

АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ УКРАИНЫ

Богуслаев В.А.

Открытое акционерное общество "Мотор Сич", г. Запорожье

Авиационное двигателестроение Украины неразрывно связано с г. Запорожье, где находятся открытое акционерное общество "Мотор Сич", производящее большую гамму современных газотурбинных двигателей, и моторостроительное конструкторское бюро (ЗМКБ) "Прогресс" им. А.Г. Ивченко, разрабатывающее их конструкции, а также совместное украинско-российское научное предприятие "Юпитер", осуществляющее авторское сопровождение изготавливаемых здесь вертолетных двигателей, разрабатываемых ГУП "Завод им. В.Я. Климова" (г. Санкт-Петербург).

ОАО "Мотор Сич" – одно из крупнейших и старейших (в этом году отмечает свой 85-летний юбилей) предприятий мирового авиадвигателестроения – в его составе 8 специализированных машиностроительных заводо-смежников, также расположенных на территории Украины.

Головной завод объединения (Запорожский моторостроительный) начал свой путь от ремонта, а затем создания и освоения производства поршневых двигателей, в основном для военной авиации, до серийного производства современных турбовинтовых, двухконтурных, турбовальных и винтовентиляторных авиадвигателей высокой конкурентоспособности на мировом рынке, а также специализированных наземных энергетических установок.

В настоящее время несколько десятков тысяч двигателей, изготовленных ОАО "Мотор Сич", успешно эксплуатируются в 98 странах мира на более чем 60-ти разновидностях летательных аппаратов гражданской и военной авиации, прежде всего на пассажирских и военно-транспортных самолетах и вертолетах, а также на учебно-тренировочных истребителях.

Авиаспециалистам наиболее известны такие наши двигатели, как АИ-20, АИ-24, АИ-25, Д-36, Д-136, Д-18 и ТВ3-117, устанавливаемые на самолетах АН-12, ИЛ-18, ИЛ-38, Бе-12, АН-32, АН-24, АН-26, АН-30, ЯК-40, L-39, ЯК-42, АН-72, АН-74, АН-124 ("Руслан"), АН-225 ("Мрия") и вертолетах Ми-8МТ, Ми-17, Ми-24, Ми-26, Ми-28, Ка-27, Ка-29, Ка-32, Ка-50 ("Черная акула"), Ка-52 ("Аллигатор") и др. Всего ОАО "Мотор Сич" в настоящее время производит 43 типа и модификаций авиационных двигателей.

Но диапазон выпускаемой продукции ОАО "Мотор Сич" не ограничивается только авиационной техникой – на основе многолетнего опыта изготовления авиационных двигателей у нас создана и производится

значительная номенклатура наукоемкой продукции и другого народно-хозяйственного назначения, прежде всего передвижные и блочно-транспортные электростанции мощностью от 1 до 10 МВт, газотурбинные приводы семейства Д-336 мощностью 6,3 МВт и АИ-336 мощностью 8 и 10 МВт, которые используются на газоперекачивающих, газолифтных, нефтеперекачивающих агрегатах и блочно-транспортных электростанциях. По своим эксплуатационно-техническим параметрам они соответствуют мировому уровню и могут эффективно использоваться при строительстве новых компрессорных станций, а также для реконструкции уже находящихся в эксплуатации. Кстати, на компрессорных станциях Украины, Ирана и Турции в настоящее время успешно используются уже 26 приводов перекачивающих агрегатов серии Д-336-2-8. А в последнее время запущен в работу газотурбинный привод серии АИ-336-2-10 мощностью 10 МВт на блоке № 7 компрессорной станции "Новопсков" особо важного газопровода "Союз", еще 4 находятся в стадии монтажа и запуска. На украинском участке этого газопровода намечается полная замена приводов ГТК-10И на изделия нашего производства.

Наши приводы семейства Д-336 используются также в разработанных нами блочно-транспортных электростанциях ЭГ-6000, ЭГ-8000 и ЭГ-10000 номинальной мощностью соответственно 6, 8 и 10 МВт.

