

Ревнивцев Д.В., Ляскин А.С.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДИСКРЕТНЫХ ВИХРЕЙ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАКОНЦОВОК КРЫЛА

Благодаря малым вычислительным затратам, метод дискретных вихрей [1] может быть успешно применен на стадии концептуального проектирования самолета для сравнительного анализа различных конфигураций. В данной статье рассматривается использование метода дискретных вихрей для оценки эффективности законцовок для трех различных крыльев.

Первая задача заключается в выборе такой законцовки для прямоугольного крыла сельскохозяйственного самолета (рис. 1), у которой концевой вихревой жгут как можно меньше искажает и затягивает на себя пелену, сходящую с задней кромки крыла.

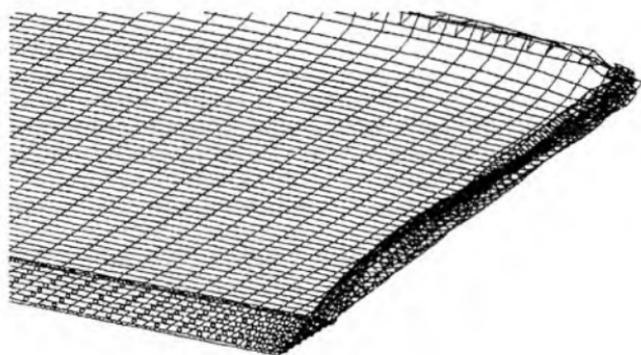


Рис. 1. Концевой вихрь прямоугольного крыла без законцовки
(удлинение $\lambda = 8,6$)

Смоделирована форма вихревой пелены и подсчитаны значения коэффициента подъемной силы для крыла без законцовки; крыла с сужающейся законцовкой, загнутой вниз по радиусу (крыло самолета «Кречет F-2», рис. 2), и крыла с законцовкой, отогнутой вверх на 30 градусов (крыло самолета «Скиф F-22», рис. 3). Все расчеты проводились для угла атаки $\alpha = 10^\circ$. Как видно из рисунков, поставленной задаче наиболее соответствует отогнутая вверх законцовка, которая обеспечивает меньшие потери в коэффициенте подъемной силы: 2% против 4% для законцовки, отогнутой вниз

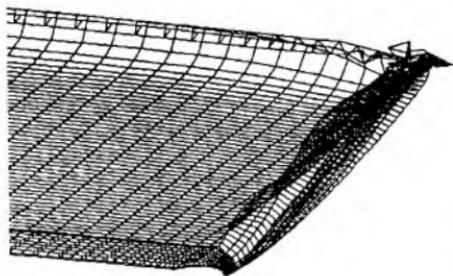


Рис. 2. Концевой вихрь прямоугольного крыла с законцовкой, отогнутой вниз

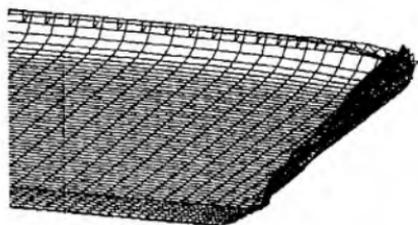


Рис. 3. Концевой вихрь прямоугольного крыла с законцовкой, отогнутой вверх

Вторая задача заключается в оценке эффективности законцовки крыла гидросамолета с точки зрения прироста подъемной силы. На рис. 4 показано крыло с концевыми поплавками и генераторами вихрей на стыках консолей и центроплана. Концевые поплавки моделировались распределением присоединенных вихрей по срединным поверхностям, а генераторы вихрей – сходом свободных вихрей с соответствующих участков передней кромки. На рис. 5 показано это же крыло без генераторов вихрей с дополнительными законцовками-крылышками. Расчеты проводились для углов атаки 5 и 10 градусов. Как показали результаты, применение законцовок позволяет повысить коэффициент подъемной силы на 11%, в то время как генераторы вихрей – только на 1,5..2%.

