

# Тестирование низкорейнольдсовой k-ε модели турбулентности KOLOKOL.

## Аннотация

Проводится тестирование новой низкорейнольдсовой модели турбулентности KOLOKOL, позволяющей предсказывать положение ламинарно-турбулентного перехода.

Благодаря проведению тестирования на суперкомпьютере «Ломоносов» удалось значительно ускорить тестирование данной математической модели.

## Введение

Наличие ламинарно-турбулентного перехода (ЛТП) и его положение может оказывать значительное влияние на картину течения газов и жидкостей и поля различных величин в этом течении. Поэтому при компьютерном моделировании необходимо учитывать это явление.

В ООО «ТЕСИС» была разработана новая модель турбулентности, позволяющая успешно моделировать ламинарно-турбулентный переход с использованием всего двух уравнений. Данная модель была внедрена в программный комплекс FlowVision и в настоящий момент проходит апробацию.

В настоящий момент идет тестирование новой модели на задачах с различными типами течения, в том числе на крыловых профилях. Модель турбулентности совершенствуется на основе полученных результатов.

Использование суперкомпьютера «Ломоносов» позволило сократить время необходимое для проведения одного цикла тестирования за счёт возможности одновременного запуска большого количества тестов.

## Тестовая задача

Практический опыт показывает, что при выполнении расчетных исследований аэродинамических характеристик профилей и крыльев при малых числах Рейнольдса необходимо учитывать ряд особенностей, таких, как наличие ламинарно-турбулентного перехода и отрыва пограничного слоя.

В работе представлены результаты расчета аэродинамических характеристик профиля WORTMANN FX63-137 с использованием новой модели турбулентности. Получены аэродинамические коэффициенты  $C_x$  и  $C_y$  различных углов атаки при обтекании профиля с числом Рейнольдса  $Re=100\ 000$ . Для этого режима характерен ЛТП в отрывных зонах рядом с профилем. Таким образом, описанная тестовая задача позволяет оценить достоверность моделирования данного типа ЛТП на криволинейной твёрдой поверхности.

## Результаты расчетов

Расчёты в ПК FlowVision проводились на нескольких сетках. Сеточная сходимость была достигнута. Приводимые результаты были получены на сетке, состоящей из ~ 700 000 ячеек. Рассчитывались варианты с различной интенсивностью и масштабом турбулентности набегающего потока.

На рисунке 1 показано поле турбулентной энергии в тестовом расчете для одного из ранних вариантов модели KOLOKOL. На рисунке заметно, что рядом с передней кромкой профиля поток ламинаризован, а далее по течению у верхней дужки профиля происходит его турбулизация.

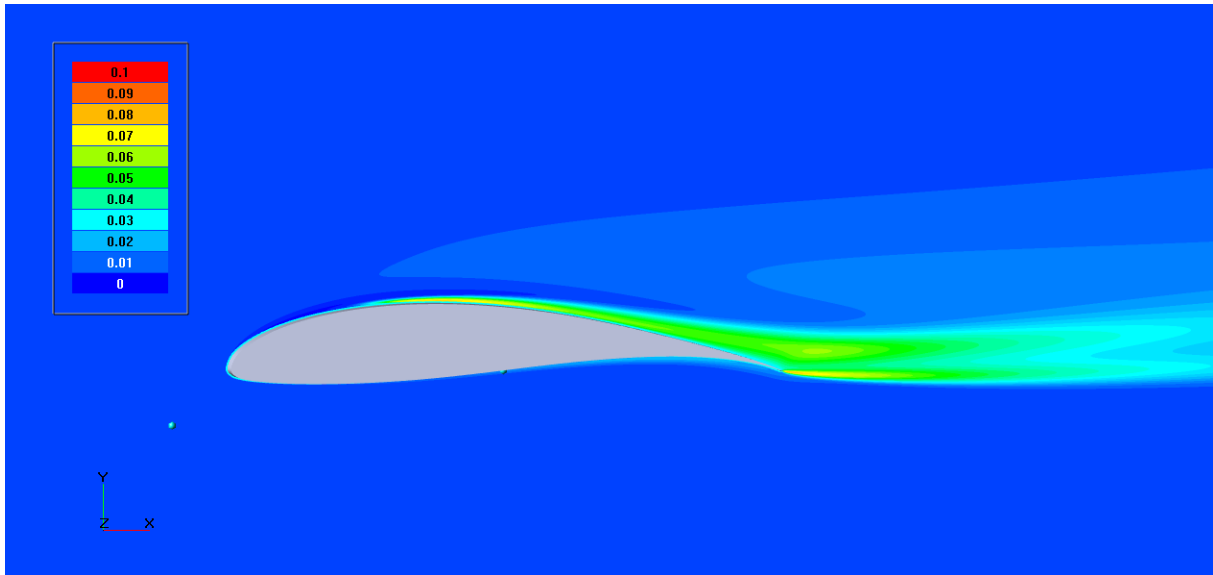


Рисунок 1 – Турбулентная энергия.

