

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

***Котова Юлия Витальевна***

инженер, магистрант кафедры Прикладная математика и информатика  
ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический  
университет им. Р.Е. Алексеева»  
г. Нижний Новгород, Нижегородская область

***Киселева Наталья Николаевна***

старший преподаватель  
ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет путей  
сообщения» (Нижегородский филиал)  
г. Нижний Новгород, Нижегородская область

***Анучин Илья Евгеньевич***

инженер, аспирант кафедры Автомобили и тракторы  
ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический  
университет им. Р.Е. Алексеева»  
г. Нижний Новгород, Нижегородская область

### **АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ АЭРОДИНАМИКИ АВТОМОБИЛЯ И ФОРМЫ КУЗОВА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА STAR-CCM+**

*Аннотация:* в данной статье описывается расчет показателей аэродинамических характеристик различных форм кузова. Коэффициенты лобового сопротивления, полученные в программном продукте Star-CCM+, сравниваются с экспериментальными коэффициентами, полученными в аэродинамической трубе.

*Ключевые слова:* численное моделирование, сила сопротивления, аэродинамика, автомобиль, обтекание, Star-CCM+, аэродинамическая труба.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках проекта по договору № 02.G25.31.0006 от*

*12.02.2013 г. (постановление Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 года №218).*

В последнее время автомобилестроение вышло на такой уровень своего развития, что на первый план выходят вопросы, связанные с экономичностью, комфортабельностью, долговечностью переднеприводных автомобилей, обеспечивающих безопасность, а также минимальный уровень шума и вибрации. Все эти требования должен учитывать производитель, для сохранения уровня конкурентоспособности компании.

Уменьшение расхода топлива, является одним из важных факторов при производстве автомобилей, как показано в работе [1]. Это достигается путем снижения массы агрегата, деталей и узлов авто благодаря широкому применению эластичного полиуретана и термопластичного поликарбоната. Потери на преодоление лобового сопротивления воздуха снижены при движении за счет применения ветрового и заднего стекол с гнутыми боковыми стеклами, большими углами наклона, и бамперов, способствующих хорошей обтекаемости автомобиля. Согласно работе [5] аэродинамическое сопротивление транспортного средства делится на следующие составляющие: сопротивление формы, сопротивление трения о наружные поверхности, сопротивление, вызываемое выступающими частями автомобиля, внутреннее сопротивление.

Основной составляющей сопротивления воздуха, достигающего 60 % от общего, является сопротивление формы, еще его называют сопротивлением давления или лобовым сопротивлением. Исследованию влияния скорости движения различных моделей на величину аэродинамического сопротивления посвящена работа [4]. Сила сопротивления воздуха рассчитывается по формуле:  $F = \frac{C_x}{2} \cdot S \cdot \rho \cdot v^2$ , где  $S$  – площадь проекции автомобиля на вертикальную плоскость,  $m^2$ ;  $\rho$  – плотность воздуха,  $kg/m^3$ ;  $v$  – скорость,  $m/s$ ;  $C_x$  – коэффициент, определяется экспериментально, описывающий аэродинамическое совершенство кузова.

Целью данной работы является расчет аэродинамических характеристик различных форм кузова, их сравнение и анализ с полученными экспериментальными данными.

Для расчётов используется программный пакет Star-CCM+. В отличие от схем более высокого порядка точности, описанных в работах [2, 3], в данном пакете используются схемы, оптимизированные для моделирования аэродинамики, на адаптивных сетках, что существенно улучшает получаемые результаты.

Для проведения расчетных исследований в программном пакете Star-CCM+ импортируются модели геометрии 9 различных типов кузова. После разделения на отдельные области назначаются части для газовой среды и задаются необходимые типы поверхностей. Далее строится сеточная операция, определяются модели построения и генерируется объемная сетка. Сеточные параметры: генератор поверхностной сетки, генератор призматического слоя, используется с базовым объемом сетки для генерации ортогональных призматических клеток рядом с поверхностями стен и границ, триммер, создает шестигранные ячейки, обеспечивает надежный и эффективный способ получения высококачественной сетки.

Далее создается физический континуум, и выбираются физические модели: модель турбулентности  $k-\omega$ , идеальный газ, постоянная плотность, сила тяжести, сопряженное течение, стационарный трехмерный расчет, турбулентное течение.

Для реализации расчетов движения автомобиля на левой границе задается амплитуда скорости движения воздуха 28 м/с. Строится график с изменением лобового сопротивления для отслеживания результатов расчета.

Для проверки полученных результатов в программном пакете Star-CCM+ проводится эксперимент на базе ФГБОУ ВПО НГТУ им. Р.Е. Алексеева, в лаборатории кафедры «Кораблестроение и авиационная техника». Аэродинамическая труба (АТ) НГТУ кафедры теории корабля и гидромеханики – это АТ замкнутого типа с открытой рабочей частью. Максимальная скорость потока при испытаниях достигает 34,5 м/с. Длина рабочей части 1 м. Площадь сопла 0,54 м<sup>2</sup>.

Для проведения экспериментальных исследований в аэродинамической трубе изготавливались модели, с помощью трехмерной послойной печати, заготовка обрабатывалась на фрезерном комплексе, устанавливались крепления на модель. Затем готовая модель устанавливалась на аэродинамические весы и размещалась в рабочей области аэродинамической трубы, где сверху опускалась металлическая плита, имитирующая дорожное полотно. Расстояние между колесом модели и плитой равнялось 10 мм.

Сравнительный анализ результатов расчета коэффициента лобового сопротивления с экспериментальными данными подтвердил верность расчетной модели программного продукта Star-CCM+, расхождение составило не более 10%, что для данной задачи является приемлемым.

### *Список литературы*

1. Катаева Л.Ю. Постановка и проведение вычислительного эксперимента по исследованию аэро- и гидродинамических процессов в аварийных ситуациях природного и техногенного характера Монография / Л.Ю. Катаева; Российский гос. открытый технический ун-т путей сообщения. Москва, 2007.

2. Катаева Л.Ю. Методы решения задач естествознания учебное пособие для студентов технических специальностей / Л.Ю. Катаева, М.Б. Крайзлер, А.В. Савченко; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Нижегородский гос. технический ун-т им. Р. Е. Алексеева. Нижний Новгород, 2007.

3. Катаева Л.Ю., Масленников Д.А. Оценка эффективности итерационно-интерполяционного метода при решении двумерных уравнений гиперболического типа // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2009. – № 4. – С. 9–17.

4. Масленников Д.А. и др. Влияние числа Рейнольдса на аэродинамическое сопротивление моделей / Масленников Д.А., Анучин И.Е., Тумасов А.В., Катаева Л.Ю., Котова Ю.В. // Современные проблемы науки и образования. 2013. – № 6. – С. 891.

5. Погодин А.В. и др. Численное моделирование обтекания автомобиля и сопоставление с экспериментальными данными / Погодин А.В., Анучин И.Е., Тумасов А.В., Катаева Л.Ю., Масленников Д.А. // Естественные и математические науки в современном мире. 2013. – № 10–11. – С. 39–45.