

ЭЛЕМЕНТЫ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ  
авиационного двигателя ПД-14

дальнейшем для установки на газогенератор 100ГГ-01. Камера сгорания с вышеупомянутыми форсунками разжигается более плавно, с меньшими забросами температуры, при меньших расходах топлива, по сравнению с другими вариантами конструктивного исполнения форсунок. Кроме того, с самого момента розжига выбранные форсунки обеспечивают существенно более равномерные поля температуры на выходе из КС, чем форсунки альтернативных, проверившихся на ПКС-100 конструкций.

В результате проведенных испытаний установки ПКС-100 определены наиболее критичные для устойчивого розжига значения условий на входе в камеру сгорания, результатом чего разработаны алгоритмы проведения запуска и выхода на режим малого газа для газогенератора 100ГГ-01.

Испытания по розжигу на ПКС-100, в частности, позволили установить необходимые для розжига и пламепереброса на все форсунки КС расходы топлива и скорости воздуха на входе в камеру. Можно отметить ещё одну из проявившихся при испытаниях ПКС-100 особенностей: после розжига камеры сгорания расход топлива на входе в форсунки может быть уменьшен более чем в три раза, что не приводит к срыву пламени. Этот факт мог стать своего рода резервным мероприятием для борьбы с возможными явлениями помпажа на запуске газогенератора. Однако, поскольку помпажных явлений при запусках 100ГГ-01 не наблюдалось,

### В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ ВЕДЕТСЯ ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ В СОСТАВЕ ПКС-100 НА ВЫСОТНОМ СТЕНДЕ ФГУП «ЦИАМ ИМЕНИ П. И. БАРАНОВА»

применение данной особенности розжига КС в алгоритме запуска газогенератора не потребовалось.

Итогом работ, проведенных на установке ПКС-100 явился выбор для постановки на газогенератор 100ГГ-01(010) оптимальных вариантов завихрителей, форсуночных модулей, а также оптимального распределения воздуха вдоль жаровой трубы. Выбранное конструктивное исполнение камеры сгорания обеспечивает надёжный розжиг КС, работу на режиме малого газа и выше малого газа. На первом этапе испытаний газогенератора топливопитание камеры сгорания было реализовано по схеме, позволяющей существенно упростить алгоритмы розжига КС и выхода на режим малого газа, хотя и являющейся компромиссной в плане обеспечения равномерных полей температуры на входе в турбину 100ГГ-01.

Во время проведения первого этапа испытаний газогенератора камера сгорания продемонстрировала свою работоспособность в широком диапазоне режимов работы, от розжига и малого газа до максимально достигнутого во время испытаний режима. Также во время испытаний подтвердилось, что КС в составе газогене-

ратора имеет на всех режимах достаточные запасы по коэффициенту избытка воздуха над границей бедного срыва.

На втором этапе испытаний газогенератора схема топливопитания камеры сгорания была изменена на более сложную, которая при испытании на установке ПКС продемонстрировала существенно более равномерные поля температуры на выходе из КС. В то же время, изменение схемы топливопитания потребовало отработки запуска газогенератора по специальному алгоритму, который был успешно разработан в процессе стендовых испытаний совместно специалистами отдела камер сгорания, отделения систем автоматического управления и контроля, ведущего отдела гражданских авиадвигателей пермского КБ.

В настоящее время отделом камер сгорания ОАО «Авиадвигатель» совместно с ведущим отделом гражданских авиадвигателей продолжают работы по доводке КС для установки на газогенераторы 100ГГ-01 и 100ГГ-02. Кроме того, ведётся совместная работа ОАО «Авиадвигатель» и ЦИАМ им. П. И. Баранова по подготовке и проведению испытаний камеры сгорания в составе ПКС-100 на высотном стенде. ■

# «ПЕРМСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД» ГОТОВ К ЛЮБЫМ ИСПЫТАНИЯМ

– Алексей Николаевич, охарактеризуйте, пожалуйста, испытательную станцию.

