоров, малогабарит-

ных камер сгорания, высокотемпературных турбин, систем регулирования, реверсирования тяги и т.д. Работы велись с участием ведущих институтов, в числе которых ЦИАМ, ВИАМ, НИАТ, институт механики АН УССР и др.

Необходимо отметить, что высокие параметры двигателя и его большие габариты (диаметр вентилятора составляет 2,3 м) требовали решения сложнейших технических проблем при разработке, производстве, испытаниях и доводке двигателя, коренной реконструкции производственной базы разработчика и изготовителя, а также ряда предприятий - поставщиков оборудования, заготовок, подшипников и т.д.

Опытная партия ТРДД Д-18Т по сложившейся к тому времени традиции изготавливалась в кооперации с нашим предприятием, которому в 1985 г. было поручено и серийное производство. Двигатель удовлетворяет требованиям норм лётной годности НЛГС-2, FAR, ВСAR, требованиям ICAO по уровням эмиссии загрязняющих веществ и шума. Он имеет сертификат типа, выданный АР МАК.

Самолёт Ан-124 с четырьмя ТРДД Д-18Т является одним из крупнейших в мире транспортных самолётов, значительно превосходящим по грузоподъемности американский аналог С-5 фирмы "Локхид". Сверхтяжёлый самолёт Ан-225 "Мрия" с силовой установкой, включающей шесть двигателей Д-18Т, способен транспортировать грузы массой до 250 т.

В настоящее время на базе Ан-124 и Ан-225 разрабатываются несколько авиационно-космических систем, в том числе и совместно с иностранными фирмами.

С 1993 г. серийно выпускается двигатель Д-18Т серии 3, на котором внедрены мероприятия по дальнейшему повышению надёжности и ресурса. Всего в эксплуатации находится 176 двигателей Д-18Т.

Одним из приоритетных направлений деятельности ОАО "Мотор Сич" в настоящее время является освоение производства в кооперации с ФНПЦ ММП "Салют" и ОАО "Уфимское моторостроительное ПО" нового поколения трехвальных ТРДД с большой степенью двухконтурности - двигателей семейства Д-436Т1 с тягой на взлетном режиме 7500 кгс., разработанных ЗМКБ "Прогресс". Тщательная отработка конструкции, использование высокопрочных материалов в сочетании с применением передовых технологических процессов и современного оборудования при высокой культуре производства обеспечили этим двигателям высокие эксплуатационные характеристики.

К основным достоинствам Д-436Т1 следует отнести низкие уровни эмиссии и шума, высокую надежность и простоту обслуживания, модульность конструкции. По удельному расходу топлива и удельной массе двигатель находится на уровне зарубежных аналогов. Высокая эксплуатационная технологичность двигателя в сочетании с эффективной системой контроля и диагностики позволяют осуществлять его обслуживание по техническому состоянию.

Базовый вариант двигателя Д-436Т1 предназначен для ближнемагистрального пассажирского самолета нового поколения Ту-334, пер-

вый полет которого состоялся 8 февраля 1999 г. Модифицированными двигателями Д-436Т1 могут оснащаться существующие самолеты Ту-134, Як-42, Ан-72 и Ан-74 при проведении модернизации, что позволит значительно улучшить их летно-технические характеристики.

"Морская" модификация ТРДД Д-436ТП предназначена для уникального по своим характеристикам многоцелевого самолета-амфибии Бе-200, который в настоящее время проходит программу летных испытаний. Сохраняя все преимущества Д-436Т1, этот двигатель отличается от него только комплектацией самолетных агрегатов и конструктивными изменениями, внесенными для обеспечения его эксплуатации в морских условиях.

Возможность использования в различных вариантах - пассажирском, грузовом, поисково-спасательном, для тушения пожаров и патрулирования территориальных вод обеспечит самолету Бе-200 высокую конкурентоспособность на мировом рынке. Уже сейчас интерес к нему проявили не только министерства по чрезвычайным ситуациям Российской Федерации и Украины, но и ряд зарубежных авиаконцернов.

В настоящее время ведутся работы по сертификации модификации Д-436Т2 тягой 8200 кгс на взлетном режиме. В дальнейшем на базе этого двигателя будет создана модификация Д-436Т3 тягой 9000-10 000 кгс для перспективных пассажирских и транспортных самолетов.

Кроме того, на нашем предприятии производится подготовка к серийному производству первого в мире маршевого турбовентиляторного двигателя Д-27, предназначенного для широкофюзеляжного военно-транспортного самолёта Ан-70. Его выпуск предусматривается наладить в кооперации с ФНПЦ ММП "Салют".

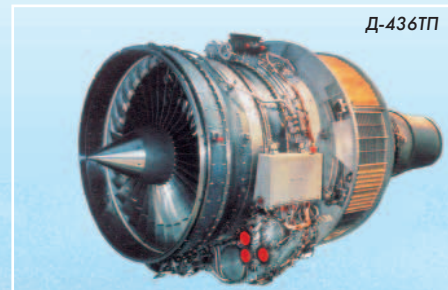
Разработанный ЗМКБ "Прогресс" двигатель Д-27 вобрал в себя последние достижения отечественного авиадвигателестроения. Его мощность составляет 14 000 л.с., по топливной эффективности он на 25...30 % превосходит современные ТРДД. Винтовентилятор обеспечивает двукратное приращение подъемной силы крыла на этапах взлета и посадки, а также высокую крейсерскую скорость при низком уровне шума.

Отказ европейских стран от разработки совместного проекта военно-транспортного самолета Ан-7Х не влечет за собой свертывания работ по самолету Ан-70, поскольку он необходим министерствам обороны Российской Федерации, Украины и ряда других стран. В дальнейшем двигатели Д-27 найдут применение на различных модификациях самолета Ан-70, а также на пассажирском Ан-180 и самолете-амфибии Бе-42.

Для пассажирского регионального самолета Ту-324 и его административной модификации в кооперации с ОАО "Казанское моторостроительное ПО" осваивается производство двухвального ТРДД с большой степенью двухконтурности АИ-22 тягой 3820 кгс на взлетном режиме. Ту-324 предназначен для замены наиболее массовых в недавнем прошлом ближнемагистральных самолетов Ан-24, Як-40 и

Бе-200

Д-436ТП



Ту-134. Модификация двигателя АИ-22 может быть использована также на пассажирском и административном вариантах самолета Як-48. 28 апреля 1999 г. произведен первый запуск изготовленного на нашем предприятии газогенератора АИ-22, а 26 сентября 2000 г. начались испытания и самого двигателя.

По результатам проведенных маркетинговых исследований рынка двигателя для учебно-тренировочных, учебно-боевых и легких боевых самолетов ЗМКБ "Прогресс" и ОАО "Мотор Сич" принято решение о начале работ по созданию двигателей семейства АИ-222. Эти двигатели могут иметь тягу от 2200 до 3000 кгс на взлетном режиме, а при установке форсажной камеры - до 5000 кгс.

Важнейшим требованием при создании двигателей семейства АИ-222 было обеспечение максимальной безопасности полетов и высокой боевой эффективности оснащенных ими самолетов. Конструкция ТРДД должна гарантировать длительный срок службы при низких эксплуатационных расходах. В настоящее время ведутся работы по двигателю АИ-222-25 тягой 2500 кгс, который предназначен для учебно-боевого самолета Як-130.

На предприятии начался также процесс освоения производства малоразмерных турбовальных двигателей семейства АИ-450 мощностью от 450 до 600 л.с. Эти ТВД найдут применение на вертолетах Ка-226 (Ка-228), на легких самолетах авиации общего назначения типа Як-58, они могут устанавливаться на ранее выпущенные вертолеты Ми-2 при их модернизации, а также и на другие летательные аппараты.

С коллективом конструкторов из ОКБ им. В.Я. Климова (ныне Государственное унитарное предприятие "Завод им. В.Я. Климова" в Санкт-Петербурге) и именами генеральных конструкторов, С.П. Изотова и сменившего его А.А. Саркисова, связан почти тридцатилетний период в биографии нашего предприятия. Разработанный климовцами первый предназначенный для боевых вертолетов отечественный турбовальный двигатель ТВ3-117 мощностью 2200 л.с. был запущен в производство в 1972 г. К настоящему времени нашим предприятием изготовлено около 22 тысяч двигателей семейства ТВ3-117, которые наработали в эксплуатации более 12 млн ч.

Сегодня 18 модификаций ТВ3-117 применяются на боевых, транспортных и гражданских вертолетах среднего класса сухопутного и морского применения. Двигатели этого семейства поднимают в небо 95 % вертолетов с маркой "Ми" и "Ка" в 60 странах мира, в том числе широко известны Ка-27, Ка-28, Ка-29, Ка-31, Ка-32, Ка-50 "Чёрная акула", Ка-52 "Аллигатор", Ми-8МТ, Ми-14, Ми-17, Ми-24, Ми-25, Ми-28, Ми-35 и целый ряд других.

Двигатель ТВ3-117 и в настоящее время, благодаря высокой эффективности узлов, является одним из лучших в мире по экономичности (в своем классе). Кроме того, двигатель зарекомендовал себя неприхотливым и надёжным в эксплуатации. Так, за последние 10 лет не было зарегистрировано ни одного случая выключения двигателя в полёте по конструктивным или производственным причинам. О международном признании ТВ3-117 свидетельствует тот факт, что его модификации ВМ, ВМА, ВМ серии 02 и ВМА серии 02 в период с 1993 по 1999 г. получили сертификаты типа АР МАК и национальных Авиарегистров Канады, Индии и Китая.

Высокие потенциальные возможности, заложенные в этот двигатель на этапе проектирования, позволили создать очередную модификацию - турбовинтовой двигатель ТВ3-117ВМА-СБМ1 взлётной мощностью 2500 л.с. (2800 л.с. на чрезвычайном режиме), предназначенный для пассажирского 52-местного самолета местных воздушных линий Ан-140. Эта задача была решена объединенными усилиями двух наших традиционных разработчиков - ЗМКБ "Прогресс" и ГУП "Завод им. В.Я. Климова", а также специалистами ОАО "Мотор Сич".

Самолет Ан-140 должен в ближайшей перспективе заменить на авиалиниях самолеты Ан-24, Ан-26 и Як-40. Конструктивные особенности Ан-140 в сочетании с высокой эффективностью двигателей ТВ3-117ВМА-СБМ1 обеспечивают самолету хорошие летно-технические характеристики. По сравнению с Ан-24, новый Ан-140 при равной загрузке имеет в два раза меньший расход топлива. Его производительность на 25 % выше, а для взлета и посадки Ан-140 требуется полоса в 1,6 раза короче, чем для Ан-24.

Специально для самолёта Ан-140 разработан еще один двигатель АИ9-3Б, который используется в качестве вспомогательной силовой установки (ВСУ) для запуска маршевых двигателей ТВ3-117ВМА-СБМ1, привода электрогенератора питания бортовой сети и подачи воздуха в систему кондиционирования самолета на стоянке при неработающих маршевых двигателях. АИ9-3Б является очередным двигателем в ряду выпускаемых нашим заводом ВСУ: АИ-9 для самолета Як-40 и вертолетов Ка-27, Ка-28, Ка-29, Ка-32, Ка-50 и Ка-52, а также АИ-9В для вертолетов Ми-14, Ми-8МТ, Ми-17, Ми-24, Ми-28 и Ми-35. С учётом выпускавшегося для вертолетов Ми-6 и самолётов Бе-12 двигателя АИ-8, нашим предприятием изготовлено около 11 000 ВСУ.

Весной 2000 г. самолёт Ан-140 и двигатели ТВ3-117ВМА-СБМ1 и АИ9-3Б были сертифицированы АР МАК. Таким образом, они стали первыми образцами украинской авиационной техники, созданной в новых экономических условиях в тесном сотрудничестве с отраслевыми институтами и проектными организациями Российской Федерации.

С целью дальнейшего объединения усилий российских и украинских специалистов в работах по созданию новых двигателей и модификаций на базе ТВ3-117ВМА, а также для улучшения контроля, координации ремонта и сопровождения эксплуатации двигателей семейства ТВ3-117 в начале 2000 г. было образовано ЗАО "Двигатели Владимир Климов - Мотор Сич" (ВКМС). Первыми образцами турбореактивных двигателей, разработанных ЗАО "ВКМС", стали двигатели ВК-2500 и ВК-1500.

Турбовальный двигатель ВК-2500 представляет собой форсированный ТВ3-117ВМА и отличается от него повышенной на 200 л.с. мощностью на взлётном (2400 л.с.) и чрезвычайном режиме (2700 л.с.). Он предназначен для установки на новые модификации российских вертолетов марки "Ми" и "Ка". Первый полёт вертолёта Ми-24Н с двигателями ВК-2500 состоялся 30 мая 2000 г. В декабре 2000 г. двигатель получил сертификат АР МАК.

Турбовинтовой двигатель ВК-1500 имеет взлётную мощность 1500 л.с. Он предназначен для самолётов местных линий Ан-38 и Бе-32, а также для установки на ранее выпущенные самолёты Ан-2 при модернизации их в конструктивный профиль Ан-3, что обеспечит этим машинам вторую жизнь. Только Украина располагает примерно шестью сотнями самолётов Ан-2; не менее двухсот из них могут быть переоборудованы в Ан-3.

Одним из достоинств двигателя ВК-1500 является применение конструктивно отработанных основных узлов ТВ3-117ВМА, что способствует резкому сокращению сроков доводки двигателя и приближает начало его серийного производства. Первый запуск двигателя ВК-1500 состоялся 18 мая 2001 г., а завершение работ по сертификации намечено на 2002 г. Оба двигателя будут оборудованы цифровыми системами автоматического регулирования и контроля нового поколения, которые должны обеспечить оптимизацию технических характеристик двигателей, их эксплуатацию по техническому состоянию, повышение ресурса горячей части и надёжности двигателя в целом.

Ближайшие планы ЗАО "ВКМС" связаны с созданием турбовального варианта ВК-1500В для вертолётов типа Ка-60.

Логика дальнейшего развития авиадвигателестроения предусматривает создание двигателей нового - пятого поколения, обеспечивающих качественно новый уровень показателей эксплуатационного и экологического совершенства. Разработка таких двигателей связана со значительными материальными затратами, требует концентрации финансового и интеллектуального потенциала целого ряда предприятий, фирм и институтов.

В связи с этим ОАО "Мотор Сич" и ЗМКБ "Прогресс" вошли в кооперацию с рядом российских предприятий и институтов, поддерживая инициативу ЦИАМ по созданию научно-технического задела для разработки перспективного двигателя с высокой степенью двухконтурности (порядка 10-12) с условным названием ТРДД-2005. В рамках кооперации предполагается провести комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, связанных с отработкой новейших технологий создания авиационных двигателей.

Уже к 2006 г. предполагается изготовить демонстрационный ТРДД тягой 12 тс, обеспечивающий сокращение прямых эксплуата-

ционных расходов на 10-15 % по сравнению с двигателями четвертого поколения. Это позволит в дальнейшем разработать семейство двигателей нового поколения, предназначенных для пассажирских и транспортных самолетов, которые будут производиться и эксплуатироваться в первой половине XXI века.

В современных условиях уже недостаточно просто выпускать продукцию с высокими функциональными характеристиками. Успешно конкурировать на мировом рынке могут только двигатели, качество которых подтверждено авторитетными национальными и международными организациями. Конкурентоспособные двигатели следует изготавливать на сертифицированной производственной базе. Для обеспечения стабильного уровня качества продукции ОАО "Мотор Сич" внедрило, поддерживает и развивает систему обеспечения качества, отвечающую требованиям Международных стандартов серии ISO 9000, что подтверждает "Сертификат о признании" № 77752, выданный транснациональной фирмой BUREAU VERITAS QUALITY INTERNATIONAL (BVQI).

Труд запорожских моторостроителей отмечен высокими правительственными наградами: орденом Ленина (1966 г.), орденом Трудового Красного Знамени (1977 г.), орденом Октябрьской Революции (1981 г.).

Важным направлением деятельности ОАО "Мотор Сич" является организация оздоровления и отдыха работников предприятия и их детей. Это подтверждается наличием на предприятии лечебно-оздоровительных учреждений, таких как пансионат с лечением "Горизонт" в Алуште, базы отдыха "Мотор" и "Прибой" в Приморске, база отдыха "Андреевка" и санаторий-профилакторий в селе Вольная-Андреевка, детские оздоровительные лагеря "Прибой" и "Маяк". Сегодня базы отдыха "Мотор" и "Прибой" - лучшие здравницы на Азовском побережье. Они располагают двух-, трех-, пятиэтажными спальными корпусами с комфортабельными двух-трехместными номерами.

К услугам отдыхающих разнообразные развлечения: бильярд, игровые автоматы, теннисные корты, футбольное поле и баскетбольная площадка, кинозал, бар. Важной "изюминкой" наших баз отдыха стали более трех тысяч кустов роз, а также увитые цветами и виноградом беседки.

Оздоровительный комплекс "Маяк" расположен в 30 км от Запорожья на берегу Днепра. Комплекс уникален по своей сути: на площади в 50 гектаров здесь расположились семейная база отдыха, санаторий-профилакторий, оздоровительный детский лагерь и спортивный лагерь для ребят, занимающихся в многочисленных секциях заводского спортивного клуба "Стрела". Созданный более шестидесяти лет назад оздоровительный комплекс "Маяк" и сегодня по-



может заводчанам и их детям содержательно и полезно отдыхать.

В Крыму, в районе Профессорского уголка Алушты, на берегу моря расположился пансионат с лечением "Горизонт", в котором круглый год отдыхающих принимают три спальных корпуса на 430 мест. Пансионат специализируется на лечении заболеваний органов дыхания, функциональных заболеваний нервной системы. В пансионате имеются также массажный кабинет, соляная шахта, стоматологический и зубопротезный кабинеты.

Медико-санитарная часть ОАО "Мотор Сич" в качестве первоочередной задачи рассматривает профилактику заболеваний. Все ее службы и системы успешно функционируют, с каждым годом совершенствуются и доказали свою жизнеспособность и эффективность. С 1983 г. на правах оздоровительного подразделения медико-санитарной части предприятия функционирует санаторий-профилакторий.

С 1 февраля 2001 г. на предприятии совместно со страховой компанией "МОТОР-ГАРАНТ" внедрено медицинское страхование - наиболее передовая и перспективная форма оказания медицинской помощи. Финансовое бремя по страхованию трудящихся взял на себя завод.

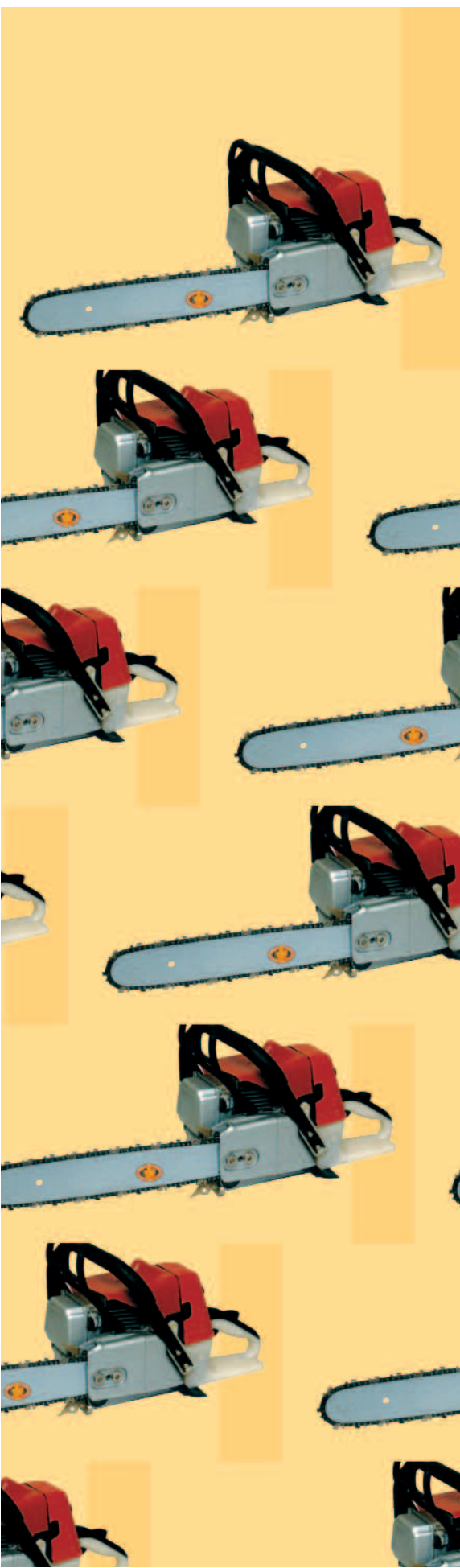
Динамично развиваясь на протяжении своей 85-летней истории, ОАО "Мотор Сич" сегодня - это стабильно работающее предприятие, сохранившее и развивающее свой интеллектуальный потенциал, снабженное самым современным оборудованием и использующее наиболее современные технологии при производстве конкурентоспособных двигателей, которыми будут оснащаться разнообразные летательные аппараты третьего тысячелетия. ◀

ТВ3-117ВМА-СБМ1



ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ ТОВАРЫ ОАО "МОТОР СИЧ" -

ВЫСОКАЯ НАДЕЖНОСТЬ, ГАРАНТИЯ КАЧЕСТВА, ДОСТУПНЫЕ ЦЕНЫ



В новых экономических условиях на предприятии несколько сократились объемы производства авиационных двигателей. Мощная производственная база нашего предприятия, высокая квалификация специалистов, передовое оборудование имеют потенциальные возможности для выпуска сложных наукоемких изделий. Для загрузки специалистов и высвободившихся мощностей производства руководством предприятия принята программа на развитие научно-производственной структуры по созданию наукоемких конкурентоспособных изделий для народного хозяйства.

При жесткой конкуренции на рынке успех реализации изделий требует быстрого и качественного их создания, т.е. органичного единства цепочки: маркетинг - создание опытного образца (конструирование, испытание, доводка) - производство - продажа - послепродажное обслуживание. В этих целях на предприятии создано научно-производственное управление, включающее подразделения, занимающиеся маркетингом, разработкой, изготовлением, испытанием и доводкой новых изделий, разработкой и внедрением новых технологий в серийное производство, разработкой, изготовлением и внедрением в производство высокопроизводительного специального технологического оборудования.

Наряду с авиационной техникой, актуальным стало производство сложных изделий с использованием наукоемких технологий. Одной из первых задач стала разработка, изготовление и доводка бензиномоторной пилы "Мотор Січ-270". Проведенные работы позволили существенно повысить надежность, увеличить ресурс изделия.

В течение года на базе моторного модуля бензиномоторной пилы разработаны, испытаны и переданы в производство такие изделия, как газонокосилка, моторез и мотокультиватор. В сжатые сроки создан и доведен до серийного производства четырехтактный двигатель Д250 - силовой агрегат для комплектации мотоблоков, минитракторов, мотокультиваторов, электростанций, судовых установок и других изделий.

Накоплен опыт по разработке и доводке двигателей внутреннего сгорания малой мощности и начато освоение более мощных двигателей широкого применения: оппозитного двухцилиндрового четырехтактного двигателя (мощностью 12 л.с.) и дизельных двигателей (40 и 100 л.с.).

Предприятие производит переоборудование автотракторной техники дизельными двигателями "IVECO МОТОР СІС 8045" и "IVECO МОТОР СІС 8140", изготавливаемыми СП "IVECO МОТОР СІС". Такими двигателями оборудуются: автомобили, комбайны, экскаваторы, тракторы при выполнении капитального ремонта. Эффективность проводимой работы обусловлена высокой экономичностью и долговечностью устанавливаемых дизелей.

Ведутся интенсивные работы по созданию изделий водной тематики, в первую очередь, силовых установок для судов различных классов. Коллектив ОАО "Мотор Січ" и его научно-производственное управление делают все возможное, чтобы в ближайшем будущем на рынке появились не только украинские силовые установки, но и катера различных классов, оснащенные моторами нашего производства.

В настоящее время начато серийное производство подвесного лодочного мотора "Мотор Січ ПЛМ-15" мощностью 15 л.с. Эти моторы оптимально подходят для яхт, баркасов и других судов с высоким транцем, где требуется регулирование глубины по-



Мощная производственная база предприятия, высокая квалификация специалистов, передовое оборудование обеспечивают успешное освоение и выпуск сложных наукоемких изделий. На базе новейших авиационных технологий и сертифицированного производства в ОАО "Мотор Сич" изготавливается около 120 наименований товаров народного потребления. Здесь приведен лишь незначительный перечень предлагаемых покупателям изделий.

гружения винта; они имеют большую тягу, большой ресурс. На моторах установлены двухтактные двигатели "Мотор Сич Д-285Д" мощностью 15 л.с. С помощью установки редуктора с передаточным числом 2,5 достигается повышенный упор гребного винта. Задний ход судна осуществляется путем разворота всего дейдвуда с двигателем на 180 градусов, что позволило упростить конструкцию мотора.

В стадии освоения находятся судовые установки средней мощности для мало-тоннажных судов с колонкой и реверс-редукторной передачей.

Налажено производство катеров "Мотор Сич КО-1", которые предназначены для эксплуатации на внутренних водоемах и в прибрежных зонах морей. Они могут использоваться как для отдыха, туризма, водного спорта, так и для рыболовецких предприятий, рыбнадзора, водной инспекции.

Сочетание требований рынка и научно-производственного потенциала обусловили первые успехи. Ниже приведены примеры серийно изготавливаемых или осваиваемых предприятием изделий для народного хозяйства, которые созданы научно-производственным управлением ОАО "Мотор Сич" в рамках этой программы.

Одноцилиндровый четырехтактный двигатель воздушного охлаждения "Мотор Сич Д250"

Мощность, кВт	4,41
Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	3600
Масса, кг	32

К основным достоинствам двигателя относится принудительная система смазки, обеспечивающая повышенный моторесурс и надежность, и электронная система зажигания. Двигатель используется в качестве силового агрегата на мотоблоках, малогабаритных тракторах, судовых установках.

Малогабаритный трактор "Мотор Сич МГТ-0,2"

Колесная формула	4 x 2
Масса, кг	450
Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм	2000 x 1000 x 1900
Скорость (вперед/назад), км/ч:	2-15/2-4
Двигатель	"Мотор Сич Д250"
Емкость топливного бака, л	5

Трактор имеет хорошую маневренность, низкий расход топлива. Предназначен для выполнения технологических операций в фермерских хозяйствах, лесах и парках.

Мотоблок "Мотор Сич МБ-4,05"

Ширина колеи, мм	450, 600, 700
Дорожный просвет, мм	270
Скорость (вперед/назад), км/ч:	2-15/2-4
Двигатель	4-К

Трансмиссию мотоблока с незначительными доработками можно использовать для малогабаритного трактора.

Леонид Пирогов, начальник научно-производственного управления
Сергей Головин, начальник ПЭБ НТ НПУ
Василий Приходько, ведущий инженер-конструктор





Одноцилиндровый двухтактный двигатель с принудительным воздушным охлаждением Мотор Січ Д70Д"

Мощность, кВт	3,6
Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	9000
Масса, кг	6,7

Используется в качестве силового агрегата на газонокосилке.

