

**Повх Виктор Иванович** – Южный региональный информационно-аналитический центр; e-mail: dzz@dzz.ru; г. Ростов-на-Дону, ул. Красноармейская, 200; тел.: 88632638098; директор.

**Shlyakhova Ludmila Alekseevna** – Rostov State Transport University; e-mail: Shell221@mail.ru; 2, Narodnogo Opolchenya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia; phone: +78632960696; the department of theoretical bases electrical engineers; cand. of phys.-math. sc.; associate professor.

**Povkh Victor Ivanovich** – South Regional Information & Analytical Centre; e-mail: dzz@dzz.ru; 200, Krasnoarmeyskaya street, Rostov-on-Don, Russia; phone: +7862638098; director.

УДК 533.6.011

**А.С. Епихин, В.Т. Калугин**

### **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВИХРЕВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ УПРАВЛЯЮЩИЕ И СТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ ПОВЕРХНОСТИ**

*Рассматривается влияние вихревых воздействий на аэродинамические управляющие и стабилизирующие поверхности. Для моделирования обтекания использовался открытый пакет OpenFOAM. Были рассмотрены тестовые модельные задачи обтекания. Определены минимальные требования к сетке. Выполнен расчет и проведена оценка возмущающего воздействия тормозного щитка на киль летательного аппарата. Предложен вариант тормозного щитка с перфорацией для снижения динамических нагрузок.*

*Вихревые воздействия; открытый пакет OpenFOAM; модель турбулентности LES; требования к сетке; тормозной щиток; киль; поперечная сила; перфорация.*

**A.S. Epikhin, V.T. Kalugin**

### **ANALYSIS OF INFLUENCE VORTICAL IMPACTS TO AERODYNAMIC CONTROL AND STABILIZING SURFACES**

*Influence of vortical impacts to aerodynamic control and stabilizing surfaces has been examined in this work. Open source CFD software package OpenFOAM has been used for modeling flow. Test model problems of flow have been studied. Minimal requirements for the grid have been determined. Perturbing influence of airbrake to aircraft's fin has been calculated and evaluated. Variant of perforated airbrake for reduction dynamic loads has been proposed.*

*Vortex effects; open source CFD software package OpenFOAM; turbulence model LES; requirements to the grid; airbrake; fin; lateral force; perforation*

Наиболее широко распространенным нестационарным явлением при обтекании летательных аппаратов или элементов технических устройств является образование вихрей за управляющими объектами. Цель данной работы: проведение анализа влияния вихревых воздействий на аэродинамические управляющие и стабилизирующие поверхности. Для решения поставленной задачи были проведены серии тестовых расчетов на модельных задачах, а также осуществлено моделирование обтекания аэродинамических управляющих поверхностей, и их влияние на стабилизирующие органы управления летательного аппарата. Расчет проводился с использованием открытой интегрируемой платформы для численного моделирования задач механики сплошных сред – OpenFOAM, при поддержке программы «Университетский кластер».

Открытый пакет OpenFOAM (Open Field Operation and Manipulation) использует язык программирования C++. Он применяется для численных решений задач механики сплошной среды. Этот пакет поставляется с растущим набором написанных решателей, применимых к широкому кругу задач. Решатель – численная

модель интегрирования дифференциальных уравнений в частных производных, основанная на методе конечного объема. В работе использовался решатель pisoFOAM. PisoFoam – решатель для нестационарного несжимаемого турбулентного потока, использующий алгоритм PISO. Модель турбулентности LES (моделирование больших вихрей).

Тестовыми модельными задачами обтекания являлись: а) цилиндрическое тело, диаметром 20 мм; б) правильная треугольная призма, с характерной длиной стороны 25 мм. Ширина каждого тела составляла 100 мм. Скорость набегающего потока 20 м/с. Угол атаки набегающего потока равен 0. Решение данных задач проводилось на структурированной и неструктурированной сетке. В ходе проведения данных расчетов были определены минимальные требования к сетке, минимальная величина ячеек, которые необходимы для корректной работы модели турбулентности LES. Минимальная величина для пристеночных ячеек составляет  $1/40$ , величина остальных ячеек  $1/20 - 1/4$ , где 1 – характерный размер. В ходе данных расчетов были получены вихревые структуры обтекания и значения аэродинамических коэффициентов. Результаты расчетов удовлетворительно согласуются с данными работ [1, 2].

В соответствие с полученными ранее данными был выполнен расчет и проведена оценка возмущающегося воздействия тормозного щитка на киль летательного аппарата. Было установлено, что пульсации поперечной силы на киле, вызванные тормозным щитком, в 5 раз больше, чем пульсации силы при отсутствии тормозного щитка. Результаты удовлетворительно согласуются с экспериментами, проведенными в аэродинамической трубе Т-105 ЦАГИ. Для снижения динамических нагрузок был предложен вариант тормозного щитка с перфорацией. Пульсации поперечной силы уменьшились на 25 % по сравнению с исходным вариантом тормозного щитка. Направлением дальнейших исследований является снижение динамических нагрузок на киль путем различных вариантов перфорации тормозного щитка.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Hoerner S.F.* Fluid-dynamic drag. – Published by author, 1965. – 455 с.
2. *Головкин М.А., Головкин В.А.* Вопросы вихревой гидромеханики. – М.: Физматлит, 2009. – 264 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.ф.-м.н. А.Е. Луцкий.

**Калугин Владимир Тимофеевич** – МГТУ им. Н.Э. Баумана; e-mail: kaluginvt@mail.ru, 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1; тел.: 84992636385; НУК СМ; декан; д.т.н.; профессор.

**Епихин Андрей Сергеевич** – e-mail: andy\_e@bk.ru; тел.: 89164515050; НУК СМ; студент.

**Kalugin Vladimir Timofeevich** – Bauman Moscow State Technical University (BMSTU); e-mail: kaluginvt@mail.ru, 2-nd Baumanskaya, 5, Moscow, 105005, Russia; phone: +74992636385; faculty of special machinery; dean of the faculty; dr. of eng. sc.; professor.

**Epikhin Andrey Sergeevich** – e-mail: andy\_e@bk.ru; phone: +79164515050; faculty of special machinery; student.