– Автономная загородная станция – это целый комплекс объектов, которые обслуживают около 300 человек. Четыре испытательных стенда, участок сборки и ремонта реверсивных устройств двигателей ПС-90А. Здесь своя котельная, компрессорная станция, топлиохранилище, химическая лаборатория, участок обслуживания технологических, электрических, измерительных систем стенда. Испытательные стенды 1 и 2 законсервированы и готовы к модернизации. На 3-м и 4-м проходят испытания ПС-90А. Стенды построены с применением монолитного литья, с верхним креплением двигателя и рассчитаны на испытания двигателей тягой до 30 тонн.

– Является ли стенд типовым или же он уникален?

– Наш стенд типовой, но имеет уникальную тягоизмерительную систему. Уникальность этой системы – в минимальной погрешности измерений. Кроме того, объем боксов на стенде достаточно велик, что позволяет работать с минимальной аэродинамической погрешностью. В России далеко не все испытательные станции имеют боксы такого размера.

– Какие изменения происходят сегодня на станции?

– На сегодняшний день основная задача, стоящая перед «Пермским моторным заводом» и нашими партнерами, – реконструкция стенда № 1, по окончании которой он станет универсальным и сможет ис-

пользоваться для испытаний как двигателей ПС-90А, так и проектируемого ПД-14. Реконструированный стенд планируется ввести в эксплуатацию в 2012 году. На стенде будет установлено оборудование для опытных испытаний ПД-14 и серийных испытаний ПС-90А



пользоваться для испытаний как двигателей ПС-90А, так и проектируемого ПД-14. Реконструированный стенд планируется ввести в эксплуатацию в 2012 году. На стенде будет установлено оборудование для опытных испытаний ПД-14 и серийных испытаний ПС-90А

на режимах прямой и обратной тяги. Когда мы начнем программу испытаний на первом стенде, у нас появится возможность остановить 3 и 4 стенды для их коренной реконструкции. Здесь мы сможем испытывать двигатели следующего поколения, с тягой до 30 тонн.

## ДОСЬЕ

**Алексей Николаевич  
КАЗАКОВ**  
Заместитель начальника  
испытательной станции  
ОАО «Пермский  
моторный завод»  
по технической части

В 1984 году закончил авиационный техникум имени Аркадия Швецова по специальности «Техник-механик по авиационным двигателям». С 1986 года работает в цехе № 52 (испытательная станция). Работал на Д-30Ф6, параллельно учился в ППИ факультет авиационных двигателей, специальность «инженер по авиационным двигателям» закончил в 1993 г. В течение последних 15 лет занимает должность заместителя начальника по технической части испытательной станции ОАО «Пермский моторный завод». Практически все двигатели семейства ПС-90А, стоящие сегодня на крыле, прошли через его руки.



Пульт управления двигателем ПС-90А.  
Испытательный стенд ОАО «Пермский моторный завод»

– Какие системы затронет модернизация, и какие результаты вы рассчитываете получить?

– Коренным отличием модернизированного стенда будет верхнее расположение станка для крепления двигателя, имитирующее его положение на крыле, в мотогондоле. На данный момент станок находится на полу, на бетонном фундаменте. Особого внимания требует модернизация измерительной техники: измерительные системы индивидуальны для каждого стенда. Сейчас мы работаем с программой «Каскад-52» и «Каскад РХ1», которые разработало для нас ОАО «Протон-ПМ». Договор на модернизацию заключен с НПП «Мера» — оборудование этого производителя успешно эксплуатируется на стендах КБ «Авиадвигатель» последние 10 лет. Алгоритм обработки сигналов, точность измерения параметров, надежность оборудования и соответствие цены и качества продукции МПП «Мера» нас полностью устраивают. Новое оборудование повысит точность и объективность данных, полученных в результате испытаний. До настоящего времени часть данных в протоколы записывались работниками стенда вручную, что делало ве-

роятным появление ошибок, неточностей. Теперь же мы переходим на использование автоматизированной системы, при помощи которой объективно отражается измеряемый параметр, транслируется на экран и записывается в память компьютера. Таким образом, обеспечивается четкая фиксация данных. Немаловажно, что за счет автоматизации можно сократить время прохождения этапов испытаний, т.е. выполнять испытания в том же объеме, но с меньшими временными и ресурсными затратами. Модернизация оборудования повлечет за собой уменьшение количества обслуживающего



В химической лаборатории испытательного стенда

персонала. Это, с одной стороны, сокращение рабочих мест, а с другой — даст возможность перевести людей с вредного производства и задействовать освободившихся работников в дальнейшей модернизации, реконструкции стендов и т.д.

