

На правах рукописи



ШВЕДОВ Сергей Борисович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ
ЛЕГКОВОГО АВТОПОЕЗДА С ВЫСОКИМ ПРИЦЕПОМ**

05.05.03 – Колесные и гусеничные машины

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2016

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Московский государственный
индустриальный университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Евграфов Анатолий Николаевич
(ФГУП «НАМИ»)

Официальные оппоненты:

Рязанцев Виктор Иванович, доктор технических наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет имени
Н.Э. Баумана» (МГТУ им. Н.Э. Баумана), профессор кафедры «Колёсные
машины»;

Бартенев Сергей Леонидович, кандидат технических наук,
ООО «БР РУСИНЖИНИРИНГ», Инженер-конструктор

Ведущая организация: ОАО «Научно-исследовательский институт
автомобильного транспорта (НИИАТ)»

Защита состоится «31» мая 2016 г. в 14⁰⁰ часов.
на заседании диссертационного совета Д217.014.01 при ФГУП «НАМИ»,
125438, г. Москва, ул. Автомоторная, д. 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте
ФГУП «НАМИ»: <http://www.nami.ru/activities/scientific-activity/dissertation-council/>

Автореферат разослан «30» марта 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
к.т.н., доцент
e-mail: rinat.kurmaev@nami.ru



Курмаев Ринат Ханяфиевич

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Получившие достаточно широкое распространение легковые автопоезда с высокими прицепами имеют большой расход топлива и невысокую скорость движения. Одной из причин этого является плохая обтекаемость серийных высоких прицепов. Они, как правило, имеют прямоугольную форму и практически незакругленные фронтальные кромки, что, в сочетании со значительным превышением прицепа над автомобилем-тягачом, значительно увеличивает их аэродинамическое сопротивление. Для его снижения необходимо разработать мероприятия по улучшению обтекаемости работающего в составе легкового автопоезда высокого прицепа, что позволит снизить его расход топлива и повысить скоростные свойства. Поскольку данная работа направлена на решение этих вопросов, тема ее является актуальной.

Цель работы. Повышение топливной экономичности и скоростных свойств легкового автопоезда с высоким прицепом путем улучшения его обтекаемости и снижения аэродинамического сопротивления автопоезда.

Задачи исследования:

- разработка расчетной модели обтекания легкового автопоезда с высоким прицепом воздушным потоком;
- разработка конструктивных мероприятий по улучшению обтекаемости высокого прицепа, работающего в составе легкового автопоезда;
- получение математических зависимостей, связывающих коэффициент аэродинамического сопротивления легкового автопоезда с радиусом закругления фронтальных кромок высокого прицепа, углом наклона его передней стенки и углом натекания воздушного потока;
- разработка метода расчета оптимальных конструктивных и установочных параметров лобового обтекателя на крыше автомобиля-тягача легкового автопоезда с высоким прицепом;
- определение возможностей повышения топливной экономичности и скоростных свойств легкового автопоезда с высоким прицепом при реализации разработанных мероприятий по улучшению обтекаемости прицепа;

- проведение испытаний модели легкового автопоезда с высоким прицепом в аэродинамической трубе и его натурального образца на дороге для оценки эффективности разработанных мероприятий по улучшению обтекаемости прицепа и адекватности полученных расчетных зависимостей.

Объектами исследований являются масштабная модель легкового автопоезда с высокими прицепами различной конфигурации и натуральный автопоезд с лобовым обтекателем на крыше автомобиля-тягача.

Методы исследования. Расчетно-аналитические исследования с использованием компьютерной техники и математического моделирования. Экспериментальные исследования в аэродинамической трубе А-6 Института Механики МГУ им. М.В. Ломоносова и на динамометрической дороге НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ».

Достоверность результатов, полученных в данной работе, подтверждается сопоставлением расчетных данных с результатами модельных и натуральных испытаний в аэродинамической трубе и на дороге.