Газонокосилка "Мотор Січ ГК-500"

Ширина полосы резания, м	0,5
Высота стрижки, мм	40-85
Производительность, м ² /ч	1500
Расход топлива, л/ч	1,5
Масса, кг	39

Подвесной лодочный мотор "Мотор Січ ПЛМ-15"

Двигатель (одноцилиндровый, двухтактный, карбюраторный)	Д-285ДФ
Мощность двигателя, л.с.	15
Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	3000
Расход топлива, л/ч	Не более 1,5
Масса сухая, кг	30

Пила бензиномоторная "Мотор Січ ВР-270"

Двигатель (одноцилиндровый, двухтактный)	-
Мощность двигателя, л.с.	4,9
Уровень шума, дБА	103
Масса, кг	8,6
Длина режущего оборудования, мм	375, 450, 525

Колонки поворотнo-откидные "Мотор Січ КПО-60" и "Мотор Січ КПО-80"

Параметры	КПО-60	КПО-80
Передаваемая мощность, кВт	60	80
Максимальный упор гребного винта на переднем ходу, кгс	300	400
Масса, кг	48,1	80

Колонки являются движительно-рулевым агрегатом и используются для обеспечения передачи крутящего момента от двигателя к гребному винту, реверсирования направления вращения гребного винта, уменьшения оборотов гребного винта по отношению к числу оборотов коленчатого вала двигателя и управления катером.

Катер "Мотор Січ КО-1"

Длина с колонкой, м	8,75
Ширина наибольшая, м	2,4
Осадка наибольшая, м	0,65
Скорость хода с двигателем мощностью 103 л.с., км/ч	32
Емкость топливных баков, л	120 x 2
Запас хода (не менее), км	600
Мореходность, балл	4
Вместимость, человек	10

Быстроходный комфортабельный катер, предназначенный для эксплуатации на внутренних водоемах и прибрежных зонах морей. Современные обводы корпуса катера обеспечивают оптимальные скоростные и маневренные характеристики. Двигательная установка (дизельный двигатель "IVECO-Мотор Січ 8140" с поворотнo-откидной колонкой "Мотор Січ КПО-60") мощностью 103 л.с. размещена в кормовом отсеке (может быть установлено две двигательных установки мощностью по 103 л.с.). В носовой части расположены комфортабельная каюта и багажный отсек. Корпус катера выполнен из алюминийно-магниевого сплава, обладающего высокой прочностью и ремонтпригодностью.

На катере установлена силовая установка, состоящая из одного или двух конверсированных в судовой вариант автомобильных двигателей "Ивеко-Мотор Січ 8140" и поворотнo-откидной колонки "Мотор Січ КПО-60". ◀



DIGEST

CONSUMER GOODS OF "MOTOR SICH" COMPANY - HIGH RELIABILITY, WARRANTY, REASONABLE PRICES

The powerful manufacturing base of the company, highly skilled personnel, and advanced technologies ensure successful development and manufacturing of sophisticated and research-consuming products. Based on the latest aviation technologies and certified manufacturing, "Motor Sich" Co. is producing about 120 types of consumer goods. Among them are petrol and electric saws, lawn-mowers, motor-shovels, low-power carburetor and boat engines, rotatable columns for power transmission up to 85 h.p., cream separators, and many others. All intricate technical consumer goods are subject to bench tests and full-scale tests. "Motor Sich" trade mark means a good reputation and warranties. All products are certified and provided with technical characteristics and service guarantees.

СОДРУЖЕСТВО НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА

Павел Жеманюк, главный инженер, к.т.н.
Михаил Рылин, начальник отдела надежности
Станислав Кикеев, ведущий инженер

На протяжении 85 лет существования одного из крупнейших заводов-изготовителей авиационных двигателей, предприятия, которое сегодня носит название ОАО "Мотор Сич", неуклонно поддерживались самые тесные связи между производством и крупнейшими научными авиационными центрами - ЦАГИ, ЦИАМ, ВИАМ и многими другими, также имеющими сегодня солидный семидесяти-восемидесятилетний стаж. Путь, пройденный от первых поршневых моторов для самых больших в то время самолетов "Илья Муромец" до широкой гаммы (более шестидесяти типов и модификаций) современных самолетных, вертолетных, ракетных двигателей, в том числе для крупнейших в мире самолетов "Руслан" и "Мрия" - это не только история, но и замечательные трудовые будни нашего предприятия.

Все эти годы прогресс в авиационном двигателестроении зависел от деятельности научных, научно-исследовательских и опытно-конструкторских организаций и, кроме того, от активного участия заводов-изготовителей в создании, доводке и совершенствовании двигателей, гарантирующих надежность и безопасность полетов. Наука готовила фундамент для движения вперед, практики воплощали новые принципы и конкретные решения и одновременно ставили новые задачи и проблемы - такова совместная творческая работа науки с производством. Совершенствование авиадвигателей на всех этапах жизненного цикла, включая проектирование, производство, проведение испытаний, сопровождение эксплуатации и ремонта в Запорожском авиамоторном комплексе производилось при непосредственном участии сотрудников научно-исследовательских институтов ЦАГИ, ЦИАМ, ВИАМ, ВИЛС, НИАТ, НИИД, ЛИИ, ГЛИЦ, ГосНИИГА, ГосНИИЭРАТ ВВС и др., а также академических институтов ХАИ, МАИ, ЗГТУ, КИИГА, МАТИ, УАИ, ИПП АНУ, ИПС, ИМ АНУ и др. (всего более 30 институтов).

Основными направлениями совместных работ являлись:

- исследования опасных отказов, расчеты на прочность, экспертиза, анализ и оценка надежности;
- создание методик испытаний и диагностика состояния двигателей;
- разработка и внедрение новых материалов;
- разработка и внедрение новых технологий, оборудования, приборов;
- обучение специалистов, программное обеспечение;
- сертификация.

Тесная взаимосвязь между надежностью и ресурсом двигателей, непрерывно возрастающие требования к их безотказности и долговечности, а также экономической эффективности и экологической чистоте всегда были мощным стимулом для разработчиков и изготовителей авиатехники.

Учитывая исключительное значение безотказности как фактора, определяющего безопасность полетов, особое внимание уделялось целенаправленному выявлению причин каждого случая отказа или дефекта с выработкой мер по их устранению и предупреждению. Для решения указанной задачи в 1959 г. на заводе было создано бюро исследований, с 1968 г. координацию работ по обеспечению требуемого уровня надежности и ресурса двигателей выполняет отдел надежности.

По оценкам ЦИАМ, ГосНИИГА, ГосНИИЭРАТ показатели надежности двигателей АИ-20, АИ-24, АИ-25, АИ-25ТЛ, ТВЗ-117, Д-18Т серии З, Д-36, Д-136 соответствуют нормативным требованиям, разработанным с учетом достижений мирового авиадвигателестроения.

Некоторые двигатели, производимые ОАО "Мотор Сич", существенно превышают установленный уровень требований и сегодня не уступают лучшим зарубежным аналогам по важнейшим показателям.

Безусловно, успешному решению многих проблем обеспечения и управления надежностью двигателей способствовали разработанные ЦИАМ научно-методические основы надежности, получившие дальнейшее развитие в совместных работах со специалистами ОАО "Мотор Сич" и ОКБ-разработчиков ЗМКБ "Прогресс", ГУП "Завод им. В.Я. Климova", АНТК "Союз". Получил признание и подтвердил эффективность опыт проведения комплексных исследований проблемных вопросов по отказам двигателей с участием ОКБ-разработчиков и НИИ непосредственно на заводе.

Стали историей, но не забыты яркие примеры комплексного решения ряда сложных задач по совершенствованию конструкции двигателей. Так, из-за поломок шестерен и валов редуктора двигателей АИ-20 и АИ-24 сдерживался рост ресурса. На основе всесторонних исследований, проведенных с участием ЦИАМ, ВИАМ, НИАТ и других институтов, были скорректированы профили зубьев, внедрена более теплостойкая сталь электрошлакового переплава, усовершенствованы технологические процессы обработки зубьев шестерен и т.д.

Не теряет актуальности продолжающаяся практика совместных работ ОАО "Мотор Сич" и институтов при сертификации типов двигателей, их производства и ремонта, а также реализации государственных и международных нормативов, авиационных правил и стандартов.

Только совместный, творческий труд с ОКБ-разработчиками и научными институтами обеспечивал успешное создание новых и совершенствование находящихся в производстве и эксплуатации двигателей. Запорожский завод никогда не был просто полигоном для реализации чужих идей и разработок. Нам есть чему учиться, но и у нас много своего, интересного.

Творческий, интеллектуальный потенциал сотрудников ОАО "Мотор Сич" может характеризоваться и количеством разработок, защищенных авторскими свидетельствами (патентами) - их более 350. По научно-практическим аспектам производства двигателей только за последний период сотрудники завода успешно защитили 4 докторские и более 50 кандидатских диссертаций. Умом, талантом и руками запорожских моторостроителей в тесном взаимодействии с научно-исследовательскими и академическими институтами созданы и непрерывно совершенствуются десятки тысяч современных надежных, высокоэкономичных двигателей для гражданской и военной авиации, а также для наземного, промышленного применения.

В современных экономических условиях при жесточайшей конкуренции, практического полного отсутствия государственной поддержки и финансирования, при непрерывно растущих требованиях по надежности двигателей наиболее эффективными остаются оправдавшие себя методы преемственности конструкции, предусматривающие применение отработанных, доведенных модулей и агрегатов.

Но техника не стоит на месте. Следующие поколения двигателей должны обладать еще более высокой надежностью, экономичностью, весовым совершенством, производственной и эксплуатационной технологичностью, удовлетворять более строгим экологическим требованиям и иметь большой ресурс.

Именно в этих направлениях мы видим перспективы дальнейшего сотрудничества ОАО "Мотор Сич" с научно-исследовательскими и академическими институтами. ◀

СЛУЖБА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА И ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

ОАО "Мотор Сич":

Владимир Яковлев, главный метролог

Павел Капто, старший мастер центральной измерительной лаборатории



Отдел главного метролога ОАО "Мотор Сич" является органом ведомственной метрологической службы и одним из подразделений управления качеством продукции на предприятии. Он осуществляет поверку, ремонт и надзор за всеми видами средств измерений, находящимися в производстве, а также выполняет сложные измерения продукции при ее изготовлении, отработке новых технологических процессов, при исследовании различных дефектов, возникающих в производстве и эксплуатации, проводит арбитражные измерения при разногласиях между производством и службой технического контроля, а также между службой технического контроля и заказчиком. Существующая на данный момент схема метрологического обеспечения закреплена в стандартах предприятия и полностью соответствует требованиям стандартов ISO 9000.

На сегодняшний день отдел главного метролога - это 8 лабораторий, распределенных по видам измерений, и 12 контрольно-поверочных пунктов. В составе трудового коллектива насчитывается более 250 человек, 95 % которых имеют высшее и среднее специальное образование.

Отдел обеспечивает сервисное обслуживание всех подразделений предприятия как непосредственно на производственных участках, так и в специально оборудованных лабораториях. Для улучшения качества конструкторской и технологической документации на предприятии внедрена система метрологической экспертизы, проводимой технологами отдела на стадии разработки документов,

что позволяет избежать многих ошибок, ускорить внедрение технологических процессов в производство, уменьшить количество выявляемых несоответствий.

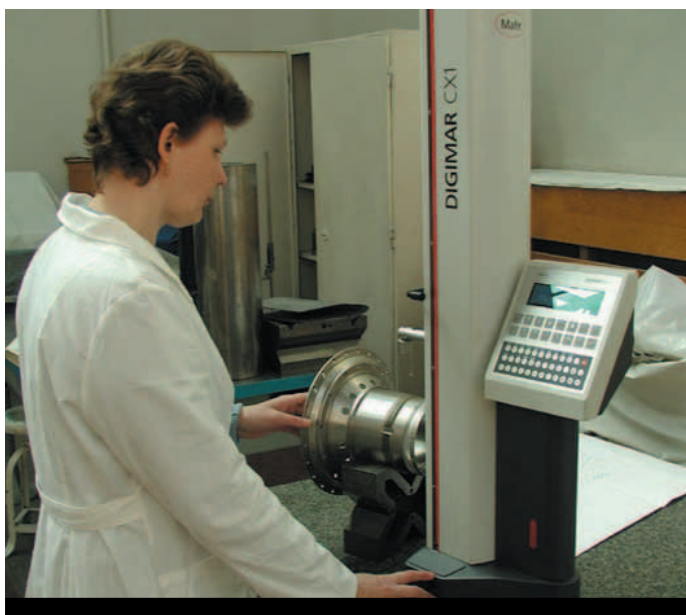
Сегодня метрологическая служба завода является головной организацией Комитета промышленной политики в области авиадвигателестроения. Поскольку уровень оснащенности средствами измерительной техники во многом свидетельствует о качестве выпускаемой продукции и степени развития производственно-технологической базы, вполне обоснован интерес к работе отдела не только со стороны многочисленных сертификационных комиссий, но и со стороны различных иностранных делегаций, приезжающих с целью определения целесообразности закупок именно наших изделий.

В приоритетной для предприятия нашего профиля области линейно-угловых измерений взято направление на оснащение современными высокоточными средствами. В первую очередь это относится к координатно-измерительным машинам (КИМ), без которых уже невозможно себе представить процесс контроля качества наших изделий. Помимо многократного выигрыша в скорости и точности измерений, эксплуатация КИМ дает возможность гибкой переналадки под детали различных видов и форм, от корпусов до зубчатых колес. Это, в свою очередь, снижает количество необходимой контрольной оснастки, что дает экономический эффект на всех стадиях производства, начиная с проектирования и заканчивая отладкой техпроцесса.

В прошлом году известной германской фирмой ZEISS была проведена модернизация имеющейся координатно-измерительной машины UMC-850. Благодаря этому повысилась точность и сократилось время, необходимое для выполнения измерений. Внедрение программы Holo сняло существовавшие ранее проблемы контроля сложных поверхностей в трехмерной системе координат и открыло возможность установления электронной связи с системами автоматизированного проектирования, применяемыми на предприятии.

Контролеры центральной измерительной лаборатории пользуются принципиально новыми микрометрами и штангенциркулями с удобной цифровой индикацией и передачей данных измерений на персональную ЭВМ для их последующей статистической обработки. Среди последних приобретений уникальный высотометр DIGIMAR CX1, позволяющий проводить измерения в плоской системе координат, а также портативный профилометр МЗ, эксплуатировать который можно как в лабораторных, так и в производственных условиях.

Совместно со службами завода разработаны технические требования на стендовую аппаратуру фирмы Vibrometr для контроля параметров вибрации двигателей ТВ3-117, ВК-1500 и др. Такая аппаратура в сочетании с вибродатчиками того же производителя позволит не только повысить точность замеров, увеличить сходимость по-



казаний при испытаниях авиадвигателей, но и выявить источники повышенных вибраций, что даст значительный экономический эффект.

По инициативе отдела для участков производства лопаток в литейных цехах приобретены современные денситометры ДП-1, что повысило достоверность контроля технологических процессов. Проведена модернизация установки для поверки автомата флюирования и испытания герметичности редукторов.

Наряду с приобретением новой техники специалистами отдела проводятся работы по совершенствованию контроля качества без привлечения дополнительных финансовых затрат. Так, анализ работы печей направленной кристаллизации в одном из литейных цехов выявил ряд проблем, возникающих в процессе изготовления лопаток. Внедрение предложений инженеров отдела главного метролога позволит увеличить выход годного литья приблизительно в 2,5 раза.

Сегодня на предприятии возрастает количество опытных образцов и новых изделий, что ведет к увеличению объемов измерений деталей и узлов. Соответственно, расширяется номенклатура применяемой технологической оснастки. В связи с этим технологическое бюро отдела постоянно отслеживает новинки средств измерительной техники на мировом рынке с целью пополнения существующего парка. Разработан и утвержден перспективный план развития до 2010 г. А уже в ближайшее время планируется приобретение новой координатно-измерительной машины PRISMO для контроля моноколес, которые будут производиться на современном обрабатывающем центре фирмы IECНП.

В настоящее время прорабатывается вопрос по оснащению отдела высокоточным профилометром-контурографом CONCEPT V6.1 фирмы MAHR. Возможности этого прибора поистине уникальны. Он позволяет не только определить шероховатость поверхности, но и производить определение контуров сложной формы в труднодоступных местах.

Разветвленная сеть контрольно-поверочных пунктов обеспечивает метрологический надзор за изготовлением, хранением и эксплуатацией контрольной и технологической оснастки. Именно от достоверной оценки ее пригодности в большой степени зависит качество продукции выпускаемой предприятием.

Особое внимание в своей работе метрологическая служба ОАО "Мотор Сич" уделяет метрологическому обеспечению испытаний своей основной продукции - авиационных газотурбинных двигателей. Все испытательные стенды предприятия имеют аттестаты авиационного регистра МАК и оснащены автоматизированными информационно-измерительными системами на базе ЭВМ, позволяющими в ходе испытаний производить измерение, оценку и регистрацию параметров изделий с заданной точностью и достоверностью.

Наличие всей номенклатуры рабочих эталонов, в частности, комплекта образцовых датчиков усилия фирмы НВМ, позволяет производить калибровку как измерительных систем испытательного стенда, так и всего стенда в комплексе.

Созданная в отделе метрологии группа испытательных стендов является единственной на предприятиях авиационного профиля в Украине. Ее сотрудники постоянно отслеживают новые направления развития измерительных систем стендов, ведут разработки нормативно-технической документации в соответствии с

международными нормами. Кроме этого на их счету ряд уникальных разработок в области измерения вибраций, крутящего момента, расхода жидкостей и т.д.

Деятельность отдела не ограничивается решением вопросов лишь в производственной сфере. Существующий на базе отдела Калибровочный центр регулярно выполняет большой объем работ не только по ремонту и калибровке средств измерительной техники для сторонних организаций и заводов, но, как головная организация метрологической службы, проводит аккредитацию измерительных лабораторий в различных регионах Украины.

У нас налажены хорошие деловые отношения с Центрами стандартизации и сертификации Запорожской и Донецкой областей. Нашими партнерами по научно-техническим разработкам являются ряд крупных институтов Украины и России, среди них харьковское НПО "Метрология", московские ВНИИМС, ЦИАМ, ГДП НИЦ ЦИАМ и др.

Серьезный подход у руководства отдела и к вопросам профессиональной подготовки своих сотрудников. Это еще один фактор, на который хочется обратить внимание. Работники всех категорий метрологической службы завода регулярно повышают свою квалификацию как в учебно-производственном комбинате, так и участвуя в различных научных конференциях и семинарах, проводимых службой Госстандарта Украины. Наряду с этим, внутри отдела разработана программа обучения молодых специалистов.

Коллектив, костяк которого, несмотря на проводившиеся сокращения, удалось сохранить, следует отметить особо. Можно без преувеличения сказать - это богатство отдела. Люди, работающие здесь, в силу выполняемых обязанностей отличаются повышенным чувством ответственности и большим трудолюбием. Они делают все возможное, а порой и невозможное для четкой работы предприятия. Мы уверены, что и в дальнейшем качество нашей продукции не будет вызывать нареканий у покупателей, а значит, она будет оставаться конкурентоспособной на мировом рынке. ◀



DIGEST

THE DEPARTMENT OF HIGH-QUALITY AND RELIABLE MEASUREMENTS

The department headed by the chief meteorologist at "Motor Sich" company is making periodic calibrations, repair and maintenance of all measuring equipment, as well as complex measurements during manufacturing of products and launching of new technological processes, investigations of various faults. The department is making arbitration measurements in conflicting situations between the manufacturer and the engineering control service or the engineering control service and customers. The scheme of meteorological support is recorded in the standards of the company and meets the requirements of ISO 9000 standards.

The meteorological department incorporates 8 laboratories and 12 checking points. More than 250 employees (95% of personnel have higher or special secondary education) are on the staff.

In line with the company's priority of linear-angular measurements, the department is striving to be equipped with up-to-date precision instrumentation. Among the latest acquisitions are DIGIMAR CX1 - a unique altimeter making measurements in the plane coordinate system and M3 portable profile recorder. Test rig hardware of "Vibrometr" Co. for checking vibration parameters of TV3-117 and VK-1500 engines in combination with vibration sensors of the same manufacturer is a guarantee of high measurement accuracy and an aid in finding sources of high vibrations.

СИСТЕМА КАЧЕСТВА ОАО "МОТОР СИЧ"

Михаил Карпуть, директор Центра менеджмента качества
Илона Лебедева, начальник бюро менеджмента качества

Сегодня открытое акционерное общество "Мотор Сич" - одно из крупнейших в мире и единственное в Украине предприятие, изготавливающее широкую гамму современных надежных и экономичных авиационных двигателей: от малых пусковых до мощных силовых установок для уникальных самолетов "Руслан", "Мрия" и вертолет Ми-26.

Уделяя особое внимание повышению качества выпускаемой продукции, наше предприятие, обобщив весь многолетний опыт работы коллектива, одним из первых в середине 70-х годов разработало и внедрило комплексную систему управления качеством продукции (КС УКП), с помощью которой почти два десятилетия решались многие задачи по поддержанию качества выпускаемой продукции на должном уровне. Координацию соответствующих работ на предприятии выполнял отдел управления качества (ОУК), с 1993 года - отдел сертификации и качества (ОСК).

В 1995 г. на предприятии был организован центр качества, сертификации и стандартизации, с марта нынешнего года - центр менеджмента качества (ЦМК), который вообрал в себя и функции конструкторско-технологического отдела стандартизации (КТОС), и ОСК.

Для любой организации внедрение стандартов ИСО серии 9000 является масштабным и достаточно сложным проектом, охватывающим всех ее работников - от первого руководителя до обслуживающего персонала. Без заинтересованной позиции руководства, понимания неизбежности и осознания необходимости разработки и внедрения системы качества всем персоналом предприятия успеха не добиться.

В мировой экономике конкуренция присутствует повсюду. Чтобы победить в конкурентной борьбе, товары и услуги должны быть самыми лучшими, и тогда предприятие получит шанс на место в международном рынке. Качество стало ключом к конкурентоспособности. Именно поэтому, еще на заре зарождения новых условий хозяйствования, в конце 80-х, для обеспечения стабильного уровня качества продукции ОАО "Мотор Сич" на основе существующей КС УКП приступило к разработке и внедрению системы обеспечения качества, отвечающей требованиям Международных стандартов ИСО серии 9000.

С целью получения признания своей системы качества ОАО "Мотор Сич" обратилось к независимой международной организации по сертификации - французской фирме BUREAU VERITAS. В 1993 г. был получен сертификат соответствия системы качества стандартам ИСО серии 9000. Жизнестойкость нашей политики в области качества постоянно подтверждалась в ходе проверок, предусмотренных программой надзора за сертифицированной системой качества. Действие сертификата продлялось в 1994 и 1997 гг.

С 2000 г. ОАО "Мотор Сич" имеет сертифицированную на соответствие требованиям ИСО 9001 транснациональной фирмой BVQI систему качества применительно к производству, ремонту и техническому обслуживанию авиадвигателей, газотурбинных приводов (ГТП), а также к проектированию газотурбинных электростанций.

С распадом Союза ССР был организован Межгосударственный авиационный Комитет (МАК). В соответствии с Соглашением о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства государств-участников Минского Соглашения этот комитет, как постоянно действующий исполнительный орган, стал правопреемником Комиссии по использованию воздушного пространства и управле-

нию воздушным движением, Комиссии по государственному надзору за безопасностью полетов воздушных судов, а также Министерства гражданской авиации СССР. Позднее в Украине была создана собственная администрация (сейчас - "Укрaviaтранс").

Первым предприятием на постсоветском пространстве, сертифицированным по Авиационным правилам АП-21 в августе 1993 г., стало ОАО "Мотор Сич", получившее "Свидетельство об одобрении производства" под номером 1 (01-ГД).

На сегодняшний день наше предприятие имеет сертифицированное Авиарегистром МАК и Государственным Департаментом авиационного транспорта Украины производство восьми видов маршевых и вспомогательных двигателей и их модификаций Д-18Т, Д-36, Д-136, ТВЗ-117, ТВЗ-117ВМА-СБМ, АИ-9, АИ-9В, АИ-9-ЗБ, а также сертифицированное ремонтное производство по всем типам авиационных двигателей.

В июле 1998 г. ОАО "Мотор Сич" признано Авиарегистром МАК в качестве Разработчика авиационных двигателей гражданских воздушных судов.

Используя богатейший опыт изготовления основной продукции, предприятие за последние годы освоило производство передвижных и стационарных электростанций на базе авиационных двигателей, изготовление оборудования для нефтедобывающей и газоперерабатывающей промышленности, а также выпуск широкой гаммы товаров для удовлетворения потребностей человека.

Для подтверждения соответствия требованиям безопасности и нормативных документов ОАО "Мотор Сич" сертифицировало в системе УкрСЕПРО и ГОСТ Р (Россия) ряд потребительских товаров, в том числе: паровые котлы, детские коляски, молочные бытовые и промышленные сепараторы, бензиномоторные пилы и пр.

Координацию и методическое руководство работой подразделений в вопросах планирования, управления, обеспечения и улучшения качества выполняет служба качества, возглавляемая заместителем генерального директора - директором по качеству. В состав службы качества входят ЦМК, отдел технического контроля и отдел главного метролога.

Основными задачами ЦМК, являются:

- реализация идеологии создания и совершенствования системы качества;
- ежегодный анализ "Политики предприятия в области качества", получение, обобщение и установление приоритетности в планировании и решении вопросов, связанных с реализацией "Политики...";
- разработка "Руководств по качеству" и Программ качества;
- организация, координация, участие и оказание методической помощи подразделениям при разработке стандартов предприятия (содержащих процедуры системы качества);
- выполнение внутренних проверок системы качества;
- обеспечение взаимодействия с органами Госстандарта, Авиарегистра, научно-исследовательскими институтами, аккредитованными органами по вопросам обеспечения качества и сертификации производства, системы качества, продукции.

Руководством предприятия поставлена задача - в 2001 г. провести работы по совершенствованию системы качества с целью приведения ее в соответствие с требованиями новой версии стандартов серии ИСО 9000 - 2000 и авиационным стандартам AS 9100.

Решение проблемы качества - задача стратегическая. Поэтому только разработка четкой политики в этой области и долгосрочной программы мер, объединяющих усилия всех ветвей управления и всех специалистов предприятия, может привести к успеху, подъему реального уровня жизни многотысячного коллектива предприятия. ◀



Уделяя особое внимание повышению качества выпускаемой продукции, наше предприятие, обобщив весь многолетний опыт работы коллектива, одним из первых в середине 70-х годов разработало и внедрило комплексную систему управления качеством продукции (КС УКП), с помощью которой почти два десятилетия решались многие задачи по поддержанию качества выпускаемой продукции на должном уровне. Координацию соответствующих работ на предприятии выполнял отдел управления качества (ОУК), с 1993 года - отдел сертификации и качества (ОСК).

В 1995 г. на предприятии был организован центр качества, сертификации и стандартизации, с марта нынешнего года - центр менеджмента качества (ЦМК), который вообрал в себя и функции конструкторско-технологического отдела стандартизации (КТОС), и ОСК.