– Коснутся ли изменения подготовительных работ, на которые наверняка тратится много времени?

– В процессе модернизации будет реализована концепция быстрого монтажа. Сегодня монтаж двигателя на стенде производится за 8-9 часов. Он извлекается из контейнера, перевозится на стенд, затем устанавливается переходная монтажная рама, и двигатель подвешивается на силоизмерительную систему. После этого подсоединяются стендовые технологические системы и системы измерения параметров. Затем производятся необходимые тарировки, заправка маслом, стравливание воздушных пробок из агрегатов, т.е. подготовка двигателя к запуску. В процессе реконструкции мы установим быстроразъемные соединения в топливной, гидравлической, масляной системах. Наша цель — свести процедуру монтажа до двух операций: ввоза и подключения двигателя, сократив временные затраты до одного часа.



Испытания очередного двигателя семейства ПС-90А идут полным ходом

Для подготовки двигателя к монтажу будут организованы рабочие места за пределами бокса. Там будет производится препарирование двигателя, обвязка, крепление датчиков. Таким образом, останется только закатить двигатель на стенд вместе с адаптером, повесить на силоизмерительную систему, заправить маслом и подсоединить штепсельные разъемы и быстроразъемные гидравлические и пневматические соединения. Далее, после необходимых тарировок, двигатель будет запущен. Подобная организация работы может позволить проводить испытания большого количества двигателей за короткий срок.

– Сколько времени в среднем двигатель сейчас стоит на испытаниях? И насколько со-

кратится это время на модернизированном стенде?

– Двигатель проводит на испытаниях около 4 суток. Срок пребывания на стенде зависит не от степени модернизации стенда, а от программы испытаний. При отсутствии дефектов двигателя на автоматизированном стенде испытания ПС-90А могут сократиться по времени не менее, чем на 30 % за счет сокращения времени обработки параметров. На сегодняшний день у нас есть уже договоренность с «Авиадвигателем» о поставке программного обеспечения «Парус» для ПС-90А и ПД-14.

– Что обычно входит в программу испытаний?

– Испытания двигателя включают в себя измерения параметров, обработку и выдачу

резюме о соответствии параметров техническим условиям. В рамках серийных испытаний мы проводим предъявительские и приемосдаточные испытания. Предъявительским испытаниям подвергается каждый вновь собранный двигатель, кроме изделий одноразовой сборки. Приемосдаточным испытаниям подвергается каждый двигатель, успешно прошедший предъявительские испытания и переборку с учетом мероприятий по устранению выявленных дефектов, а также двигатели одноразовой сборки.

После испытаний выписывается соответствующий формуляр на двигатель, он упаковывается и отгружается эксплуатантам. Один из двадцати двигателей проходит испытания на температурное поле и на газодинамическую устойчивость КВД и КНД. Проводя измерения температурного поля, мы смотрим, насколько равномерно оно распределяется за турбиной низкого давления. При проверке на газодинамическую устойчивость такой двигатель устанавливается на стенд, направляющий аппарат доводится до критических углов. При определенной частоте вращения ротора выявляется неустойчивая работа — помпаж двигателя. Мы это фиксируем и отдаем данные на серийный завод и разработчику для анализа, насколько стабилен данный параметр. В целом, испытания предназначены для отладки двигателя. Когда он собирается из десятков тысяч деталей, его нужно отрегулировать, настроить на стабильную работу. Есть дефекты, которые проявляются только при испытаниях, к примеру, негерметичность соединений трубопроводов. Такие дефекты мы устраняем на месте.

Отладив двигатель и отправив его заказчику, мы надеемся на его долгую, бесперебойную работу. Ведь каждый ПС-90А сегодня должен летать между ремонтами не менее 6,5 тысяч часов. ■

Беседовали Ольга ОСИПОВА и Светлана ШЕМЕТЮК