Научная новизна:

- исследованы особенности взаимодействия с воздушной средой легкового автопоезда в составе автомобиля-тягача и высокого прицепа, с учетом отработки формы высокого прицепа и применения лобовых обтекателей как на автомобиле-тягаче, так и на высоком прицепе;
- разработаны мероприятия по улучшению обтекаемости легкового автопоезда, в составе легкового автомобиля ВАЗ и высокого прицепа «Туртранс» производства ООО «МАЗ-Купава»;
- получены расчетные зависимости, связывающие коэффициент аэродинамического сопротивления легкового автопоезда с радиусом закругления фронтальных кромок высокого прицепа, углом наклона его передней стенки и углом натекания воздушного потока;
- разработан метод расчета оптимальных конструктивных и установочных параметров лобового обтекателя на крыше автомобиля-тягача легкового автопоезда с высоким прицепом;

- проведены экспериментальные исследования легкового автопоезда в аэродинамической трубе и на дороге для оценки эффективности разработанных мероприятий по улучшению обтекаемости высокого прицепа и адекватности полученных расчетных зависимостей.

Практическая ценность. Конструктивные мероприятия по улучшению обтекаемости легкового автопоезда путем отработки формы высокого прицепа и применения лобовых обтекателей могут использоваться при разработке перспективных обтекаемых автопоездов.

Расчетные зависимости, связывающие коэффициент аэродинамического сопротивления легкового автопоезда с радиусом закругления фронтальных кромок высокого прицепа, углом наклона его передней стенки и углом натекания воздушного потока могут использоваться при проектировании прицепов улучшенной обтекаемости.

Метод расчета оптимальных конструктивных и установочных параметров лобового обтекателя на крыше автомобиля-тягача может применяться при создании обтекателей для тюнинга легковых автопоездов с прицепами различной высоты.

Основные положения, выносимые на защиту:

- исследование взаимодействия с воздушной средой легкового автопоезда в составе автомобиля-тягача и высокого прицепа для разработки мероприятий по улучшению его обтекаемости;
- конструктивные мероприятия для улучшения обтекаемости легкового автопоезда путем отработки формы высокого прицепа и применения лобовых обтекателей на автомобиле-тягаче и прицепе;
- расчетные зависимости, связывающие коэффициент аэродинамического сопротивления легкового автопоезда с радиусом закругления фронтальных кромок высокого прицепа, углом наклона его передней стенки и углом натекания воздушного потока;

- метод расчета оптимальных конструктивных и установочных параметров лобового обтекателя на крыше автомобиля-тягача легкового автопоезда с высоким прицепом;
- результаты экспериментальных исследований модели и натурального легкового автопоезда в аэродинамической трубе и на дороге для оценки эффективности разработанных мероприятий по улучшению обтекаемости высокого прицепа и адекватности полученных расчетных зависимостей.

Личный вклад автора.

1. Сделан подробный обзор работ в области аэродинамики автомобилей и автопоездов по материалам технической и патентной литературы.

2. Разработана расчетная модель обтекания легкового автопоезда с высоким прицепом воздушным потоком.

3. Разработаны и обоснованы конструктивные мероприятия для улучшения обтекаемости легкового автопоезда путем отработки формы высокого прицепа и применения лобовых обтекателей на автомобиле-тягаче и прицепе.

4. Получены расчетные зависимости, связывающие коэффициент аэродинамического сопротивления легкового автопоезда с радиусом закругления фронтальных кромок высокого прицепа, углом наклона его передней стенки и углом натекания воздушного потока.

5. Разработан метод расчета оптимальных конструктивных и установочных параметров лобового обтекателя на крыше автомобиля-тягача легкового автопоезда с высоким прицепом.

6. Проведены экспериментальные исследования модели и натурального легкового автопоезда в аэродинамической трубе и на дороге для оценки эффективности разработанных мероприятий по улучшению обтекаемости высокого прицепа и адекватности полученных расчетных зависимостей.

7. Исследовано влияние улучшения обтекаемости высокого прицепа на топливную экономичность и скоростные свойства легкового автопоезда.

Реализация результатов работы.

Результаты расчетных и экспериментальных исследований по улучшению обтекаемости легкового автопоезда с высоким прицепом путем отработки его формы и применения лобовых обтекателей используются ООО «МАЗ-Купава», ООО «Студия дизайна АРТ-АП» и ООО «ЛИНКС АВТО» при разработке перспективных прицепов и тюнинге легковых автопоездов, а также в учебном процессе на кафедре «Автомобили» Белорусского национального технического университета.