В настоящее время успешно ведутся испытания новой электростанции ЭГ-1000 мощностью 1 МВт с газотурбинным приводом ТВЗ-117, а также существенно модернизирована серийная ПАЭС-2500. В отличие от базовой, новая электростанция "Мотор Сич" ЭГ2, 5Г-Т6, 3/10, 5-ЗУХЛП" снабжена газотурбинным приводом АИ-20 повышенной надежности, высокого ресурса и экономичности, а также генератором на два напряжения с современной системой защиты. Ее система автоматического управления выполнена на базе современных микропроцессорных элементов.

В условиях периодического роста цен на углеводородные энергоресурсы и их дефицита во многих странах и регионах явно целесообразно осуществлять поиск новых источников энергии. Среди множества таких потенциальных источников особо перспективным является использование огромного потенциала газовой индустрии, на газораспределительных станциях которой и газорегулирующих пунктах при дросселировании газа с давлением в магистральных газопроводах $65 \dots 30 \text{ кгс/см}^2$ до необходимых потребителям $1 \dots 12 \text{ кгс/см}^2$ бесполезно теряются миллионы мегаватт потенциальной энергии сжатого газа.

С целью использования этой энергии нашим предприятием совместно с ЦИАМ создана турбодетандертная электростанция "Мотор Сич ЭТД -1000" мощностью 1 МВт, вырабатывающая электроэнергию за счет

срабатывания в турбине избыточного давления газа в магистральных газопроводах.

Тем не менее, мы не стоим на месте. Стремясь к укреплению и расширению своих позиций на мировом рынке, к стабильному обеспечению производства устойчивыми заказами, ОАО "Мотор Сич" ведет интенсивную подготовку и освоение производства целого ряда новых авиационных двигателей, в том числе нового поколения, к которым относятся турбовентиляторный двигатель Д-27, разработанный ЗМКБ "Прогресс" для уже прославившегося своими высокими характеристиками широкофюзеляжного транспортного самолета АН-70, а также самолетов АН-180, Бе-42, турбовальный двигатель АИ-450 для вертолетов Ка-226, Ка-228, Ми-2 и др., турбореактивный двухконтурный двигатель АИ-222 для современных учебно-тренировочных и легких боевых самолетов типа ЯК/АЕМ-130, L-159 и др.

Топливная эффективность двигателя Д-27 на 25-30% выше, чем у современных ТРДД, а винтовентилятор обеспечивает двухкратное приращение подъемной силы самолета на взлете-посадке, а также высокую крейсерскую скорость для самолетов такого назначения.

Для пассажирского самолета ТУ-334, проходящего комплекс сертификационных испытаний, по межгосударственной кооперации украинских предприятий ЗМКБ "Прогресс" и российских ФНПЦ ММП "Салют" (Москва) и ОАО "УМПО" (г. Уфа) создан уникальный по своим характеристикам двухконтурный двигатель Д-436Т1, в значительной мере унифицированный с базовым двигателем Д-36, уже имеющим суммарную наработку порядка 5 млн часов на самолетах ЯК-42, АН-72 и АН-74, что гарантирует ему высокую надежность.

Морская модификация этого двигателя Д-436ТП, предназначенная для многоцелевого самолета амфибии Бе-200, проходящего в настоящее время сертифицированные испытания, сохраняет все преимущества базового двигателя, а некоторые отличия связаны лишь с условиями его морского использования (для тушения пожаров и патрулирования территориальных вод). Такой самолет, очевидно, необходим не только РФ, имеющей значительные морские границы, но и многим странам Азиатско-Тихоокеанского региона.

При создании морской модификации этого двигателя использован имеющийся у нас почти 40-летний опыт эксплуатации нашего более раннего "морского двигателя" АИ-20Д Ш и IY серии на самолете амфибии Бе-12, что гарантирует высокую надежность и Д-436ТП.

