

## МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ РАБОЧИХ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ТРДД ТИПА РД-33 НА КАЧЕСТВО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОВРЕЖДЕННОГО КОМПРЕССОРА И НАДЕЖНОСТЬ ДВИГАТЕЛЯ

Сиротин Н.Н.<sup>1</sup>, Нгуен Тхань Шон<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НИЦ (г. Люберцы) ЦНИИ ВВС Минобороны РФ, asirotin2@yandex.ru.

<sup>2</sup>Московский Авиационный институт (национальный исследовательский университет), sonapirantmai@yandex.ru

*Ключевые слова:* компрессор, степень повышения давления, коэффициент полезного действия (КПД), частота вращения, расход воздуха, запас устойчивости, забоина.

В процессе эксплуатации авиационных ГТД, в результате взаимодействия элементов конструкции двигателя с посторонними предметами (ПП) с взлетно-посадочной полосы (ВПП) и птицами, находящимися в воздушном пространстве на траектории полета воздушного судна (ВС), происходит повреждение рабочих лопаток компрессора. Это обстоятельство приводит к изменению характера обтекания рабочих лопаток и лопаток направляющего аппарата (НА) и уменьшению запаса газодинамической устойчивости двигателя. С целью исследования влияния различных видов эксплуатационных повреждений компрессора на качество функционирования двигателя разработана методика численного моделирования эксплуатационных повреждений КНД ТРДД, с использованием программного продукта NUMECA Fine/Turbo. Методика позволяет уточнять влияние повреждений КНД на характеристики поврежденного компрессора как лопаточной машины, надежность ТРДД, а также оценить степень снижения запаса газодинамической устойчивости поврежденного КНД при его работе в системе двигателя.

Изменения характера обтекания профиля поврежденной рабочей лопатки приводит к росту гидравлических потерь и снижению эффективности процессов сжатия (рис. 1).

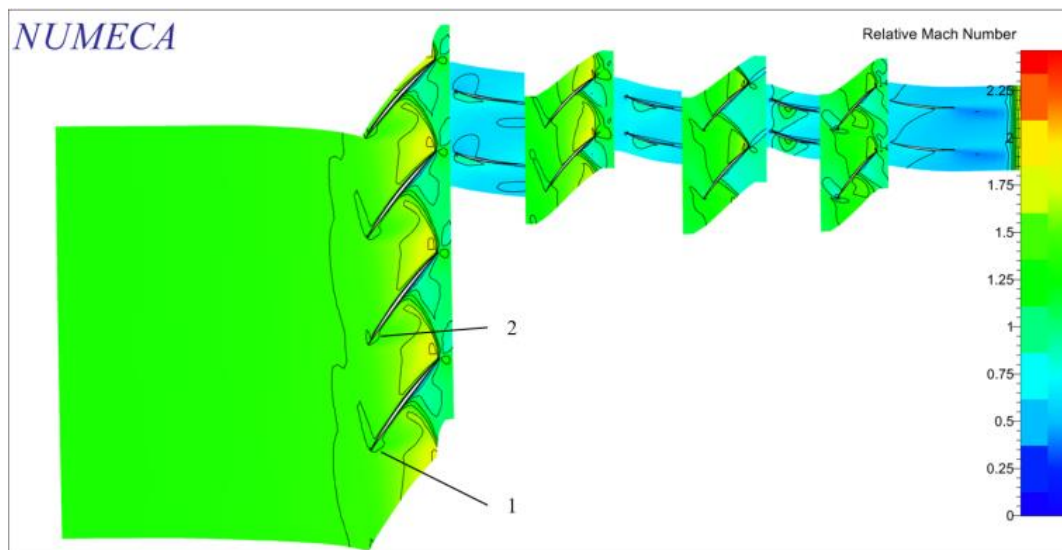


Рис. 1 – Характер обтекания поврежденных рабочих лопаток КНД ТРДДФ типа РД-33:  
1 – лопатка с повреждениями в виде забоины; 2 – неповрежденная лопатка

В случае повреждения входной кромки рабочей лопатки компрессора в виде забоины происходит изменение площади проходных сечений. В каналах, примыкающих к каналам с поврежденными лопатками, расход воздуха увеличивается, если углы атаки возрастают. Если углы атаки уменьшаются, то расход воздуха уменьшается. Возникает вращающийся срыв, который приводит к снижению газодинамической устойчивости всего лопаточного венца. В

результате повреждения рабочей лопатки компрессора в виде забоины возникает неравномерность полей скоростей и давлений за рабочим колесом и за направляющим аппаратом, в радиальном и окружном направлениях.

Нарушение характера обтекания поврежденных лопаток КНД в виде забоин на входной кромке приводит к уменьшению хорды на величину  $\Delta b$ , к изменению расхода воздуха в межлопаточных каналах и к значительному ухудшению характеристик КНД на определенных режимах. Из-за изменения угла атаки и высоты межлопаточного канала с увеличением уровня повреждения возрастает интенсивность турбулизации пограничного слоя, что приводит к уменьшению запаса газодинамической устойчивости на всех режимах работы КНД [3].

Доказано, что только значительные эксплуатационные повреждения определенного вида лопаток КНД ТРДД типа РД-33 оказывают влияние на характеристики поврежденного КНД и качество работы двигателя. Влияние регистрируется только в определенном диапазоне частот вращения ротора компрессора. Для ТРДД типа РД-33 – на режимах  $n_{пр}=80\%$ , и  $n_{пр}=85\%$  (рис. 2).