Апробация работы. Материалы диссертации доложены: на VII Международной научной конференции (МГИУ, г. Москва) в 2007г.; на 6-м Международном научном форуме МАНФ-2008 (ГНЦ РФ «НАМИ», г. Москва) в 2008г.; на Научной конференции молодых ученых (МГИУ, г. Москва) в 2009г.; на кафедре «Автомобили» БНТУ в 2014г. и кафедре «Автомобили» ФГБОУ ВПО «МАДИ» в 2015г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ в издательствах, рекомендуемых ВАК Российской Федерации.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, основной части из 4 глав, заключения, списка литературы из 171 наименований. Объем работы: 135 стр. машинописного текста, 41 рисунок, 6 таблиц.

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и основные, выносимые на защиту, положения диссертации.

В первой главе дан анализ выполненных ранее исследований в области аэродинамики пассажирских автомобилей. Вопросам исследования и совершенствования аэродинамики автомобилей посвящено значительное количество работ. Следует отметить авторов монографий по аэродинамике автомобилей: Е.В. Михайловского, В.А. Петрушова, А.Н. Евграфова,

Р. Бухгайма, В. Гухо; авторов работ по исследованию и совершенствованию аэродинамики легковых автомобилей: С.Л. Бартенева, С.П. Загородникова, Д.Р. Кульмухамедова, Г.Я. Тура, П. Джерея, В. Камма, В. Ляя, А. Морелли и авторов работ по исследованию и совершенствованию аэродинамики пассажирских поездов: А.Н. Евграфова, В. Суматрана, Д. Соврана.

Значительный вклад в развитие отечественной автомобильной аэродинамики внес Е.В. Михайловский и его научная школа. Развитию и разработке новых методов аэродинамических испытаний посвящены работы В.А. Петрушова.

Следует отметить исследования аэродинамики легковых автомобилей, выполненные С.П. Загородниковым и Д.Р. Кульмухамедовым. Результаты их расчетных и экспериментальных исследований позволили установить влияние внешней формы кузова на аэродинамические характеристики автомобиля. Были получены полуэмпирические полиномиальные зависимости, связывающие коэффициент аэродинамического сопротивления C_x с рядом конструктивных параметров кузова.

Однако практически все эти исследования были выполнены применительно к одиночным автомобилям. Комплексных исследований аэродинамики легковых автомобилей с высокими прицепами с применением различных обтекателей практически не проводилось. Наличие высокого прямоугольного прицепа значительно ухудшает обтекаемость такого легкового автопоезда, увеличивает его аэродинамическое сопротивление и расход топлива, снижает максимальную скорость. Поскольку количество легковых автопоездов увеличивается, необходимо проведение исследований и разработок, направленных на совершенствование их аэродинамики путем улучшения обтекаемости высокого прицепа. Учитывая актуальность решения этого вопроса, были сформулированы цель и задачи данной диссертационной работы.

Во второй главе рассмотрены особенности взаимодействия с воздушной средой легкового автопоезда с высоким прицепом для разработки мероприятий по улучшению его обтекаемости. При движении легкового автопоезда с высоким прямоугольным прицепом на выступающую над автомобилем-тягачом переднюю стенку прицепа оказывает значительное давление натекающий на него воздушный поток. При этом, поскольку фронтальные кромки прицепа практически не закруглены, с них срывается пограничный слой и за ними образуются отрывные течения. За высоким прицепом возникает длинный вихревой спутный след.

Проведенные исследования позволили определить зоны плохого обтекания высокого прицепа и разработать мероприятия по снижению их влияния на аэродинамику легкового автопоезда. Самым эффективным способом улучшения обтекаемости легкового автопоезда является оптимизация формы прицепа на стадии его проектирования. Однако это требует больших капиталовложений и изменения структуры производства высоких прицепов. Вместе с тем имеется возможность заметного улучшения обтекаемости легкового автопоезда путем частичной доработки формы высокого прицепа и применения лобовых обтекателей. Это направление совершенствования обтекаемости легкового автопоезда может быть реализовано с небольшими затратами средств и материалов.