Значительное место в авиационной продукции нашего предприятия занимают двигатели семейства ТВЗ -117, разработанные конструкторами "Завода им. В.Я.Климова", ныне государственного унитарного

предприятия, для вертолетов среднего класса "Ми" и "Ка". Новейший двигатель ВК-2500 этого семейства, предназначенный для новых модификаций вертолетов Ми-14, Ми-17, Ми-24, Ми-28, Ка-32, Ка-50, Ка-52 и др., имея повышенную мощность на взлетном и чрезвычайном режимах, практически сохранил высокие показатели по ресурсу, надежности и т.п. Начаты заводские испытания другого новейшего турбовинтового двигателя этого разработчика – ВК – 1500.

Среди множества других осваиваемых, модернизируемых и находящихся в производстве авиадвигателей находятся такие, как турбовальный двигатель Д-136 1 серии, который устанавливается на самые большие в мире транспортные вертолеты Ми-26 и Ми-26Т, турбореактивный двухконтурный двигатель Д-18Т серии 3 и Д-18Т РДН (для тяжелых транспортных самолетов АН-124 "Руслан" и АН-225 "Мрия"), вспомогательные газотурбинные двигатели АИ-8, АИ-9, АИ-9В/3Б, предназначенные для запуска маршевых двигателей и др. целей, турбовинтовой двигатель ВК-1500 мощностью 1500 л.с. для самолетов АН-38, АН-3, Бе-32 и его модификации ВК-1500В для вертолетов типа Ка-60 и Ка-62.

Имея многолетний опыт производства двигателей для учебно-тренировочных и учебно-боевых самолетов, ОАО "Мотор Сич" ведет подготовку к серийному производству совместно с ФНПЦ "Салют" турбореактивных двигателей АИ-222-25, разрабатываемых ЗМКБ "Прогресс" для самолета ЯК-130, а в кооперации с ОАО "Казанское моторостроительное объединение" осваивается производство турбореактивного двигателя АИ-22 для 46- местного пассажирского самолета Ту-324.

Кроме маршевых авиационных двигателей, вспомогательных силовых газотурбинных установок, газотурбинных приводов для электростанций и нагнетателей газоперекачивающих агрегатов, электростанций с этими приводами мощностью от 1 до 10 МВт ОАО "Мотор Сич" изготавливает турбохолодильные агрегаты АТХ-50/50, турбокомпрессорные установки (генераторы сжатого воздуха) ТКУ-400 и многие другие виды наукоемкой продукции, изготовление которых требует использования высоких технологий, современного, в том числе уникального, оборудования, для чего оно располагает высококвалифицированными кадрами.

Авиационное двигателестроение на нашем заводе, как и на многих других, в своем развитии прошло два основных этапа - производство поршневых, а затем значительно более сложных - газотурбинных двигателей. И соответственно прогрессу в конструкциях двигателей шел прогресс и в технологиях их изготовления, что требовало значительных изменений и в организации их производства, обеспечении необходимых качеств, прежде всего надежности и ресурса, а также гарантийного обслуживания и ремонта ранее выпущенных двигателей на уровне техни-

ческого сервиса других подобных ведущих фирм мира и других сфер современного бизнеса.

Эти (научно-технологические, производственные, маркетинговые) и т.п. задачи решают специализированные технические службы завода, часто совместно с другими предприятиями, прежде всего РФ.

Однако резкое повышение требований (стандартов) к авиационной технике, значительное усложнение конструкций и соответственно технологий производства ГТД новых поколений не позволяет отдельному предприятию решать огромный комплекс всех возникающих вопросов технического, прежде всего технологического, обеспечения производства, которое включает не только технологическое оборудование, измерительные средства, испытательную технику, а также нормативную документацию и т.п., но и такие проблемы, как создание новых материалов, в том числе композиционных, новых систем двигателей, например, электронных, методов их расчета, испытания, в том числе в системе изделия, сертификации и т.д. и т.п.