Для любой организации внедрение стандартов ИСО серии 9000 является масштабным и достаточно сложным проектом, охватывающим всех ее работников - от первого руководителя до обслуживающего персонала. Без заинтересованной позиции руководства, понимания неизбежности и осознания необходимости разработки и внедрения системы качества всем персоналом предприятия успеха не добиться.

В мировой экономике конкуренция присутствует повсюду. Чтобы победить в конкурентной борьбе, товары и услуги должны быть самыми лучшими, и тогда предприятие получит шанс на место в международном рынке. Качество стало ключом к конкурентоспособности. Именно поэтому, еще на заре зарождения новых условий хозяйствования, в конце 80-х, для обеспечения стабильного уровня качества продукции ОАО "Мотор Сич" на основе существующей КС УКП приступило к разработке и внедрению системы обеспечения качества, отвечающей требованиям Международных стандартов ИСО серии 9000.

С целью получения признания своей системы качества ОАО "Мотор Сич" обратилось к независимой международной организации по сертификации - французской фирме BUREAU VERITAS. В 1993 г. был получен сертификат соответствия системы качества стандартам ИСО серии 9000. Жизнестойкость нашей политики в области качества постоянно подтверждалась в ходе проверок, предусмотренных программой надзора за сертифицированной системой качества. Действие сертификата продлялось в 1994 и 1997 гг.

С 2000 г. ОАО "Мотор Сич" имеет сертифицированную на соответствие требованиям ИСО 9001 транснациональной фирмой BVQI систему качества применительно к производству, ремонту и техническому обслуживанию авиадвигателей, газотурбинных приводов (ГТП), а также к проектированию газотурбинных электростанций.

С распадом Союза ССР был организован Межгосударственный авиационный Комитет (МАК). В соответствии с Соглашением о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства государств-участников Минского Соглашения этот комитет, как постоянно действующий исполнительный орган, стал правопреемником Комиссии по использованию воздушного пространства и управле-

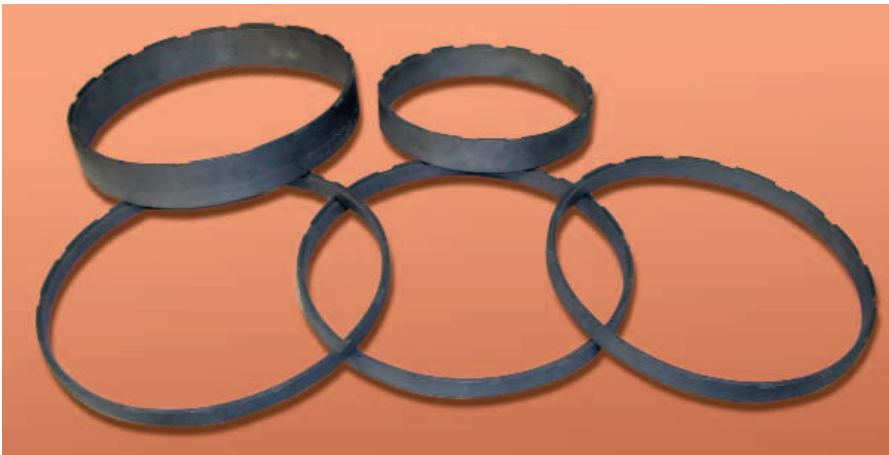
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШАЮТ КПД ДВИГАТЕЛЯ

Евгений Кладницкий, начальник
исследовательской лаборатории
композиционных материалов

Эффективность работы двигателя, т.е. его к.п.д., зависит от многих факторов, в том числе и от качества уплотнений, предназначенных для предотвращения перетекания воздуха. Одними из материалов для изготовления уплотнений служат специальные композиции, включающие металлическую матрицу (алюминий) и наполнитель из порошка твердой смазки (нитрид бора), пропитываемые расплавом алюминия. Для обеспечения высокого качества приработки уплотнений желательна наибольшая глубина пропитки и регламентированное время выдержки при температуре выше 660 °С.

В ходе экспериментов исследовалась литая композиция "алюминий-нитрид бора", полученная методом вакуумно-компрессионной пропитки. При этом были определены оптимальные режимы технологического процесса (глубина вакуумирования, температура пропитки, давление над расплавом, время выдержки под давлением). В ходе этих исследований было выявлено, что достигаемая при работе по традиционной методике глубина пропитки, не превышавшая 5-20 мм, явно недоста-

точно. Как показали эксперименты, варьирование степенью уплотнения чистого нитрида бора не позволило увеличить глубину его пропитки. Введение в порошок нитрида бора алюминиевого порошка АСД в количестве 5-25 % равномерно по объему, позволило увеличить скорость пропитки с 0,15 до 0,35-7,5 мм/с и, таким образом, увеличить глубину пропитки и габариты получаемых отливок при возможности получения результирующей степени уплотнения, изменяющейся в достаточно широких пределах. Получены отливки



толщиной 100 мм и диаметром 500 мм (ограниченные лишь габаритами имеющегося оборудования). Ввиду усадки смеси порошков нитрида бора и алюминия при смачивании расплавом до 10-12 % не удалось получить кольцевые отливки без трещин и заливов алюминия. Введение в порошок нитрида бора стружки ранее полученной пропиткой композиции "алюминий-нитрид бора" до 40-50 % от объема сделало такой каркас хорошо пропитываемым и практически несжимаемым при смачивании его алюминием. Это дало возможность получать сплошные кольцевые отливки диаметром 500 мм. Оптимальным уплотнением такой смеси перед пропиткой явилась послойная механическая подпрессовка давлением $7 \dots 8 \cdot 10^5$ Па.

точно. Изменение параметров (как правило в сторону их увеличения) не обеспечило повышения глубины пропитки из-за начала реакции взаимодействия нитрида бора и алюминия с потерей прирабатываемых свойств и торможения продуктами реакции процесса проникновения расплава к непропитанной еще части порошкового каркаса.

Для получения крупногабаритных (сплошных и кольцевых) отливок композиции "алюминий-нитрид бора" было необходимо исследовать влияние степени уплотнения порошкового каркаса и различных добавок в него (не меняющих состав композиции) на глубину пропитки, однородность и целостность отливки, величину усадки порошкового каркаса при смачивании расплавом.

На ОАО "Мотор Сич" в научно-технологическом отделе научно-производственного управления по разработанной технологии изготовлены показавшие высокие эксплуатационные характеристики уплотнительные кольца из прирабатываемого материала для лабиринтных уплотнений двигателей ВК-1500 и ВК-2500. В составе двигателя ВК-2500 кольца уплотнений успешно прошли ресурсные и сертификационные испытания. Материал колец АЛК сертифицирован в составе изделия ВК-2500.

Изготовление уплотнений из прирабатываемого материала АЛК вместо сот позволяет повысить к.п.д. компрессора и двигателя в целом благодаря снижению утечек газа при уменьшении зазоров между статором и ротором. ◀

DIGEST

NEW TECHNOLOGIES AIMING AT AN INCREASE IN ENGINE EFFICIENCY

Effectiveness of engine operation, i.e. its efficiency, depends on many factors, including a number and quality of seals preventing air leakage. Materials for seals are special compositions which consist of a metal matrix (for example, aluminum) and a filler of powder lubricant (boron nitride) impregnated by aluminum melt. The conducted experiments made possible to produce castings of 100-mm thickness and 500-mm diameter owing to additives of ASD aluminum powder (5 ... 25 %) to boron nitride. An addition of chips (40-50 % by volume) produced from previously impregnated "aluminum - boron nitride" composite material made the structure well impregnated and practically incompressible when wetting by aluminum.

Based on the developed technology, "Motor Sich" company manufactured sealing rings from the abradable material for labyrinth seals of VK-1500 and VK-2500 engines.

Продукция ОАО "Мотор Сич" – авиационные двигатели для самолетов и вертолетов, а также промышленные установки наземного применения на базе газотурбинных и поршневых двигателей – эксплуатируется в настоящее время в 110 странах. Немалая заслуга в столь широком ее распространении принадлежит сотрудникам внешнеторговой фирмы (ВТФ) – самостоятельного структурного подразделения объединения.

Павел Хомутов,
заместитель директора ВТФ
Юлия Князева,
инженер внешнеторговой фирмы



ВНЕШНЕТОРГОВАЯ ФИРМА – ГАРАНТ ПРОЦВЕТАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Еще в период властвования командно-административной системы, когда внешнеэкономические связи осуществлялись только под эгидой внешторгпредставительств, ОАО "Мотор Сич" активно искало пути совершенствования сбыта своей продукции как на отечественном рынке, так и за рубежом. Группа специалистов эксплуатационно-ремонтного отдела, занимающегося сервисным обслуживанием поставляемой техники в эксплуатации, выдвинула идею создания специального отдела, который бы принял на себя многочисленные функции по обеспечению эффективного сбыта продукции. Данная идея нашла поддержку у руководства предприятия, и в 1988 г. был создан экспортно-импортный отдел, состоящий из лучших специалистов предприятия.

По мере наращивания объемов производства, расширения комплекса предоставляемых услуг по техническому и сервисному обслуживанию, обнаружилась необходимость внедрения принципа диверсификации сбыта по отдельным видам продукции и регионам. Как результат, экспортно-импортный отдел был трансформирован в управление внешнеэкономических связей, а затем – во внешнеторговую фирму. В настоящее время ВТФ является единственным организатором и участником внешнеэкономической деятельности предприятия, отвечая за проведение единой внешнеэкономической политики, поиск рынков сбыта, подготовку и реализацию контрактов, обеспечение их экономической эффективности. Важно отметить, что именно на ВТФ возложена функция обеспечения взаимодействия предприятия с учреждениями местных и центральных органов законодательной и исполнительной власти

Украины, а также с представительствами иностранных торговых и финансовых партнеров ОАО "Мотор Сич".

На сегодняшний день ВТФ имеет уже прочно сложившуюся структуру. Созданы отделы и целые управления, занимающиеся:

- закупкой станков и оборудования для предприятия;
- реализацией авиадвигателей, запасных частей;
- созданием совместных предприятий и ремонтных баз;
- поставкой газотурбинных электростанций и приводов для газоперекачивающих станций;
- обеспечением предприятия газом и электроэнергией;
- проведением маркетинговых исследований;
- контролем и осуществлением финансовых операций и др.

Так, благодаря эффективной деятельности отдела импорта осуществляется бесперебойное снабжение предприятия запасными частями и комплектующими к станкам и оборудованию, уникальными расходными материалами, а также – приобретение остродефицитного импортного оборудования для обеспечения качественного производства на уровне самых высоких мировых стандартов авиационных двигателей, наземных установок и принципиально новых товаров народного потребления.

К настоящему времени специалистами отделов по экспорту авиатехники, услуг по ее ремонту и запасных частей установлены прямые контакты с эксплуатирующими организациями сорока стран мира. Крупнейшими партнерами выступают Россия, Китай, Индия, Перу и другие. Благодаря активным действиям работников данных отделов по продвижению авиационной продукции, ОАО "Мотор

Сич" значительно укрепило свои позиции на латино-американском рынке. Отдельные страны данного региона за последние несколько лет почти вдвое увеличили свои самолетные и вертолетные парки с двигателями нашего производства. Кроме того, ведутся переговоры более чем с двадцатью странами по ремонту и поставкам новых, перспективных двигателей, таких как АИ-222 для учебно-тренировочного и легкого боевого самолета, Д-436Т1/Т2 для пассажирского и транспортного самолетов, что свидетельствует о напряженной работе по поиску новых рынков сбыта. Также нельзя не упомянуть о развитой системе обслуживания поставляемой техники в эксплуатации, что возводит ОАО "Мотор Сич" в ранг надежного партнера, способного в кратчайшие сроки и с минимальными затратами решить возникающие проблемы на месте эксплуатации. С этой целью во многих странах созданы постоянные представительства предприятия, имеющие возможность оперативно реагировать на запросы заказчика.

Говоря об успехах предприятия, необходимо отметить и положительную динамику поставок промышленных установок наземного применения. Основными регионами экспортных поставок являются страны Латинской Америки, Ближнего и Среднего Востока и Юго-Восточной Азии. Так, с 1996 г. в Украину и за рубеж было



дарственным университетом и Харьковским авиационным институтом. Ежегодно десятки студентов этих учебных заведений проходят практику в подразделениях ВТФ. Хорошо зарекомендовавшие себя студенты после окончания учебного заведения уже в качестве специалистов - молодых, инициативных, энергичных, богатых новыми идеями, понимающих потребности современного рынка, владеющих иностранными языками - приходят работать во внешнеторговую фирму.

К чести руководства ВТФ надо отметить, что для коллектива созданы благоприятные условия работы и отдыха. Все подразделения внешнеторговой фирмы обеспечены новейшей компьютерной техникой, современными средствами связи, необходимой технической, юридической и экономической литературой. Руководство внешнеторговой фирмы организует ежегодные курсы повышения квалификации, курсы иностранных языков, направляет специалистов на различные семинары, проводит встречи коллектива с руководителями города, народными депутатами. Взаимопонимание, хорошая психологическая атмосфера, высокая образованность и культура работников позволяют быстро и эффективно справляться с любыми задачами. Опытные работники всегда проконсультируют и, при необходимости, окажут помощь молодым. Нагрузки и стресс коллектив снимает, активно занимаясь спортом, совместно отдыхая на природе.

Так в чем же секрет стабильных успехов внешнеторговой фирмы? Ответ прост. Ведь уже давно известно, что формирование корпоративной культуры предприятия, составляющим звеном которой является воспитание единой, сильной команды, выступает мощным рычагом в достижении новых успехов. ◀



поставлено 35 приводов мощностью 6,3; 8 и 10 МВт. За истекший год специалистами ВТФ налажена система передачи оборудования в оперативный и финансовый лизинг. Важным обстоятельством можно считать тот факт, что за период эксплуатации техники со стороны заказчиков не поступало никаких жалоб, что является надежной гарантией дальнейшего взаимовыгодного сотрудничества. Кроме того, ОАО "Мотор Сич" принимает активное участие в реконструкции газотранспортной системы Украины и предлагает свое содействие в реализации государственных программ по погашению национального долга путем поставок оборудования в счет задолженности за энергоносители.

Проводимая работа требует от специалистов ВТФ высокого профессионального уровня и компетентности. Поэтому кадровая политика руководства внешнеторговой фирмы, как и предприятия в целом, направлена на повышение образовательного уровня и "омоложение" кадрового состава. ВТФ активно сотрудничает со многими ВУЗами Украины. Особенно тесные связи налажены с Запорожским государственным техническим университетом, Запорожским госу-



DIGEST

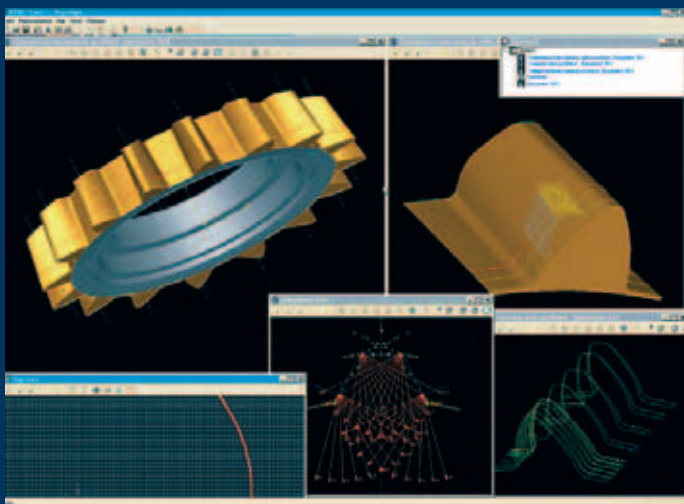
THE FOREIGN TRADE COMPANY - A GUARANTOR OF BUSINESS PROSPERITY

Nowadays, the products of "Motor Sich" JSC - aircraft engines for powering planes and helicopters, as well as industrial ground installations on the basis of GTEs and piston engines - are in operation in 110 countries. A major contribution to a world-wide sale of products was made by employees of the foreign trade division (FTD) - an independent structural subdivision of the company. The idea of establishing a special department providing effective marketing and sales of products was realized in 1988 by foundation of an export-import department. Later on, the department was transformed into a directorate of foreign economic relations, and then the foreign trade division.

Today, FTD is the sole organizer and member of foreign trade business of the company bearing responsibilities for realization of a common foreign financial policy, searching for markets, drawing-up and managing the contracts, and ensuring their economic effectiveness. Owing to active operations of FTD, "Motor Sich" JSC has strengthened its position on the world market. Today, negotiations are in progress with more than twenty countries on repair and deliveries of new advanced engines such as the AI-222 for trainers and light fighters, the D-436T1/TP for passenger and transport planes. The foundation of a branched service and maintenance system of delivered engineering products elevated "Motor Sich" JSC to the rank of a reliable partner capable to solve arising problems on-site within the shortest time period and at minimal cost.

НАПРАВЛЕНИЯ И ЭТАПЫ СОТРУДНИЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ ЗАВОДА

с НИИ, ОКБ И ДРУГИМИ РАЗРАБОТЧИКАМИ



Владимир Мозговой,
главный технолог
Виталий Мигунов,
ведущий научный сотрудник УГП
Ренат Шахмаев,
начальник ОНТИ

Управление главного технолога (УГП) открытого акционерного общества "Мотор Сич", являясь его самостоятельным структурным подразделением, в своей деятельности руководствуется как соответствующим стандартом предприятия, так и другими нормативными документами и методическими материалами предприятия, государственных органов и научно-исследовательских организаций. УГП, реализуя политику предприятия в области качества изготовления продукции, обеспечивает технологическую подготовку производства в основных цехах, а также добивается сокращения сроков освоения новых изделий, снижения трудоемкости их изготовления и т.п.

Значительное усложнение конструкции и технологий производства ПД новых поколений не позволяет отдельному предприятию решать огромный комплекс всех возникающих задач технологического обеспечения производства, включая создание технологического оборудования и отработку документации. В связи с этим решение основных, узко специфичных и сложных задач технологическая служба производит не только собственными силами предприятия, как это было на первом этапе становления авиадвигателестроения, но и в значительной мере с привлечением специализированных научных организаций, и прежде всего технологических институтов - московских НИИД, НИАТ, ВНИИСУ, ЦИАМ, ВИЛС, ВИАМ, киевского УкрНИИАТ и многих других, в том числе и из других отраслей машиностроения.

Но особенно оперативно и эффективно стоящие задачи отдел главного технолога решал совместно с аналогичными службами опытно-конструкторских бюро, создававших авиационные двигатели для серийного изготовления на нашем заводе, прежде всего с Запорожским моторостроительным конструкторским бюро (ЗМКБ) "Прогресс".

Вместе с НИИД и НИАТ отдел главного технолога занимался разработкой новых, перспективных технологий, созданием специализированного оборудования и другого технологического оснащения для обработки сложных деталей из новых материалов, являющихся более работоспособными, но и более труднообрабатываемыми. Он оценивал технологичность конструкций новых авиадвигателей, внедрял технологии изготовления деталей из композиционных материалов, вел разработку и сопровождал внедрение гибких автоматизированных систем механической обработки и систем автоматизированного проектирования.

На базе собственных разработок и творческого научно-технического сотрудничества технологической службы завода с разработчиками освоены и внедрены новые технологии изготовления с малыми припусками (или вообще без них) таких ответственных деталей, как

крупно- и малогабаритные лопатки, сложнопрофильные диски компрессоров и турбин, их длинномерные и тонкостенные валы переменной конфигурации, высокоточные шестерни, сложно-фасонные камеры сгорания, крупногабаритные корпуса особо сложных форм. На предприятии широко применяются станки с ЧПУ, специализированное оборудование для электрофизической обработки и упрочнения поверхностей новыми методами, прежде всего ультразвуковое, лазерное, плазменное (нанесение покрытий), новые технологии в инструментальном производстве, испытательных цехах, заготовительном производстве, контроле и т.п.

Специалистами службы УГП завода совместно с НИАТ, НИИД и другими организациями разработаны и внедрены многие другие новые технологические процессы, обладающие мировой новизной на момент освоения. Среди них:

- ноль-градусный метод зубошлифования зубчатых колес и хонингование зубьев шестерен абразивными шеверами, что устраняет шлифовочные прижоги, повышает надежность деталей;
- полирование сложных поверхностей деталей из разных материалов и сплавов электроплазменным методом с использованием в качестве электролита слабых растворов (6-8 %) нейтральных солей;
- механизированное полирование поверхностей, скругление кромок в пазах и упрочнение поверхностей межпазовых выступов дисков компрессоров в псевдоожоженном абразиве на установках, разработанных ГНПП "Опыт";
- многоплоскостная динамическая балансировка роторов ПД;
- электроэрозионная обработка сложнофасонных деталей и штампов электродами-инструментами, изготовленными методами порошковой металлургии;
- ультразвуковое упрочнение пера и хвостовиков рабочих лопаток компрессоров с применением роботизированного комплекса;
- усиление крупногабаритных тонкостенных металлических оболочек вентилятора угле-, стекло- и органопластиковыми (работа, проводившаяся совместно с ЗМКБ "Прогресс", НИИД и ВИАМ, удостоена Государственной премии Украины);
- изготовление лопатки из углепластика;
- штамповка деталей энергией взрыва;
- вибродиагностика авиадвигателей современными электронными средствами с компьютерной обработкой результатов;
- изготовление точных заготовок лопаток в штампах напряженной конструкции (медаль ВДНХ совместно с НИАТ);

- холодная вытяжка крупногабаритных валов вентилятора и компрессора двигателя Д-36 на раскатных станах типа СРГ;
- электроконтактная обработка деталей из труднообрабатываемых материалов (валы, диски, сопловые аппараты, лопатки);
- изготовление сотовых уплотнений из жаропрочной фольги толщиной 0,05-0,1 мм;
- ударная пробивка щелей под спрямляющие лопатки в кольцевых заготовках направляющих и спрямляющих аппаратов компрессора;
- автоматизированное протягивание пазов под "елку" и "ласточкин хвост" рабочих лопаток турбин и компрессоров клеесборными протяжками;
- изготовление кольцевых заготовок из профильного проката его гибкой в кольцо с последующей сваркой встык.

Значительный эффект дало создание и внедрение унифицированной переналаживаемой технологической оснастки (УПТО). Прежде уровень поддетальной специализации был недостаточным, вследствие чего быстрое наращивание номенклатуры и объемов производства ограничивало возможности широкого внедрения новых технологических процессов и вообще достижений науки и техники.

Одно из важнейших направлений в работе УГТ - проверка уровня технологичности новых изделий при передаче конструкторской документации в серийное производство, разработка технологических рекомендаций и технических предложений, повышающих их технологичность, снижающих себестоимость, повышающих надежность и т. п. Особенно плодотворным было наше сотрудничество с ГУП "Завод им. В.Я. Климova" (Санкт-Петербург) по повышению технологичности двигателя ТВЗ-117.

Многие наши решения по технологичности деталей ГТД вошли в соответствующие монографии и рекомендации, изданные в НИАТ и НИИД.

Систематическая работа УГТ по повышению специализации производства, в частности, разработка конструкторско-технологического классификатора деталей и сборочных единиц на основе типовых классификаторов НИАТ и НИИД позволила создать специализированные филиалы объединения и новые цехи, реконструировать существующие цехи с повышением их специализации и организации производственных участков с технологической и поддетальной специализацией.

Так, создание цеха предварительной механической обработки позволило сконцентрировать высокопроизводительное металлорежущее оборудование, полностью загрузить его, сохранить и увеличить срок службы высокоточного оборудования в цехах, где производится окончательная обработка, механизировать сбор, сортировку и переработку стружки. Были также созданы специализированные цехи по производству таких основных деталей ГТД, как лопатки, диски, валы компрессоров и турбин, сопловые аппараты, корпуса, зубчатые колеса, трубы и др. При этом по мере повышения технологичности деталей и с развитием средств их обработки появилась возможность комплексной автоматизации производства основных деталей, прежде всего лопаток, на базе единой объемной математической модели лопатки, что дало возможность перейти на качественно новую форму представления конструкторской документации и повысить технологическую гибкость производства.

Эти и многочисленные другие технологические разработки завода, обеспечивающие высокую надежность и ресурс изготавливаемых ГТД, обобщены и систематизированы в научных монографиях наших авторов. Оригинальные решения важных технологических проблем, стояв-

ших в процессе освоения новых изделий, освещены в публикациях, монографиях, изобретениях ведущих специалистов УГТ д.т.н. А.Я. Качана, к.т.н. В.А. Леховицера, к.т.н. В.М. Мигунова, к.т.н. В.Ф. Сорокина, А.И. Попенко, И.Г. Ромашко, Л.И. Шнитмана, Н.Ф. Химочко и др.

В настоящее время перед технологической службой завода особо остро встала чрезвычайно важная проблема значительного снижения энергоемкости технологических процессов изготовления деталей из труднообрабатываемых материалов. Ее решение затруднительно как по причине мелкосерийности производства, так и из-за большого объема операций по механической обработке, требующих особо значительных энергозатрат.

Необходимость изучения широкого комплекса труднейших проблем вызывает необходимость дальнейшей интеграции и координации в области технологии, поскольку одному предприятию или даже группе предприятий такие проблемы решить невозможно как с точки зрения их финансирования, так и с позиций обеспечения кадровым потенциалом.

Однако технологические НИИ в настоящее время государством практически не финансируются и поэтому резко ослаблены. К тому же в Украине существует лишь только один такой институт - УкрНИИАТ, образованный в 1964 г. как филиал НИАТ. В связи с этим считаем, что в настоящее время решения новых важных и трудных задач могут основываться на применении новейших интернет-технологий, освоение которых принципиально невозможно без тесного сотрудничества в области высокоинтеллектуальной собственности, принципиально нового уровня подготовки кадров.

В настоящее время особо актуальным становится организация производства на основе CALS-технологий (Continues Acquisition and Life-cycle Support - непрерывная поддержка поставок и жизненного цикла изделий), объединяющих все работы предприятия, начиная с маркетинга, прежде всего, с разработки и подготовки производства, АСУП, и кончая послепродажным обслуживанием производимой продукции.

УГТ нашего предприятия с 1996 г. действует CAD/CAM система автоматизированного проектирования. Ее использование в инструментальном производстве позволило создать замкнутый цикл изготовления штампов лопаток, исключить такие трудоемкие и дорогостоящие технологические операции, как изготовление эталонного штампа на станках с ЧПУ, слесарную доводку, изготовление оснастки второго порядка, прежде всего обратника из эпоксидной смолы, обработку пера на копировальном станке, слесарную подгонку его профиля, прожиг штампов и др.

Наконец, еще одной важной задачей в этом направлении является создание новых систем контроля и управления технологическими процессами. В частности, уже созданы и внедрены системы стендовых испытаний двигателей, автоматизированного управления плавкой и другими ответственными технологическими операциями.

