

Диффузия вихревого следа над подстилающей поверхностью

Д.А. Гаджиев^{1,2}, А.М. Гайфуллин^{1,2}

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет)

² Центральный аэрогидродинамический институт им. Н.Е. Жуковского.

На режиме посадки полёт самолёта происходит близко к поверхности Земли. Из-за этого сходящий с его крыльев вихревой след активно взаимодействует с пограничным слоем, образующимся около поверхности, вплоть до того, что может вызвать отрыв пограничного слоя, который, в свою очередь, затормозит горизонтальное расхождение вихрей, замедлит их опускание и в конце концов приведёт к их подскоку.

В работе произведено численное исследование данной задачи для случая прямоугольного крыла большого удлинения, когда вихревая пелена моделируется двумя точечными вихрями противоположной интенсивности. Решение ищется для несжимаемой среды при больших числах Рейнольдса, при которых течение остаётся ламинарным. Задача является двухпараметрической: решение зависит от числа Рейнольдса и от соотношения между высотой вихрей над поверхностью и расстоянием между ними в начальный момент времени.

В предположении теории удлиненных тел, характеристики течения описываются двумерными нестационарными уравнениями Навье-Стокса. На первом этапе область течения была разбита на внутреннюю - пограничный слой, толщина которого растёт как корень из времени, и внешнюю невязкую область. Течение в пограничном слое находилось путём численного интегрирования уравнений Прандтля; течение во внешней области определялось положением вихрей, а также вытесняющим действием пограничного слоя. В ходе расчёта был обнаружен отрыв пограничного слоя; после чего возникла необходимость перейти к численному решению полных уравнений Навье-Стокса.

Показано, что оторвавшийся пограничный слой приводит к существенному уменьшению горизонтальной скорости вихря так, что движение последнего является финитным (рис. 1). Рассчитана траектория перемещения центра вихря; определено изменение во времени распределения завихренности в зависимости от расстояния от центра вихря.

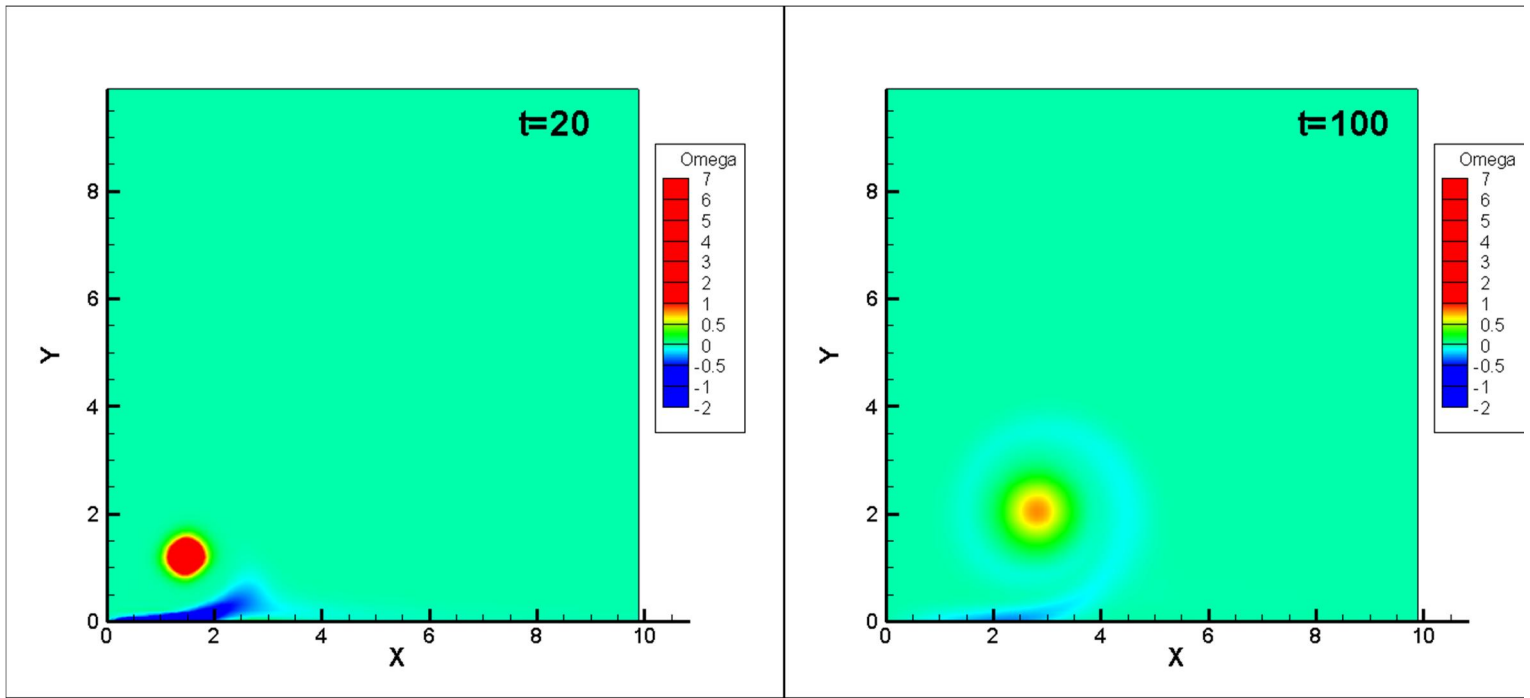


Рис. 1. Поле завихренности на безразмерных временах 20 и 100.