На рисунке 1 представлена схема модели легкового автопоезда с разработанными мероприятиями по улучшению обтекаемости высокого прицепа. Одним из мероприятий, улучшающих обтекаемость легкового автопоезда является закругление фронтальных кромок высокого прицепа. Закругление фронтальных кромок прицепа большим радиусом позволяет практически устранить отрывные течения за ними. Это объясняется тем, что образующийся на поверхности фронтальных кромок пограничный слой

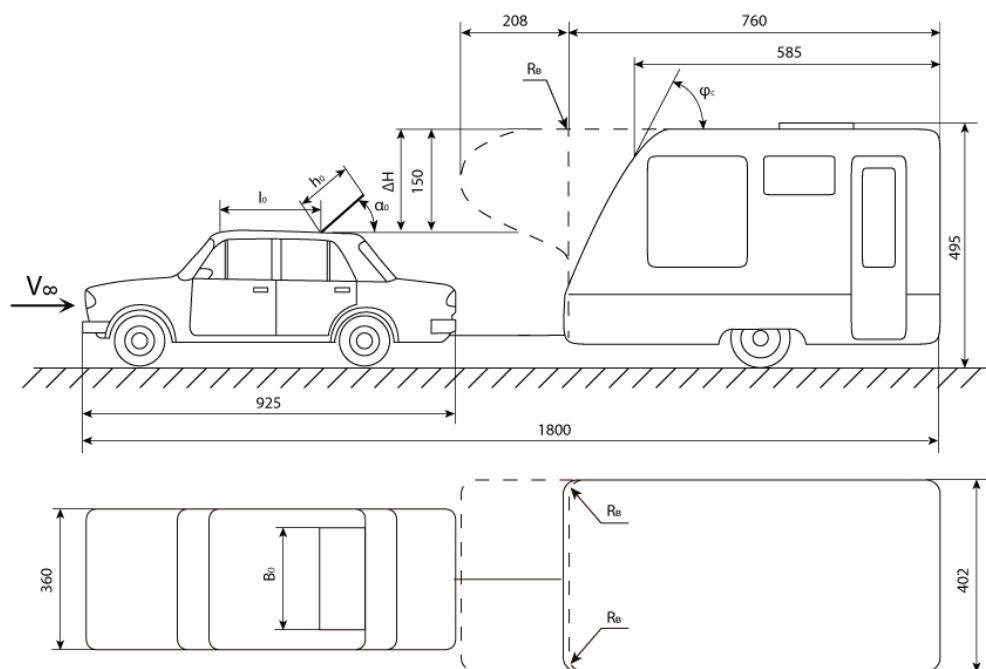


Рисунок 1 – Масштабная модель легкового автопоезда с высоким прицепом с основными геометрическими параметрами и изменениями его конфигурации

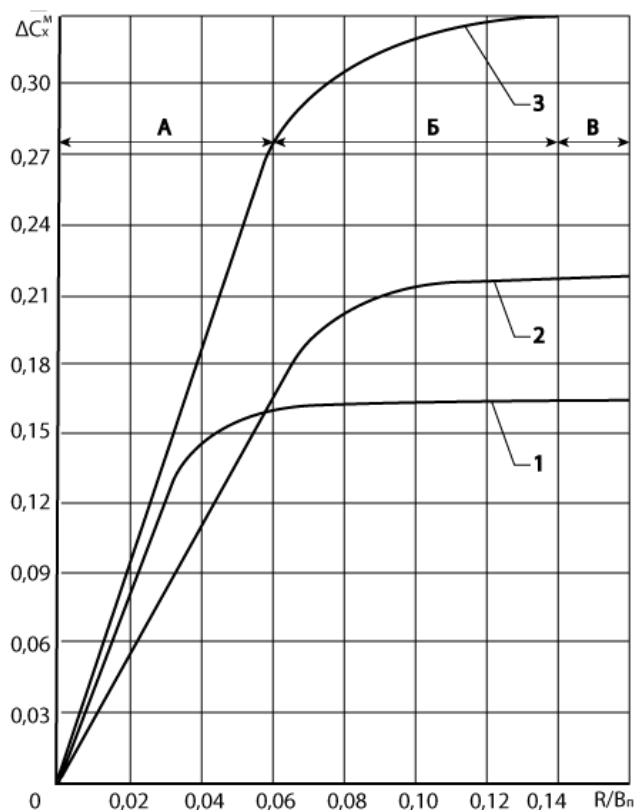


Рисунок 2 – Зависимость снижения коэффициента C_x легкового автопоезда с высоким прицепом от величины радиуса закругления его фронтальных кромок: 1 - закруглены только боковые кромки; 2 - закруглена только верхняя кромка; 3 - закруглены одновременно боковые и верхняя кромки