В связи с этим решение основных ("штатных"), но и множества узкоспецифичных и трудных технических проблем, а также кооперационных, связанных с поставками смежниками узлов, деталей, материалов, уникальных заготовок и т.д., ОАО производит не только собственными силами, как это было в основном на первом этапе становления авиадвигателестроения, но и в значительной мере с привлечением специализированных производственных, научных, испытательных и других организаций, которые в основном находятся в Российской Федерации. Так, по технологическим проблемам мы сотрудничаем с находящимися в Москве Научно-исследовательским институтом технологии двигателестроения (НИИД), Научно-исследовательским институтом авиационной технологии и организации производства (НИАТ), Всероссийским институтом легких сплавов (ВИЛС), Всероссийским институтом авиационных материалов (ВИАМ), Центральным институтом авиационного моторостроения и др.

Но прежде всего и особо оперативно и эффективно стоящие перед нами технические задачи мы решаем совместно с опытно-конструкторскими бюро, создающими авиационные двигатели для серийного изготовления на нашем заводе – с ЗМКБ "Прогресс", государственным унитарным предприятием "Опытный завод им. В.Я. Климova" (Санкт-Петербург), ОКБ "Союз" (Москва), а также с российскими изготовителями самолетов и вертолетов, на которых устанавливаются наши двигатели.

В России находятся и металлургические комбинаты, изготавливающие для нас заготовки отдельных (крупногабаритных) деталей (Сту-

линский, Верхне-Салдинский и Чебаркульский). Так что украинское авиадвигателестроение неразрывно связано с российским, причем начиная с создания техники и кончая ее эксплуатацией.

В частности, с упомянутыми и другими технологическими институтами, но в основном с НИАТ и НИИД, наш завод проводил совместные НИР и ОКР по таким направлениям, как разработка новых, перспективных, директивных, опытных и др. технологий, создание специализированного оборудования и другого технологического оснащения для обработки сложных деталей из новых труднообрабатываемых материалов, технологичность конструкций новых авиадвигателей; технологии изготовления деталей из композиционных материалов; разработка и внедрение гибких автоматизированных систем механической обработки на станках с ЧПУ; автоматизированное проектирование производства и др. При этом завод использовал основные достижения мирового авиадвигателестроения, обобщенные, усовершенствованные НИАТ и НИИД в следующих направлениях:

- научно-методические основы технологий и организации серийного производства авиационных двигателей;
- новые технологические процессы изготовления, контроля, сборки, испытания авиадвигателей, их деталей и узлов;
- научные нормативы труда, обработки материалов, оснащение производства и т.п.;
- прогрессивные формы организации производства, в частности, принципы его механизации и автоматизации;
- специализированное технологическое оборудование (начиная от разработки типажа и кончая внедрением);
- система автоматизации проектирования технологий (САПР), включая инструмент, автоматизации программирования станков с ЧПУ, автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП);
- переподготовка кадров и др.

Помимо оборудования специализированных заводов технологического оснащения отрасли (Савеловского, Ржевского и Владимирского, изготавливавших станки по проектам отраслевых институтов), запорожский моторостроительный завод использовал в своей работе самые современные достижения мирового станкостроения, особенно в области программного управления, механизации обработки особо сложных поверхностей и их контроля и т.п.

На основе собственных разработок и творческого научно-технического сотрудничества технологической службы завода с упомянутыми и другими разработчиками в процессе серийного производства

новых типов двигателей освоены и внедрены новейшие (в свое время) технологии изготовления с малыми припусками (или вообще без них) таких ответственных деталей, как крупно- и малогабаритные лопасти, сложнопрофильные диски компрессоров и турбин, их длинномерные и тонкостенные валы переменной конфигурации, высокоточные шестерни, сложнораспределительные камеры сгорания, крупногабаритные корпуса особо сложных форм, разнообразные станки с ЧПУ, специализированное оборудование для электрофизической обработки, упрочнения поверхностей новыми методами, прежде всего ультразвуковое, лазерное, плазменное (нанесение покрытий), новые технологии в инструментальном производстве, испытательных цехах, заготовительном производстве, контроле и т.д.