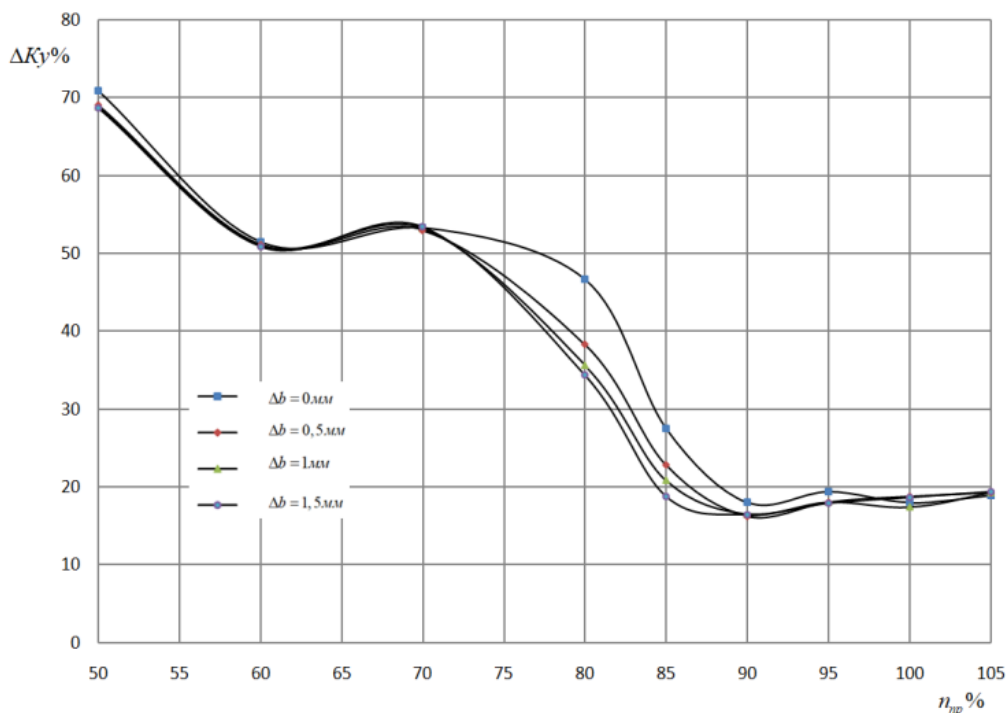


Рис. 2 – Характер влияния уровня поврежденных лопаток рабочего колеса первой ступени КНД ТРДДФ типа РД-33 на запас газодинамической устойчивости  $\Delta K_y$ :  $\Delta b$  – уровень повреждения рабочей лопатки

### Список литературы

1. Сиротин Н.Н., Марчуков Е.Ю., Новиков А.С. Повреждаемость и работоспособность авиационных ГТД. Справочник. М.: Наука. 2015 г. 551 с. ISBN 978-5-02-039160.
2. Августининович В.Г. Численное моделирование нестационарных явлений в газотурбинных двигателях / В.Г. Августининович, Ю.Н. Шмотин, А.М. Сипатов, Д.Б. Румянцев [и др.]. М.: Машиностроение, 2005. 535 с.
3. Сиротин Н.Н., Нгуен Тхань Шон. Влияние эксплуатационных повреждений авиационного компрессора на качество его функционирования // Сборник трудов 8-й Всероссийской научной конференции с международным участием им. И.Ф. Образцова и Ю.Г. Яновского «Механика композиционных материалов и конструкций, сложных и гетерогенных сред». 18-19 декабря 2018 г. С. 96-100.

Сведения об авторах

Сиротин Николай Николаевич, Заслуженный деятель науки РФ, лауреат премии им. проф. Н.Е. Жуковского, д-р техн. наук, профессор, профессор МАИ (Московского авиационного института (национальный исследовательский университет)), область научных интересов – повреждаемость элементов конструкции ВРД.

Нгуен Тхань Шон, аспирант Московского авиационного института (национальный исследовательский университет), область научных интересов – повреждаемость элементов конструкции ВРД.

**METHOD OF MODELING THE IMPACT OF OPERATIONAL DAMAGES  
OF THE LOW PRESSURE COMPRESSOR WORK BLADES OF THE TURBOJET  
ENGINE TYPE RD-33 ON THE FUNCTIONING QUALITY OF THE DAMAGED  
COMPRESSOR AND THE ENGINE RELIABILITY**

Sirotin N.N<sup>1</sup>, Nguyen Thanh Son<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Center (Lyubertsy) Central Research Institute of the Air Force of the Ministry of Defense of the Russian Federation, asirotin2@yandex.ru

<sup>2</sup>Moscow Aviation Institute (National Research University), Russia, sonapirantmai@yandex.ru

*Keywords: compressor, degree of pressure increase, efficiency, rotation frequency, mass flow, margin of gas-dynamic stability, dint.*

In order to study the impact of various types of compressor operational damage on the quality of engine operation, a method for numerical modeling of operational damage to the low pressure compressor of a turbofan engine was developed using the NUMECA Fine Turbo software product. The method makes it possible to clarify the impact of damaged low pressure compressor on the characteristics of a damaged compressor as a blade machine.