В новых условиях (сокращение объемов производства ГТД, большая номенклатура изготавливаемых двигателей, отсутствие средств, необходимых для коренной реновации производства в связи с научно-технической революцией в промышленности, резкое увеличение стоимости новейшего технологического оборудования, ненадежность поставщиков, ликвидация или резкое ослабление отраслевых НИИ, базовых лабораторий ВУЗов и т.п.) служба УГТ ищет новые решения технологической организации производства. Ставится задача повышения его гибкости с опорой на опыт других предприятий и информации, получаемую из научно-технических журналов, аналитических обзоров и монографий. ◀

DIGEST

DIRECTIONS AND STAGES OF COOPERATION OF THE COMPANY'S TECHNOLOGICAL SERVICE DEPARTMENT WITH SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTES, DESIGN BUREAUS, AND OTHER DEVELOPERS

The department of the chief technologist at "Motor Sich" joint-stock company, being an independent structural subdivision, is carrying out the company's policy in the field of manufacturing high-quality products, providing technological pre-works in manufacturing of producing departments, and striving to shorten the time period of new products development, reduce labor input of their manufacturing, etc.

The technological service department is solving principal, specific, and difficult problems not only unaided but also by enrolling specialized research organizations and first of all technological institutes, including from other branches of machine-building industry.

The department of the chief technologist is accomplishing tasks very energetic and efficient in cooperation with similar service departments of the design bureaus developing aircraft engines for series manufacturing at our plant and, primarily, with "Progress" Zaporozhye Motor-Building Design Bureau.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УСКОРЕННОГО ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК ЛОПАТОК АВИАДВИГАТЕЛЕЙ НА БАЗЕ СИСТЕМ БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ

Виктор Леховицер,

зам. начальника управления главного технолога

Евгений Липский,

зам. главного конструктора технологической оснастки УГТ

Константин Балушок,

начальник бюро УГТ



На производстве ОАО "Мотор Сич" внедрена новая технология быстрого изготовления заготовок деталей, получаемых литьем по выплавляемым моделям, в частности - лопаток авиадвигателей (как пустотелых, так и монолитных), на базе систем быстрого прототипирования. Данная технология применяется для получения опытных образцов и первых комплектов деталей. Системы быстрого прототипирования позволяют получить физическую копию трехмерной компьютерной модели детали любой сложности, запроектированной с помощью различных систем САПР (CAD/CAM).

ОАО "Мотор Сич" использует для этой цели CAD/CAM EUCLID, LOM-технологии, традиционную технологию изготовления литейной оснастки из эпоксипластов и технологию ионоплазменной металлизации. В основе работы LOM-установок (Laminated Object Manufacturing), поставляемых фирмой HELISYS (США), лежит процесс выращивания физической копии компьютерной модели последовательно из слоев ламинированной бумаги или полимерной ленты путем ее послойного раскроя лучом лазера и последующего термопрессования слоев.

Традиционно заготовки лопаток авиадвигателя изготавливают литьем по выплавляемым моделям, получаемым путем запрессовки модельной массы в прессформу. Для получения внутренних полостей охлаждаемых лопаток используются керамические стержни, которые, в зависимости от сложности конфигурации внутренней полости лопатки, производятся из двух видов материалов: растворимого в воде карбамида (мочевины) или электрокорунда. Если полость в сечении меньше 5 мм и имеет тонкие перемычки, стержень изготавливают из электрокорунда, а более массивные стержни - из карбамида. Оба вида стержней изготавливаются запрессовкой в стержневой прессформе.

Таким образом, для получения отливки пустотелой лопатки по традиционной технологии нужны две металлические прессформы: модельная и стержневая, очень дорогостоящие и трудоемкие в изготовлении.

По новой технологии, внедренной в ОАО "Мотор Сич" вначале разрабатываются в CAD/CAM EUCLID компьютерная мастер-

модель отливки лопатки и модель стержня, оформляющего внутреннюю полость пустотелых лопаток. В них учтены припуски под механическую обработку и усадки как материала самой лопатки, так и всех материалов оснастки, применяемых для получения модели и стержня. По компьютерным моделям выращивают физические модели на установках LOM мод. 1015/2030.

Стержневую прессформу изготавливают по LOM-модели стержня напылением на нее цинка толщиной в несколько миллиметров методом электродуговой металлизации. Цинковую корку на заднюю и переднюю поверхности модели напыляют отдельно.

Слои цинка наносятся электрометаллизационными аппаратами как вручную, так и на различных станках (например, токарных). Принцип работы аппаратов состоит в расплавлении двух проводочных электродов электрической дугой, образующейся между ними, и распылении расплавленного металла струей сжатого воздуха. Непрерывность процесса распыления металла достигается при продвижении обеих проволок с заданной скоростью подающим механизмом. Металлические частицы, попадая на покрываемую поверхность, сцепляются с ней и образуют сплошное покрытие; при этом толщина слоя регулируется числом проходов аппарата и скоростью его перемещения относительно металлируемой поверхности.

Полученные две цинковые корки обрабатывают механическим путем по линии разреза, помещают в металлическую окантовку и заливают эпоксипластом. Получаются пуансон и матрица стержневой прессформы. Изготовленная по такой технологии стержневая прессформа свободно выдерживает температуру заливки карбамида до 180 °С.

По мастер-модели лопатки изготавливают модельную прессформу. Технология ее изготовления следующая. LOM-модель по линии разреза заливают эпоксипластом поочередно: то со стороны спинки, то со стороны корыта профиля пера лопатки. Полученные половины форм также обрабатывают по плоскости разреза и получают пуансон и матрицу модельной формы.

Таким образом, обе формы, стержневая и модельная, изготавливаются с применением LOM-технологии. Далее стержни и выплавляемые модели лопаток получают по традиционной технологии литейного производства.

С помощью этой технологии в период ее опытной эксплуатации на стадии отработки получены отливки на несколько десятков типов лопаток авиадвигателей и приводов для газоперекачки.

Данная технология позволяет в несколько раз сократить сроки и материальные затраты на сложную и дорогостоящую технологическую подготовку производства новых изделий сложной формы. Кроме того, она позволяет оперативно и с незначительными затратами вносить изменения в опытные конструкции деталей изделий до начала их серийного производства. После окончания этапа испытаний нового изделия, отработки конструкции и получения сертификата качества изготавливается металлическая стационарная оснастка для серийного производства изделий. ◀



DIGEST

NEW TECHNOLOGIES OF THE SHORT-TIME MANUFACTURING OF AIRCRAFT ENGINE BLADE BLANKS ON THE BASIS OF THE FAST PROTOTYPING SYSTEM

"Motor Sich" company has launched a new technology of fast manufacturing of blanks and billets by investment casting, in particular, aircraft engine blades (both hollow and solid) on the basis of the fast prototyping system. This technology is used in manufacturing of experimental samples and first complete sets of components. The fast prototyping system makes possible manufacturing of a physical copy of a three-dimensional computer model of any complex component designed by various computer-aided designing systems (CAD/CAM). For this purpose "Motor Sich" company uses EUCLID CAD/CAM, LOM-technology, the conventional technology of manufacturing the foundry tooling from epoxy plastics and the technology of ion-plasma spraying. Operation of LOM-installations (Laminated Object Manufacturing) delivered by HELISYS Co., the USA, is based on the process of making a physical copy of a computer model from layers of laminated paper or polymeric tape by its layer-by-layer cutting by a laser beam and subsequent thermal pressing of layers. According to the new technology launched at "Motor Sich" company, the first step is the designing of a computer master-model of the blade blank and a model of the core which forms an internal cavity of the hollow blade. These models take into account allowances for machining and contraction of blade material and all materials of tooling used in manufacturing of the model and the core.

ПРОГРЕССИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА – ОСНОВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

В зависимости от требований, предъявляемых к деталям, на авиационном двигателе могут применяться до 80 различных марок конструкционных сталей и сплавов, цветных, жаропрочных и жаростойких сплавов как литых, так и деформируемых. Кроме того, используются различные металлические и прирабатываемые покрытия, пластмассы и композиционные материалы.

Высокое качество выпускаемых авиадвигателей обеспечивается не только применением современных материалов, но и использованием высоких технологий.

Игорь Быков, главный металлург

Юрий Кресанов, заместитель главного металлурга

Управлением технологическими процессами, повышением качества, обеспечением гарантированной надежности изделий постоянно занимаются высококвалифицированные специалисты, имеющие многочисленные патенты по самым разнообразным направлениям металлургического производства: литье жаропрочных и титановых сплавов; штамповка; термообработка; порошковая металлургия; уплотнительные, упрочняющие, термобарьерные, термостойкие, коррозионностойкие покрытия; сварка; композиционные материалы и др.

В нашем производстве изготавливаются более 2100 наименований точных литых заготовок из конструкционных сталей, жаропрочных и титановых сплавов, в т.ч. лопатки, сектора, колеса турбин, сопловые аппараты, которые отливаются без припуска по поверхностям газозвдушного тракта со стабильными геометрическими размерами, высоким качеством поверхности и заданными прочностными характеристиками.

Высокое качество отливок и стабильная геометрия достигаются применением современного оборудования и передовой технологии, обеспечивающей получение отливок с габаритными размерами от 20 до 830 мм, массой от 0,023 до 50 кг. Минимальная толщина стенок - 0,8-2,0 мм (в зависимости от размеров лопатки).

Рис. 1. Литой сектор соплового аппарата из жаропрочного сплава



Стабильные свойства отливок из жаропрочных сплавов (рис. 1) обеспечиваются автоматизированными плавильно-заливочными вакуумными установками. Надежность и снижение массы двигателей достигаются при использовании литых деталей из титановых сплавов (рис. 2).

Сложнофасонные корпусные детали, пустотелые лопатки и арматуру отливают по выплавляемым моделям. Развес литья от 20 г до 100 кг. Габаритные размеры 30-1200 мм. Допустимые отклонения $\pm(0,3-2,5)$ мм. Минимальная толщина стенки 1,5-4,0 мм. Механическая обработка - только по сопрягаемым поверхностям.

Стабильная геометрия и качество литья обеспечиваются:

- применением роторных автоматов и полуавтоматов для приготовления модельного состава и запрессовки моделей;
- автоматическим регулированием заданного теплового режима при сушке огнеупорного покрытия.

Используемые вакуумные дуговые печи с гарнисажным тиглем и центробежной заливкой гарантируют необходимую плотность отливок из титановых сплавов. Углеродные формы позволяют получать бесприпусковые отливки без газонасыщенного альфированного слоя. Качество отливок из жаропрочных и титановых сплавов проверяется неразрушающими методами контроля: рентгеновским, люминесцентным, цветной дефектоскопией, рентгеноструктурным анализом.

Большое внимание уделяется вопросу изготовления прогрессивных горячештампованных заготовок современными экономичными способами: вальцовкой, выдавливанием, точной штамповкой, прокаткой. Точной штамповкой, например, изготавливаются лопатки 181 наименования в количестве более 4,5 млн в год. Этот процесс в сочетании с холодным вальцеванием позволил существенно снизить затраты на производство лопаток, практически "экономив" один цех площадью 4,3 тыс. м², и улучшить характеристики деталей.

Стабильность свойств металла и геометрических размеров заготовок лопаток, изготавливаемых точной штамповкой, обеспечивается:



Рис. 2. Отливка из титанового сплава

- использованием современного специализированного деформирующего оборудования;
- соблюдением необходимых термомеханических режимов деформации;
- применением штамповой оснастки высокой стойкости;
- внедрением предварительных формирующих операций высокой стабильности и производительности;
- систематическим контролем за ходом выполнения технологического процесса и стопроцентной проверкой основных параметров готовых заготовок.

В объединении работает целая гамма прокатного оборудования, включая двухвалковые станы 330, 280, 220, 150 и другие. Их внедрение позволило реализовать в производстве такие процессы, как получение методом прокатки спрямляющих лопаток из нержавеющей стали и титановых сплавов без механической обработки по профилю пера, изготовление из жаропрочного сплава круглых профилей, не выпускаемых промышленностью, производство шестигранных профилей из титановых сплавов без механической обработки по граням, прокатку специальных профилей для газотурбинных двигателей.

На базе стана 280 создан участок кольцевых заготовок, включающий ротационно-гибочную машину нашей разработки. Профили для кольцевых заготовок прокатывают сечением 20-500 мм² с точностью $\pm 0,15$ мм различной конфигурации (швеллер, уголок и др.) с максимальным приближением к сечению готового кольца диаметром от 300 до 800 мм (рис. 3).

Высокое качество деталей, получение их с особыми свойствами, снижение расхода материала и затрат на механическую обработку гарантирует процесс изготовления деталей методом порошковой металлургии из железа, меди, титана и других материалов. В этом ряду особое место занимают детали из порошков титана, легированных алюминием и молибденом, имеющие свойства на уровне литых титановых сплавов.

Процесс нашел применение также и в инструментальном производстве для электроэрозионной обработки штампов композиционным порошковым электродом медь-титан-графит.

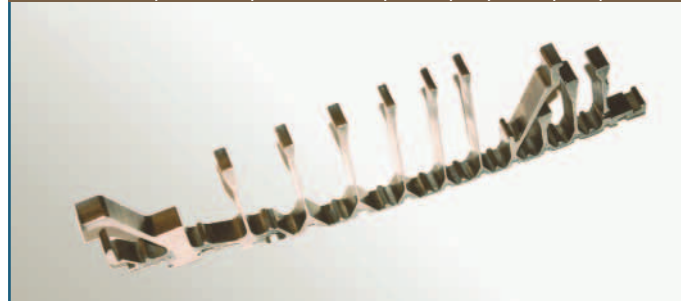
Всего освоено производство деталей почти 400 наименований, массой от 0,02 до 1,0 кг.

Электронно-лучевая сварка (ЭЛС) является одним из экономичных и конструктивно надежных методов получения узлов даже высоконагруженных вращающихся деталей, в связи с чем она получила широкое применение в производстве двигателей. Такой сваркой изготавливают около ста наименований деталей и узлов из различных алюминиевых, жаропрочных никелевых и титановых сплавов, а также хромоникелевых сталей.

Особенностью ЭЛС титановых дисков роторов компрессора является то, что соединяемые диски имеют очень точные

окончательно механически обработанные поверхности, которые после сварки и последующей термообработки удовлетворяют строгим требованиям конструкции. Свариваемые узлы имеют до 11 сварных швов на деталях толщиной 4-10 мм (рис. 4). Достоинством процесса является также то, что ЭЛС можно производить ремонт роторов компрессора из титановых сплавов путем отрезки дефектных дисков и приварки новых.

Рис. 4. Фрагмент сваренного ЭЛС барабана ротора компрессора



Для продления ресурса и повышения экономичности производства важное значение имеет возможность ремонта корпусов, дисков, лопаток и других деталей. Ежегодно восстанавливается сотни тысяч различных деталей и сборочных единиц.

Разработан ряд оригинальных технологических процессов, позволяющих ремонтировать детали без снижения эксплуатационных свойств. Наибольший эффект достигнут при восстановлении наплавкой лопаток турбин и компрессора специальным жаропрочным сплавом, не содержащим вольфрам и кобальт и устойчивым к фреттинг-износу. Разработана технология получения отливки прутков сечением 2 мм, служащих присадкой при сварке. Рабочие лопатки с ремонтных двигателей, наплавленные этим сплавом, отработывают в эксплуатации несколько ресурсов.

На корпусных деталях подваркой устраняются трещины, поргары, забоины, восстанавливаются размеры. Наплавленные или заваренные участки подвергаются тщательному контролю, что обеспечивает сохранение высоких потребительских свойств деталей после ремонта. Отремонтированные сваркой и наплавкой детали в 5-15 раз дешевле вновь изготовленных.

Современное производство невозможно без прогрессивных технологий получения неразъемных соединений, к которым относится печная пайка высокотемпературными припоями. Она получила новое развитие в последние годы прежде всего из-за необходимости ремонта деталей горячей части газоздушных трактов. Совершенно новые возможности в процессах создания материалов и поверхностных слоев с экстремальными свойствами открываются при использовании методов вакуумной ионно-плазменной технологии.

Эксплуатационные свойства деталей, поверхности которых подвержены различным видам износа в процессе эксплуатации, значительно улучшаются нанесением износостойких покрытий детонационным методом и методом вакуумно-плазменного напыления.

На предприятии создан комплекс покрытий из металлов и сплавов, а также материалов на основе карбидов, нитридов и оксидов (рис. 5), позволяющий восстанавливать изношенные поверхности дорогостоящих крупногабаритных деталей и удлинять срок их службы в несколько раз. Процесс нанесения покрытий исключает коробление деталей и не вызывает структурных изменений материала основы.

Обеспечение высокого качества узлов и деталей и повышение надежности изделий гарантируется особым вниманием к совершенствованию традиционных и внедрению новых прогрессивных методов термообработки (вакуумная термообработка в защитных средах, химико-термическая обработка, термобарьерные покрытия в газовых средах).

Нами впервые было успешно применено низкотемпературное цианирование деталей, в том числе лопаток из титановых сплавов, с целью повышения усталостной прочности, износостойкости и стой-

Рис. 3. Кольцевые заготовки, изготовленные на стане 280



кости против задигов в условиях сухого трения. Как правило, цианированию подвергаются детали в окончательно готовом виде.

Для лопаток турбин и спрямляющих аппаратов, работающих в атмосфере высокотемпературной газовой коррозии и эрозии, с целью защиты внутренних поверхностей охлаждаемых каналов применено алитирование газодиффузионным методом. Этот метод позволяет осуществлять диффузионное насыщение с экономичным расходом исходных материалов, а создающиеся турбулентные потоки газов вокруг насыщаемой поверхности приводят к получению равномерных покрытий на деталях любых конфигураций и размеров.

Рис. 5. Защитное эрозионностойкое покрытие лопаток компрессора



Производство современных авиадвигателей немыслимо без применения полимерных композиционных материалов (ПКМ). Обладая высокой удельной прочностью и жесткостью, ПКМ обеспечивают надежность, повышают срок службы, снижают массу конструкции.

Многообразие армирующих наполнителей матриц и схем армирования, используемых при создании деталей из ПКМ, позволяет направленно регулировать прочность, жесткость, уровень рабочих температур и заранее "запроектировать" требуемые свойства.

На нашем предприятии ПКМ используются при изготовлении углепластиковой лопатки (рис. 6) спрямляющего аппарата вентилятора, состоящей из полимерного пера лопатки и титановых полок, приклеенных с помощью заполнителя. Такая лопатка снижает массу детали на 40 % и обладает большей жесткостью и ремонтопригодностью не только в условиях предприятия, но и в полевых условиях.

Другим примером эффективного использования ПКМ является изготовление защитного кольца корпуса вентилятора двигателя Д-18Т и упрочнения корпуса вентилятора двигателя Д-36. Используемый для изготовления защитного кольца метод намотки является одним из наиболее перспективных методов формообразования изделий из органопластика, так как он позволяет создавать ориентированную структуру наполнителя с учетом формы изделий и особенностей их эксплуатации.

Усиление цилиндрической части корпуса вентилятора увеличило жесткость в 1,5 раза, значительно повысив частоту его собственных колебаний, при этом резонансный режим выведен за пределы рабочих оборотов двигателя. Масса корпуса, усиленного углепластиком, по сравнению с цельнометаллическим при равных прочных показателях жесткости и уровня частот собственных колебаний уменьшилась на 24 %.

Диапазон осваиваемых технологий не ограничивается только авиационной техникой, так как в связи с уменьшением объемов ее производства большое значение приобретает быстрое и качественное решение технологических вопросов при освоении "наземного" спектра изделий, среди которых уместно выделить внедрение процесса нанесения износостойкого упрочняющего покрытия на режу-

щих звеньях пильной цепи бензиномоторной пилы. Хромовое покрытие, наносимое из саморегулирующегося электролита с добавкой псевдоаморфного графитового порошка (искусственного алмаза), обеспечило твердость поверхности $HV > 1100$ кгс/мм² и увеличило стойкость пильных цепей в 3 раза.

Постоянно растущие потребности авиационного двигателестроения в новых материалах требуют глубоких исследований их состава, структуры и свойств в условиях совершенствующихся технологий и ужесточения температурно-силовых условий эксплуатации двигателей новых поколений.

Успешное решение задачи повышения надежности авиадвигателей зависит в первую очередь от контроля качества материалов, идущих на их изготовление, начиная от заготовки и полуфабрикатов и кончая контролем за состоянием двигателей в эксплуатации с применением неразрушающих методов контроля, отвечающих современному уровню науки и техники.

В нашем предприятии применяются практически все виды неразрушающих методов контроля, необходимые для оценки качества литья, штамповок, поковок, готовых деталей. Приоритетное развитие получили капиллярные, рентгенографические, вихретоковые и акустические методы контроля.

Накопленные нами знания и опыт в области металлографического, рентгеноструктурного анализа в сочетании с использованием дифрактометров с компьютерным оснащением позволяют оценивать влияние технологических факторов механического и металлургического производства на структурное состояние материала.

Качественный и количественный фазовый анализ применяемых материалов, оценка величины микроскажения структуры сталей и сплавов в изделиях, определение уровня макронапряжений позволяют нам успешно решать задачи по повышению надежности авиадвигателей.

Проблемы анализа структурного состояния жаропрочных никелевых и титановых сплавов, фактографического исследования причин и условий их усталостного разрушения приобретают особое значение для двигателей, работающих в экстремальных условиях.

Метод растровой электронной микроскопии высокого разрешения позволяет проводить работы по исследованию и оптимизации процессов горячей деформации, термической обработки сплавов, оценке качества неметаллических материалов.

Постоянно растущие требования к авиадвигателестроению, новым материалам вызывают необходимость глубоких исследований, которые обеспечиваются испытательным оборудованием, гарантирующим высокие стандарты производства двигателей ОАО "Мотор Сич".



Рис. 6. Лопатка спрямляющего аппарата из углепластика для двигателя Д-18Т

DIGEST

ADVANCED METALLURGICAL PROCESS - THE GROUND OF HIGH QUALITY

"Motor Sich" company is producing over 2100 types of precision cast blanks and billets from structural steels, high-temperature and titanium alloys, including blades, sectors, turbine rotors, guide vanes which are cast without allowances for flowpath surfaces but with stable geometrical dimensions, high quality of surfaces and specified strength characteristics.

High quality of castings and stable geometry are achieved by application of up-to-date equipment and advanced technologies ensuring overall dimensions from 20 to 830 mm and weight from 0,023 to 50 kg. The minimal thickness is 0.8 - 2.0 mm (depending on blade dimensions).

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ЖАРОПРОЧНЫХ И ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Виктор Великий,

начальник научно-технологического отдела, к.т.н.

Константин Рябов,

начальник исследовательской лаборатории электрофизических методов обработки

В авиационной промышленности широко применяются жаропрочные и жаростойкие стали и сплавы, а также титановые сплавы. Серьезные проблемы возникают в связи с их низкой обрабатываемостью лезвийными инструментами. Для повышения производительности труда в ОАО "Мотор Сич" были разработаны и внедрены около 100 техпроцессов, основанных на методе электроэрозионной обработки короткой дугой (ЭЭОКД).

Электроэрозионная обработка короткой дугой используется для удаления припуска энергией низковольтного квазистационарного дугового разряда постоянного тока. ЭЭОКД отличается наиболее высокой производительностью среди всех электрофизических и электрохимических методов обработки (до $2,5 \text{ см}^3/\text{с}$ и более) при шероховатости обработанной поверхности Ra 25-50 мкм и глубине измененного слоя 0,1-0,2 мм для жаропрочных сплавов и до 0,3 мм для титановых сплавов.

Особенностью данного метода является отсутствие работы оборудования на удар, что делает его незаменимым для удаления приливов, выступающих поверхностей, т. е. тех мест, которые весьма затрудняют работу лезвийного инструмента и могут привести к его поломке. При необходимости данным методом может выполняться и получистовая обработка. Снизить шероховатость поверхности до Ra 6,3-2,5 мкм при одновременном снижении производительности до $0,5 \text{ см}^3/\text{с}$ позволяет применение ЭЭОКД с ограничением по току. Обработка детали осуществляется вращающимся электродом-инструментом в среде диэлектрической рабочей жидкости (техническая вода с антикоррозионными добавками). ЭЭОКД может производиться как под слоем жидкости (в ванне), так и с поливом. В качестве электродов-инструментов применяются диски из чугуна, низколегированных сталей и меди, причем их износ составляет 3-5 % от объема снимаемого металла.

На различных участках заготовительных и серийных цехов ОАО "Мотор Сич" применяются как серийные станки модели МЭ303 с источниками питания ВАККС 2500, так и модернизированные под данный метод шлифовальные, лобовые токарные и сверлильные станки. Надо отметить, что серийные станки МЭ303 также подверглись серьезной модернизации с целью поднятия их производительности и увеличения диаметра обрабатываемых деталей.

Из множества применяемых в ОАО "Мотор Сич" технологий, основанных на методе электроэрозионной обработки короткой дугой (ЭЭОКД), определенный интерес представляют процессы обработки поверхностей бандажа секторов лопаток сопловых аппаратов и обдирки заготовок дисков турбин.

Обработка поверхностей бандажа секторов лопаток сопловых аппаратов

Метод ЭЭОКД применяется для предварительной обработки цилиндрических, конических и торцевых поверхностей как наружного, так и внутреннего бандажа секторов лопаток сопловых аппаратов. Диаметры обрабатываемых поверхностей составляют 800-1300 мм, протяженность поверхностей на каждом переходе не превышает 20-30 мм. Используются схемы "на проход" и "на врезание", причем последняя схема применяется, в основном, при обработке конических поверхностей. Величина удаляемого припуска составляет 2-4 мм на сторону, на отдельных поверхностях достигает 7-10 мм. При обработке по схеме "на врезание" диски-электроды периодически подвергают правке. Обработку ведут в два перехода. Припуск под чистовой переход, как правило, не превышает 0,4-0,6 мм. Шероховатость поверхности после чистовых переходов составляет Ra 6,3; глубина измененного слоя 0,08-0,15 мм; точность обработки 0,3-0,4 мм. Припуск на чистовую механическую обработку (точение или шлифование) составляет равным 0,3-0,5 мм на сторону.

На корпусных деталях из жаропрочного сплава на никелевой основе диаметром 1100-1300 мм и высотой до 600 мм снимается припуск с верхнего и нижнего бандажа и обрабатываются прерывистые поверхности, представляющие собой ряды фланцев. На фото показан корпус после обработки верхнего



бандажа. Замена точения секторов лопаток сопловых аппаратов и корпусных деталей на ЭЭОКД обеспечила сокращение машинного времени обработки в среднем в 4-6 раз и значительную экономию твердосплавного режущего инструмента.

Обдирка заготовок дисков турбин

Заготовки представляют собой поковки диаметром до 1000 мм, высотой до 200 мм и массой до 500 кг. Обработке подвергаются цилиндрические и торцевые поверхности, в основном, используется схема обработки "на проход". Величина удаляемого припуска в среднем составляет 20-30 мм на сторону, на отдельных поверхностях - до 50 мм на сторону. Обработка осуществляется чашечными электродами-инструментами диаметром 300 мм, правке электроды-инструменты не подвергаются. Обработку ведут в два перехода. Средняя производительность обработки составляет $1,5-2 \text{ см}^3/\text{с}$. Шероховатость поверхности после черновых переходов составляет Ra 50 мкм, глубина измененного слоя - до 0,3 мм. Окончательный переход предназначается для устранения конусности на торцевых поверхностях, удаления шлама и формирования заданных характеристик поверхности детали. Средняя производительность обработки составляет $0,7-0,9 \text{ см}^3/\text{с}$. Шероховатость поверхности после окончательного перехода составляет Ra 12,5 мкм, глубина измененного слоя - до 0,2 мм. Замена предварительного точения дисков на ЭЭОКД обеспечила сокращение машинного времени обработки в 2-2,5 раза, повышение производительности труда в 1,5-1,7 раза, а также сокращение расхода твердосплавного режущего инструмента.