В настоящее время "Мотор Сич" производит капитальный ремонт своих авиадвигателей с восстановлением первоначального ресурса и всех эксплуатационных характеристик. Дорогостоящие детали и узлы надежно восстанавливаются с применением таких современных технологий, как плазменное и газоплазменное напыление, электронно-лучевая сварка, детонационное напыление, наплавка дуговой электросваркой и др. В частности, с целью защиты лопаток турбины от высокотемпературной газовой коррозии на поверхность пера алитированием или алюмосилицированием наносится шликерное или диффузионное покрытие.

При этом "Мотор Сич" на контрактной основе производит изготовление и поставку ремонтных комплектов запасных частей, ремонтно-монтажного инструмента и нестандартного оборудования, ремонтной документации, обучение кадров, авторское, конструкторско-технологическое сопровождение ремонта предприятий заказчиков, занимающихся капитальным ремонтом двигателей, изготовленным нашим заводом.

Среди множества высоких технологий, используемых на "Мотор Сич" [1], такие, как:

- ноль-градусный метод зубошлифования и хонингование зубьев шестерен абразивными шестернями;
- полирование сложных поверхностей деталей электроплазменным методом с использованием в качестве электролита слабых растворов нейтральных солей;
- механизированное полирование поверхностей, скругление кромок в пазах и упрочнение поверхностей межпазовых выступов дисков компрессоров в псевдооживаемом абразиве на установках собственной разработки;
- многоплоскостная динамическая балансировка роторов ГТД;
- усиление крупногабаритных тонкостенных оболочек вентилято-

- ров намоткой угле-стекло - и органопластиков;
- изготовление лопаток статора вентилятора из углепластика;
- штамповка деталей энергией взрыва;
- холодная вытяжка крупногабаритных валов вентилятора и компрессора двигателя Д-36 на раскатном стане;
- изготовление высокоточного режущего инструмента (зуборезных долбяков) из инструментальных сталей и твердых сплавов электроэрозионной обработкой и др.

В ОАО "Мотор Сич" внедрены эффективные системы проектирования (САПР), технологической подготовки производства (АСТПП), управления технологическими процессами и производством (АСУТП и АСУП), что позволяет значительно сокращать сроки освоения новых изделий и затраты на их освоение.

Дальнейшее развитие этого направления привело к внедрению LOM-технологий – систем особо быстрого изготовления прототипов заготовок деталей, в том числе и лопаток, получаемым литьем в оболочковые формы. Эта система применяется у нас для получения опытных образцов первых комплектов (макетов) деталей с 1999 г. По мастер-модели лопатки, полученной на LOM-установке, изготавливают модельную форму. LOM-модель формуют в эпоксидопласт. В одну изложницу с эпоксидопластом ее формуют со стороны спинки и отдельно со стороны корыта пера лопатки. Полученные половины форм обрабатывают по плоскости разреза и получают пуансон и матрицу модельной формы, что позволяет в несколько раз сократить сроки и материальные затраты на сложную и дорогостоящую технологическую подготовку производства новых изделий сложной формы. При этом можно оперативно и с минимальными затратами вносить изменения в опытные конструкции деталей до начала их серийного производства, т.е. до того, как будет изготовлена оснастка из металла для серийного производства этих деталей.

Значительное снижение производства авиадвигателей в последнее время и расширение их номенклатуры требуют решения задач, связанных с организацией гибких производственных систем. При этом особо актуальным становится организация производства на основе CALS-технологий (непрерывная поддержка поставок и жизненного цикла изделий), объединяющих все работы предприятия, начиная с маркетинга, но прежде всего разработку и подготовку производства, АСУП, и кончая послепродажным обслуживанием производимой продукции. Эта работа нашим предприятием проводится совместно с ОАО НИЦ АСК под методическим руководством Aviационного промышленного совета по CALS.

Компьютеризация разработки, серийного производства, эксплуатации, модернизации, ремонта и т.п. производимой нами авиационной про-

дукции в рамках CALS-технологии требует научного решения множества новых технических проблем, начиная с выявления и отработки принципов и методологии создания и управления крупномасштабных производственных систем и обеспечения функционирования единой информационной системы в рамках объединения и кончая внедрением автоматизированных управляющих программ при обработке особо сложных деталей на станках с ЧПУ.

