

НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 629.113

И.Е. Анучин, В.В. Беляков, В.И. Егоров

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАСШТАБНЫХ МАКЕТОВ АВТОМОБИЛЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В статье представлены результаты экспериментальных исследований аэродинамических свойств легкового автомобиля, выполненные в аэродинамической трубе НГТУ с использованием масштабных макетов. Представлен сравнительный анализ аэродинамических характеристик разных типов кузовов автомобилей.

Ключевые слова: аэродинамическая труба, макет, эксперимент, коэффициент лобового сопротивления.

Экспериментальные исследования масштабной модели или полноразмерного автомобиля являются важным этапом оценки аэродинамических характеристик транспортного средства. Известно, что при проектировании автомобиля инженеры значительное внимание уделяют аэродинамическим показателям модели, влияющим на топливную экономичность и курсовую устойчивость [1].

Эксперимент в аэродинамической трубе позволяет получить практические характеристики разрабатываемой модели автомобиля и сравнить их с расчетными данными, а также дает возможность визуализации потока воздуха, который обтекает кузов. По полученным значениям и характеру обтекания кузова можно сделать выводы о совершенстве предложенной конструкции, и при необходимости внести изменения в проектируемую модель.

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований, полученные в аэродинамической трубе (далее АТ) кафедры «Кораблестроение и авиационная техника». Это АТ замкнутого типа с открытой рабочей частью (рис. 1). Максимальная скорость потока при испытаниях достигает 34,5 м/с. Длина рабочей части 1 м. Площадь сопла 0,54 м² [2, 3].

С учетом размеров рабочей части АТ были разработаны масштабные модели автомобилей с размерами 0,45 x 0,2 x 0,17 м, состоящие из трех различных передних частей и трех задних (седан, хетчбек, универсал). Таким образом, меняя передние и задние части можно получить девять различных моделей автомобиля (рис. 2). Модели были изготовлены из вспененного пенополиуретана Sterofoam 500 (обладает необходимой прочностью и массой) на фрезерном комплексе с ЧПУ (рис. 3).

После обработки на станке с ЧПУ на моделях остались мелкие неровности в виде борозд от прохода фрезы. Эти неровности могли негативным образом сказаться на результатах измерений в аэродинамической трубе. Поэтому для наиболее точного соответствия трехмерного макета реальной полномасштабной модели автомобиля было необходимо произвести дальнейшую обработку внешней поверхности. Производилась обработка поверхности шкуркой, далее для выравнивания наносилась шпатлевка и производилась шлифовка.

В итоге была получена поверхность моделей с минимальной шероховатостью, допустимой для эксперимента. Для придания более эстетичного вида моделям они были покрашены водоэмульсионной краской, что также положительно сказалось на уменьшении шероховатости внешней поверхности.

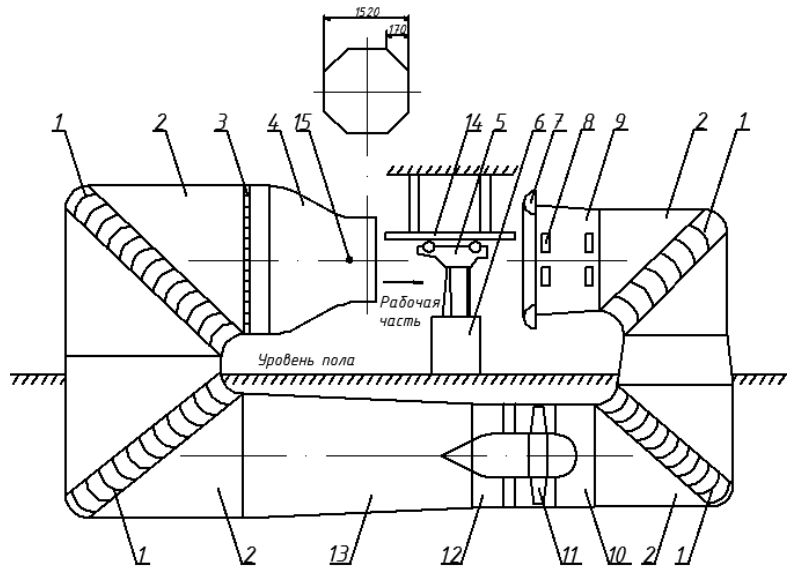


Рис. 1. Схема аэродинамической трубы НГТУ:

- 1 – направляющие лопатки; 2 – поворотный колена; 3 – спрямляющая решетка; 4 – сопло;
 5 – исследуемая модель автомобиля; 6 – аэродинамические весы; 7 – улавливающая воронка;
 8 – отверстия для выхода избыточного воздуха; 9 – коллектор; 10 – входной переходник;
 11 – осевой вентилятор; 12 – выходной переходник; 13 – обратный канал; 14 – металлическая плита;
 15 – насадок Пито-Прандтля