практически не отрывается от них, а обтекающий их воздушный поток плавно перетекает на боковые стенки и крышу прицепа. В результате значительно улучшается обтекаемость передней части прицепа, что обеспечивает значительное уменьшение аэродинамического сопротивления автопоезда и его расход топлива. Для определения оптимального с точки зрения улучшения обтекаемости радиуса закругления фронтальных кромок высокого прицепа были проведены экспериментальные и расчетные исследования. На рисунке 2 представлены зависимости снижения коэффициента аэродинамического сопротивления легкового автопоезда с высоким прицепом от величины радиуса закругления его верхней и боковых фронтальных кромок. Видно, что для них характерны три зоны: линейная А со значительным снижением ΔC_x , дробно-линейная Б с менее интенсивным снижением ΔC_x , линейная В с незначительным снижением ΔC_x . Такое структурное построение кривых на рисунке 2 позволило математически описать характер протекания зависимостей $\Delta C_x = f(R_3/B_{пр})$ путем аппроксимации экспериментальных кривых в каждой из 3-х, указанных выше, зон. В таблице 1 приведены полученные по такой методике расчетные формулы для определения степени снижения коэффициента аэродинамического сопротивления легкового автопоезда по мере закругления его фронтальных кромок.

Значительное улучшение обтекаемости высокого прицепа обеспечивает наклон его передней стенки. Величину снижения аэродинамического сопротивления легкового автопоезда за счет наклона передней стенки прицепа можно определять по формуле:

$$\Delta C_{x\varphi} = k_{\varphi} \cdot \varphi_{ст},$$

где: k_{φ} - коэффициент, учитывающий влияние радиуса закругления верхней фронтальной кромки прицепа, при острой кромке $k_{\varphi} = 0,008$, а при закругленной $k_{\varphi} = 0,005$;

$\varphi_{ст}$ – угол наклона передней стенки прицепа.

Значительное влияние на аэродинамику легкового автопоезда оказывает боковой ветер. Для расчетного определения влияния бокового ветра на коэффициент аэродинамического сопротивления легкового автопоезда предлагается следующая зависимость:

$$C_{x\beta} = C_{x0} + K_{\beta} \cdot \beta,$$

где: $C_{x\beta}$, C_{x0} - значения коэффициента C_x при косом и осесимметричном натекании бокового ветра;

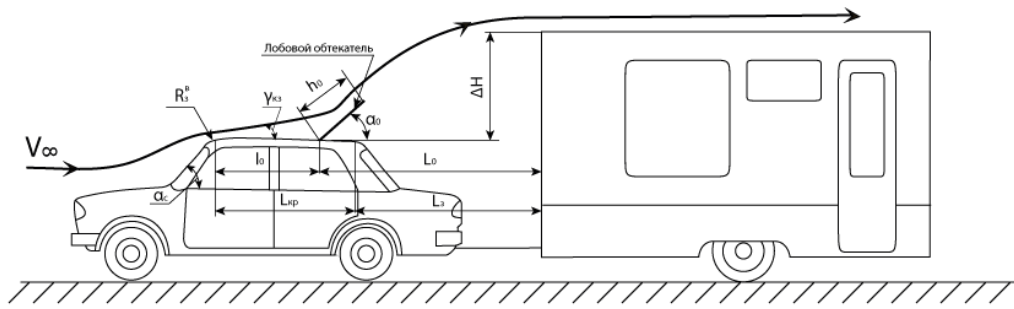
β - угол натекания бокового ветра;

K_{β} - коэффициент бокового обтекания, зависящий от формы высокого прицепа.

