

систем предпочтительна электрическая трансмиссия, законы управления которой также должны быть синтезированы на этапе проектирования. Они могут быть получены с помощью того же набора модулей и связей.

Метод имитационного моделирования может быть применен для получения и проверки соответствующего алгоритма в любых заданных условиях.

#### **Выводы**

Исследование тяговых свойств АТС и поиск рационального распределения потоков мощности по двигателям с целью формулирования соответствующих законов управления трансмиссией может осуществляться методом имитационного моделирования.

#### **Литература**

1. Интеллектуальные системы управления автотранспортными средствами: Монография / В.П. Тарасик, С.А. Рынкевич, – Мн.: УП «Технопринт», 2004. – 512 с.
2. Вибрации в технике: Справочник: В 6-ти т. Т. 6. 2-е изд., испр. и доп./ Ред. Совет: К.В. Фролов (пред.) - М.: «Машиностроение», 1995. Защита от вибрации и ударов/ Под ред. К.В. Фролова. 456 с.
3. Белоусов Б.Н., Попов С.Д. Колесные транспортные средства особо большой грузоподъемности. Конструкция. Теория. Расчет / под общ. ред. Б.Н. Белоусова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана.

### ***Аэродинамика как метод улучшения устойчивости и компенсации распределения веса для болида типа “Formula SAE”.***

к.т.н. Карпухин К.Е., Пабло Итурралде Бакеро  
МГТУ «МАМИ»  
karpukhin@mami.ru

*Ключевые слова:* автомобиль, аэродинамика, аэродинамические свойства, устойчивость, распределение веса.

Инженеры изучали аэродинамику практически с самого начала развития автомобильной промышленности, но не уделяли ей должного внимания. Во многих случаях, когда компания проектирует и производит автомобиль, скорость которого не превышает 120 км/ч, не принимаются во внимание его аэродинамические свойства, в связи с ошибочной теорией, согласно которой они оказывают существенное влияние только при скоростях свыше 130 км/ч.

В гоночных автомобилях, масса которых значительно ниже, чем обычных, а мощность гораздо больше, аэродинамические характеристики могут кардинально повлиять на их устойчивость.

Цель производителя спортивного автомобиля любой категории заключается в разработке легкого автомобиля, высокой мощности, способного реализовать все свои возможности на трек в момент гонки.

В первый год работы команды FS-МАМИ при проектировании автомобиля типа F-SAE для соревнований “Formula Student”, не были приняты во внимание его аэродинамические характеристики. По данным динамического расчета болид массой 287 кг и двигателем 120 л.с., способен развивать расчетную скорость свыше 200 км/ч. Однако, в действительности, если его скорость превышала 120 км/ч, болид мог полностью потерять устойчивость на асфальте. Болид был практически неконтролируемый, начиная со скорости 80 км/ч. Этот опыт потребовал серьезного изучения влияния аэродинамики при разработке второго прототипа, способного максимально реализовать свои динамические характеристики.

В настоящее время существует много методов анализа аэродинамических характеристик автомобиля, что для любого конструктора делает легче и дешевле проведение этих исследований. Наш выбор заключался в проведении анализа с использованием программного обеспечения “Cosmos Floworks” от производителя “Dassault Systems” и “FlowVision”. Эти

Раздел 1. Наземные транспортные средства, энергетические установки и двигатели.

программы имеют точность примерно 80%, что является достаточным, чтобы результаты исследований были приняты во внимание всерьез. Данные этих исследований были позднее проверены экспериментально (на гонках и испытательных полигонах).

Цель второго года работы заключалась в разработке конструкции автомобиля, реализующей его динамические характеристики за счет улучшения аэродинамических свойств.

Масса нового автомобиля под названием “Iguana Evo” составляет 310 кг, она возросла в связи с добавлением аэродинамических элементов, с использованием такого же двигателя, как и у предыдущего болида. Этот автомобиль, как на компьютерных экспериментах, так и при динамических испытаниях показал, что при скоростях, свыше 140 км/ч, подъемная сила не превышает 5-6 кг, а значит, он способен использовать на 50% лучше свои ресурсы. Уже при скорости 60 км/ч чувствуется заметное различие между этими двумя автомобилями.

