

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Котова Юлия Витальевна

инженер, магистрант

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева»

г. Нижний Новгород, Нижегородская область

Лоцилова Наталья Алексеевна

ассистент кафедры

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева»

г. Нижний Новгород, Нижегородская область

Киселева Наталья Николаевна

ст. преподаватель

Нижегородский филиал ФГБОУ ВПО Московский государственный
университет путей сообщения

г. Нижний Новгород, Нижегородская область

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ STAR-ССМ+ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ, ДВИЖУЩЕГОСЯ В КОЛОННЕ

Аннотация: в данной работе приведено численное моделирование аэродинамики автомобиля, движущегося в колонне, загрязнения отдельных частей кузова. В программном комплексе Star-ССМ+ учитывалось взаимное влияние лагранжевой и газовой фазы, определены участки наибольшего загрязнения автомобиля.

Ключевые слова: численное моделирование, аэродинамика, загрязнение, автомобиль, обтекание, движение, лагранжевые частицы, Star-ССМ+.

Управление автомобилем на большой скорости в условиях недостаточной видимости, таких как дождь или снег, существенно усложняется из-за попадания

влаги на боковые стекла и образования разводов. При этом происходит появление «мертвых зон» и ухудшается боковая видимость дороги и находящихся на ней объектов [1]. Статистика говорит о значительном возрастании числа пострадавших и погибших людей в этот период, вследствие дорожно-транспортных происшествий.

В современной литературе можно найти большое количество работ, посвящённых вопросам моделирования аэродинамики автомобиля, таких как [4, 5]. Среди основных способов предотвращения ухудшения видимости следует отметить:

- добавление элементов конструкции, предназначенных для изменения аэродинамики автомобиля. Например, дефлекторы (ветровики) уменьшают загрязнение боковых стекол и зеркал заднего вида, практически не влияют на коэффициент аэродинамического сопротивления, осуществляют вентиляцию и защиту от встречного потока ветра при опущенном стекле;

- жидкие средства, препятствующие прилипанию грязи, гарантирующие надежную защиту от загрязнений;

- встроенные видеокамеры, вместо боковых зеркал заднего вида, благодаря ним улучшается аэродинамика автомобиля и избегается проблема загрязнения зеркал, однако остается проблема, связанная с загрязнением боковых стёкол.

Следует отметить, что проблема загрязнения по-разному проявляется в зависимости от типа кузова, например, у кузова универсал задняя дверь очень загрязнена, на хетчбэк заднее стекло остается чистым, а на кузовах седан в зоне зеркал на боковых стеклах оседает водяная пыль. Несмотря на все предпринимаемые усилия, проблема загрязнения автомобиля при движении в неблагоприятных погодных условиях остается актуальной.

Анализ современных программных комплексов, позволяющих осуществлять моделирование аэродинамики, показал, что программный комплекс Star-ССМ+ ориентирован на решение не только прямой задачи обтекания, но и даёт возможности на основе параметрического анализа позволяет оптимизировать форму автомобиля и его деталей. Целью данной

работы является исследование загрязнения автомобиля, движущегося в колонне. В отличие от схем, приведённых в работах [2, 3], в программном пакете Star-CCM+ используются схемы на адаптивных сетках, оптимизированные для моделирования аэродинамики, что существенно повышает точность получаемых результатов.

Для создания расчетной модели импортируется геометрия исследуемого автомобиля и определяется расчетный объем, который разделяется на область, соответствующую обтекаемому автомобилю и окружающее его пространство, в котором выполняется моделирование обтекаемого процесса.

Далее строится сеточная операция, выбираются модели построения: 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. После ее настройки генерируется объемная сетка.

Далее создается физический континуум и выбираются физические модели, такие как: модель турбулентности $k - \omega$, идеальный газ, постоянная плотность, сила тяжести, сопряженное течение, стационарный трехмерный расчет, турбулентное течение. После расчета аэродинамики автомобиля, решение заменяется на нестационарное и включается лагранжева многофазность, необходимая для расчета полета частиц. Задаются частицы воды с плотностью 997.561 кг/м^3 . При численном моделировании учитывалось взаимное влияние лагранжевой и газовой фазы, то есть фазы могут обмениваться между собой импульсом с учетом силы сопротивления частиц. В качестве граничных условий для лагранжевой фазы определяется прилипание, то есть частицы достигшие поверхности прекращают движение, что позволяет выявить наиболее загрязняемые участки поверхности транспортного средства. Такое граничное условие необходимо для учёта прилипания и дальнейшего анализа процесса загрязнения внешних поверхностей транспортного средства.

Для учёта вращения колес, в системе координат, связанной с автомобилем, необходимо задать на их поверхности граничное условие, включающее в себя скорость движения границы. С этой целью определяется угловая скорость вращения через линейную скорость движения автомобиля, согласно формуле $\omega = \frac{|\vec{U}| \cdot v}{R}$, где \vec{U} – направление вектора, соответствует касательной к данной точке поверхности колеса, а его длина равна расстоянию этой точки от оси колеса; v – скорость автомобиля, м/с; R – радиус колеса, м.

В качестве источника подачи грязи из-под задних колес используется инжектор в форме конуса, потоком грязи из-под передних колес пренебрегаем. В свойствах учитывается диаметр частиц равный 10^{-4} м, внешний угол конуса равный 1.7 радиан, согласно эксперименту, проведенному в лаборатории НГТУ им. Алексеева, направление расширения конуса противоположно движению автомобиля. Скорость подачи частиц из конуса 97 км/ч, равная скорости движения автомобиля. Для реализации расчетов движения автомобиля в колонне задаются циклические границы на входной и выходной части газовой среды. Расчет велся при отсутствии встречного движения автомобиля и бокового ветра.

При использовании инжектора можно отследить только наибольшую вероятность попадания частиц на поверхность автомобиля. Следует отметить, если установить малое количество частиц, то возможно моделирование выявляется только наиболее загрязняемые зоны. Если будет большое количество частиц, то резко увеличивается время расчета. Время расчета моделирования аэродинамики автомобиля при одном миллионе ячеек, сопоставимо со временем расчета моделирования десяти тысяч лагранжевых частиц, что накладывает ограничение на их возможное количество.

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).

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.