

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЗЕМНОГО ВИХРЯ НА УСЛОВИЯ ПОПАДАНИЯ ПОСТОРОННЕГО ПРЕДМЕТА В ВОЗДУХОЗАБОРНИК

Нескоромный Е.В., Бороздин С.А.

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», neskor80@yandex.ru,
borozdin4@yandex.ru

Ключевые слова: силовая установка, приземный вихрь, посторонний предмет.

Одним из этапов эксплуатации летательного аппарата (ЛА) является его движение по поверхности аэродрома во время руления, разбега при взлете и пробега на посадке. При передвижении самолета по местам стоянки, рулежным, магистральным дорожкам и взлетно-посадочной полосе возникает опасность попадания на вход в силовую установку (СУ) посторонних предметов (ПП), находящихся на поверхности аэродрома, и повреждения ими элементов СУ.

Можно выделить следующие способы попадания ПП на вход в СУ:

- вылет ПП из-под колес шасси при рулении, взлете и посадке;
- заброс ПП приземным вихрем, образующимся при работе СУ под входными устройствами;
- заброс ПП реактивной струей от ведущего ЛА при взлете парой или при маневрировании на местах стоянки;
- заброс ПП при использовании реверса на пробеге, а также другие причины.

Таким образом, исключение попадания ПП на вход в СУ является комплексной задачей, одной из составляющих которой является предотвращение заброса ПП приземным вихрем, образующимся при работе СУ у поверхности аэродрома. Для исключения образования вихря или снижения его интенсивности необходимо определить степень влияния внешних условий на особенности его формирования и структуру. Образование системы вихрей для изолированного дозвукового воздухозаборника, а также степень влияния различных факторов на параметры вихря, были рассмотрены ранее в работах [1, 2]. В частности, выявлены зависимости изменения параметров системы вихрей при различной относительной скорости U^* , представляющей отношение средней скорости во входном сечении воздухозаборника U_i к скорости набегающего потока (ветра) U_∞ , от направления ψ набегающего потока [1]. В работе [2] предложены условия попадания ПП в СУ, как зависимость от Γ от плотности и размеров ПП.

Однако, современные ЛА, особенно военного назначения, как правило, являются двухдвигательными, с близкорасположенными воздухозаборниками. В настоящее время явление образования системы вихрей между близкорасположенными воздухозаборниками многодвигательной СУ является малоизученным. Выявление особенностей вихреобразования на входе в многодвигательную СУ возможно с применением численного моделирования в программном комплексе *Ansys CFX*. Но для получения достоверных результатов на первом этапе необходимо провести верификацию и калибровку численной модели. Для этого в качестве исходных данных были использованы результаты экспериментальных исследований, представленные в работе *John Murphy*[1].

Таким образом, задача заключается в верификации зависимостей циркуляции Γ вихрей, образующихся на входе в СУ от скорости U_∞ , направления ψ набегающего потока и U_i . Моделирование выполнено в программном комплексе *Ansys CFX* с соответствующими настройками.

Исследован максимальный режим работы двигателя с целью обеспечения аэродинамического подобия течения воздушных масс вокруг и внутри воздухозаборника. Расход воздуха на входе в воздухозаборник принят эквивалентным расходу воздуха реального ГТД на максимальном режиме работы и составляет 1,48 кг/с, скорость на входе в воздухозаборник составляет $U_i = 192$ м/с.

Проведен расчет относительной циркуляции вихря Γ^* , образующегося под воздухозаборником для диапазона скоростей набегающего потока U_∞ от 0 м/с до 44 м/с, для относительной высоты воздухозаборника $\bar{H} = 0,25$ по формуле (1):

$$\Gamma^* = \frac{\Gamma}{D_i \cdot U_i} \quad (1)$$

где D_i – диаметр входного устройства [1].

Сравнительный анализ зависимости относительной циркуляции Γ^* вихря от относительной скорости воздушного потока U^* , полученной расчетным путем, показывает, что характер ее изменения совпадает с зависимостью, полученной на основе результатов, достигнутых в ходе проведенного эксперимента [1].

Максимальное значение относительной циркуляции вихря при достижении одной и той же относительной скорости вихря $U^* = 5,5$ составляет для экспериментальных данных $\Gamma^* = 0,261$, а при численном моделировании – $\Gamma^* = 0,258$. Разница между максимальными значениями относительной циркуляции Γ^* составляет 1,2%.

Результаты численного моделирования при выбранном качестве расчетной сетки удовлетворяют требуемому уровню точности и позволяют определить степень влияния внешних факторов, геометрической компоновки воздухозаборников и режима работы ГТД на характеристики вихрей, и как следствие – условия попадания ПП в СУ, как зависимость от Γ и от плотности и размеров ПП. Таким образом, численная модель с выполненными настройками может быть применена для получения зависимостей характеристик приземных вихрей, образующихся при работе двухдвигательной СУ, в том числе на этапе разбега ЛА.

Список литературы

1. Intake Ground Vortex Aerodynamics. PhD Thesis. John Murphy. December 2008. *Cranfield University School of Engineering Academic Year: 2008-2009*. Supervisor: Dr. David MacManus. Accepted manuscript.
2. Нескоромный Е.В., Марков Д.С. Формирование приземного вихря на входе в авиационную силовую установку // *Насосы. Турбины. Системы*. 2018 №4 (29). С. 20–33.

Сведения об авторах

Нескоромный Евгений Вячеславович, канд. техн. наук, доцент кафедры авиационных двигателей. Область научных интересов: снижение повреждаемости силовых установок посторонними предметами.

Бороздин Сергей Александрович, адъюнкт кафедры авиационных двигателей. Область научных интересов: снижение повреждаемости силовых установок посторонними предметами, забрасываемыми на вход приземным вихрем.

INFLUENCE OF THE SURFACE VORTEX CHARACTERISTICS ON THE CONDITIONS OF INGRESS OF A FOREIGN OBJECT INTO THE AIR INTAKE

Neskoromny E.V., Borozdin S.A.

Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy», neskor80@yandex.ru, borozdin4@yandex.ru

Keywords: power plant, surface vortex, foreign object.

The results of numerical modeling of the degree of influence of a number of factors on the characteristics of vortices and the conditions for foreign objects to enter the power plant are presented.