

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ ФЮЗЕЛЯЖА ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ И ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КОНСОЛЕЙ КРЫЛЬЕВ, УСТАНОВЛЕННЫХ ПО СХЕМЕ СРЕДНЕПЛАНА

М.А. Одинцов, В.А. Фролов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

Обоснование. Форма поперечного сечения фюзеляжа оказывает существенное влияние на подъемную силу летательного аппарата. Это влияние характеризуется коэффициентом интерференции. Исследование взаимного влияния фюзеляжа различных форм поперечного сечения и крыла — актуально на протяжении всей истории развития авиации.

Цель — исследовать интерференцию фюзеляжа эллиптического поперечного сечения и прямоугольного крыла, получить зависимость коэффициента интерференции не только от относительной ширины фюзеляжа, но и от удлинения крыла.

Методы. В основе работы лежит концепция разработки математической модели, предложенная в работе [1]. Основная идея состоит в разложении сложной трехмерной задачи взаимодействия крыла и фюзеляжа на ряд более простых задач. В данной работе рассматривается двумерная задача для течения потока воздуха около поперечного контура фюзеляжа в присутствии пары точечных вихрей.

Для сравнительного анализа выбрано прямоугольное крыло, установленное по схеме среднеплана, и фюзеляж с эллиптическим и круглым поперечными сечениями. Обе компоновки имеют одинаковый размах, площадь поперечного сечения фюзеляжа и хорду крыла. Меняется только относительная ширина фюзеляжа.

На основании метода полос [1] получено распределение относительных скоростей по размаху крыла. Влияние крыла учтено заданием величины циркуляции вихря, образующегося на концах консоли крыла. Расположение вихря введено через комплексную координату инверсированного вихря. Для определения комплексного потенциала эллиптического поперечного сечения использовано преобразование Н.Е. Жуковского [2]. Получена связь производной коэффициента подъемной силы с величиной циркуляции концевых вихря крыла.

В работе получено аналитическое и численное решение для коэффициента интерференции. Численное интегрирование выполнено методом трапеций.

Ниже приводятся аналитическое решение для коэффициента интерференции $K_{к(\Phi)}$ для круглого (1) и эллиптического (2) поперечных сечений и крыла в зависимости от относительной ширины фюзеляжа \bar{d} (для круглого поперечного сечения фюзеляжа) и \bar{a} (для эллиптического поперечного сечения фюзеляжа) и удлинения изолированного крыла λ_k , составленного из двух консолей.

$$K_{к(\Phi)} = 1 + \bar{d} + \frac{1}{\lambda_k + 3} \ln \left| \frac{1 + \bar{d}^2}{(1 + \bar{d})^2} \right|; \quad (1)$$

$$K_{к(\Phi)} = \frac{1}{2(1 - \bar{a})} \cdot \left\{ 1 - \bar{a} - \frac{\bar{a}}{k} + \sqrt{1 - \bar{a}^2 \left(1 - \frac{1}{k^2} \right)} - \frac{k+1}{k-1} \cdot \left[1 - \bar{a} + \frac{\bar{a}}{k} - \sqrt{1 - \bar{a}^2 \left(1 - \frac{1}{k^2} \right)} \right] \right\} +$$

$$+ \frac{1}{\lambda_k + 3} \cdot \ln \left| \frac{\left(1 + \sqrt{1 - \bar{a}^2 \left(1 - \frac{1}{k^2} \right)} \right)^2 + \left(\bar{a} + \frac{\bar{a}}{k} \right)^2}{\left[1 + \sqrt{1 - \bar{a}^2 \left(1 - \frac{1}{k^2} \right)} + \bar{a} + \frac{\bar{a}}{k} \right]^2} \right|. \quad (2)$$

Результаты. Зависимость коэффициента интерференции (рис. 1) от относительной ширины и удлинения крыла для эллиптического и круглого поперечных сечений показывает, что коэффициент для эллиптического поперечного сечения фюзеляжа больше, чем у круглого, при одинаковой относительной ширине фюзеляжа.

