

Конкурсная работа

Проектирование мотогондолы маршевой силовой установки с ПД-14 для МС-21

(За успехи в создании систем и агрегатов авиационной техники)

А.Ф. Чевагин¹, А.В. Лысенков¹, В.О. Акинфиев¹,

Д.Б. Бекурин², Е.В. Архангельский²

¹ ФАУ «ЦАГИ»

² АО «ОДК-Авиадвигатель»

Одной из актуальных задач авиационной промышленности России на данный момент является импортозамещение систем и агрегатов гражданских самолетов отечественной разработки. Двигатель ПД-14, разработанный АО «ОДК-Авиадвигатель» в кооперации с другими предприятиями авиационной отрасли, предназначен для замены двигателя иностранного производителя на самолете МС-21. Важнейшим элементом маршевой силовой установки (МСУ) для обеспечения эффективности и безопасности полета является мотогондола. Для разработки аэродинамического проекта мотогондолы МСУ ПД-14 была создана специальная рабочая группа, включающая специалистов ФАУ «ЦАГИ», АО «ОДК-Авиадвигатель» и других предприятий авиационной отрасли.

ФАУ «ЦАГИ» совместно с АО «ОДК-Авиадвигатель» выполнил обширный комплекс расчетно-экспериментальных работ по выбору аэродинамического облика мотогондолы МСУ ПД-14. Аэродинамический проект мотогондолы разработан, исходя из современных требований обеспечения максимальной эффективной тяги двигателя, его газодинамической устойчивости и минимизации внешнего аэродинамического сопротивления. Это сопротивление, как правило, составляет до 8-10% внутренней тяги двигателя на крейсерских режимах полета самолета и увеличивает расход топлива двигателя. Для снижения этих потерь тяги использованы не только наработанный отечественный и зарубежный опыт разработки современных турбореактивных двухконтурных двигателей (ТРДД), отвечающих перспективным требованиям по безопасности полетов и аэродинамическому совершенству газотурбинных двигателей, но и новейшие наработки ЦАГИ и АО «ОДК-Авиадвигатель» по методам моделирования

аэродинамики и оптимизации внешних обводов двигателя, в том числе в составе самолета. В рамках работы решены три экспериментальные задачи: разработка и испытания в аэродинамических трубах ЦАГИ изолированных воздухозаборника (рис.1), мотогондолы (рис.2) и реактивного сопла ПД-14 (рис.3). Следующие две важнейшие задачи были выполнены совместно ЦАГИ и АО «ОДК-Авиадвигатель» при поддержке ПАО «Корпорация «Иркут». Первая – это оценка характеристик самолета МС-21 с МСУ ПД-14. В результате численного моделирования (рис.4) и испытаний в трубе Т-128 ЦАГИ определено, что на крейсерском режиме аэродинамические характеристики компоновки с установленными отечественными ПД-14 практически не отличаются от компоновки с базовыми импортными двигателями, а внутренние характеристики воздухозаборника ПД-14 полностью удовлетворяют принятым нормативным требованиям по аэродинамической эффективности и газодинамической устойчивости. Успешно проведены испытания воздухозаборника в составе планера в АДТ Т-104, цель которых – определение характеристик, относящихся к безопасности полетов и устойчивости двигателя на взлетно-посадочных режимах при больших углах атаки, а также при сильном боковом ветре. Вторая, не менее важная задача – это отработка и оценка характеристик реверсного устройства (РУ) ПД-14 в составе самолета (рис.5). ЦАГИ применил собственную новейшую технологию моделирования процессов, которые происходят с самолетом при пробеге на взлетно-посадочной полосе с включенным реверсом тяги двигателей. Эта технология совместного численного моделирования и стендовых испытаний в натурной трубе Т-104 не имеет аналогов за рубежом.

Работы с «ОДК-Авиадвигатель» дали мощный толчок для развития расчетных и экспериментальных методов исследований в ЦАГИ. Впервые в отечественной практике в ЦАГИ создан современный метод компьютерного моделирования и многодисциплинарной оптимизации входных устройств, мотогондол и сопел ТРДД. Активное применение численных методов расчета совместно с трубным экспериментом позволило значительно увеличить продуктивность, информативность и точность исследований. Эти методы успешно применены при проектировании мотогондолы МСУ

ПД-14 в составе самолета МС-21. В настоящее время эта методология стала основой для исследований перспективного ТРДД ПД-35 и широкофюзеляжного дальнемагистрального самолета.

В ЦАГИ разработаны новые имитаторы двигателей, расширяющие возможности трубного эксперимента. На рис.1 показана установка, на которой возможны испытания в натурной трубе Т-104 крупномасштабных моделей входных устройств и мотогондол ТРДД с большой степенью двухконтурности с моделированием взаимодействия воздухозаборника и вентилятора ТРДД. Введена в эксплуатацию новая установка в АДТ Т-104 для моделирования воздействия реактивных струй двигателей на органы управления самолета на режиме пробег по ВПП (рис.6). Стенд впервые применен для испытаний крупномасштабной модели МС-21 с имитаторами двигателей.

Новые цифровые модели и методы математического моделирования позволяют дополнить экспериментальные данные и уменьшить риски возникновения проблем на этапе сертификации двигателя. В обеспечение разработки методики определения тяговых характеристик двигателя ПД-14 при $M > 0$ в ФАУ «ЦАГИ» и АО «ОДК-Авиадвигатель» проведено численное моделирование двигателя ПД-14 (рис. 7) на стенде с учетом вращения вентилятора на крейсерском ($M=0.8$; $H=11$ км) и взлетном ($M=0$; $H=0$) режимах. Сопоставление полученных экспериментальных тяговых характеристик с результатами расчетов изолированной двигательной установки на соответствующих режимах позволило сделать вывод о необходимости учета особенностей проводимого эксперимента в стендовых условиях при определении тяговых характеристик рассматриваемого ТРДД с внешним обтеканием.