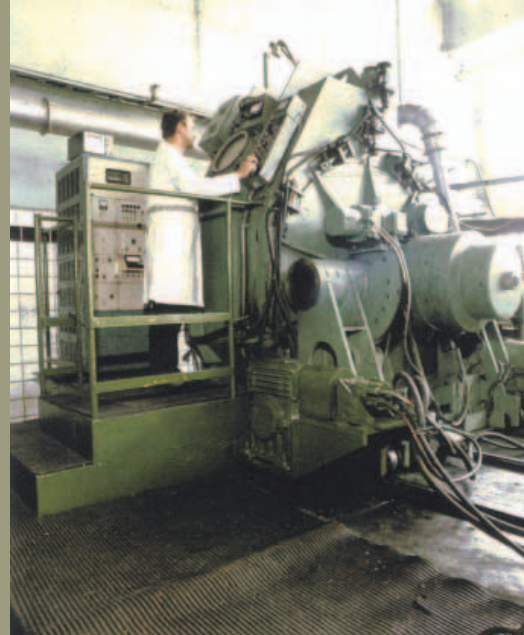
ЭЭОКД также используется при вырезке центральных отверстий в дисках диаметром 150-300 мм, удалении приливов на отливках, предварительной обработке образцов, разрезке деталей, предварительной обработке зигов на лопатках.

Во всех случаях ЭЭОКД показала высокую производительность, снижение расхода режущего инструмента на последующих операциях, простоту управления процессом обработки, стабильность результатов и дала значительный экономический эффект. ◀

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОАО "МОТОР СИЧ". ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Павел Жеманюк, главный инженер, к.т.н.

Игорь Петрик, главный сварщик



Начало применения сварки в технологическом цикле производства связано с процессом перехода от поршневых к газотурбинным авиационным двигателям. При производстве авиадвигателей нового класса с самого начала применялись почти все известные в мировой классификации виды сварки, пайки, газотермических и других покрытий. На турбовинтовых двигателях АИ-20 и АИ-24, серийное производство которых освоено в 50-60-х годах, с применением сварки изготавливались корпусные узлы компрессора и турбины, опоры, камеры сгорания, сопловые аппараты и др. детали.

В современных конструкциях двигателей сварка, пайка и покрытия применяются все шире. Уже давно с помощью этих методов изготавливаются самые высокоответственные детали роторов. К обычным технологическим процессам теперь относится сварка ограничено свариваемых и считающихся несвариваемыми материалов из жаропрочных сплавов, двухфазных титановых сплавов.

Постоянная работа, направленная на получение высокого качества сварки, сформировала на заводе костяк высококвалифицированных специалистов, инженеров-сварщиков. В их обязанности входит как решение проблем чисто технологического свойства: применения широкой номенклатуры материалов, необходимости получения швов с минимальным усилением и минимальным короблением, получения равнопрочных швов с гарантированным проплавлением, сварки тонкостенных деталей, так и организационные мероприятия, связанные с освоением и запуском сварочного оборудования, методическим руководством работой технологических служб цехов по вопросам сварки и подготовки кадров, надзорными функциями по сварке, опытными работами по внедрению новых техпроцессов и исследованию сварных соединений, изучению дефектов производства и эксплуатации.

На ОАО "Мотор Сич" работает около 500 сварщиков и около 40 специалистов по сварке с высшим и средним специальным обра-

зованием. Имеется около 150 сварочных машин контактной и стыковой сварки, автоматов и полуавтоматов для сварки кольцевых и продольных швов, машин термической резки, более 300 постов ручной ТIG и ручной дуговой сварки, значительное количество установок ЭЛС, вакуумные нагревательные и индукционные печи для высокотемпературной пайки, установки плазменного детонационного, ионно-плазменного напыления, сварки трением, короткоимпульсной и конденсаторной сварки - и еще многое другое.

Применение того или иного вида сварки при производстве двигателей возможно только при обеспечении гарантии контроля качества, осуществляемого прямым осмотром, или периодически статистическими методами разрушающего контроля, либо методами неразрушающего контроля. В последнее время все чаще применяются методы косвенного контроля, основанного на обеспечении высокой степени повторяемости процесса при каждом новом его воспроизводстве с жестким контролем основных параметров. Именно благодаря разработке таких современных систем, возможно, найдут в ближайшее время практическое использование такие весьма прогрессивные методы, как сварка трением, диффузионная сварка и некоторые другие. В настоящее время все эти методы сварки пока справедливо считаются неконтролепригодными, особенно при учете высоких требований авиадвигателестроения.

В результате постоянной работы в области обеспечения качества применяемых процессов, а также систем и методик контроля сварочному производству в авиадвигателестроении не составило больших усилий достаточно органично вписаться в систему мировых стандартов качества ISO 9000.

ОАО "Мотор Сич" всегда отличался от других заводов бывшего Минавиапрома СССР большой номенклатурой выпускаемых двигателей. Это требовало постоянной заботы о повышении производительности труда, в том числе и при выполнении сварочных работ. Нынешние условия характерны постоянным расширением номенклатуры изделий при одновременном снижении объемов производства. Сейчас, например, парк оборудования для сварки продольных швов эксплуатируется без ограничений, и лишь с оборудованием для кольцевых швов возникла проблема, поскольку для производства малого количества деталей невыгодно изготовление дорогостоящей оснастки. Особенно это касается тонколистовых деталей из высоколегированных сталей, никелевых и титановых сплавов, для которых требуется защита обратной стороны сварного шва и где необходимо применять разжимные приспособления. Нами рассматривался вариант создания универсального централизованного парка переналаживаемой на различные диаметры сборочно-сварочной оснастки, но из-за очень большой суммы одновременных денежных вложений от этого пришлось отказаться.

Наиболее практичным решением оказалось внедрение сварки листовых обечаек с фланцами толщиной 0,8-4,0 мм методом ЭЛС с



обратным формированием. При хорошем уровне сборки (зазор в стыке до 0,05-0,1 от толщины деталей, смещение кромок до 0,1 от толщины) удастся получить сварные швы с минимальным количеством необходимых подварок и низким уровнем коробления.

Большое внимание уделяется на предприятии процессам пайки, которые находят все более широкое применение в авиадвигателях последних разработок и при ремонте ответственных деталей газозвездного тракта. Это сопловые и направляющие аппараты, рабочие лопатки турбины, коллектора, маслосистемы опор. На предприятии имеется отлаженная система пайки нескольких типоразмеров сотовых уплотнений, рассчитанная для всех типов выпускаемых изделий. Этот участок высокопроизводителен и механизирован. Для изготовления сотовых блоков применены установки автоматической сварки, машины точечной и роликовой конденсаторной сварки, автоматы для засыпки порошкового припоя, а также отработана простая и эффективная система контроля качества пайки.

Особое внимание на предприятии уделяется развитию технологического процесса, пайке в вакууме - как наиболее стабильному процессу, который обязательно сменит пайку в защитной среде с применением активных флюсов. Надежное и высокопроизводительное оборудование для вакуумной индукционной пайки и термообработки направляющих аппаратов компрессора успешно функционирует длительное время. Более широкое внедрение пайки в вакууме сдерживается сложным в обслуживании и дорогим оборудованием, однако предприятие уже эксплуатирует восемь крупных вакуумных печей для высокотемпературной, высоковакуумной обработки, в том числе четыре - для целей пайки. Планируется и в дальнейшем увеличить и модернизировать парк печей, что позволит расширить возможности завода в технологических процессах изготовления и ремонта.

В настоящее время на повестке освоение пайки в вакууме алюминиевых теплообменников. Впрочем, для всего этого вначале необходимо приобрести качественно новое оборудование, что имеется в планах предприятия.

Особое внимание мы уделяем развитию процессов нанесения упрочняющих и восстановительных покрытий. Несмотря на то, что уже более двадцати лет их применение в авиадвигателестроении считается прогрессивным и полезным, внедрение этих технологических приемов идет крайне медленно ввиду резкого усложнения изготовления и ремонта деталей с покрытиями, недопонимания разработчиками авиадвигателей критериев оценки качества и получения стабильности качества покрытий. Вызывает трудности оценка работоспособности деталей, имеющих специфические дефекты газотермических и ионно-плазменных покрытий, такие как сколы, пористость, микрорастрескивание. Кроме того, современные порошковые материалы, покрытие которыми и производится, имеют высокую стоимость.

Весьма важным фактором считаем приобретение и внедрение высоконадежного оборудования для плазменного и электродугового напыления. Мы успешно эксплуатируем оборудование фирмы Metco с широкими возможностями технологического применения.

Специалистами завода обоснован и внедрен техпроцесс противозерозионного покрытия TiN на рабочие лопатки компрессора и направляющие аппараты современных двигателей самолета Ан-140, на очереди защита лопаток двигателей для вертолетов. Учитывая высокую серийность деталей, специалистами "Мотор Сич" вы-

полнен проект и изготовлено несколько специализированных высокопроизводительных установок, в которых за одно вакуумирование можно напылить до 400 рабочих лопаток. Большие планы строим мы по модернизации и расширению использования обработки лопаток турбины на установках МАП-1. Повышение надежности работы и расширение номенклатуры покрытий для рабочих и сопловых лопаток турбины - наша задача на ближайшее время.

В настоящее время у нас прорабатываются вопросы конструктивно-технологических возможностей сверхзвуковых газотермических покрытий, получаемых методом электронно-лучевого напыления. Этот метод, без сомнения, открывает новые возможности в получении термозащитных покрытий со специальными свойствами и ремонте участков старых газотермических покрытий. На установках термического напыления планируется дальнейшее увеличение степеней свободы движения горелки напылителя относительно детали и использование для этого числового программного управления.

Большое внимание уделяется аттестации персонала сварщиков. На нашем предприятии внедрена система аттестации, учитывающая европейский практический опыт аттестации персонала, а также принятие Украинских Правил аттестации ДСТУ 2944-94, ДСТУ 2945-94 и EN-287 в соответствии с европейскими. Работа проводится комплексно: система внедрена не только для сварщиков, но и для рабочих других, родственных сварке, специальных техпроцессов (паяльщики, металлаторщики и др.). Создан и согласован с УАКС (украинский аттестационный комитет) комплект учебных и экзаменационных программ. Комиссия по аттестации приступила к активной работе. Ее успешная работа экономит заводу от 7 до 16 тыс. грн в год.

На ОАО "Мотор Сич" постоянно заботятся о сохранении высокого технического уровня сварочного производства. Внедрение современных технологий связано с затратами на приобретение оборудования для их выполнения. Причем стоимость оборудования, особенно для выполнения специальных техпроцессов, постоянно растет. Его приобретение по плечу лишь экономически сильным предприятиям с большим потенциалом, каким является "Мотор Сич"

Так, приобретены вакуумные горизонтальные печи нового поколения, которые используются для вакуумной очистки и пайки жаропрочного литья. Закуплена и эксплуатируется большая партия сварочного оборудования, в том числе несколько принципиально новых универсальных инверторных источников питания, позволяющих обеспечивать высокое качество сварки с дозированным вводом энергии практически для любых конструкционных материалов.

Целый комплекс проблем решен после приобретения современной машины для вибрационной сварки фирмы BRANSON. Был не только успешно решен вопрос сварки ручки-бака бензопилы из полиамида-6, но благодаря высокой производительности планируется загрузка машины другими деталями из полиамидов и других полимерных материалов.

В различной стадии находятся другие работы по контрактам, касающимся современного электронно-лучевого оборудования, новейших высокотемпературных вакуумных печей и др. Модернизируются, дорабатываются установки для напыления, печи, установки ЭЛС, источники питания, сварочный инструмент. Этот процесс идет непрерывно.

Постоянный критический взгляд на сегодняшний день и постоянное стремление к совершенствованию, неустанная работа в интересах трудового коллектива ОАО "Мотор Сич" - в это вкладываются основные усилия работы специалистов-сварщиков. ◀

DIGEST

THE MAIN TENDENCIES IN WELDING ENGINEERING AT "MOTOR SICH" COMPANY. PROBLEMS AND PROSPECTS

Welding, brazing and coating are found extensive application in up-to-date engine structures. These methods have been using for many years in manufacturing of the most crucial components of rotors, all complex brazed sub-assembly units. Today, welding of poorly or limited weldable materials from high-temperature alloys and bi-phase titanium alloys is a standard technological process. About 500 welders and 40 experts on welding with higher or special secondary education are employed at "Motor Sich" Co. There are about 150 resistance or butt welding machines, automatic and semi-automatic equipment for welding ring and longitudinal seams. The company gives considerable attention to brazing processes, which find more and more wide application in aircraft engines of the latest developments. Nowadays, vacuum brazing of turbine rotor components by high-temperature brazing metals is under development, and pre-works for launching vacuum brazing of aluminum heat exchangers are under way.

ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ БАНДАЖНЫХ ПОЛОК ЛОПАТОК ТУРБИНЫ ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ

Игорь Петрик, главный сварщик,
Игорь Перемиловский, к.т.н., ведущий инженер

Ресурс работы двигателя в значительной мере определяется надежной работой газовой турбины. Детальными турбины, в наибольшей степени определяющими надежность ее работы, являются рабочие лопатки, подвергающиеся в процессе эксплуатации действию высоких температур, значительных нагрузок, коррозионному и эрозионному разрушению газовым потоком.

При длительной эксплуатации лопаток происходит их износ - прежде всего по бандажным полкам. Износ лопаток приводит к увеличению зазоров между бандажными полками лопаток, появлению в лопатках переменных напряжений, результатом которых может быть поломка и разрушение лопатки.

Поскольку основной причиной выхода из строя лопаток является износ, эффективным путем увеличения долговечности лопаток является их наплавка износостойким сплавом. Многолетний опыт эксплуатации лопаток из жаропрочных сплавов, отремонтированных наплавкой бандажных полок стеллитом ВЗК полностью подтвердил надежность этого технологического процесса.

Жаропрочность стеллита ВЗК значительно снижается начиная с температуры 850 °С. Вновь создаваемые авиационные двигатели имеют температуры в зоне бандажной полки 1000 °С и более, а значит, стеллит ВЗК для наплавки бандажных полок для этих двигателей непригоден. По этой причине для наплавки лопаток новых изделий был предложен износостойкий сплав, легированный тугоплавкими элементами. Новый сплав применяется для конструктивного упрочнения лопаток с монокристаллической или направленной структурой кристаллизации. По жаростойкости и прочности монокристаллы жаропрочных сплавов значительно превосходят сплавы для равноосного литья, поскольку окисление и разрушение жаропрочных сплавов происходит, прежде всего, по границам зерен, и монокристаллы, не имеющие таких границ, более устойчивы к окислению.

внутренней структуры проверялась по контрольной рентгеновской пленке.

Режим наплавки:
- горелка РГА-150;
- электрод - вольфрамовый лантанированный стержень Ø 1,5 мм, заточенный на острый конус;
- толщина наплавляемой бандажной полки 1,5 мм;
- сила тока при наплавке 20-30 А.

Перед наплавкой полки лопаток зачищались по периметру абразивным инструментом и обезжиривались бензином или ацетоном. Присадочные прутки также зачищались от литейной корочки на наждачном круге до Ø 1,6-1,8 мм и обезжиривались. К наплавке допускались только специально аттестованные по данной операции сварщики. Наплавка производилась с минимальной погонной энергией при минимальном размере наплавленного валика металла, что регулировалось скоростью наплавки и силой тока, которые выдерживались благодаря квалификации и опыту работы сварщика.

Внешний вид наплавленной лопатки и участка наплавки приведен на рис. 1 и 2. Макрошлиф наплавки показан на рис. 3.

Размеры валика наплавленного металла Ø 2,5 мм.

Наплавленные лопатки проходят термическую, механическую обработку и контроль методом красок в ультрафиолетовом свете ЛЮМ1-ОВ.

В процессе освоения наплавки нового сплава с направленной кристаллизацией на ЛЮМ1-ОВ наблюдались в околошовной зоне нечасто встречающиеся дефекты в виде несквозных микротрещин длиной до 0,5 мм, обусловленные, прежде всего, пониженной межзеренной прочностью, свойственной сплавам с направленной кристаллизацией и растягивающими напряжениями сварки. В лопатках с монокристаллической структурой указанный дефект не наблюдается.

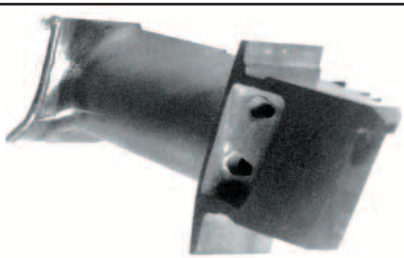


Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

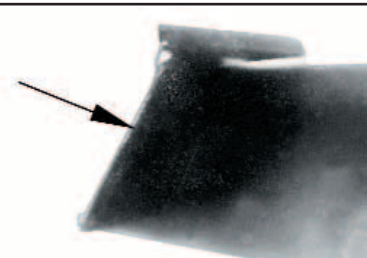


Рис. 4

При постановке работ по наплавке лопаток нового типа использовался заводской опыт ремонта наплавкой лопаток из жаропрочных сплавов с равноосной структурой. Для наплавки применялся износостойкий жаропрочный сплав на кобальтовой основе ХТН-61, легированный тугоплавкими элементами, эксплуатация которого возможна при температуре до 1000 °С. Наплавка производилась аргодуговым способом (АДС). В качестве источника питания использовался аппарат постоянного тока PULSTIG-300 с плавной регулировкой тока от 5 А.

Наплавочным материалом служили прутки сплава Ø 1,8-2 мм длиной 80 мм, отливаемые прецизионным способом при направленной кристаллизации для снижения внутренних дефектов литья. Прутки контролировались рентгенконтролем и допустимость дефектов

ся. На рис. 4 показан элемент лопатки с микротрещиной в околошовной зоне Х2. После введения в сварочное приспособление медных вставок, которые с обеих сторон прилегли к бандажным полкам и служили для отвода тепла от полки в процессе наплавки, данный дефект не проявлялся.

Контроль наплавленных лопаток производился по контрольным образцам - эталонам на допустимое свечение пенетранта. Микроследованием установлено полное растворение упрочняющей γ'-фазы под слоем наплавки. По мере удаления от наплавки растворение γ'-фазы было частичным. На расстоянии 0,5 мм сохранилась исходная микроструктура сплава. Указанный технологический процесс упрочнения наплавкой бандажных полок лопаток, позволивший увеличить срок службы (ресурс) лопаток, внедрен в производство. ◀

ГАЗОТУРБИННЫЕ ПРИВОДЫ ПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ И ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Анатолий Морозов,

директор Запорожского машиностроительного завода

Евгений Якубенко,

начальник конструкторско-технологического бюро ОАО "Мотор Сич"

ОАО "Мотор Сич", наряду с производством газотурбинных двигателей для авиации, проводит большие работы по созданию новых образцов и организации серийного выпуска газотурбинных приводов (ГТП), применяемых на газоперекачивающих агрегатах и электростанциях. Такое направление в деятельности ОАО "Мотор Сич" имеет не только давние традиции, но и хорошие перспективы.

Ещё в 1967 г. в таежном городе Урай Тюменской области, вдалеке от железных и других дорог, заработала первая в Союзе промышленная электростанция с двумя турбогенераторами общей опытной мощностью 2250 кВт. Электростанция была создана на Запорожском моторостроительном заводе на базе отработавших ресурс авиационных двигателей АИ-20. Топливом служил попутный газ, который является неизбежным спутником добычи нефти и, как правило, раньше сжигался в факелах, чтобы предотвратить отравление окружающей местности. Станция заменила чехословацкий энергопоезд и дала большой экономический эффект.

В 1968 г. в поселке Вуктыл (начало трансевропейского газопровода "Сияние Севера") и в окрестностях города Печора Коми АССР заработали первые буровые установки с приводом от газотурбинных двигателей АИ-23СГ, работавших на природном газе из рядом расположенных скважин. Каждый двигатель заменял пять дизелей и быстро себя окупал. Этот блестящий проект Свердловского Уралмаша, Запорожского "Моторостроителя" и Куйбышевского института "Гипровостокнефть" был отмечен медалями ВДНХ.

Затем последовал серийный выпуск семейства передвижных электростанций ПАЭС-1250, ПАЭС-1600, ПАЭС-2500 на базе двигателей АИ-20, работавших как на керосине, так и на природном газе с давлением 12 кгс/см². Эти станции нашли самое широкое применение в удаленных местах Советского Союза, поставлялись они и за рубеж: от стран Юго-Восточной Азии до государств Латинской Америки.

На базе запорожской передвижной электростанции ГТУ-1000 в Киевском институте электросварки им. Б.О. Патона была создана уникальная установка "Север-1", предназначенная для сварки труб магистральных газопроводов.

В настоящее время в ОАО "Мотор Сич" создано новое поколение приводов газоперекачивающих агрегатов и газотурбинных электростанций, работающих на природном газе:

- Д-336 мощностью 6,3 МВт (левого или правого вращения), рабочее давление природного газа 24 кгс/см²;
- АИ-336-8 мощностью 8 МВт (левого или правого вращения), рабочее давление газа 24 кгс/см²;
- АИ-336-1/-2-10 мощностью 10 МВт (левого или правого вращения), рабочее давление газа 36 кгс/см²;
- ТВ3-137 мощностью 1000 кВт, рабочее давление газа 12 кгс/см².

На базе приводов ТВ3-137 и Д-336 созданы передвижные электростанции ЭГ-1000 и ЭГ-6000.

Сборка электростанций и испытания приводов на природном газе осуществляются в филиале ОАО "Мотор Сич" - Запорожском машиностроительном заводе им. В.И. Омельченко. Мощный испытательный комплекс на промышленной площадке "Канцеровка" включает в себя три бокса для испытания ГТП и две специально оборудованные площадки для испытания электростанций. К стендам и площадкам подведен природный газ с давлением 12, 24 и 36 кгс/см².

Загрузка приводов на стендах производится генераторами мощностью 12 МВт и реостатами водяного охлаждения. Загрузка электростанций производится на реостаты водяного охлаждения, а также предусмотрена автоматическая система подключения электростанций к общей энергосистеме.

На испытательных стендах и электростанциях для управления работой приводов, генераторов и регистрации параметров, в том числе для измерения расхода природного газа, широко применяются автоматика и электронно-вычислительная техника.

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) стендов имеет:

- 103 канала регистрации аналоговых сигналов;

- 158 входов дискретных сигналов;
- 4 входа частотных сигналов;
- 4 входа частотно-импульсных сигналов;
- 163 выходных воздействующих сигнала.

Комплекс АСУ ТП состоит из системы автоматического управления и контроля (САУК), двух персональных компьютеров, связанных как между собой, так и со штатной системой автоматического управления приводом (САУД) и печатного устройства.

АСУ ТП обеспечивает:

- управление работой ГПП и стендовых систем;
- измерение и регистрацию параметров ГПП и стендовых систем на установившихся и переменных режимах;
- сигнализацию аварийных режимов и ситуаций и их автоматическую блокировку с выдачей информации в систему управления;
- автоматическую фиксацию даты, времени, режима работы, наработки двигателя и количества запусков;
- хранение результатов испытания в памяти ЭВМ для последующего анализа результатов испытания.

К настоящему моменту сертифицированы два стенда. Испытанные на них приводы Д-336 успешно работают на газоперекачивающих станциях Украины (Шебелинка, Дашава, Новопсков и др., 14 штук), России (одна штука), а также в Иране и Турции (16 штук). Ведется монтаж ГПП в России, на одной из станций вблизи Санкт-Петербурга. При этом монтажом, пусконаладочными работами и гарантийным обслуживанием занимаются высококвалифицированные специалисты эксплуатационно-ремонтного отдела ОАО "Мотор Сич". ◀



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ СВАРКИ ТИТАНОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

Павел Жеманюк, главный инженер ОАО "Мотор-Сич", к.т.н.

Игорь Петрик, главный сварщик ОАО "Мотор-Сич"

Владимир Крюковский, ведущий научный сотрудник Запорожского государственного технического университета, к.т.н.

При ремонте титановых деталей их надежность и долговечность во многом зависит от качества сварных соединений. Современная сварочная техника располагает мощным арсеналом средств, позволяющих получать высококачественные соединения разных металлов. Тем не менее, сварка титановых сплавов всегда вызывала значительные трудности и ее следует проводить с учетом физико-механических особенностей материала.

Титановых сплавов разных марок много. Только в России выпускается более 30 промышленных титановых сплавов, химический состав которых отличается содержанием различных легирующих элементов и их количеством. Основными легирующими элементами являются: Al, Mn, Mo, V, Cr, Sn, Zr, Fe, Si. Они оказывают существенное влияние как на физико-механические свойства титановых сплавов, так и на их свариваемость. Свариваемость титанового сплава зависит прежде всего от композиции легирующих добавок, существенно влияющих на процесс фазовых превращений в сварном соединении, а также от термических циклов сварки.

Технический титан, псевдо- α -сплавы и α -сплавы обладают хорошей свариваемостью, так как у них не наблюдается каких-либо опасных фазовых и структурных превращений при любых тер-

мических циклах сварки. В процессе сварки при охлаждении сварного соединения равновесие у этих сплавов устанавливается очень быстро, поэтому существенного понижения пластичности металла сварных соединений не происходит.

Наиболее сложно сваривать $(\alpha+\beta)$ -сплавы, так как присутствие в этих сплавах β -стабилизаторов понижает температуру их полиморфного превращения. При этом выделение α -фазы из β -фазы начинает протекать медленно. В результате скорость образования равновесных α - и β -фаз существенно снижается. При таких условиях превращения могут возникнуть промежуточные метастабильные фазы. Согласно классификации, впервые предложенной Ю.А. Багаряцким, Т.В. Тагуновой и Г.И. Носовой, в титановых сплавах существуют четыре основные метастабильные фазы: α' , α'' , ω и β .

Образование промежуточных метастабильных фаз (как правило, хрупких) существенно ухудшает пластичность сварных соединений титановых $(\alpha+\beta)$ -сплавов и приводит к образованию трещин. Фазовые и структурные превращения в сварных соединениях $(\alpha+\beta)$ -сплавов сложны и разнообразны и требуют глубокого изучения их влияния на механические свойства металла швов и зоны термического влияния.

Термически упрочняемый жаропрочный титановый ($\alpha+\beta$)-сплав ВТЗ-1 содержит следующие легирующие элементы: 5,5-7,0 % Al, 2-3 % Mo, 0,8-2,3 % Cr, 0,2-0,7 % Fe и 0,15-0,4 % Si (по ОСТ 1.90013-71). Легирование алюминием оказывает стабилизирующее и упрочняющее действие на α -фазу и повышает температуру ($\alpha+\beta$)/ β -превращения. Молибден, хром, железо и кремний являются β -стабилизаторами и понижают температуру полиморфного превращения. Этот сплав при температуре 20 °С имеет следующие механические свойства: $\sigma_b = 981-1180$ МПа, $\sigma_{0,2} = 912$ МПа, $\delta = 10$ %, $\psi = 20$ %, $a_n = 0,3$ МДж/м².