Для этого, в частности, наше предприятие организовало специальную службу – Управление вычислительной техники и связи (УВТИС), которое уже в течение 5 лет занимается их внедрением в технических службах совместно с Управлением главного технолога (УГТ), что потребовало также тесного контакта со многими отечественными и зарубежными фирмами. Так, внедрение системы "тяжелого" класса EUCLID проводилось при участии российского представительства французской фирмы MATRA DATAVISION. А в настоящее время на предприятии внедряется система "тяжелого" класса "UNIGRAPHICS".

Корпоративная информационная сеть на "Мотор Сич" создана еще в 1990 г. Однако в последние годы в области информационных технологий происходит новая техническая революция – создаются принципиально новые системы автоматизированного управления предприятиями, а появление предприятий разного типа форм собственности, прежде всего акционерного производственного общества и государственных конструкторских Бюро, требует создания виртуальных корпораций нового типа и соответствующего автоматизированного управления ими. При этом первоочередным остается вопрос автоматизации процесса технологической подготовки производства. Службой Главного технолога совместно с Управлением вычислительной техники и связи был изучен рынок таких систем и принята за базовую система INTERMECH, включающая модули автоматизации процесса проектирования, технической подготовки производства, а также увязывающая все составляющие модули в систему введения проекта. Сейчас ведется адаптация этой системы и ее внедрение.

Однако для этого сначала необходимо автоматизировать систему организации и управления каждой из основных технических служб предприятий. У нас это мероприятие внедряется в Управлении главного технолога, где поставлена задача хранения, поиска и обработки всей конструкторской и технологической документации, причем не только бумажной, но и электронной, для чего создается комплекс компьютерных программ инженерного документооборота, а в УВТИС создано подразделение электронного архивирования и уже частично внедрены современные электронные сканеры с соответствующим программным обеспечением.

Конечно, важной технической задачей в этом направлении до сих

пор остается создание новых, универсальных, надежных и эффективных систем контроля и управления непосредственно технологическими системами, в частности у нас уже созданы и внедрены системы стендовых испытаний двигателей, автоматизированного управления плавкой и другими технологическими операциями, осуществляемыми на современном оборудовании.

В новых экономических условиях, когда произошло значительное сокращение объемов производства ГТД, а номенклатура изготавливаемых двигателей, наоборот, увеличилась, отсутствие значительных инновационных средств, необходимых на коренную реновацию производства в связи с новой мировой научно-технической революцией в промышленности, резкое увеличение стоимости новейшего технологического оборудования и его комплексов, ненадежность поставщиков отдельных агрегатов, заготовок и т.п., ликвидация и резкое ослабление отраслевых институтов, технологических центров и т.п., предприятие ищет новые решения технологической организации производства, прежде всего повышения его гибкости, оперативности, экономической эффективности.

Обладая уникальной производственной базой с высокими технологиями и международными сертификатами, имея высококвалифицированные кадры и заказы мирового рынка, ОАО "Мотор Сич" участвует в целом ряде совместных проектов по созданию новых изделий. В частности, в соответствии с "Соглашением между Правительством Российской Федерации и правительством Украины о сотрудничестве в области разработки, производства, поставке и эксплуатации авиационной техники" от 20.08.1997г. в настоящее время при организационной поддержке АССАД и научном сопровождении со стороны ЦИАМ мы начали подготовку к проведению работы с ОАО СНТК им. Н.Д. Кузнецова и ЗМКБ "Прогресс" по созданию экспериментального демонстрационного двигателя ТРДД-2005Д в классе тяги 12 тс и семейства двигателей на его основе для перспективных магистральных самолетов гражданской авиации.

Имея богатейший многолетний опыт подобного сотрудничества с другими российскими разработчиками авиадвигателей, мы надеемся на плодотворность и этой новой совместной работы с вашей знаменитой фирмой.

Список литературы

1. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Мозговой В.Ф., Корневский Е.Я. Технология производства авиационных двигателей. – Запорожье: Изд. ОАО "Мотор Сич", 2000. -930 с.