Используемые при проектировании численные методы прошли всестороннюю верификацию и валидацию на основе модельных и натуральных экспериментов. Сравнение расчетных и экспериментальных данных показало, что предсказанные при математическом моделировании результаты с большой точностью соответствуют характеристикам реальных изделий, а методы численного моделирования позволяют дополнить физический эксперимент.



Рис.1 – Испытания воздухозаборника ПД-14 в АДТ Т-104 ЦАГИ

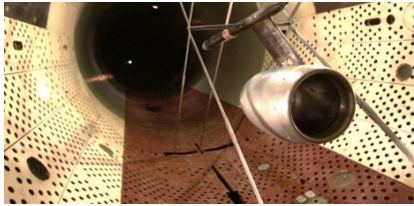


Рис.2 – Испытания мотогондолы ПД-14 в АДТ Т-106 ЦАГИ



Рис.3 – Испытания реактивного сопла ТРДД в АДТ Т-58 ЦАГИ

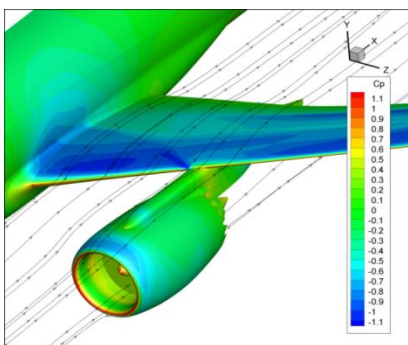


Рис.4 – Численное моделирование ПД-14 в составе МС-21

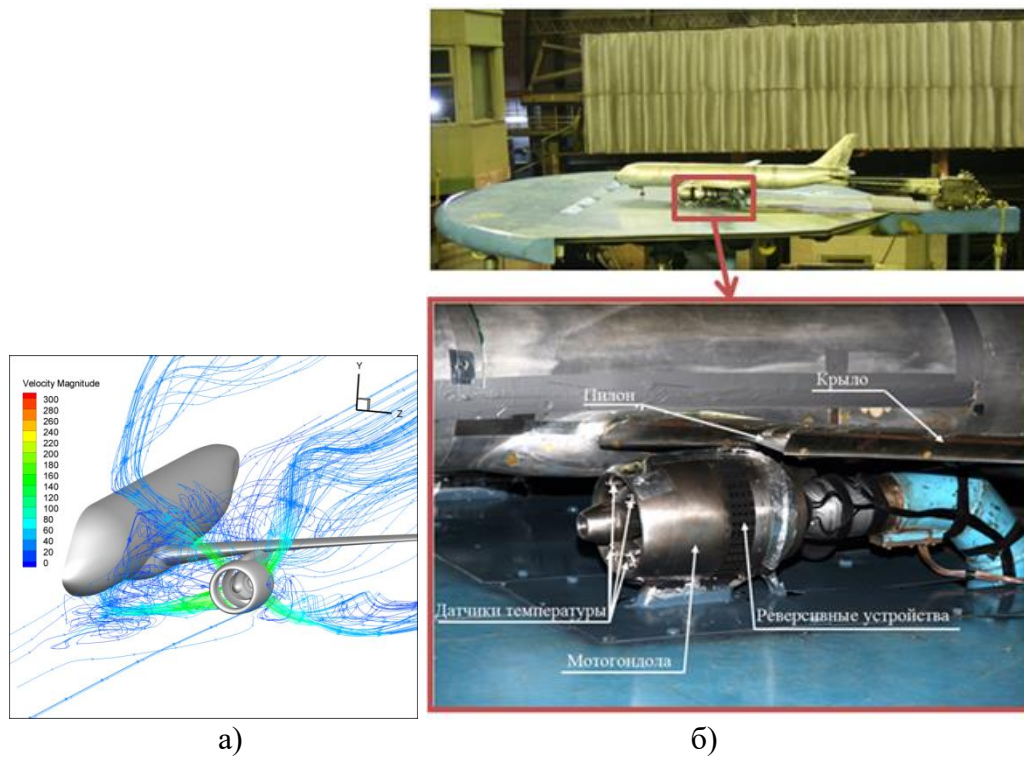


Рис.5 – Численное моделирование реверса тяги ПД-14 в составе МС-21 (а) и испытания модели самолета МС-21 с имитаторами РУ ПД-14 в Т-104 (б)



Рис.6 – Стенд для испытаний самолетов с моделированием реактивных струй ТРДД

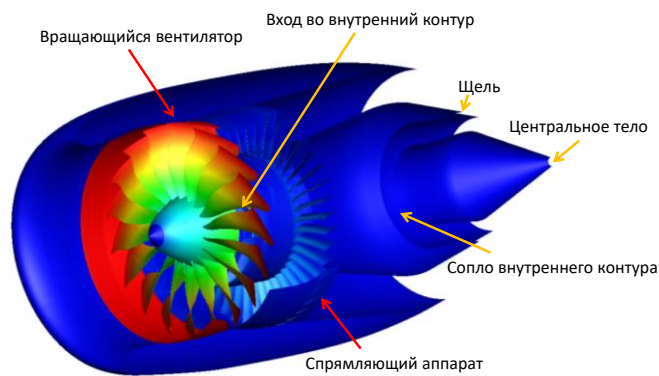


Рис.7 – Численное моделирование двигателя ПД-14 на стенде с учетом вращения вентилятора