β -стабилизаторов. С повышением температуры металла при нагреве количество β -фазы увеличивается, а концентрация легирующих элементов в ней уменьшается. По типу и параметрам решетки α' -фаза не отличается от равновесной α -фазы. Однако для нее характерны значительные внутренние напряжения в решетке, в результате чего прочность металла в сварном соединении повышается, а пластичность снижается. Фаза α'' образуется при большом количестве β -стабилизаторов в β -фазе и также представляет собой пересыщенный α -твердый раствор титана. Однако в ее кристаллической решетке атомы распространены

Таблица 1

Режимы сварки образцов из титанового сплава ВТЗ-1				
Номер режима сварки	$I_{св}, A$	$U_{д}, B$	$V_{св}, см/с$	$q/V_{св}, кДж/см$
1	120	10	0,4	2,1
2	150	10	0,4	2,65
3	180	10	0,4	3,2
4	210	10	0,4	3,7
5	220	10	0,6	2,6

Сплав ВТЗ-1 в настоящее время широко применяется для изготовления высоконагруженных деталей, работающих длительное время при температурах до 400 °С. В связи с этим вопросы ремонта деталей из этого сплава с применением сварки приобретают исключительно важное значение. Сплав ВТЗ-1 относится к сплавам мартенситного класса. Его коэффициент стабильности β -фазы, представляющий собой отношение действительного количества β -стабилизирующего элемента в сплаве к его критическому содержанию в двойном сплаве с титаном, имеет величину, равную 0,8. Поэтому при сварке этого сплава в металле сварочного соединения наблюдается эффект упрочнения, связанный с фазовыми превращениями в процессе его остывания. Основная проблема свариваемости двухфазного титанового сплава ВТЗ-1 - получение хорошей пластичности сварного соединения. Изменяя режимы сварки, можно изменить механические свойства сварного соединения.

Исследование влияния режимов сварки на структуру и механические свойства металла сварных соединений проводилось на плоских образцах титанового сплава ВТЗ-1 толщиной 3 мм. Перед сваркой образцы отжигались по стандартной методике. Химический состав материала образцов: 6,17 % Al, 2,34 % Mo, 1,7 % Cr, 0,27 % Fe, 0,19 % Si, остальное титан, а механические свойства: $\sigma_b = 1058$ МПа, $\delta = 20,7$ %, $\psi = 39,2$ %.

Сварка образцов производилась на автомате с источником питания ВСВУ-315 на режимах, приведенных в табл. 1.

При исследовании структуры металла сварных соединений использовались методы оптической и электронной металлографии. Выявлено, что сварка двухфазного сплава ВТЗ-1 приводит к образованию типичной игольчатой структуры α' - и α'' -фаз. Фаза α' представляет собой пересыщенный α -твердый раствор и образуется в случае, когда в β -фазе содержится небольшое количество

иначе, чем в α -фазе, что приводит к появлению ромбической симметрии вместо гексагональной.

При сварке сплава ВТЗ-1 возможно частичное β/ω -превращение, что влечет за собой резкое снижение пластичности сварного соединения. Обнаружить ω -фазу трудно.

Механические испытания сварных образцов проводились на разрывной машине Р-5 в соответствии с утвержденными методиками. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что удовлетворительные механические свойства у сварных соединений получаются при сварке сплава с погонной энергией в интервале 2,8-3,5 кДж/см. При сварке с погонной энергией меньше 2,8 кДж/см (режим 1) получился непровар, а при сварке с погонной энергией больше 3,5 кДж/см металл прогорел.

Таблица 2

Механические свойства сварных образцов из сплава ВТЗ-1		
Номер режима сварки	$\sigma_b, МПа$	$\delta, \%$
1	860	-
2	1060	9,6
3	1050	8,8
4	1040	3,7
5	1060	8,2

Таким образом, в результате выполненной работы определена зависимость механических свойств сварных соединений титанового сплава ВТЗ-1 толщиной 3 мм от изменения режимов сварки и установлено, что оптимальным режимом сварки, который обеспечивает сварному соединению хороший провар и удовлетворительные механические свойства, является сварка с погонной энергией, находящейся в интервале 3-3,3 кДж/см.

В работе принимали участие: Т.Д. Соболевская, Н.И. Николаев, А.Г. Селиверстов, И.К. Костюк. ◀

DIGEST

Reliability and service life of repaired titanium components in many respects depends on quality of welded joints. The modern welding engineering has a powerful arsenal of equipment allowing to produce high-quality joints of different metals. Nevertheless, the welding of titanium alloys always caused considerable problems. It should be conducted with due account of physical-mechanical properties of materials.

Technical titanium, pseudo- α -alloys and α -alloys have a good weldability because there are no any dangerous phase or structural transformations at any thermal cycle of welding. The most heavy weldable are ($\alpha+\beta$)-alloys because the content of β -stabilizers in these alloys decreases the temperature of their polymorphic transformation. Phase and structural transformations in welded joints of ($\alpha+\beta$)-alloys are intricate and diversified and call for profound studies of their influence on mechanical properties of metal seams and thermally affected zones.

Today, VT3-1 high-temperature ($\alpha+\beta$) titanium alloy is widely used in manufacturing of high-loaded components operating long time at temperatures up to 400 °С. The basic problem of weldability of any alloy is good plasticity of the welded joint. Experts of "Motor Sich" company studied the influence of welding regimes on metal structure and mechanical properties of welded joints with the help of titanium flat samples of 3-mm thickness. It was found that the optimum value of welding energy, which provides complete fusion in the welded joint and acceptable mechanical properties, is 3-3.3 KJ/cm.

OPTIMUM WELDING OF TITANIUM COMPONENTS



ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ УСТРАНЕНИЯ РАЗРУШЕНИЯ БОЛТОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ВАЛ-ДИСК ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Михаил Рылин, начальник отдела надежности

Борис Федоренко, заместитель начальника отдела надёжности, к.т.н.

Михаил Юфа, начальник конструкторского бюро отдела надежности

При эксплуатации газотурбинных двигателей имели место случаи, когда при запуске двигателя ротор высокого давления не раскручивался. После ряда обязательных проверок, если неисправности не устраняется, двигатель подлежит съему с крыла и исследованию в условиях предприятия. При исследовании таких двигателей были обнаружены обрывы от одного до пяти болтов соединения вала с диском последней ступени компрессора высокого давления (КВД). Отделившиеся фрагменты болтов с гайками, попадая в лабиринтное уплотнение, заклинивали ротор высокого давления и не давали ему возможности раскручиваться при запуске двигателя.

Разрушение болтов во всех случаях было идентичным и происходило по развилке кольцевой трещины в зоне сбег резьбы или по радиусу перехода шейки в утолщенную цилиндрическую часть болта (рис. 1). Металлургическое исследование разрушенных болтов показало, что характер кристаллического строения излома статический с признаками повторности. Начало развития трещины на всех болтах ориентировано со стороны оси вращения ротора.

Рис. 1

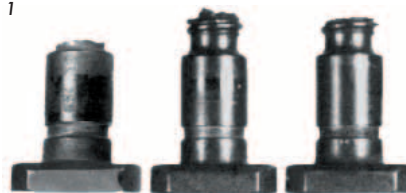


Рис. 2



Рис. 3



Повышенная степень шероховатости в изломах, выраженная бугристостью практически на всем сечении болта, свидетельствовала о действии на болт высокого уровня напряжений при рабочих температурах на двигателе (рис. 2).

Специальным методом дефектоскопии (ЛЮМ1-ОВ) на части (до 30 %) неразрушенных болтов данного соединения были обнаружены трещины различной глубины и почти на всех болтах мелкие растрескивания глубиной до 0,5 мм. Все указанные дефекты располагались в зоне перехода от резьбовой к утолщенной цилиндрической части болтов и были ориентированы, как указывалось выше, со стороны оси вращения ротора (рис. 3).

Расположение разрушенных болтов и болтов с трещинами по окружности фланца соединения было бессистемным. Не была выявлена зависимость проявления дефекта от наработки двигателя. Качество изготовления деталей соответствовало требованиям документации. Результаты проведенных работ не выявили причины появления высокого уровня нагрузок на болты. Потребовалось проведение дополнительных исследований.

Всесторонний анализ конструкции и условий нагружения показал, что данное соединение в силу ряда обстоятельств претерпевало различные конструктивные изменения. В эксплуатации одновременно находилось несколько видов компоновки вал-диск (рис. 4 и табл.).

Большинство случаев разрушения болтов отмечено при второй компоновке соединения и незначительное количество - при третьей. Картина разрушения и растрескивания болтов во всех случаях была идентична. Проверка состояния фланца вала КВД двигателей, на

стоянии двигателя показал достаточные запасы прочности болтов в данном соединении. Однако повторяющиеся случаи разрушения болтов с одинаковым ориентированием начальных трещин и идентичным характером излома свидетельствовали о наличии неких дополнительных усилий, вызывающих изгибные нагрузки в болтах данного соединения. Такие нагрузки могли вызываться деформацией фланца вала в результате неравномерности прогрева вала и диска при переходных режимах работы двигателя.

Для уменьшения деформации фланец вала был конструктивно изменен - увеличена его толщина на 1 мм (компоновка 3), что должно было исключить нерасчетную нагрузку на болты. Тем не менее, наличие случаев разрушения болтового соединения в третьей компоновке показало, что принятые меры недостаточны.

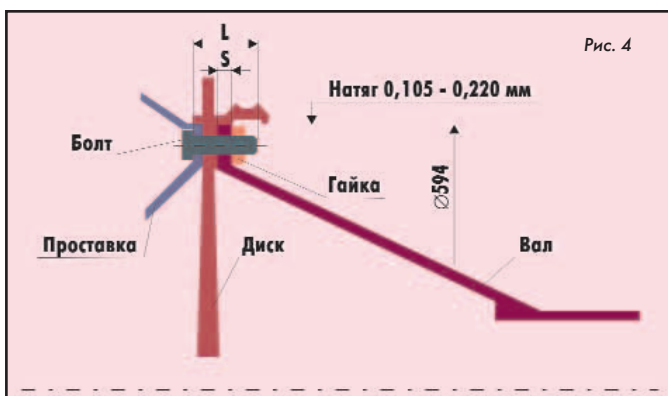
При анализе геометрических параметров вала и диска отмечено, что в отдельных случаях повышенная деформация фланца помимо температурного фактора связана с условиями посадки при сборке соединения вал-диск. Так, при сборке этого соединения в одном двигателе неблагоприятное сочетание овальности посадочных поверхностей (максимальный диаметр фланца вала совпал с минимальным диаметром бурта диска) привело к дополнительным нагрузкам на фланец и приданию ему остаточных деформаций в форме "седла".

С целью устранения дефекта была отработана и внедрена новая конструкция вала, имеющего дополнительную массивную часть (рис. 5). Жесткость вала в радиальном направлении была повышена, обеспечена равномерность прогрева вала и диска при работе двигателя на переменных режимах. Кроме того, в сборочном цехе были

Характеристики компоновок вал-диск

Компоновка	Диск	Вал	Болт	S, мм	L, мм
Первая	Первой модификации	Первой модификации	Первой модификации	7	27,4
Вторая	Второй модификации	Первой модификации доработанный	Первой модификации	6	27,4
Третья	Второй модификации	Второй модификации	Второй модификации	7	28,4

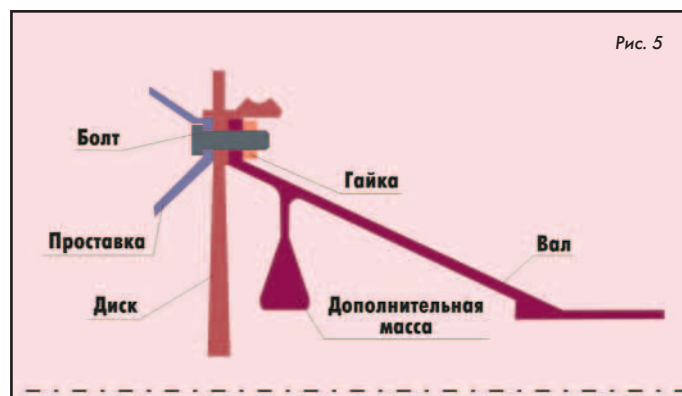
которых разрушались болты, показала наличие на нём остаточной деформации: плотное прилегание фланца к контрольной плоскости по его внешнему диаметру и наличие зазора до 0,07 мм по его внутреннему диаметру. Эта остаточная деформация вала - свидетельство действия на фланец вала усилий, изменяющих его форму и создающих дополнительные изгибающие нагрузки на болты.



Выполненный расчет на прочность болтового соединения вала с диском последней ступени КВД с учетом осевых сил, давлений в полостях, центробежных сил и температурного поля в прогретом со-

ужесточены допуски на овальность посадочных собираемых поверхностей вала и диска, что исключило возможность сборки соединения, дающего при работе двигателя дополнительную нагрузку на болты.

Проверка состояния болтов после различной наработки на двигателях с улучшенной конструкцией вала и уточненными условиями сборки вала и диска показала отсутствие на них трещин и растрески-



ваний. Полученные результаты подтвердили правильность выбранного метода устранения дополнительных нагрузок, возникавших в болтовом соединении на переходных режимах работы двигателя. ◀

DIGEST

ABOUT ONE METHOD OF REPAIRING OF THE DAMAGED SHAFT-DISK BOLTED JOINT OF GTE

A number of accidents were recorded in operation of gas-turbine engines when the high-pressure rotor at engine starting was not rotating. Investigations of those engine failures revealed that bolts of the shaft-disk coupling of h.p. compressor last stage were broken. Broken pieces of bolts and nuts penetrated into the labyrinth seal and seized the high-pressure rotor.

A new shaft structure with an additional massive component has been developed and manufactured to remedy the defect. The shaft stiffness in the radial direction increases and uniform shaft and disk heating is provided at engine transition regimes. Furthermore, the tolerances for out-of-roundness of shaft-disk mounting surfaces are specified closer at the assembly shop.

The inspection of the bolt state after different engine hours with the improved shaft structure and modified shaft-disk assembly conditions showed absence of cracking. The results proved the correctness of the chosen method eliminating additional stresses in the bolt joint at engine transition regimes.

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ГТД-6РС

ФНПЦ "ММП" "Салют":

Юрий Елисеев,

генеральный директор, к.т.н.

Вячеслав Беляев,

главный конструктор промышленных ГТУ, к.т.н.

Михаил Синкевич,

главный конструктор проекта, к.т.н.

ФНПЦ ММП "Салют" рассматривает применение авиационных технологий в наземных (индустриальных) энергетических установках как одно из наиболее приоритетных направлений своей деятельности. Наземные энергетические установки – это дополнительный и притом устойчивый рынок сбыта. На мировом рынке спрос на промышленные газотурбинные двигатели (ГТД) неуклонно растет. Рост объемов продаж в 90-х годах более чем в полтора раза превысил уровень 80-х годов. В качестве практического шага в направлении освоения этого рынка на ФНПЦ ММП "Салют" было создано новое подразделение – конструкторский отдел индустриальных газотурбинных установок (ГТУ).

На ММП "Салют" разработки наземных энергетических установок ведутся по многим направлениям. Это и парогазотурбинные установки большой мощности с к.п.д. более 50%, и легкие дешевые установки простого цикла в диапазоне мощностей 10...30 МВт, где в качестве газогенератора с минимальными доработками используются авиационные двигатели.

Особый интерес представляет диапазон мощностей от 1 до 6 МВт. Годовые объемы продаж ГТУ этого диапазона мощностей измеряются тысячами. Для газотурбинных двигателей простого цикла такая мощность довольно мала. Ощутимо сказывается масштабный фактор, и поэтому к.п.д. у существующих ГТД недостаточно высок. Такие ГТУ проигрывают в конкуренции с поршневыми установками. Для мощностей до 6 МВт объемы продаж газотурбинных установок не превышают 10% от объемов продаж дизельных установок. Для успешной конкуренции в этом классе энергетических установок необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

- к.п.д. ГТД должен и составлять 40...45%, т. е. не уступать аналогичному показателю дизельных двигателей;

- высокий к.п.д. двигателя (более 40%) должен сохраняться в широком диапазоне нагрузок (от максимального режима вплоть до 50% нагрузки);

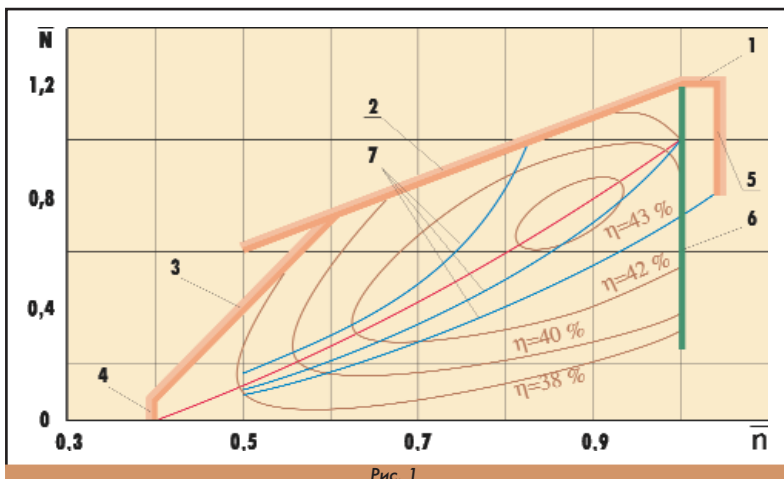
- установка должна обладать высокими экологическими характеристиками (концентрация вредных веществ в выхлопных газах CO , NO_x и $\text{УНС} < 10 \text{ ppm}$);

- ГТУ должна иметь высокую надежность и полный ресурс не менее 100 тыс. ч (до первого капитального ремонта - 30...50 тыс. ч);

- должны сохраняться все преимущества существующих ГТД (быстрый запуск, высокая маневренность, малый вес и габариты, модульность конструкции и т.д.).

Эти требования были приняты в качестве основополагающих при разработке концепции нового двигателя ГТД-6РС в классе мощности 6 МВт.

Важнейшей особенностью предлагаемой концепции является применение рекуперации тепла отработавших в турбине газов. Рекуперативный цикл имеет ряд преимуществ, которые становятся решающими, когда рассматривается ГТД относительно небольших мощностей. Во-первых, оптимальная степень сжатия для него значительно ниже, чем для простого цикла ГТД. При современном уровне температур и совершенства лопаточных машин оптимальная степень сжатия для рекуперативного цикла составляет 6...8, тогда как для простого цикла требуется степень сжатия более 25. Поэтому у ГТУ с рекуперацией число ступеней в компрессоре и турбине уменьшается в 1,5...2 раза, высоты лопаток последних ступеней компрессора и первых турбины увеличиваются в 2...3 раза, а давление в камере сгорания меньше в 3...4 раза. Меньше число ступеней - меньше себестоимость производства. Чем больше высота лопаток последних ступеней компрессора и первых ступеней турбины (что имеет особое значение для малоразмерных ГТД), тем меньше сказывается масштабный фактор, и к тому же появляется возможность достижения максимальной эффективности компрессора и турбины. С понижением давления в камере сгорания появляется воз-





возможность уменьшить и давление топлива для его подачи. Это особенно важно, если энергетическая установка работает на природном газе там, где уже выполнена разводка газа по трубам низкого давления (например, в городской черте).

Второй принципиально важной особенностью предлагаемой концепции является принятая схема ГТД-6РС - одновальная с опорами скольжения. В одновальной схеме уменьшается число наиболее сложных элементов, таких как подшипниковые узлы. Подшипники располагаются в "комфортных" условиях (в области относительно низких температур и давления, близкого к атмосферному). Поэтому одновальная схема существенно упрощает общую конструкцию и повышает надежность. Подшипники скольжения имеют неограниченный ресурс, тогда как подшипники качения являются элементами, ограничивающими величину ресурса.

Следующий момент предлагаемой концепции - низкоэмиссионная камера сгорания. О поставленной цели уже говорилось - концентрация вредных веществ в выхлопных газах CO , NO_x и УНС не должна превышать 10 ppm. Эта цель достигается при соответствующей расстановке приоритетов. В жертву хорошим эко-

логическим характеристикам приносится цена, вес и габариты камеры сгорания.

И, наконец, четвертый основополагающий момент концепции - это применение развитой системы регулирования профиля проточной части и выбор расчетных параметров газодинамического цикла с учетом необходимости работы в широком диапазоне частичных нагрузок с к.п.д., близким к максимальному. На рис. 1 показана зависимость относительной располагаемой мощности и к.п.д. от относительной частоты вращения (внешняя характеристика) ГТД-6РС. Диапазон возможных частичных нагрузок двигателя ограничен следующими причинами: 1 - ограничение по максимальной относительной мощности $N = 1,2$ (в данном случае это 6 МВт); 2 - ограничение по максимальному моменту на рессоре, передающей мощность от ГТД к потребителю; 3 - ограничение по возможному диапазону регулирования профиля проточной части; 4 - минимальная устойчивая частота вращения; 5 - максимальная допустимая относительная частота вращения (по критериям прочности).

На рис. 2 приведена зависимость максимальной мощности и к.п.д. ГТД-6РС от температуры окружающего воздуха. При температуре воздуха выше 15°C может быть применена система кондиционирования циклового воздуха, что позволит сохранить номинальную мощность ГТД и существенно уменьшить темп падения к.п.д. (пунктирные линии на рис. 2).

Как следует из рис. 1, предлагаемая концепция ГТД-6РС обеспечивает многорежимность и возможность многофункционального использования. Рассмотрим это на примерах.

Привод электрогенератора для малых электростанций и теплоэлектроцентралей

Характерной особенностью привода электрогенератора переменного тока является требование постоянства частоты вращения потребителя. Если энергосистема автономная, то постоянную частоту вращения потребителя должна обеспечивать система регулирования привода. В одновальных ГТД эти требования выполнять проще, чем там, где приводящая турбина свободная. На рис. 1 для случая, когда нагрузкой ГТД служит электрогенератор, показана

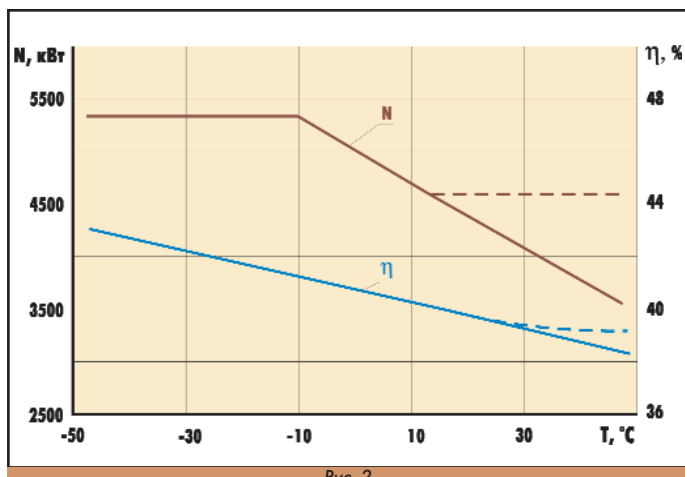


Рис. 2

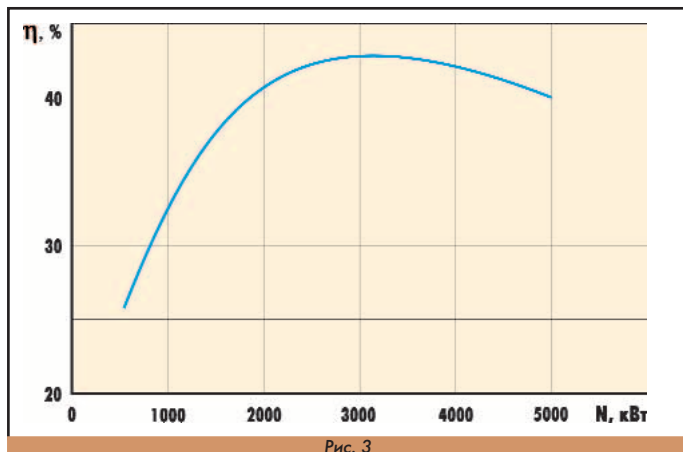


Рис. 3

линия рабочих режимов б, наложенная на внешнюю характеристику. На рис. 3 приведена зависимость к.п.д. от мощности для этого варианта. Потребление электроэнергии, как правило, существенно изменяется в течение суток, недели, года. Если к.п.д. энергетической установки сильно зависит от режима работы, то средний к.п.д. производства электроэнергии будет значительно ниже номинального. На рис. 4 приведена зависимость потребления электроэнергии в течение суток для одного из машиностроительных заводов. Принятая концепция ГТД-6РС обеспечивает выработку электроэнергии в течение всех суток с к.п.д., превышающим 40 %.

Газы на выходе из регенератора будут иметь достаточно высокую температуру (порядка 300 °С). Тепло уходящих газов можно использовать, например, снабдив ГТД-6РС паровым или водогрейным утилизационным котлом, что, по сути, превратит его в малую теплоэлектроцентраль. При работе с утилизационным котлом коэффициент использования топлива в зависимости от вида вырабатываемого тепла будет находиться в пределах от 0,8 (в случае выработки пара высоких параметров) до 0,95 (в случае горячей воды).

Главная судовая энергетическая установка, работающая на винт регулируемого шага

Условия работы ГТД в составе главной судовой энергетической установки на винт регулируемого шага очень похожи на условия работы привода электрогенератора. Как правило, частоту вращения винта регулируемого шага стараются поддерживать постоянной, а изменение нагрузки и реверс осуществляют поворотом лопастей винта. Поэтому линия рабочих режимов и зависимость к.п.д. от мощности, приведенные на рис. 1 и рис. 3, соответственно, справедливы и для судовой энергетической установки с винтом регулируемого шага.

Главная судовая энергетическая установка, работающая на винт фиксированного шага

Условия работы ГТД в составе главной судовой энергетической установки на винт фиксированного шага существенно образом отличаются от предыдущих рассмотренных примеров. Зависимость мощности на винте фиксированного шага от частоты вращения может быть аппроксимирована кубической параболой:

$$N = A \cdot n^3, \quad (1)$$

где N - мощность на валу;
 n - частота вращения винта;

A - коэффициент пропорциональности.

Величина коэффициента пропорциональности, вообще говоря, не постоянна. Он зависит от загрузки судна, состояния корпуса, направления ветра, волнения и т.д. Поэтому при работе на винт фиксированного шага, на внешнюю характеристику ГТД-6РС следует наложить не линию, а поле рабочих режимов (обозначенное линиями 7 на рис. 1). Все поле рабочих режимов при работе на винт регулируемого шага находится в наиболее благоприятной области внешней характеристики ГТД-6РС.

Привод нагнетателя для газоперекачивающей станции

Нагнетатель для газоперекачивающих станций, как правило, представляет собой лопаточную машину, подчиняющуюся тем же законам, что и гребной винт. Для них также справедлива зависимость (1), только коэффициент пропорциональности изменяется в более широком диапазоне в зависимости от условий работы. Главные факторы, влияющие на коэффициент пропорциональности - давление газа на входе и выходе из нагнетателя. Работоспособность ГТД-6РС обеспечивается во всем диапазоне без запретных зон.