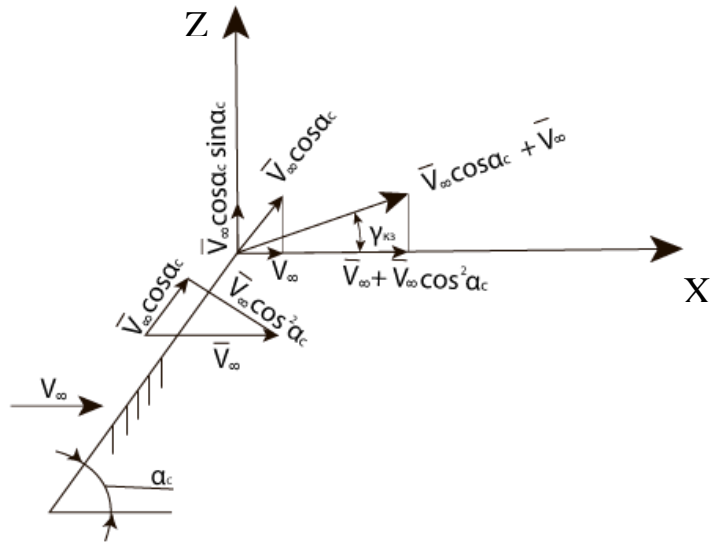
Одним из способов улучшения обтекаемости высокого прицепа и снижения аэродинамического сопротивления легкового автопоезда является применение лобового обтекателя, устанавливаемого на крыше автомобиля-тягача. Установка такого обтекателя позволяет направить натекающий воздушный поток непосредственно на крышу прицепа. При этом уменьшается давление воздуха на верхнюю часть передней стенки прицепа и улучшается обтекание его лобовой части.

Эффективность лобового обтекателя зависит от того, насколько оптимально выбраны его конструктивные и установочные параметры, что в свою очередь определяется размерами и взаимным расположением автомобиля-тягача и высокого прицепа. Для решения этой задачи разработан метод расчетного определения оптимальных параметров лобового обтекателя легкового автопоезда.

На рисунке 3 представлена схема установки лобового обтекателя на крыше автомобиля-тягача легкового автопоезда и расчетная схема для определения его оптимальных параметров. Основными конструктивными и установочными параметрами лобового обтекателя, от правильного выбора которых зависит его эффективность, являются: форма и кривизна лобовой поверхности, угол наклона обтекателя α_0 , его высота h_0 и ширина b_0 , расстояние L_0 от передней кромки обтекателя до передней стенки кузова прицепа. Высота и ширина лобовой панели обтекателя, как правило, выбираются из конструктивных соображений.



а)



б)

Рисунок 3 – Расчетная схема для определения параметров лобового обтекателя на крыше автомобиля-тягача (а) и векторная диаграмма обтекающих легковой автопоезд воздушных потоков (б)

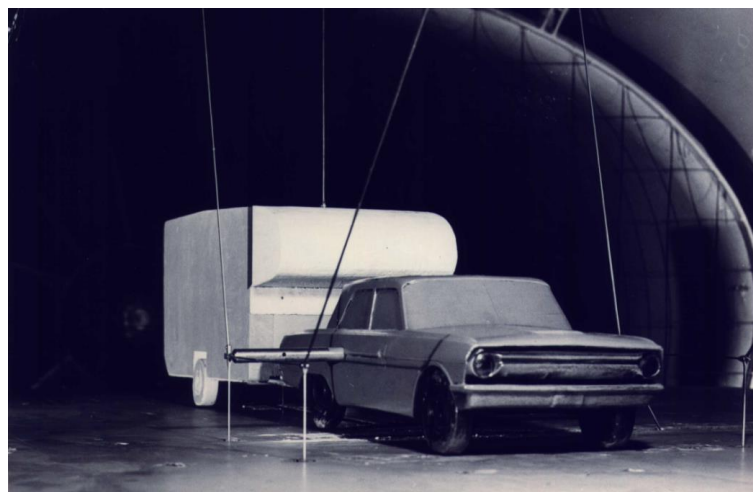


Рисунок 4 – Установка в аэродинамической трубе модели легкового автопоезда с прямоугольным жилым прицепом, оборудованным лобовым обтекателем на передней стенке кузова

Таблица 1 – Зависимости для расчетного определения снижения аэродинамического сопротивления легкового автопоезда за счет закругления фронтальных кромок высокого прицепа