На рисунке 2 видно, что значения коэффициента подъемной силы лежат вблизи экспериментальными кривых. На графике точками показаны результаты расчетов, кривыми - экспериментальные данные.

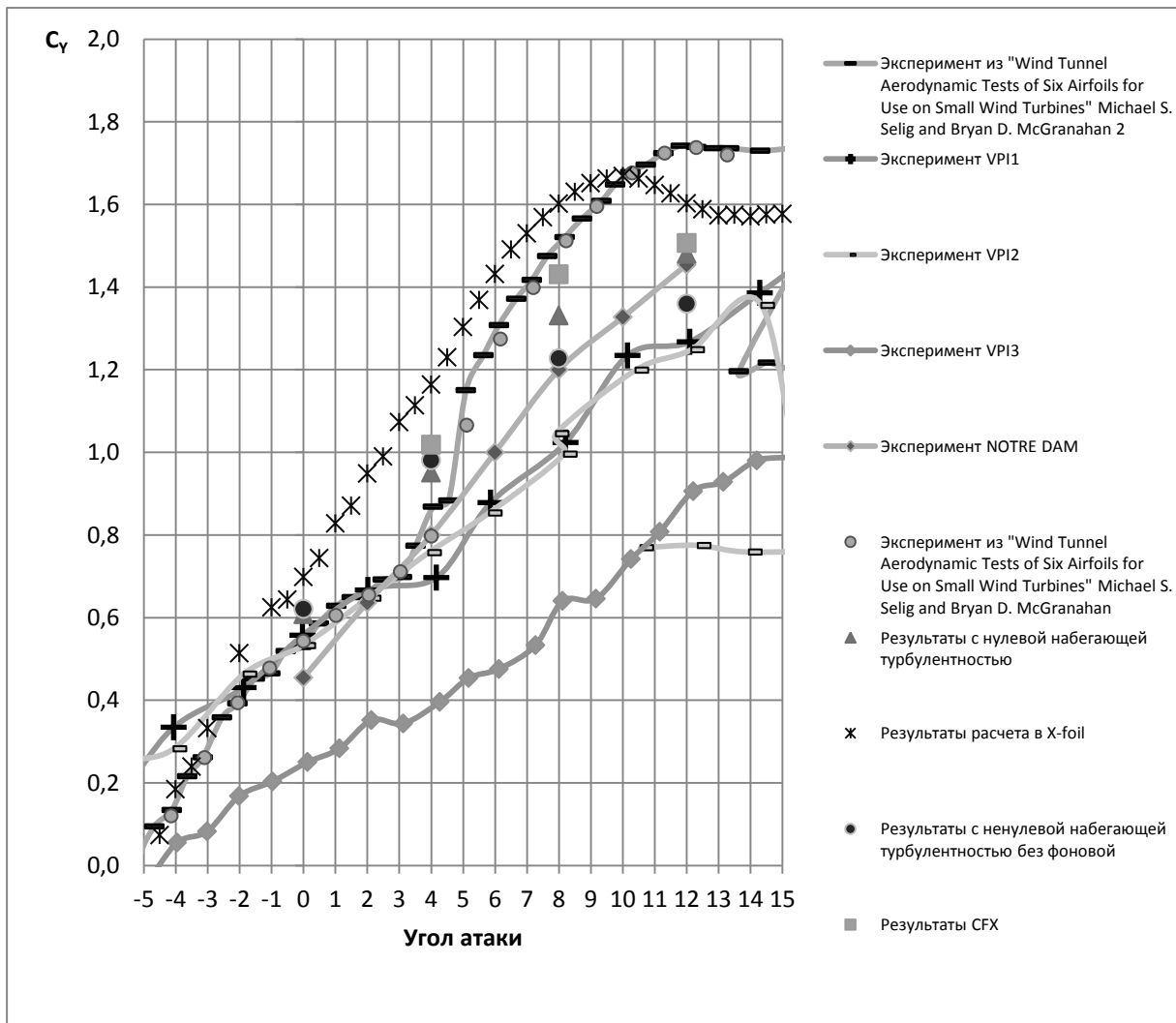


Рисунок 2 – Сравнение результатов расчета коэффициента подъемной силы с экспериментальными данными

## **Выводы**

Модель турбулентности KOLOKOL, на данный момент находящаяся в фазе активного тестирования, позволяет учитывать ламинарно-турбулентный переход при моделировании течений с низкими скоростями. В перспективе данная модель должна стать эффективным инструментом для решения подобных задач.