Рассмотренные примеры не носят всеобъемлющего характера. Они показывают только наиболее характерные области предполагаемого использования ГТД-6РС. Из рассмотрения следует, что принятая концепция (рекуперативный цикл, выбор номинальных термодинамических параметров с учетом пожелания работать с максимальным к.п.д. на самых глубоких частичных нагрузках, регулирование профиля проточной части) позволяет создать многоцелевой одновальный двигатель, который обеспечит наилучшие эксплуатационные характеристики там, где традиционно одновальные двигатели даже не рассматривались.

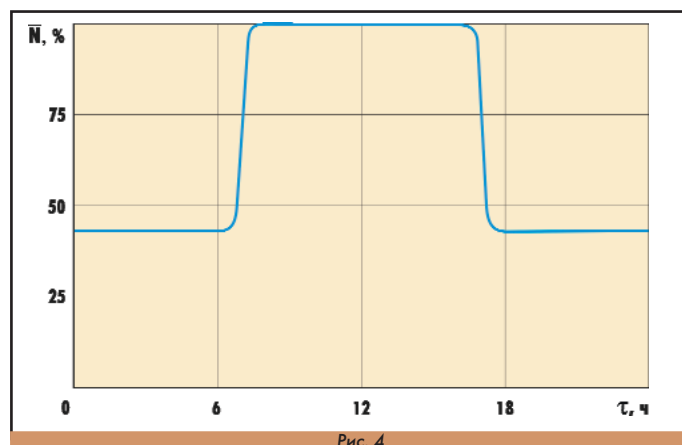


Рис. 4

В заключение можно сказать, что закладываемые в конструкцию ГТД-6РС важнейшие качества:

- простая надежная конструкция (одновальный двигатель);
- ресурс более 100 тыс. часов;
- высокий к.п.д. (более 40 %) в очень широком диапазоне частичных нагрузок;
- отличные экологические характеристики (NO_x , CO , $УНС < 10$ ppm), позволяющие характеризовать его как двигатель нового поколения, а концепция, позволяющая реализовать эти качества, является концепцией XXI века. ◀

DIGEST

Industrial GTEs are in much demand on the world market as demonstrated by 1.5-time growth in sales in 1990s as compared with 1980s. As a practical move towards covering the new market, MMPP "Salute" company established a new department - the design bureau of industrial GTUs.

A specific feature of 4-MW GTD-6RS engine developed by "Salute" company is heat recuperation of exhaust gases. The recuperation process has a number of advantages which are of crucial importance in considering relatively low-power GTEs. The second essentially important feature is a single-shaft engine scheme with sliding bearings which guarantees high reliability. The third feature is a low-emission combustion chamber. Ecology-friendly characteristics are provided at the sacrifice of cost, weight and overall dimensions of the combustor. And the last fourth specific feature is the advanced system of regulation of the flowpath profile and the choice of design parameters of the gasdynamic cycle with due account of operation within a wide range of rotational speeds and efficiency very close to maximum.

The developed engine can be used as a drive of electric generators (with heat recuperation), fixed- or controllable-pitch propellers, superchargers of gas-pumping stations, etc.

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА "ДВИГАТЕЛЬ" ПОЗДРАВЛЯЕТ ЮРИЯ СЕРГЕЕВИЧА ЕЛИСЕЕВА С ЮБИЛЕЕМ!



Самый знаменитый авиадвигательный завод России, известный еще в начале XX века как авиамоторный завод "Гном", будет отмечать... полувековой юбилей: 28 июля этого года исполняется 50 лет Генеральному директору Московского машиностроительного производственного предприятия "Салют" Ю.С. Елисееву.

Юрий Сергеевич проявил редкостную даже для советского времени верность предприятию и упорство в достижении поставленных целей: как поступил на "Салют" в 1975 г. слесарем механосборочных работ после прохождения действительной службы в армии, так и работает на нем по сию пору, однако теперь, через 22 года, - Генеральным директором. На этом пути не была обойдена практически ни одна ступенька: старший мастер производственной группы, затем - заместитель начальника цеха и начальник цеха, заместитель главного инженера, технический директор, директор. В декабре 1997 г. приказом Министра экономики назначен Генеральным директором ММПП "Салют", одного из крупнейших машиностроительных предприятий России.

Обладая незаурядными организаторскими способностями, огромным опытом производственной и руководящей работы, Юрий Сергеевич в непростых экономических условиях, сложившихся в России, смог обеспечить устойчивую стабильную работу многотысячного коллектива, своевременное финансирование и ежемесячную выплату заработной платы. В июне 1999 г. Московскому машиностроительному производственному предприятию "Салют" распоряжением Правительства Российской Федерации присвоен статус Федерального научно-производственного центра. В настоящее время ФНПЦ "ММПП "Салют" является ведущим авиационным предприятием по разработке и внедрению новейших технологических процессов, передовых достижений отечественной и зарубежной науки и техники в области авиадвигателестроения. На предприятии организован институт целевой подготовки специалистов по двигателестроению, выпускники которого будут работать в конструкторских бюро, технологических службах и цехах предприятия.

То, что дело живо, доказывается постоянно растущей очередью желающих трудиться здесь. Это не удивительно: принцип

"каждому - по труду", который мы по незнанию считали завоеванием социализма, на самом деле свойствен любому нормальному производству. И этот принцип сполна реализован на "Салюте" под руководством Юрия Сергеевича.

При личном участии Елисеева сохранена и развивается социально-бытовая сфера предприятия: ежегодно работают оздоровительные лагеря в Подмоскowie и Крыму, постоянно действуют санаторий-профилакторий и медико-санитарная часть, оснащенные современным медицинским оборудованием, три детских сада и заводской спортивный комплекс. И один из немногих в Москве работающих (да еще как активно!) Дом культуры - тоже признак нормального производства.

Значительный вклад вносит Ю.С. Елисеев в развитие авиационной науки и техники. Закончив в 1976 г. МВТУ им. Баумана по специальности "инженер-механик", он постоянно повышал и повышает свою квалификацию. В 1988 г. ему присвоена ученая степень кандидата технических наук. Юрий Сергеевич, владеющий иностранными языками, является автором более 100 научно-технических публикаций, ряда книг и статей по авиационным технологиям и организации производства, руководителем Института целевой подготовки специалистов по двигателестроению (филиал Российского государственного технологического университета), заведующим кафедрой. Будучи членом Правления АССАД, он активно поддерживает политику интеграции отрасли, способствуя ее выживанию. За большой вклад в развитие авиационной промышленности награжден медалью ордена "За заслуги перед Отечеством II степени", ему присвоено звание "Почетный авиастроитель". Разносторонние знания в области создания и производства газотурбинных двигателей, большой производственный опыт позволили ему стать членом-корреспондентом Российской инженерной академии. Елисеев - член редколлегии и редакционных советов ряда научно-технических журналов.

На заводе "Салют" все знают, что генеральный директор завода - и человек дела и человек слова: интересы предприятия определяют все его поступки. ◀

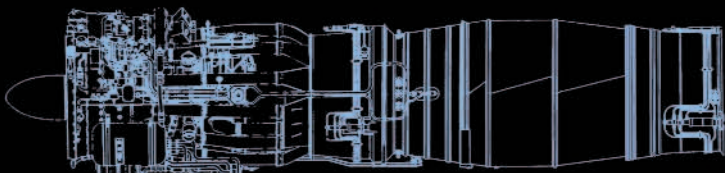


ДВИГАТЕЛИ ВК:

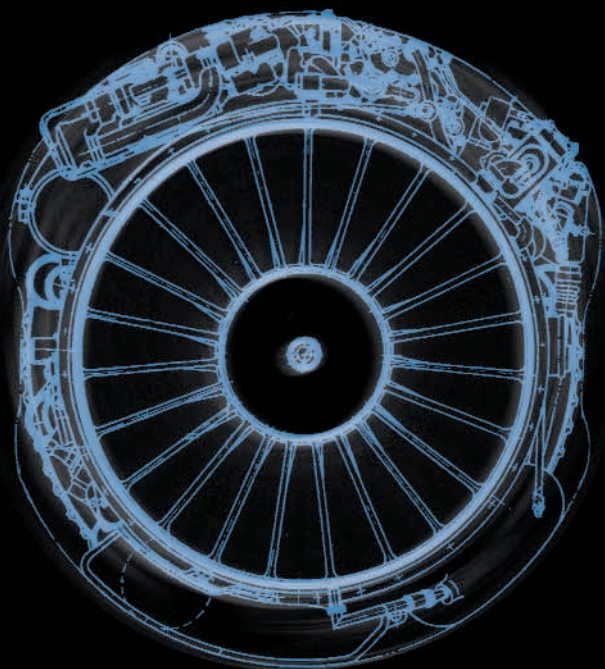
ГУП "Завод им. В.Я. Климova":

Петр Изотов, главный конструктор

Данила Изотов, менеджер по рекламе



Двигатель ВК-3



(Продолжение, начало в №№ 5-6, 2000 г. и 1, 2001 г.)

Техническая мысль в коллективе В.Я. Климova развивалась стремительно. Не успели конструкторы завершить госиспытания по турбореактивным двигателям ВК-1 и ВК-1Ф, приступили к проектированию турбовинтового двигателя ВК-2, как бригады стали получать от главного конструктора задания, связанные с предварительными проработками турбореактивного двухконтурного двигателя (ТРДД).

В.Я. Климova увлекла идея такого двигателя. Он увидел в нем большую перспективу и будущее, чего нельзя сказать о других советских авиаконструкторах. Даже А.М. Люлька, разработавший еще в конце 30-х годов проект ТРДД, приступил к созданию двухконтурного двигателя АЛ-31Ф только в 1976 г. Недооценка идеи двухконтурности предопределила отставание СССР в этой области двигателестроения. Проект Климova был встречен скептически и на обсуждении в ЦИАМе. Критика ТРДД была основана скорее не на теоретических положениях, а на эмоциях. Особенно отрицательно отнесся к этой идее А.А. Микулин (видно, сказалась давняя неприязнь конструкторов друг к другу), заявивший, что это не двухконтурный двигатель, а "двигатель с большим перепуском".

В 1951 г. в ОКБ приступили к разработке эскизного, а затем и рабочего проектов двигателя. Ему был присвоен индекс ВК-3. Конструктивно двигатель состоял из десятиступенчатого осевого компрессора с двумя первыми сверхзвуковыми ступенями, кольцевой камеры сгорания, осевой трехступенчатой турбины, двенадцати труб второго контура, камеры смешения и форсажной камеры с регулируемым сверхзвуковым соплом. За первыми дву-

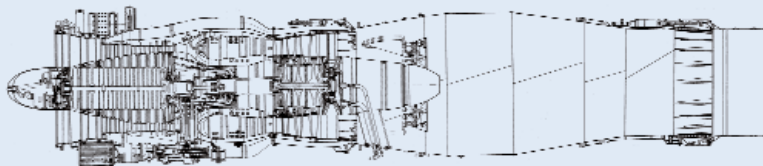
ПЕРВЫЙ ДВУХКОНТУРНЫЙ

мя ступенями компрессора производился отбор воздуха во второй контур и трубами передавался в камеру смешения.

Степень двухконтурности изменялась в зависимости от режима работы двигателя. Максимальная двухконтурность (около 0,5) достигалась на крейсерском режиме, где требовалась максимальная экономичность, а минимальная двухконтурность (около 0,25) - при полете на наибольшей скорости и на взлетном режиме. Смешение потоков первого и второго контуров регулировалось путем изменения соотношения площадей входа в камеру смешения. В компрессоре имелся двухпозиционный регулируемый входной направляющий аппарат, используемый при запуске двигателя. Для беспомпажного прохода низких оборотов имелся регулируемый направляющий аппарат восьмой ступени и устройство перепуска воздуха в атмосферу за восьмой ступенью компрессора. Такая механизация компрессора в то время была новшеством.

Взлетная тяга двигателя составляла 5730 кгс без форсажа и 8440 кгс на форсажном режиме. Удельный расход топлива 1,85 кг/кгс·ч на форсажном режиме, 0,96 кг/кгс·ч на взлетном режиме и 0,73 кг/кгс·ч на крейсерском режиме. Температура газов перед турбиной - 1180К, степень сжатия 12. Габаритные размеры: длина - 6140 мм, диаметр - 1100 мм. Сухая масса - 1850 кг.

Двигатель ВК-3 предназначался для высотного сверхзвукового истребителя И-3 (И-380) конструкции А.И. Микояна, начатого постройкой в июне 1953 г. Расчетная скорость при взлетной массе 8954 кг составляла у земли 1274 км/ч, на высоте 10 000 м - 1775 км/ч. Однако этому истребителю не суждено было подняться



Двигатель ВК-13

ся в воздух. Параллельно с работами над И-3 велась разработка перехватчика И-ЗП (И-410), а в 1954-1955 гг. велось проектирование усовершенствованного И-ЗУ.

Двигатель ВК-3 имел регулятор постоянной температуры перед турбиной на форсажном режиме, изменявший подачу топлива в форсажную камеру. Двигатель был снабжен противообледенительной системой, обеспечивавшей обогрев носков лопаток и входного устройства горячим воздухом. В двигателе применялись новые для того времени сверхзвуковые ступени компрессора из титанового сплава. Использование титана обеспечило прочность дисковых замков и самих дисков и дало ощутимый выигрыш в весе. Проектирование и профилирование сверхзвуковых лопаток было совершенно новым делом для специалистов ОКБ (как и для всех остальных ОКБ и ЦИАМ).

Сложной проблемой, потребовавшей проведения экспериментально-расчетных работ, оказалась отработка процесса смешения потоков контуров при разных режимах работы двигателя. От смешения потоков сильно зависела эффективность работы форсажной камеры. Регулирование структуры потока в зависимости от режима требовало соответствующего изменения подачи топлива для обеспечения высокой полноты сгорания и экономичности двигателя. Все эти трудности умножились, когда началась отработка двигателя в термобарокамере в ЦИАМ, а затем на самолете И-ЗУ.

Почти в течение полутора лет велись исследования в термобарокамере, где была отработана система включения топливных коллекторов, стабилизация горения, процесс регулирования смешения и регулирования сверхзвукового сопла. Система регулирования двигателя предусматривала управление подачей топлива, поддержание постоянными оборотов и температуры газов, управление створками смешения и сверхзвуковым соплом.

После пятилетней работы двигатель был доведен до необходимой надежности и заданного уровня основных характеристик. В 1956 г. двигатель прошел государственные испытания на ресурс 100 ч. Таким образом, ВК-3 первым в СССР проложил дорогу турбореактивным двухконтурным двигателям.

Летные испытания истребителя-перехватчика И-ЗУ проходили на базе ЛИИ в Москве. В 1956 г. были получены выдающиеся для того времени результаты: скорость истребителя при взлетной массе 9220 кг достигала 1960 км/ч, а потолок - более 18 000 м. Испытания успешно завершились, однако по "организационным" причинам программу И-ЗУ свернули. За создание двигателя ВК-3 большая группа конструкторов, экспериментаторов и испытателей была награждена орденами и медалями.

Истребитель И-ЗУ испытывал талантливый летчик-испытатель Георгий Константинович Мосолов - человек исключительной выдержки и ладнокровия. Он во многом способствовал выявлению и устранению недостатков. Были случаи, когда, совершив посадку, он спокойно сообщал, что на высоте упало давление масла до нуля. "Но я не стал сообщать на землю, чтобы не было паники. Давайте разберемся", - и подробно рассказывал, как все происходило.

В 1953 г. на базе ВК-3 начал разрабатываться двигатель, получивший обозначение ВК-13. Предназначался он для истребителя А.И. Микояна, двухдвигательного самолета Як-30 конструкции А.С. Яковлева, перехватчика П-1 конструкции П.О. Сухого. Главным отличием этого двигателя было применение турбины, охлаждаемой воздухом, который продувался через сопловые и рабочие лопатки. Это позволило поднять температуру примерно на 250К (с 1150...1180 до 1400К). Повышение температуры дало возможность увеличить тягу двигателя на бесфорсажном режиме на 10 % при сохранении габаритов и массы двигателя. Кроме того, на форсажном режиме была увеличена степень форсирования с 1,35 до 1,45, что позволило довести тягу до ~10 000 кгс. Другими конструктивными новшествами явились экранированные камеры дожигания и поворотные лопатки задних направляющих аппаратов компрессора.

Охлаждаемая турбина для ВК-13 в истории отечественной авиационной промышленности создавалась впервые. Непростой проблемой был выбор способа охлаждения рабочих лопа-

ток. В.Я. Климов дал указание создавать их сразу в двух вариантах: лопатки с оболочкой и лопатки, составленные из двух частей.

Особенно привлекательным казался вариант лопатки, составленной из двух частей. На внутренней стороне каждой части наносились канавки. Линия разъема частей проходила по цилиндрической поверхности, что давало возможность точной обработки и обеспечивало их хорошее прилегание. Затем производилось спаивание частей жаропрочным припоем. Процесс пайки производился в вакууме под давлением. Вариант с оболочкой представлял лопатку, состоящую из профильного стержня с нанесенными на нем канавками охлаждения, и надетую оболочку из тонкого листа. Соединение оболочки со стержнем производилось жаропрочным припоем. Как и в первом случае, пайка производилась в вакууме под давлением, при этом оболочка хорошо прилегалась к стержню, образуя профилированную лопатку. В обоих вариантах важно было обеспечить хорошее качество пайки. Но добиться стопроцентного качества пайки не удалось: в отдельных случаях проявлялись местные непропаи.

Доводочные работы по двигателю проходили трудно из-за дефектов охлаждаемых лопаток. В 1960 г. работы по двигателю ВК-13 были прекращены волевым решением руководства отрасли. К сожалению, на долгие годы были заморожены интересные и перспективные работы по созданию охлаждаемых лопаток и турбин. Идеей охлаждаемой лопатки, состоящей из двух частей, воспользовалось в начале 80-х годов одно из московских ОКБ. Опыт вакуумной пайки под давлением был успешно применен позднее при изготовлении выходных сопел специальных двигателей.

Кроме того, в конструкции двигателей ВК-3 и ВК-13 были опробованы многие перспективные конструкторские решения:

- высоконапорные сверхзвуковые ступени компрессора из титанового сплава;
- поворотный входной направляющий аппарат - двухпозиционный на ВК-3 и управляемый по программе на ВК-13;
- регулируемые направляющие аппараты - одна ступень на ВК-3 и пять ступеней на ВК-13;
- регулируемый смеситель потоков на входе в форсажную камеру для изменения степени двухконтурности.

Двигатель ВК-3 послужил базой для создания еще одного оригинального двигателя - двигателя "Д", который предназначался для тяжелого самолета С.В. Ильюшина. Оригинальность этого проекта заключалась в том, что вентилятор второго контура размещался над свободной одноступенчатой турбиной, которая располагалась за турбиной компрессора. Рабочая лопатка этой турбины разделялась на два яруса - верхний принадлежал вентилятору, а нижний - турбине. Между ярусами располагалось лабиринтное уплотнение.

Доводочные испытания проводились на полноразмерном двигателе. Была получена тяга около 8500 кгс. Готовились испытания на летающей лаборатории. Но, как и в других случаях с двигателями серии ВК-3, в 1960 г. работы были прекращены на начальной стадии доводки и продолжения не имели.

Вторая половина 50-х годов стала для ОКБ Климова неоднозначной. С одной стороны, удалось создать двигатели, отвечавшие требованиям мирового уровня, а с другой - ни один из них по тем или иным (но не конструкторским) причинам не был запущен в серийное производство. Более чем на десятилетие в ОКБ оказалось приостановлено проектирование турбореактивных двигателей. Но созданный научно-технический задел проявил себя в 70-х годах, когда под руководством С.П. Изотова был создан один из лучших в мире турбореактивных двухконтурных двигателей РД-33.

(Продолжение следует)



В.Я. Климов

АЛЕКСАНДР МИКУЛИН, ЧЕЛОВЕК - ЛЕГЕНДА



"Талант - это страсть". Г. Нейгауз

Лев Берне
Владимир Перов

Только что созданному Государственному союзному заводу № 300 поручались: модификация моторов типа "АМ" с передачей модифицированных образцов в серийное производство на другие заводы НКАП, доводка существующих, разработка и изготовление новых образцов турбомеханизмов и их серийное производство.

На руководителей предприятия и его коллектив возлагалось выполнение напряженных плановых заданий и одновременно проведение работ по становлению завода практически на пустом месте, техническая реконструкция, создание испытательной и экспериментальной базы. С этой целью Микулин добился передачи вновь созданному заводу испытательных боксов, построенных до войны для его ОКБ на территории завода № 24, а затем перешедших в собственность завода № 45. Начальником испытательной станции стал И.И. Спасский, кроме него в работе станции принимали участие ветераны ОКБ Я.И. Левин и П.А. Кудрявцев.

В 1943 г. завод № 300 занимался проектированием, постройкой и устранением дефектов моторов АМ-39, АМ-39А и АМ-39Ф. Планировалось также довести турбокомпрессоры ТК-3 до 50-часового ресурса и внедрить их в серию. Кроме того, намечалась постройка и проведение испытаний мотора АМ-43ТР с турбореактором, модификации двигателя АМ-35А с непосредственным впрыском топлива и турбокомпрессором. Далекое не все из указанного удалось выполнить в 1943 г. В полном объеме опытные, экспериментальные и научно-исследовательские работы, внедрение в серию турбокомпрессоров стали возможными лишь в 1944 г., когда начался звездный час в деятельности ОКБ Микулина.

Логика совершенствования моторов "АМ" и самолетов-штурмовиков "Ил" в ходе войны тесно переплелись. С октября 1942 г., еще на заводе № 24, Микулин развернул работу по созданию более совершенного мотора для штурмовиков АМ-42. На заводе № 300 осуществлялась его доводка на станке, сначала до 50-часового, а

затем и до 100-часового ресурса. Значительная часть задач по доводке мотора АМ-42 в 1943 г. ложилась на ОКБ завода № 24, являвшегося вплоть до 15 апреля 1944 г. филиалом завода № 300.

С учетом опыта применения штурмовиков для борьбы с относительно тихоходными неприятельскими бомбардировщиками Ил 111 и Ju 87 на заключительном этапе Сталинградской операции в то время считалась плодотворной идея бронированного истребителя, разработанного на базе Ил-2. Выполняя решение ГКО, в июле 1943 г. Ильюшин представил на испытания самолет, назначение которого он определил как "истребитель бомбардировщиков". По летным данным одноместный Ил-2И с мотором АМ-38Ф мало отличался от обычного штурмовика. И хотя он вполне успешно прошел испытания, в том числе на воздушный бой с вражескими бомбардировщиками, стало ясно: для создания по-настоящему эффективного бронированного "убийцы бомбардировщиков" требуются более мощный двигатель и более совершенные аэродинамические решения.

Необходимый Ильюшину мотор у Микулина уже был. С мая 1943 г. двигатель АМ-42 проходил испытания на тяжелом штурмовике Ил-АМ-42, построенном на ильюшинском опытном заводе № 240. Разумеется, новый двигатель требовал доводки, которая и осуществлялась в воздухе на "безномерном" "Иле". Создание АМ-42 стало важным достижением ОКБ Микулина, позволившим радикально улучшить летно-тактические данные советских самолетов. Увеличения мощности по сравнению с АМ-38Ф удалось добиться путем повышения частоты вращения коленвала на взлетном режиме до 2500 об/мин и одновременного повышения надува воздуха до 1720 мм. рт. ст. Мощность на взлетном режиме составляла 2000 л.с., а на расчетной высоте 1600 м - 1770 л.с. Сухая масса мотора 1030 кг, что обеспечивало удельный вес на взлетном режиме 0,515 кг/л.с., а на номинальном режиме - 0,582 кг/л.с.

Мотор АМ-42 имел целый ряд конструктивных усовершенствований по сравнению с предшественниками из семейства "АМ". Для улучшения откачки масла из картера, устранения выброса масла через суфлер, уменьшения теплоотдачи и, соответственно, температуры масла, при малых габаритах картера был введен поддон с клапанами и козырьками (дефлекторами). Поддон вместе с поперечными стенками картера образовывал шесть изолированных друг от друга кривошипно-шатунных камер. Такое решение устраняло возможность появления продольных воздушных вихрей. Для улучшения очистки масла в нагнетающей масляной магистрали устанавливались два фильтра МФМ-25.

Редуктор выполнялся без амортизирующих промежуточных элементов в соединении большой шестерни редуктора с валом. Такая конструкция повышала час-



Бронированный штурмовик Ил-10 с мотором АМ-42

тоту собственных колебаний системы "коленчатый вал - редуктор" и устраняла возможность резонанса на рабочих режимах мотора. Коленчатый вал спроектировали более жестким и прочным. На щеки вала установили противовесы, частично разгрузившие его от действия инерционных сил и уменьшавшие нагрузку на коренные опоры.

Механизм газораспределения с непосредственным действием кулачков на тарелки клапанов был заменен другим, где передача давления на клапаны осуществлялась через рычажный механизм (его конструкция была аналогична примененной на немецких DB 605). Это уменьшило износ направляющих и повысило надежность клапанов. Каждый кулачок валика воздействовал на один выпускной и один всасывающий клапаны.

По конструкции Ил-АМ-42 напоминал обычный Ил-2, что таило в себе и достоинства, и недостатки. По пилотажным качествам самолет оказался простым и доступным для пилотов. Важнейшими плюсами машины считались также увеличенная бомбовая нагрузка и дальность, при этом повышению скорости и маневренности уделялось меньше внимания. Из-за ненадежной работы мотора испытания самолета затянулись. На нем пришлось заменить пять двигателей, прежде чем удалось добиться более-менее приемлемой работы винтомоторной группы. Следующим в феврале 1944 г. на испытания был предъявлен опытный штурмовик-бомбардировщик Ил-8, являвшийся модификацией машины Ил-АМ-42. Его испытания также шли нелегко и затянулись до осени, а после переделки бронекоробки и системы охлаждения их пришлось перенести на 1945 г.

В мае 1944 г. мотор АМ-42 удовлетворительно прошел госиспытания, а уже в июне был запущен в серийное производство на заводе № 24. Тогда же, в мае был закончен постройкой и начал летать еще один бронированный самолет-истребитель. В отличие от "восьмерки", на Ил-1 прирост мощности мотора использовали преимущественно для наращивания скоростных и маневренных характеристик при сохранении на прежнем уровне полезной нагрузки и бронирования. Вскоре Ил-1 переделали в двухместный штурмовик, получивший название Ил-10. Эта машина в августе 1944 г. решением ГКО была запущена в серийное производство на двух заводах. Опытный Ил-10 продемонстрировал максимальную скорость 551 км/ч, превзойдя обычный серийный Ил-2 почти на 150 км/ч!