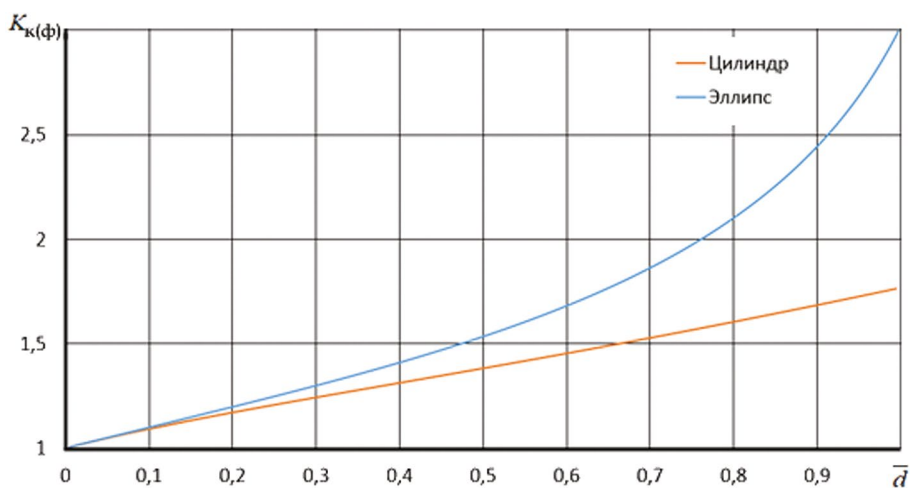


Рис. Зависимости коэффициента интерференции от относительной ширины фюзеляжа при удлинении крыла $\lambda = 10$ и соотношении осей эллипса $k = 2,25$

Коэффициент интерференции для круглого сечения фюзеляжа совпал с результатами аппроксимации экспериментальных данных, приведенной в работе [4], до относительной ширины фюзеляжа равной 0,35. С увеличением относительной ширины фюзеляжа разница между коэффициентами интерференции фюзеляжа с эллиптическим и круглым поперечным сечением увеличивается. Увеличение соотношения большой и малой осей эллипса ведет к увеличению коэффициента интерференции. С ростом удлинения изолированного крыла прирост коэффициента интерференции снижается.

Погрешность между коэффициентами интерференции, полученными численным и аналитическим методами, меньше тысячной доли процента. Это свидетельствует о правильности полученных аналитических формул.

Выводы. Применение в компоновке «фюзеляж–крыло» фюзеляжа с эллиптическим поперечным сечением позволяет повысить коэффициент интерференции по сравнению с фюзеляжем круглого поперечного сечения той же площади и одинаковым размахом крыла. Увеличение коэффициента интерференции ведет к повышению подъемной силы компоновки и, следовательно, к повышению аэродинамического качества самолета, что приводит к улучшению аэродинамических характеристик самолета в целом и является важной задачей проектирования авиационных компоновок летательных аппаратов.

Ключевые слова: интерференция фюзеляжа эллиптического поперечного сечения; распределение относительных скоростей; коэффициент интерференции.

Список литературы

1. Фролов В.А. Методы расчета несущих характеристик компоновок фюзеляж–крыло: аналитический обзор, математические модели, расчетные и экспериментальные данные, оптимизация. Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. 148 p.
2. Милн-Томсон Л.М. Теоретическая гидродинамика. Москва: Мир, 1964. 656 с.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. Москва: Дрофа, 2003. 840 с.
4. Лебедев А.А., Чернобровкин Л.С. Динамика полета беспилотных летательных аппаратов. Москва: Машиностроение, 1973. 616 с.

Сведения об авторах:

Максим Александрович Одинцов — студент, группа 3309, институт авиационной и ракетно-космической техники; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: odintsov.m.al.01@gmail.com

Владимир Алексеевич Фролов — научный руководитель, кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: frolov_va_ssau@mail.ru