

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРСУНКИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИИ ДОЖДЯ ПРИ СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЯХ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

© 2018 А.И. Гурьянов, К.Л. Калинина

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева

INVESTIGATION OF THE NOZZLE FOR THE IMITATION OF RAIN AT THE CERTIFICATION TESTS OF AVIATION ENGINES

Guryanov A.I., Kalinina K.L. (Soloviev Rybinsk State Aviation Technical University, Rybinsk, Russian Federation)

The purpose of the study is to create a nozzle for testing aircraft engines to hit the rain, as well as to test the sample for compliance with the standard requirements for test facilities adopted for the certification of aircraft engines. In the research work, an overview of the problems and methods of liquid spraying was made, which became the basis for further choice of the liquid spraying scheme. The technique of carrying out pilot studies of the nozzle with the definition of such parameters as: coefficient of flow; Coefficient of uneven distribution of water; The root angle of the drip stream and the distribution of droplets along the diameters with the calculation of the mean median diameter. Also presented is a plant diagram for a comprehensive study of the characteristics of a drip water flow. According to the technique, pilot studies of pilot nozzles have been carried out to increase the integral efficiency parameters, as well as to verify compliance with the requirements for the range of droplet diameters from $0.5 \cdot 10^{-3}$ to $7 \cdot 10^{-3}$ m and the mean median diameter $2.66 \cdot 10^{-3}$ m. The tests made it possible to identify the relationship between the geometric characteristics of the injectors and the resulting droplet streams. The completion of the most suitable prototype nozzle allowed obtaining drops of the certification range with an average median diameter of $2,656 \cdot 10^{-3}$ m. The results of the work - analyzed the problems of simulating the rain, a method for testing injectors was developed, the nozzle design was proposed and justified. Experimental studies of its parameters were performed and compliance with certification requirements was confirmed.

Одной из основных частей комплексной доводки авиационного двигателя является его испытание в условиях полёта, которое включает имитацию процессов обледенения, проверку на попадание птиц во входной направляющий аппарат, моделирование града и дождя. По причине значительной нестационарности явления, имитация дождя требует обеспечения ряда модельных показателей, принятых при сертификации.

Выполнение комплекса требований, установленных в соответствующих нормативных документах [1-3], позволяет использовать системы, имитирующие воздействие дождя на рабочий процесс двигателя. К таким требованиям относят концентрацию воды в воздухе, спектр распределения капель по размерам, значение медианного диаметра капель. К тому же необходимо обеспечить такие параметры системы, которые будут соответствовать расходным характеристикам форсунок и условиям динамического взаимодействия потока капель с воздушным течением в воздухозаборник.

Целью работы является расчёт характеристик потока жидкости, подаваемого ус-

тановкой для имитации дождя, и определение оптимальных режимов работы установки.

Решение поставленной задачи заключено в создании установки, подающей водяные струи в виде осесимметричных волнообразных жгутов или тонкой пелены из форсунок в поток воздуха на входе в двигатель [4,5].

Требования к системам имитации дождя устанавливают значение медианного диаметра капель 2,66 мм [1] и диапазон распределения капель по размерам от 0,5 мм до 7,0 мм [1,2]. Эти требования обусловлены процессами коагуляции и распада, которые имеют место при движении капель в воздушном потоке. Расчёт необходимо проводить при условии изменения концентрации воды от 50 г/м^3 на режиме «малый газ» до 20 г/м^3 на режиме «взлёт» [4].

Выполненные расчёты [6] показали, что капля с диаметром 2,66 мм формируется за время $\tau = 0,0057 \text{ с}$. Поскольку в спектре присутствуют разнообразные размеры капель, время, необходимое для формирования

капель всех размеров в спектре должно составлять $\tau = 0,0243$ с, что достижимо при расстоянии от среза сопла до воздухозаборника двигателя 3 м и более.

Дробление капель происходит при значениях числа Вебера $We \geq 10$. Возможные для имитации дождя значения We находятся ниже 10. Расстояние, пролетев которое капля не разрушится, составляет 5 м. На режиме «малый газ» этому расстоянию соответствует перепад давления на форсунке $\Delta p = 0,32$ МПа, для режима работы «взлёт» $\Delta p = 1,025$ МПа. Параметры режимов работы приняты для двигателя ПД-14. Требуемое количество форсунок для режима «малый газ» при выбранном значении перепада давления составило 45, для режима «взлёт» – 30. Расход воды, забрасываемой в двигатель на промежуточных режимах работы, обеспечивается регулировкой работы двух независимых по давлению коллекторов, содержащих 30 и 15 форсунок.

На стационарном режиме «малый газ» имитация дождя выполняется двумя коллекторами, работающими при перепаде давления $\Delta p = 0,32$ МПа. На переходном режиме, где концентрация воды в атмосфере изменяется от 50 до 20 г/м³, подача из одного коллектора плавно прекращается, пока на другом коллекторе она соответственно растёт. На режиме «взлёт» заброс воды обеспечивается одним коллектором при перепаде давления $\Delta p = 1,025$ МПа.

Выполнены экспериментальные исследования форсунок с разными геометрическими характеристиками. Среди них выбран и доработан наиболее точно имитирующий дождевые капли образец. Определены оптимальные режимы работы форсунок для поддержания значений концентрации в пределах от 20 г/м³ до 50 г/м³ на базовых режимах работы двигателя.

Библиографический список

1. Авиационные правила АП-33. Нормы лётной годности двигателей воздушных судов [Текст]. – «АВАИЗДАТ», 2012. – 78 с.
2. Дос 10047. Руководство по организации контроля за обеспечением авиационной безопасности. Создание государственной системы контроля за обеспечением авиационной безопасности и управление этой системой. Изд 1-е [Текст] / Межд. орг. гражданской авиации. – 2015. – с. 72.
3. Airworthiness Directive No.: 2017-0144. ATA 30 – Ice and Rain Protection – Horizontal Stabilizer De-Icing Boots – Inspection / Replacement Aircraft Flight Manual – Amendment. - Effective Date. 2017-09-23. – 4 с.
4. Гурьянов, А. И. Исследования форсунки для имитации дождя при сертификации авиационных двигателей [Текст] / А. И. Гурьянов, К. Л. Калинина // Вестник Московского авиационного института. – М.: Изд-во МАИ. – 2018. – № 1. – Т. 25. – С. 18-27.
5. Калинина, К. Л. Разработка методики расчёта интегральных параметров форсунки для обеспечения условий имитации дождя на этапе сертификационных испытаний авиационного двигателя [Текст] / К. Л. Калинина // Гагаринские чтения – 2018: XLIV Международная молодёжная научная конференция: Сборник тезисов докладов. – М.: МАИ. – 2018. – С. 104-105.
6. Гурьянов, А. И. Анализ процесса имитации атмосферного дождя для сертификации авиационного двигателя [Текст] / А. И. Гурьянов, К. Л. Калинина, М. М. Гурьянова // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции «Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития. – 2017. – №4. – С. 35-38