

## ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОБРАЗОВАНИЮ ЛЬДА НА КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ВЕНТИЛЯТОРА

Бикбова А.В.<sup>1</sup>, Тисарев А.Ю.<sup>1</sup>, Виноградов А.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ПАО «ОДК-Кузнецов», г. Самара, n.gaschurckina@gmail.com

<sup>2</sup>Самарский университет, г. Самара

*Ключевые слова:* компрессор, обледенение, численная модель, вентилятор, масса льда.

Авиационные газотурбинные двигатели эксплуатируются в широком диапазоне погодных условий, включая туман и повышенную облачность. При полетах в условиях повышенного содержания капель воды в окружающей среде существует опасность обледенения элементов двигателя [1]. Такими элементами являются конструктивные поверхности компрессора низкого давления. Процесс обледенения имеет множество негативных последствий, таких как ухудшение параметров двигателя по мере работы на установившемся режиме, потеря газодинамической устойчивости, превышение допустимого уровня температуры газа перед турбиной, превышение допустимого уровня вибраций двигателя, механическое повреждение деталей двигателя и т.д. Поэтому существует необходимость борьбы с нарастанием льда. На данный момент в борьбе с образованием льда применяются различные схемы противообледенительных систем (ПОС). Для выбора наиболее эффективной ПОС необходимо уже на этапе численного моделирования иметь информацию о местоположении и количестве нарастающего льда на конструктивных элементах компрессора низкого давления. В данной работе выполнен расчет численной модели с учетом обледенения, проведен анализ результатов расчета нарастания льда и сформированы рекомендации к организации ПОС компрессора низкого давления.

В данной работе выполнен расчет численной модели обледенения компрессора. С целью определения участков нарастания ледяной корки и ее толщины были проведены расчеты элементов КНД в трехмерной постановке с использованием программ расчета газовой динамики и процесса обледенения. Данная численная модель представляет собой модульную структуру, в которой расчет коэффициента улавливания капель поверхности и обледенения выполняется на основе поля скоростей из модуля газодинамического расчета. Исследование выполнено на самом опасном режиме работы с точки зрения обледенения двигателя. При данном режиме наблюдается наименьшие полная температура, давление и влажность окружающего воздуха. Расчет обледенения выполнен с учетом испарения (учет наличие паров воды в воздухе), реинжекции (учет отскока частиц капель воды и кристаллов от поверхностей и дальнейшее их попадание в проточную часть) и отрыва льда.

В результате расчетов получены такие данные как масса и толщина образовавшегося льда на поверхностях компрессора низкого давления. Выявлены участки элементов компрессора низкого давления, которые наиболее подвержены обледенению:

- Часть корпуса над рабочей лопаткой вентилятора;
- Входная кромка и корытце рабочей лопатки вентилятора;
- Входная кромка направляющего аппарата;
- Разделитель потоков;
- Входная кромка и корытце спрямляющего аппарата второго контура;
- Верхняя часть входной кромки и область периферии стойки опоры.

В целях обеспечения работоспособности изделия при эксплуатации в условиях вероятного обледенения сформированы следующие предложения:

- Организация воздушной или электрической противообледенительной системы разделителя потоков;
- Кратковременное увеличение режима работы двигателя;
- Необходимо оценить влияние нарастания льда на газодинамические характеристики вентилятора;
- При невозможности реализации вышеперечисленных пунктов оценить влияние отрыва льда на прочностные параметры деталей компрессора.

### **Список литературы**

1. Антонов А.Н. и др. Основы расчёта, конструирования и испытаний противообледенительных систем авиационных газотурбинных двигателей // М: ЦИАМ им. П.И. Баранова. – 2001

### **NUMERICAL SIMULATION OF ICING ON THE EXAMPLE OF AN AERODYNAMIC PROFILE**

Bikbova A.V.<sup>1</sup>, Tisarev A.Y.<sup>1</sup>, Vinogradov A.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>JSC Kuznetsov, Samara, Russia, n.raschupckina@gmail.com

<sup>2</sup>Samara National Research University, Samara, Russia

*Keywords: compressor, icing, numerical model, fan, mass of ice.*

Aircraft gas turbine engines operate in a wide range of weather conditions, including fog and overcast. When flying in conditions of high content of water droplets in the environment, there is a danger of icing of engine elements [1]. Such elements are the structural of the low pressure compressor. The icing process has many negative consequences, such as deterioration of engine parameters as it operated in steady state, loss of gas-dynamic stability, exceeding the permissible level of engine vibrations, mechanical damage to engine parts, etc. Therefore, there is a need to combat the growth of ice.