При проектировании первого болида было выбрано распределение веса 60% на задней оси, и 40% на передней с целью получения лучшего сцепления на трек с учетом соотношения вес-мощность. При скорости выше 60 км/ч нос автомобиля имеет тенденцию подниматься, компенсируя отношения веса, что привело к распределению веса практически 70/30, это явление ухудшается с увеличением скорости, потому что появляется подъемная сила, которая превышает 60 кг на передней оси и 20 кг на задней при скорости 100 км/ч.

При проектировании второго болида было выбрано распределение веса 50/50, т.е. 50% от общей массы автомобиля на заднюю ось и 50 % на переднюю. Несмотря на то, что при трогании новый автомобиль чуть больше буксует из-за динамического перераспределения веса, уже при скорости 60 км/ч, благодаря спойлеру, установленному в центральной части автомобиля, распределение массы стремится к 50/50. Когда болид разгоняется до скорости 140 км/ч, подъемная сила не ощущается, потому что она очень мала и влияет на центр болида с величиной не более 6 кг (таблица 1).

Таблица 1.

Параметр	Значение	X- составляющая	Y- составляющая	Z- составляющая	Площадь [м <sup>2</sup> ]
Скорость передачи тепла [W]	0	0	0	0	27,9719
Массовый расход [kg/s]	0,0460923				1,05891
Объем расход [м <sup>3</sup> /s]	0,0423135				1,05891
Нормальная сила [N]	334,618	-333,418	-27,6181	6,24867	27,9719
Сдвигающая сила [N]	41,9778	-41,9599	0,543456	1,09795	27,9719
Массовый расход воздуха[kg/s]	0,0460923				1,05891
Объем расхода воздуха [м <sup>3</sup> /s]	0,0423135				1,05891
Сила [N]	376,425	-375,378	-27,0747	7,34662	27,9719
Момент [N*m]	490,665	-6,80671	485,75	-68,9414	27,9719
Площадь [м <sup>2</sup> ]	29,1837	-0,0340148	0,0680537	-0,247084	27,9719
Момент нормальной силы [N*m]	470,004	-6,93291	465,637	-63,5442	27,9719
Момент сдвиговой силы [N*m]	20,8247	0,126203	20,1127	-5,39721	27,9719
Однородность указатель [.]	-0,747549				28,9633
САПР струйная Площадь [м <sup>2</sup> ]	32,5887				32,5887

площадь F <sub>x</sub> (м)	0,954
C <sub>x</sub>	0,32

Эти эффекты на практике достигаются за счет трех важных факторов, влияющих на аэродинамические характеристики автомобиля.

Спортивные автомобили, как правило, имеют открытые колеса, которые при вращении генерируют дополнительный поток воздуха против основного, приводящий к возмущению основного потока, в результате чего увеличивается коэффициент C<sub>x</sub> (0,32 для этого болида).

Несмотря на то, что нельзя избежать дополнительного сопротивления, порожденного передними колесами, благодаря спойлерам можно нормализовать поток воздуха и направить его в двигатель через воздухозаборник. В случае с задними колесами удалось полностью устранить этот эффект, благодаря использованию плавников, которые находятся в верхней и нижней части воздухозаборного устройства (рисунки 1, 2).