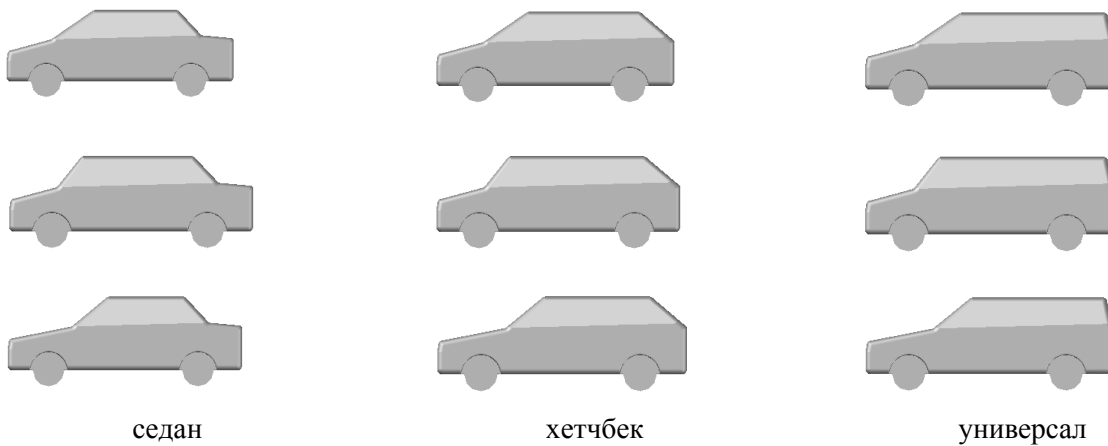
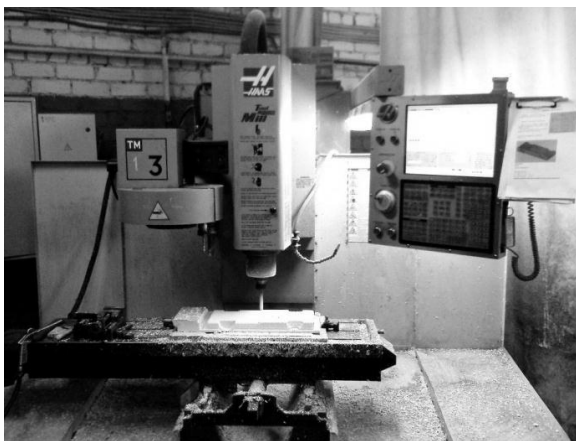


Рис. 2. Модели автомобилей



а)



б)

Рис. 3. Создание масштабных макетов:

а – обработка заготовки модели на фрезерном комплексе с ЧПУ; б – чистовая обработка

Для установки макета автомобиля на аэродинамических весах из листа алюминия толщиной 2 мм были изготовлены специальные элементы крепления (рис. 4).

Перед проведением экспериментов была проведена тарировка показаний микроамперметров в следующей последовательности:

- установка модели на аэродинамические весы;
- нагружение модели известной (эталонной) массой и запись показаний микроамперметров;
- построение графиков и определение градуировочных коэффициентов.

Тарировка необходима для вычисления градуировочных коэффициентов, позволяющих перевести показания микроамперметров в силы, возникающие при проведении эксперимента. При проведении исследований модели автомобилей устанавливались в положении колесами вверх. Это было необходимо, для установки алюминиевой плиты, имитирующей дорожное полотно (рис. 5).

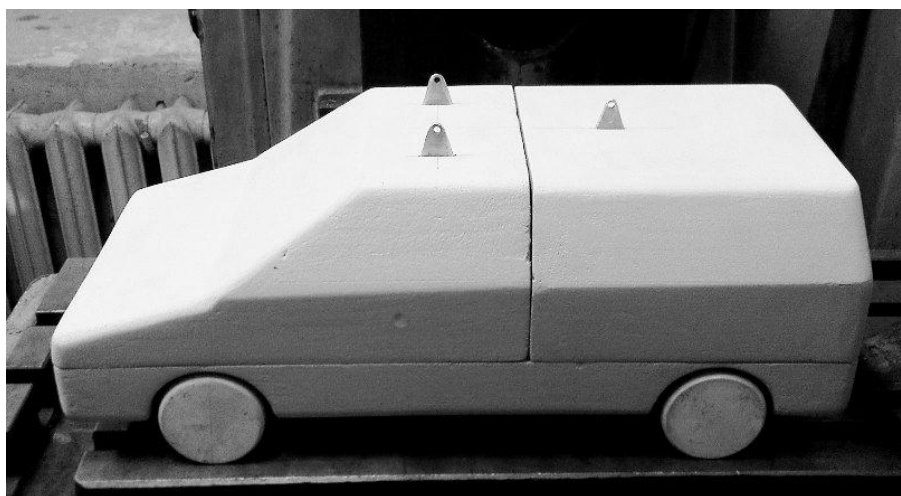


Рис. 4. Модель автомобиля с установленными креплениями



Рис. 5. Модель (макет) автомобиля в рабочей зоне

Испытания проводились при следующих характеристиках воздуха в трубе и окружающей среде:

- давление $P = 752 \text{ мм.рт.ст} = 100,24 \text{ кПа}$;
- температура $t = 23 \text{ C}^0$;
- плотность $\rho = 1,18 \text{ кг/м}^3$;
- вязкость $\nu = 1,62 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$;
- показание чашечного манометра $h = 100 \text{ мм}$;
- скоростной напор $q = 5h = 500 \text{ Па}$;
- скорость потока $V = 28,8 \text{ м/с}$.

Получены следующие градуировочные коэффициенты:










$K_x = 0,1332 \text{ Н/дел}$, $K_y = 0,7614 \text{ Н/дел}$, $K_M = 0,2538 \text{ Н/дел}$.

Сопротивление подвески составило: $X_{\text{подв}} = 16 \text{ дел}$; $R_{\text{подв}} = K_x \cdot X_{\text{подв}} = 2,1313 \text{ Н}$.

Результаты экспериментальных исследований сведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты обработки экспериментальных данных

	Седан	Хетчбек	Универсал
Передняя часть №1			
Коэффициент лобового сопротивления C_x	0,278	0,288	0,307
Опрокидывающий момент M	1,548	1,523	1,345
Передняя часть №2			
Коэффициент лобового сопротивления C_x	0,326	0,326	0,326
Опрокидывающий момент M	1,726	1,497	1,447
Передняя часть №3			
Коэффициент лобового сопротивления C_x	0,297	0,297	0,297
Опрокидывающий момент M	1,675	1,472	1,396

На рис. 6 показаны диаграммы, полученные на основе экспериментальных данных. По результатам анализа были выделены четыре макета, имеющие наилучшие аэродинамические характеристики (рис. 7).

Выполненные исследования являются начальным этапом расчетно-экспериментальных работ, направленных на оценку аэродинамических характеристик автомобилей по результатам компьютерного моделирования с использованием CFD программ, а также данных натурных испытаний.

Полученные результаты будут использованы в дальнейшем для отладки и обоснования правомерности расчетных пространственных моделей, описывающих аэродинамические процессы.