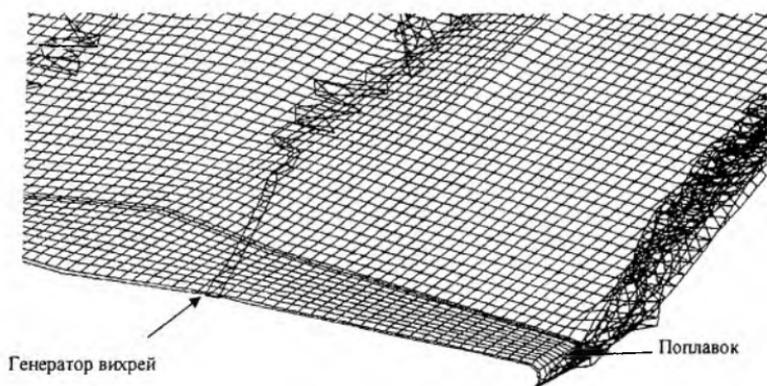


Рис. 4. Крыло гидросамолета с концевыми поплавками и генераторами вихрей

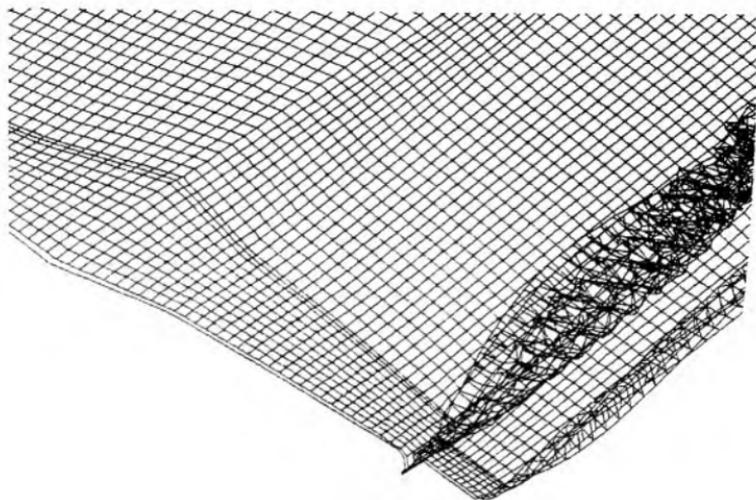


Рис. 5 Крыло гидросамолета с концевыми поплавками и законцовками-крылышками

Третья задача заключается в выборе законцовки для крыла самолета А-29 (рис. 6), обеспечивающей максимальный прирост подъемной силы. Рассматривались три вида законцовок: «киль», устанавливаемый на верхней поверхности крыла (рис. 7а); дополнительное крылышко, устанавливаемое на конце крыла (рис. 7б), и законцовка Уиткомба, состоящая из двух частей (рис. 7в). Для первого типа законцовок исследовалось влияние расстояния от передней кромки крыла до законцовки, а для второго – угла отклонения законцовки от плоскости крыла. Расчеты проводились для угла атаки $\alpha = 5^\circ$. Результаты показали, что максимальный прирост подъемной силы (на 10%) обеспечивается законцовкой-крылышком, устанавливаемой в плоскости крыла, а максимальное увеличение аэродинамического качества (на 5%) – такой же законцовкой, отклоненной вверх на 20° от плоскости крыла. Законцовка «киль» обеспечивает прирост подъемной силы лишь в 3%, а законцовка Уиткомба – 5%.

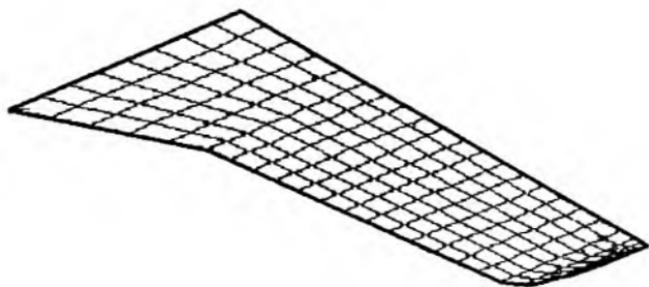


Рис. 6. Крыло самолета А-29

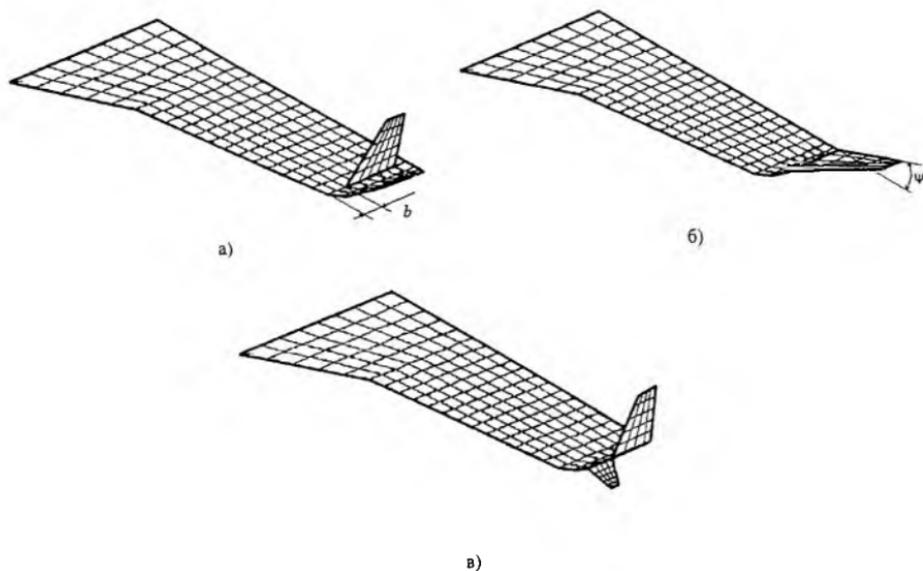


Рис. 7. Варианты законцовок: а) «киль» (b – параметр, расстояние от передней кромки), б) крылышко (ψ – параметр, угол отклонения от плоскости крыла), в) законцовка Уиткомба

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белоцерковский С.М. Отрывное и безотрывное обтекание тонких крыльев идеальной жидкостью. 1978.