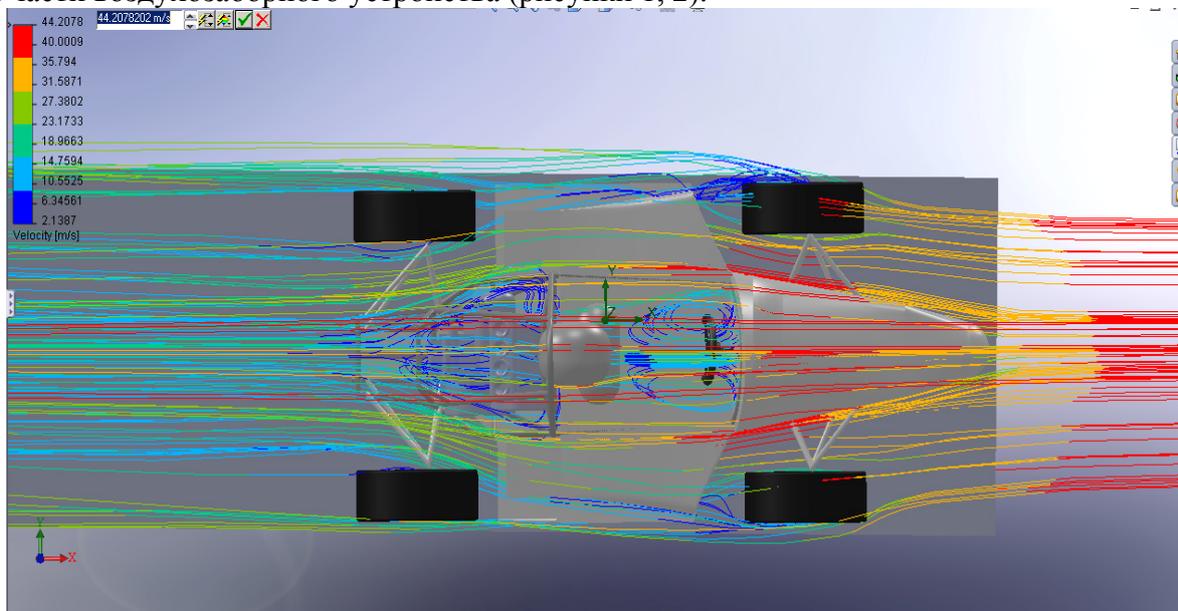


Рисунок 1

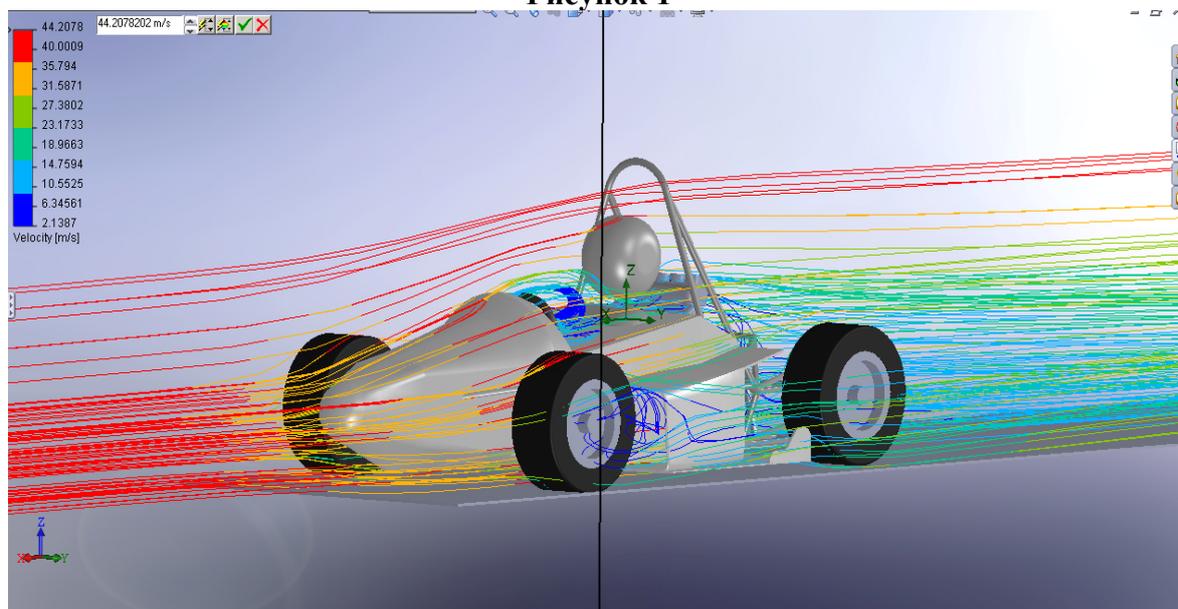
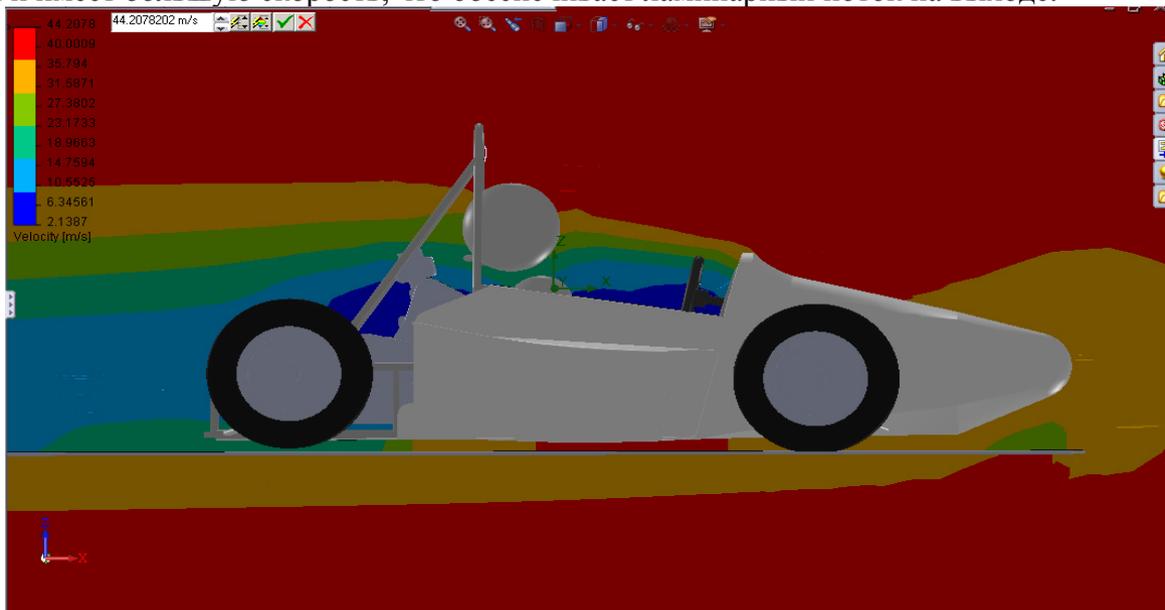