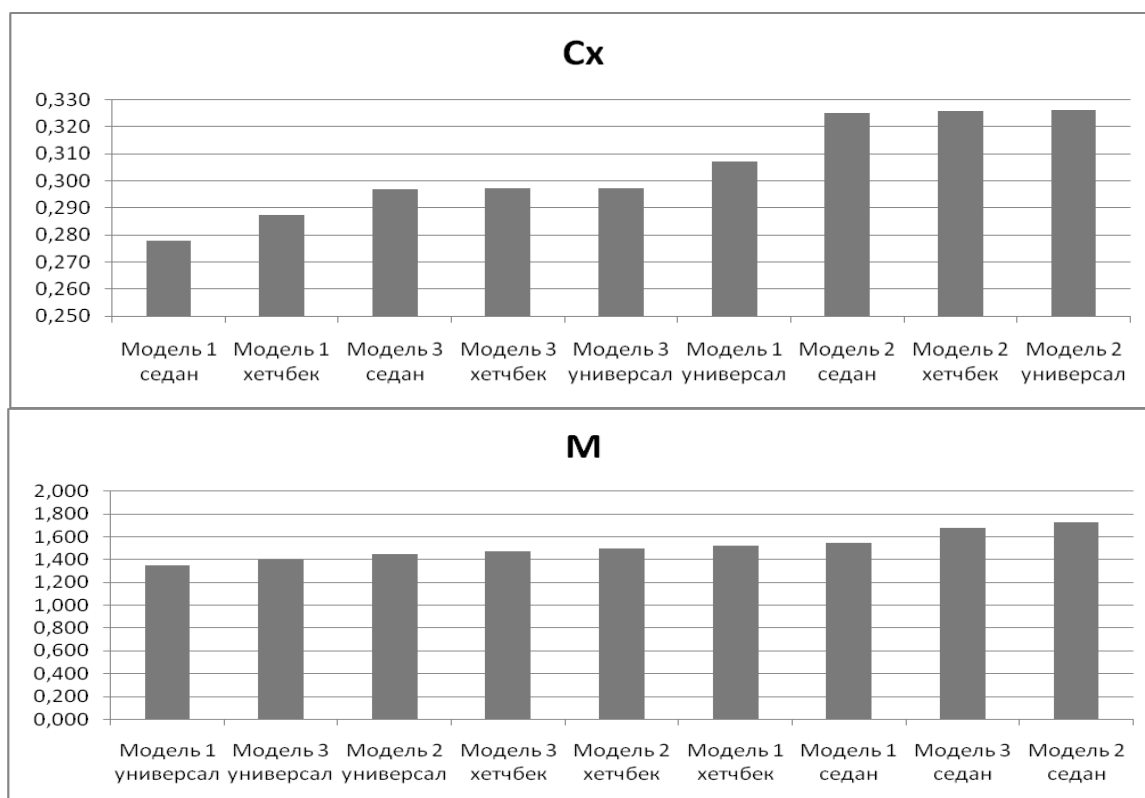


Рис. 6. Результаты экспериментальных исследований

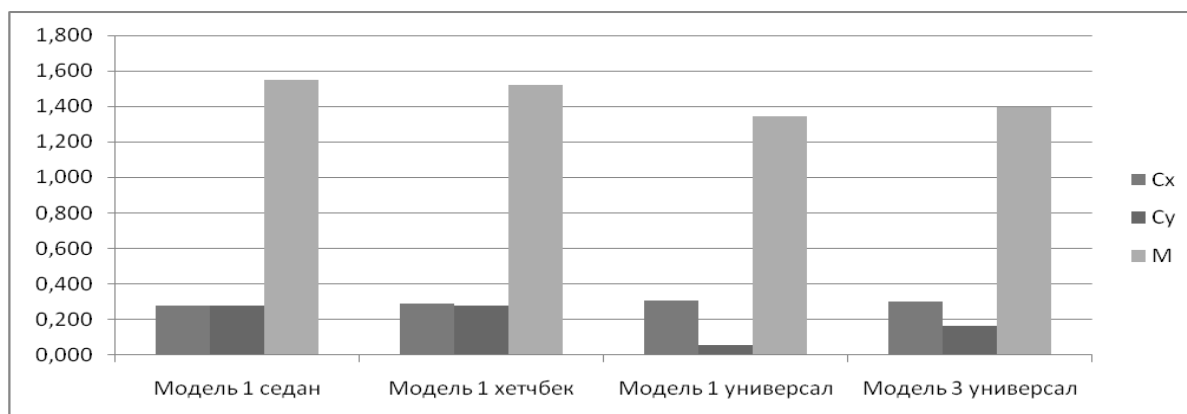


Рис. 7. Макеты, имеющие наилучшие аэродинамические характеристики

Библиографический список

1. **Евграфов, А.Н.** Аэродинамика автомобиля: учеб. пособие / А.Н. Евграфов. – М.: МГИУ, 2010. – 356 с.
2. **Андрянов, Л.В.** Исследование аэродинамических характеристик автомобиля в аэродинамической трубе: метод. указания к лабораторной работе по аэродинамике автомобиля для студентов автомобильных специальностей / Сост.: Л. В. Андрянов, М. Л. Мухина, В. Ф. Чеботаев; НГТУ. Н. Новгород, 2000. – 19 с.
3. **Болотин, А.А.** Исследование характеристик крыла в аэродинамической трубе: метод. указания к лабораторной работе по аэрогидромеханике для студентов кораблестроительных специальностей / Сост.: А. А. Болотин, А. Н. Попов, В. Ф. Чеботаев; НГТУ. – Н. Новгород, 1997. – 24 с.

Дата поступления
в редакцию 05.02.2014

I.E. Anuchin, V.V. Belyakov, V.I. Egorov

**EXPERIMENTAL RESEARCH OF AERODYNAMICS CHARACTERISTICS
OF VEHICLES SCALE MODELS**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

Purpose: Estimating of aerodynamics characteristics of vehicles scale models by means of wind tunnel.

Design/methodology/approach: The experimental study based on wind tunnel imitation of air flows that are bypassing vehicle body during high speed motion.

Findings: It is possible to apply the research results for estimation of aerodynamics characteristics of vehicles on the basis of test results of prorated scale models.

Research limitations/implications: The present study provides a starting-point for further research in the field of vehicle aerodynamics.

Originality/value: The main peculiarity of the study is original approach of estimating of aerodynamics characteristics of different shapes of vehicles bodies by means of experimental research in wind tunnels of vehicles scale models.

Key words: wind tunnel, scale model, experiment, drag coefficient.