Объект расчетных исследований	Исследуемый параметр		Зона и диапазон изменения исследуемого параметра		Расчетные формулы для определения величины снижения коэффициента аэродинамического сопротивления легкового автопоезда
	Наименование	Обозначение	Зона	Диапазон	
Легковой автопоезд с высоким прицепом	Относительный радиус закругления верхней фронтальной кромки прицепа	$R_{зв}/B_{пр}$	А	0÷0,06	$\Delta C_{хв} = 2,86 \left(\frac{R_{зв}}{B_{пр}}\right)$
			Б	0,06÷0,10	$\Delta C_{хв} = 0,155 + \sqrt{0,003 - \left(\frac{R_{зв}}{B_{пр}} - 0,1\right)^2}$
			В	0,10÷0,50	$\Delta C_{хв} = 0,207 + 0,083 \left(\frac{R_{зв}}{B_{пр}}\right)$
Легковой автопоезд с высоким прицепом	Относительный радиус закругления боковых фронтальных кромки прицепа	$R_{зб}/B_{пр}$	А	0÷0,03	$\Delta C_{хб} = 4,55 \left(\frac{R_{зб}}{B_{пр}}\right)$
			Б	0,03÷0,055	$\Delta C_{хб} = 0,125 + \sqrt{0,001 - \left(\frac{R_{зб}}{B_{пр}} - 0,06\right)^2}$
			В	0,055÷0,50	$\Delta C_{хб} = 0,157 + 0,0263 \left(\frac{R_{зб}}{B_{пр}}\right)$
Легковой автопоезд с высоким прицепом	Относительный радиус одновременного закругления верхней и боковых фронтальных кромки прицепа	$R_{зв,б}/B_{пр}$	А	0÷0,06	$\Delta C_{хв,б} = 4,77 \left(\frac{R_{зв,б}}{B_{пр}}\right)$
			Б	0,06÷0,14	$\Delta C_{хв,б} = 0,241 + \sqrt{0,009 - \left(\frac{R_{зв,б}}{B_{пр}} - 0,14\right)^2}$
			В	0,14÷0,50	$\Delta C_{хв,б} = 0,336 + 0,015 \left(\frac{R_{зв,б}}{B_{пр}}\right)$

В результате проведенных аналитических исследований получена зависимость, устанавливающая взаимосвязь между установочными параметрами обтекателя, его профилем, местом установки и геометрическими параметрами легкового автопоезда.

В третьей главе представлены результаты стендовых и дорожных экспериментальных исследований легкового автопоезда для оценки эффективности разработанных мероприятий по улучшению обтекаемости высокого прицепа. Стендовые испытания проводились в аэродинамической трубе института Механики МГУ им. М.В. Ломоносова. На рисунке 4 показана установка модели легкового автопоезда в рабочей части трубы.

На рисунках 5 и 6 приведены результаты испытаний автопоезда с высоким прицепом в аэродинамической трубе. Из числа исследованных конфигураций наибольшее значение коэффициента $C_x=0,63$ имеет модель автомобиля с прицепом, имеющим прямоугольный профиль. Путем закругления фронтальных кромок модели высокого прицепа радиусом 0,04м аэродинамическое сопротивление легкового автопоезда уменьшается на 35%. Наклон передней стенки прицепа под углом $\varphi_c=40^\circ$ с одновременным закруглением его верхней фронтальной кромки радиусом $R_b=0,04$ м обеспечил снижение коэффициента C_x модели автомобиля с прицепом прямоугольной формы на 32%. Примерно такое же снижение коэффициента C_x наблюдается при установке на легковом автомобиле щитового обтекателя высотой 0,08м, длиной 0,25м и углом наклона 50° . Эти параметры являются оптимальными по результатам выполненных ранее параметрических испытаний для данной модели.

Наибольшее снижение коэффициента C_x модели легкового автомобиля с прицепом, составившее 41% достигнуто при одновременной установке лобового обтекателя на прямоугольном прицепе и щитового обтекателя на крыше автомобиля.

Следует отметить, что при кососимметричном натекании потока эффективность предлагаемых мероприятий по улучшению обтекаемости легкового автомобиля с прицепом не равнозначна. При угле натекания потока $\beta=9^\circ$ наименьшее значение $C_x=0,43$ имеет модель, фронтальные кромки которой закруглены радиусом $R_{в0}=0,04\text{м}$. Близкие значения $C_x=0,46$ и $0,44$ имеет модель автомобиля с прицепом, имеющим наклоненную стенку и обтекателем на легковом автомобиле при косом обдуве.