Впервые самолеты Ил-10 были брошены в бой в начале февраля 1945 г. и добились неплохих результатов. Эскадрилья Героя Советского Союза Ф.А. Жигарина без потерь штурмовала вражеские танки и мотопехоту в районе Шпротавы. Но при освоении мотора в серийном производстве не все шло гладко. Так, в 1944 г. в ходе войсковых испытаний самолета Ил-10 в 108-м гвардейском штурмовом Рава-Русском авиаполку выявился целый ряд серьезных дефектов. В отчете по войсковым испытаниям отмечалась "недостаточная надежность мотора АМ-42 и короткий срок его службы вследствие:

- а) большого износа поршневых колец, приведшего к потере компрессии АМ-42 при эксплуатации с полевых аэродромов (выход из строя 76 % моторов);
- б) появления бронзовой, стальной и алюминиевой стружки, попадания воды в картер и выбрасывания масла (выход из строя 16 % моторов);
- в) засорения воздушных каналов карбюраторов...

Выходу моторов из строя способствовало отсутствие в системе забора воздуха в мотор противопопального фильтра".

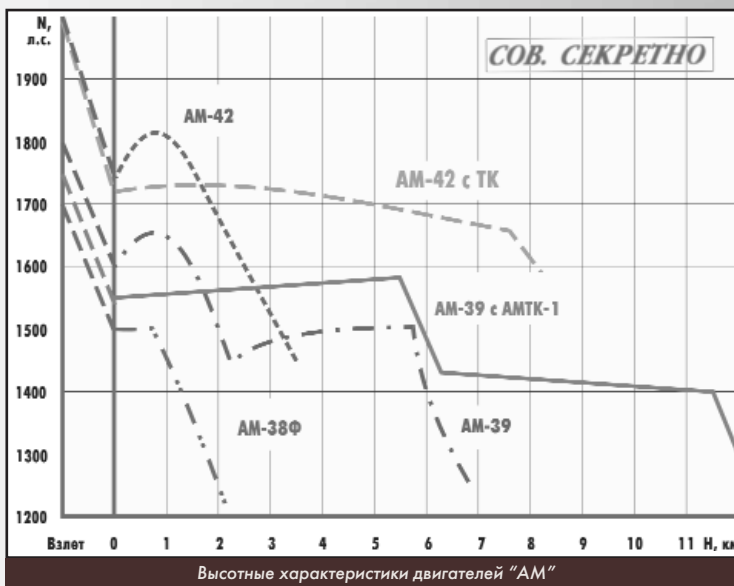
Дефекты мотора устранялись в процессе его доводки в серийном производстве. Как отмечал Микулин, активную роль в избавлении двигателя от "детских болезней" сыграл главный конструктор завода № 24 М.Р. Флиский. Моторы АМ-42 первой и второй серий

имели 100-часовой ресурс, у моторов третьей серии его довели до 150 ч, а впоследствии - до 200 ч.

Тематический план работ завода № 300 на 1944 г. предусматривал выполнение тринадцати основных тем. Среди них - проведение государственных испытаний и сдача в серийное производство мотора АМ-39, представлявшего собой дальнейшее развитие мотора АМ-37. В конструкции отдельных узлов использовались технические решения, ранее доказавшие эффективность на АМ-38Ф. Важнейшей "изюминкой" АМ-39 была оригинальная двухскоростная коробка, которая в сочетании с нагнетателем от АМ-38 повышала высотность мотора до 6800 м. Внедрение коробки не требовало ломки технологии производства нагнетателя. Двигатель АМ-39, как и АМ-37, имел водо-воздушный радиатор, служивший для охлаждения воздуха за нагнетателем, что давало прирост мощности в 200 л.с.

Вплотную к разработке АМ-39 завод приступил еще в мае-июне 1943 г. До конца 1943 г. были успешно завершены заводские испытания мотора. Государственные испытания, закончившиеся с удовлетворительными результатами, проводились в марте-апреле 1944 г. Взлетная мощность АМ-39 составляла 1800 л.с., а номинальная мощность изменялась от 1600 л.с. на высоте 1100 м до 1500 л.с. на высоте 6800 м. По своим основным характеристикам и эксплуатационным качествам АМ-39 явился еще одним важнейшим успехом ОКБ Микулина.

С двигателями АМ-39 проходил заводские испытания скоростной дневной бомбардировщик Туполева типа "103" (СДБ). Отчет об этих испытаниях был утвержден ВВС в июле 1944 г. с предложением о принятии модифицированного самолета "103" на вооружение. Мотор АМ-39 устанавливался также на тяжелом пушечном истребителе ИТП М-2 конструкции Н.Н. Поликарпова. Первый полет самолет совершил 23 ноября 1943 г. Из-за недоведенности мотора



летные данные самолета были определены только на первой скорости нагнетателя: удалось достичь максимальной скорости на форсаже 650 км/ч в полете на высоте всего 570 м. После доводки мотора ожидалось получение на второй расчетной высоте максимальной скорости более 700 км/ч.

В этом же году Поликарповым был разработан эскизный проект, предусматривавший модернизацию двухдвигательного истребителя ТИС-А путем установки сначала моторов АМ-39А, а затем АМ-39Б с турбокомпрессорами. Самолет, названный ТИС-МА, закончили постройкой в конце 1943 г. Летные испытания из-за отсутствия АМ-39 пришлось проводить с моторами АМ-38Ф. Первый полет машины состоялся 13 июня 1944 г. В ходе испытаний были получены высокие летные данные, подтвердившие правильность предварительных расчетов. После переоснащения моторами АМ-39А ожидалось получение максимальной скорости у земли на форсированном режиме 564 км/ч, а на высоте 8500 м - 677 км/ч.



Бомбардировщик "103" с моторами АМ-39Ф

Другим традиционным партнером Микулина являлось ОКБ-155 А.И. Микояна. В сентябре 1943 г. оно приступило к модификации истребителя И-230, предусматривавшей применение мотора АМ-39А. Модифицированный самолет получил название И-231 (2Д). На заводские испытания машину передали 16 октября 1943 г., а спустя три дня состоялся ее первый вылет. Уже 5 ноября 1943 г. из-за разрушения нагнетателя летчик произвел вынужденную посадку. После ремонта самолета и замены мотора полеты продолжались. 28 февраля 1944 г. И-231 передали на госиспытания, но 8 марта он вновь потерпел аварию из-за отказа щитков-закрылков и тормозов при посадке. Самолет отремонтировали, однако 19 мая в полете на форсированном режиме мотор вышел из строя. Вскоре работы по И-231 были прекращены вследствие задержки с получением нового мотора.

В расчете на использование моторов АМ-39 разрабатывались модификации истребителя МиГ-11. Первым в семействе стал И-220 (изд. А), но испытывался он с мотором АМ-38Ф. Затем был построен И-221 (изд. 2А), на этот раз с мотором АМ-39 и двумя турбокомпрессорами. По расчетам мощность силовой установки на высоте 5000 м должна была превысить 1700 л.с., что гарантировало превосходство в скорости перед массовыми Як-9 и Ла-5 на 70...95 км/ч. Увы, в одном из первых полетов 7 февраля 1944 г. из-за разрушения шатуна летчику пришлось покинуть горящую машину с парашютом.

Специально для высотных истребителей "МиГ" в 1944 г. Микулин отработывал двигатели АМ-39Б и АМ-42Б, приспособленные для работы с турбокомпрессорами. Они отличались от обычных моторов АМ-39 и АМ-42 способом установки нагнетателя, применением вместо водо-воздушного радиатора большого воздуховоздушного радиатора (кстати, переход на воздуховоздушный радиатор - это еще одно из принципиальных достижений Микулина) и некоторыми изменениями в маслосистеме мотора.

В соответствии с постановлением ГОКО № 3561 от 12 июня 1943 г. строился самолет И-222 (изд. 3А) - высотный истребитель с гермокабиной. Он оснащался мотором АМ-39Б с двумя турбокомпрессорами ТК-2Б конструкции ЦИАМ. На заводских испытаниях была достигнута высота 12 000 м. Максимальную скорость планировали получить на уровне 700 км/ч. На заводских испытаниях, начатых в 1944 г., И-222 совершил 36 полетов. Мотор выработал ресурс и в феврале 1945 г. был снят для переборки. После ремонта

двигатель работал заметно хуже, отмечалось падение давления масла. В отчете завода за 1944 г. было подчеркнuto, что одной из основных причин выхода из строя моторов АМ-39 на самолетах ОКБ А.И. Микояна являлось разрушение трущихся поверхностей мотора из-за несовершенства самолетных маслосистем.

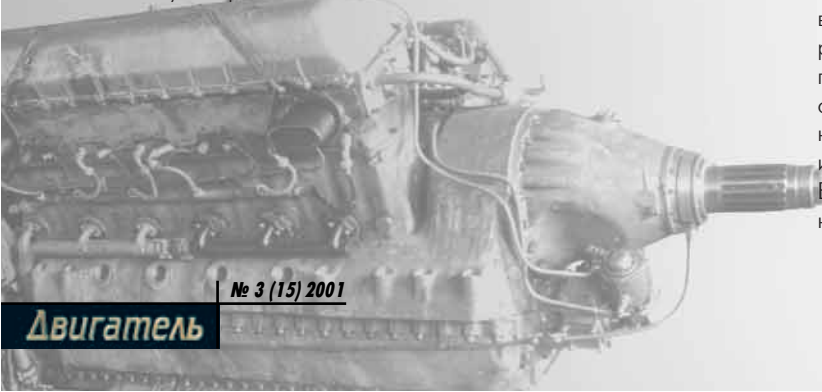
В дальнейшем завод № 300 вне плана приступил к форсированию АМ-39 по высотности и мощности. Форсированный мотор АМ-39Ф отличался от прототипа новым высотным одноступенчатым нагнетателем с увеличенным диаметром крыльчатки, увеличенным водо-воздушным радиатором и объединенным управлением номинальным и максимальным газом. Высотность двигателя довели до 7000 м. В ноябре 1944 г. мотор АМ-39Ф

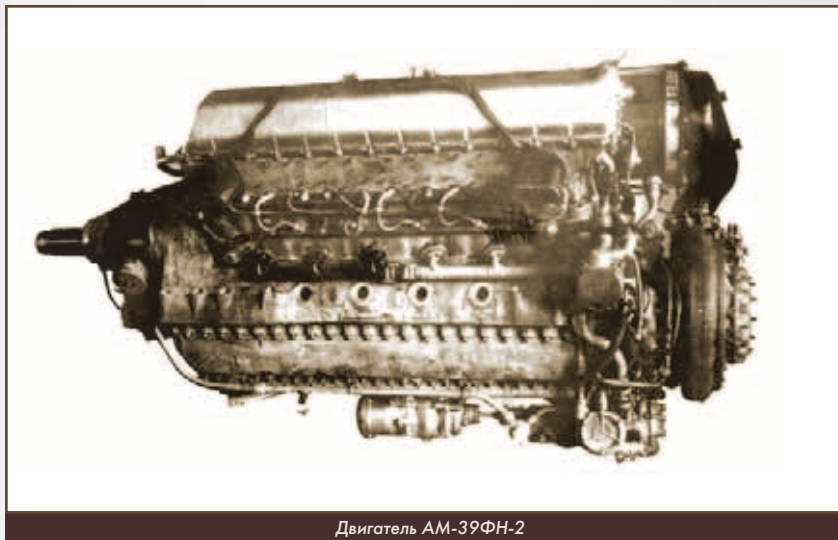
успешно закончил официальные заводские 50-часовые испытания, продемонстрировав при этом высокие технические данные: взлетную мощность 1800 л.с. и боевую мощность 1600 л.с. на высоте 6800 м.

Такие двигатели были установлены на втором экземпляре туполевского скоростного дневного бомбардировщика и истребителя-перехватчика "63", построенного в развитие самолета "103". Испытания самолет "63" начал проходить в январе 1945 г. и показал при этом высокие летные данные, но из-за неудовлетворительного обзора из кабины штурмана ставка была сделана на самолет "68".

В связи с неудовлетворительной работой карбюраторов специалисты ВВС предложили оснастить мотор АМ-39 системой непосредственного впрыска топлива, что нашло свое отражение в модификации АМ-39ФНВ. Работу по установке такой системы на мотор АМ-39Ф завод начал с декабря 1944 г. Кроме того, была изменена конструкция всасывающих трубопроводов, обеспечивающая равномерное распределение смеси по цилиндрам, введена новая маслосистема, работоспособная на больших высотах. Взлетную мощность мотора увеличили до 1850...1900 л.с., боевую - до 1800 л.с. на высоте 900 м, а номинальную - до 1580 л.с. на высоте 1500 м и до 1450 л.с. на высоте 7000 м.

Применение системы непосредственного впрыска топлива открывало широкую дорогу для дальнейшего форсирования моторов по мощности и улучшения их эксплуатационных качеств. Двигатель АМ-39ФНВ в феврале 1945 г. удовлетворительно прошел 50-часовые специальные заводские испытания. С такими двигателями в период с 28 июня по 30 июля 1945 г. проходил государственные испытания самолет Туполева типа "68". Оказалось, что АМ-39ФНВ, созданный на базе мотора АМ-38Ф, не мог обеспечить достаточно надежную работу на режимах взлетной и боевой мощности и имел ограниченные возможности по дальнейшему форсированию. В связи с этим Микулин решил поменять базу с АМ-38Ф на АМ-42. Новый двигатель, получивший наименование





Двигатель АМ-39ФН-2

АМ-39ФН-2, в декабре 1945 г. закончил заводские 100-часовые испытания. В июле и августе 1946 г. он прошел "чистовые" заводские 100-часовые испытания, а в конце 1946 г. - госиспытания и был запущен в серийное производство под маркой АМ-40. Его взлетная мощность у земли составляла 1800...1850 л.с., на чрезвычайном режиме на высоте 1350 м он был способен развить 1900 л.с. при номинальной мощности 1610 л.с. на высоте 2050 м.

В развитие АМ-42 Микулин спроектировал и построил в одном экземпляре мотор АМ-43 с непосредственным впрыском топлива в цилиндры. Еще в 1943 г. двигатель был продемонстрирован на конференции конструкторов в ЦИАМе и произвел хорошее впечатление. Он имел взлетную мощность 2300 л.с. и номинальную 2000 л.с. на расчетной высоте 2300 м. Высокая мощность достигалась благодаря применению нового всасывающего трубопровода, увеличению на 50 % процентов проходного сечения выпускных клапанов, применению нового кулачкового валика с расширенными фазами газораспределения.

По решению ГОКО доводка мотора АМ-43 в 1944 г. была передана заводу № 24, где ею руководил главный конструктор Флиский. В Куйбышеве мотор доводился под названием М-43НВ. В начале 1945 г. были построены три опытных экземпляра скоростного бронированного штурмовика Ил-16 с двигателями М-43НВ, затем началась постройка малой серии (25 экземпляров). Из-за недоведенности силовой установки, а также в связи с окончанием войны и отсутствием четких взглядов на пути развития штурмовиков работы по Ил-16 были свернуты.

Планировалось использовать этот мотор также и на послевоенных модификациях самолета Ил-10 вместо АМ-42, но этот замысел не был реализован из-за недоведенности мотора. В декабре 1945 г. проходил испытания только один экземпляр самолета Ил-10 с двигателем М-43НВ. Ожидалось достичь максимальной скорости у земли 540 км/ч, а на расчетной высоте 2200 м - 575 км/ч.



В апреле 1944 г. ВВС были утверждены технические требования к одноместному высотному истребителю с мотором АМ-43 с турбокомпрессором для ОКБ А.И. Микояна. Планировалось получить потолок 12 000 м и максимальную скорость 700 км/ч на высоте 8000 м. В 1944 г. ОКБ Микояна разработало истребитель-перехватчик И-240 с такой силовой установкой и расчетной максимальной скоростью 700...750 км/ч, но с измененным вооружением, состоявшим из пушки калибра 45 мм и двух пушек калибра 20 мм.

ОКБ С.В. Ильюшина разработало проект и начало постройку скоростного бомбардировщика Ил-14 с четырьмя моторами АМ-43, оснащенными двухскоростными нагнетателями. В этом варианте взлетная мощность двигателей составляла 2500 л.с., боевая - 2450 л.с. на высоте 2000 м, а номинальная - 1750 л.с. на высоте 8000 м. По расчетам Ил-14 на высоте 9000 м мог развить максимальную скорость 760 км/ч. Макет самолета был предъявлен 8 июня 1945 г. В 1946 г. было построено пять самолетов Ил-14, но из-за отсутствия пригодных для полетов двигателей машины не поднимались в воздух. В неоконченном заделе остались еще 12 планеров Ил-14.

26 апреля 1945 г. А.Н. Туполев предъявил макетной комиссии четырехмоторный дальний высотный бомбардировщик "64" с двигателями АМ-43 и турбокомпрессорами ТК-300Б. Проект был похоронен после принятия решения о постройке самолета Ту-4.

(Продолжение следует)



Бомбардировщик "68" с моторами АМ-39

DIGEST

In 1943, Plant#300 was engaged in designing, manufacturing and elimination of defects of AM-39, AM-39A and AM-39F engines. These engines were intended, mainly, for powering high-altitude high-speed fighters and bombers designed by Artem Mikoyan and Andrey Tupolev. The concepts of upgrading "AM" engines and "IL" attack aeroplanes during war years were closely interrelated. In October, 1942, Alexander Mikulin launched the development of an advanced engine for AM-42 attack aeroplane. In 1944, the development was successfully completed and a new advanced attack aeroplane dubbed as "IL-10" appeared at the front. It surpassed the Il-2 in speed by 130 ... 150 km/hr with the same bombing equipment and cannon armament.

ALEXANDER MIKULIN - A LEGENDARY PERSON



АВИАТОРЫ В ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ МУЗЕЕ



Дмитрий Боев, исполнительный директор Чтений

В конце мая 2001 года в Политехническом музее Москвы состоялись III Международные научные чтения по авиации, посвященные памяти И.И. Сикорского - авиаконструктора, пилота и философа. Сикорский первым в России и мире разработал конструкцию и наладил серийный выпуск многомоторных бомбардировщиков ("Илья Муромец"), он широко известен как создатель первых межконтинентальных пассажирских авиалайнеров, один из основателей мирового вертолетостроения, гидропланостроения. Широко известны и часто применимы труды Сикорского по вопросам теории и практики авиастроения, различным проблемам философии и богословия. Вся история развития российского и советского воздушного флота, его современное состояние и перспективы развития, традиционно, являются предметом рассмотрения Чтений этой серии.

Первые московские Сикорские Чтения 1999 г. были приурочены к 25 мая - дню рождения И.И. Сикорского (в 1889 г.), и эта традиция сохраняется: Чтения этого года прошли с 24 по 25 мая. В этом году была значительно расширена тематика Чтений. В них включены разделы по гидроавиации, экспериментальной авиации, авиационному образованию.

Пленарное заседание началось со вступительного слова председателя Чтений, действительного члена РАН Константина Фролова. На пленарном заседании с докладами выступили Генеральный директор Политехнического музея, профессор Гурген Григорян, профессор РГГУ Юрий Воронков и проректор этого вуза Сергей Кувшинов, командующий 37 ВА ВГК СНГ генерал-лейтенант Михаил Опарин, ректор МАИ Александр Матвеев, начальник отдела ЦИАМ Борис Пономарев и Глава технологического бюро концерна "Даймлер-Крайслер" по Восточной Европе доктор Томас Гертиг.

Восемь секционных заседаний прошли в этот и на следующий день. Было прочитано около 120 докладов по различной тематике, на которых присутствовало более 300 слушателей. Успешное проведение Чтений показало, что Политехнический музей твердо удерживает свое признанное место российского центра распространения научных знаний. ◀



ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ КАК ФУНКЦИЯ ТОЧНОСТИ. ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЕ СТАНКИ С ЛИНЕЙНЫМИ ПРИВОДАМИ УСТАНОВЛИВАЮТ НОВЫЕ СТАНДАРТЫ ЗЕРКАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ

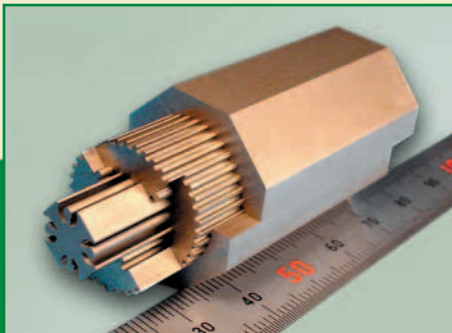
Что нужно для получения особо качественных зеркальных поверхностей в электроэрозионной вырезке? Прежде всего, качественный генератор с "зеркальными" импульсами и станок высокой точности, одной из важнейших составляющих которого является точность приводов. Для получения зеркальных поверхностей требуется несколько проходов, в ходе которых поверхность выглаживается шаг за шагом. Один и тот же контур обходится несколько раз по задаваемым "эквидистантам", и чем выше точность станка, тем меньше таких проходов требуется. Любая погрешность позиционирования, любое самое ничтожное отклонение

проволоки в ходе выходящих проходов приводит к браку.

Поверхности, обработанные на станках "СОДИК", имеют шероховатость существенно меньшую, чем могут обеспечить любые другие станки. Высочайшее качество поверхности достигается благодаря по меньшей мере двум исключительным особенностям станков "СОДИК":

- уникальные "зеркальные" генераторы, гарантирующие малую шероховатость при резании как в масле, так и в воде;
- рабочая зона с несущими конструкциями из керамики с тепловым расширением, значительно меньшим, чем у гранита. ◀

НОВАЯ УНИКАЛЬНАЯ ОСОБЕННОСТЬ ЭЭ СТАНКОВ "СОДИК" – ЛИНЕЙНЫЕ ПРИВОДЫ (ВПЕРВЫЕ В ОТРАСЛИ!). С ВНЕДРЕНИЕМ ЗНАЧИТЕЛЬНО БОЛЕЕ ТОЧНЫХ УЛЬТРАМОМЕНТНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ПРИВОДОВ ЭЭ СТАНКИ "СОДИК" СТАЛИ ДАВАТЬ ПОВЕРХНОСТИ ЕЩЕ БОЛЕЕ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА ЗА ЗНАЧИТЕЛЬНО МЕНЬШЕЕ ВРЕМЯ (И ЧИСЛО ПРОХОДОВ). ПРИ ЭТОМ, ЧЕМ СЛОЖНЕЕ КОНТУР, ТЕМ ОЧЕВИДНЕЕ ПРЕИМУЩЕСТВА СТАНКОВ С ЛИНЕЙНЫМИ ПРИВОДАМИ, ЧТО НАГЛЯДНО ИЛЛЮСТРИРУЮТ ПРИВЕДЕННЫЕ НИЖЕ ПРИМЕРЫ ОБРАБОТКИ.



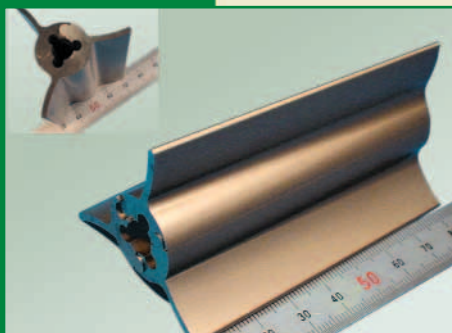
Погружное резание в воде. Тестовая комбинация пуансонов. Шероховатость 8-го класса всего за два прохода!!!

Модель ЭЭ станка	AQ325L LN1W
Число проходов	2
Материал	Сталь SKD11 (аналог X12M)
Толщина заготовки	40 мм
Диаметр проволоки	0,2 мм
Тип проволоки	KHW-20TH (латунная, производства KHS)
Общее время обработки	7 ч
пуансон № 1 (1 шт.)	1 ч
пуансон № 2 (4 шт.)	3 ч 20 мин
пуансон № 3 (2 шт.)	2 ч 40 мин
Точность обработки:	±0,003 мм
Шероховатость:	3,19 μm Ry (0,47 μm Ra / ▽ класс 8)



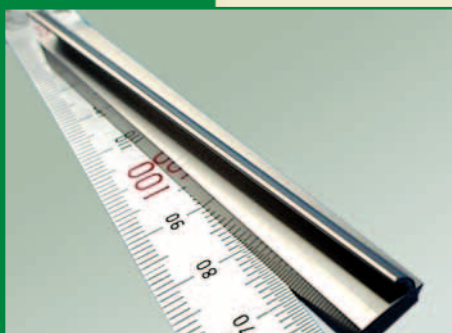
Погружное резание в масле. Зеркальная вырезка матрицы и пуансона из карбида вольфрама. Сложный контур с ребрами толщиной 0,3 мм. Шероховатость 12-го класса!!!

Модель ЭЭ станка	AP200L
Число проходов	10
Материал	Карбид вольфрама G5
Толщина заготовки	20 мм
Диаметр проволоки	0,1 мм
Тип проволоки	KHW (латунная)
Общее время обработки	7 ч 40 мин (каждая из частей)
Точность обработки:	±0,001 мм
Шероховатость:	0,28 μm Ry (прим. 0,035 μm Ra / ▽ класс 12)



Погружное резание в воде. Тестовая комбинация пуансонов в форме лопасти из сопрягаемых частей. Шероховатость 9-10 класса.

Модель ЭЭ станка	AQ550L LN1W
Число проходов	4
Материал	Сталь SKD11 (аналог X12M)
Толщина заготовки	80 мм
Диаметр проволоки	0,25 мм
Тип проволоки:	KHW-20TH (латунная, производства KHS)
Время обработки:	5 ч 20 мин
Точность обработки:	-0,002 мм, +0,001 мм
Шероховатость:	1,36 μm Ry (0,15-0,16 μm Ra / ▽ класс 9-10)



Погружное резание в масле. Зеркальная конусная вырезка пуансона в форме лопасти.

Модель ЭЭ станка	AP200L
Число проходов	16
Материал	Сталь SKD11 (X12M)
Толщина заготовки	80 мм
Диаметр проволоки	0,2 мм
Тип проволоки	H-BZS (латунь, производство HITACHI)
Общее время обработки	10 ч 12 мин
Точность обработки	±0,001 мм
Шероховатость	0,4 μm Ry (0,052 μm Ra / ▽ класс 11)

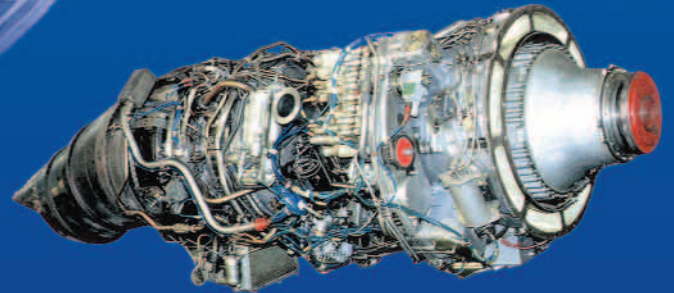


ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
ЦЕНТР МОСКОВСКОЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ
ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "САЛЮТ"

ФНПЦ ММПП "Салют"
совместно с
ЗМКБ "Прогресс",
ОАО УМПО и "Мотор Сич"
принимает участие в
изготовлении
авиационных
двигателей **Д-436Т1/ТП**
для пассажирских
самолетов
региональных авиалиний
Ту-334,
многоцелевого
самолета-амфибии
Бе-200
и ведет подготовку
производства узлов
двигателя **Д-27**
для транспортного
самолета
Ан-70



Д-436Т1



Д-27



Россия, 105118, Москва, пр-т Буденного, 16
тел.: +7 (095) 369-8001, факс: +7 (095) 365-4006 www.salut.ru