Рисунок 2

Граунд Эффект обеспечивается за счет использования спойлера в нижней части болида, который начинается в нескольких сантиметрах за передней осью и кончается в нескольких сантиметрах перед задней осью. Этот элемент ускоряет поток воздуха, проходящий под машиной, что уменьшает его плотность, и болид начинает еще больше «прилипать» к асфальту, так как поток воздуха, проходящий над ним, имеет меньшую скорость и большее давление. Результатом является увеличение прижимной силы (рисунок 3).

Утепление пола в задней части болида достигается за счет крепления выпускного коллектора двигателя к алюминиевому полу автомобиля. В результате разогрева задней нижней части болида до достаточно высоких температур, воздух, пройдя основной спойлер, нагрева-

ется и имеет большую скорость, что обеспечивает ламинарный поток на выходе.



**Рисунок 3**

Таким образом, в результате использования предложенных усовершенствований удалось реализовать динамические способности болида на 70% от расчетных. Для того чтобы возможности автомобиля соответствовали результатам, полученным при тягово-скоростном расчете, который был основан на коэффициенте  $C_x = 0,32$ , необходимо провести дополнительные исследования в области аэродинамики для улучшения управляемости и производительности машины.

### **Заключение.**

На основании проведенного анализа и динамических испытаний можно с уверенностью утверждать, что аэродинамические свойства гоночных автомобилей сказываются на их поведении, начиная со скорости 60 км/ч, и существенно влияют уже при скорости 100 км/ч. Следовательно, теория, утверждающая, что такие свойства становятся значимыми только после 130 км/ч, является не совсем корректной.

Имея большую мощность двигателя на легком автомобиле, невозможно полностью использовать его динамические характеристики, если не обеспечивается достаточная прижимная сила.

Эксперименты и исследования с использованием программного обеспечения “FlowVision” и “COSMOS Flowwork”, которые оценили улучшение аэродинамических характеристик машины “Iguana EVO” на 50% по сравнению с предыдущим автомобилем, были проверены и протестированы в ходе динамических испытаний. Это еще раз доказывает, что технический прогресс является сегодня для инженеров одним из основных инструментов.

Благодаря аэродинамическим улучшениям в конструкции автомобиля, несмотря на увеличение его массы, в результате увеличилась скорость, улучшилась устойчивость и распределение веса автомобиля при движении, а главное, болид стал более безопасным.

### **Энергоаккумулирующие вещества как альтернативное топливо для ГТД**

д.т.н., проф. Кустарев Ю.С., доц. Кузнецов В.В., доц. Ащеульников Е.К.

МГТУ «МАМИ»

8 (495) 223-05-23 доб. 12-97

*Ключевые слова:* альтернативные виды топлива, водородная энергетика, энергоаккумулирующие вещества.

Требования к уменьшению расхода жидких и газообразных топлив нефтяного проис-