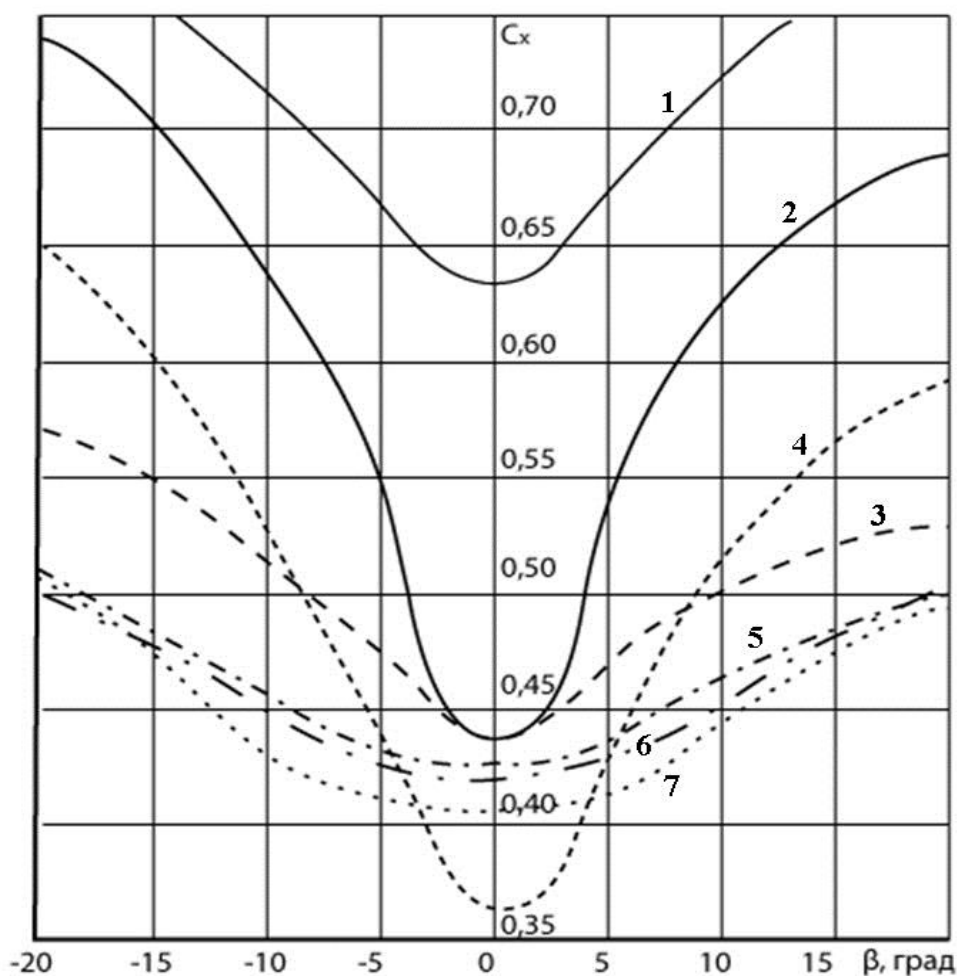


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента аэродинамического сопротивления C_x от угла натекания воздушного потока β для модели легкового автопоезда с прицепами различной конфигурации: 1 – прямоугольный; 2 – по варианту 1 с обтекателем на тягаче ($\alpha_0 = 50^\circ, l_0 = 0,25 \text{ м}$); 3 – по варианту 1 с обтекателем на передней стенке прицепа; 4 – по варианту 3 с обтекателем на тягаче ($\alpha_0 = 50^\circ, l_0 = 0,25 \text{ м}$); 5 – исходный с наклоненной передней стенкой; 6 – по варианту 5 с обтекателем на тягаче ($\alpha_0 = 50^\circ, l_0 = 0,25 \text{ м}$); 7 – по варианту 1 со скругленными фронтальными кромками кузова ($R=40 \text{ мм}$)

Одновременно со снижением аэродинамического сопротивления, рассмотренные мероприятия по улучшению обтекаемости высокого прямоугольного прицепа обеспечивают уменьшение действующей на него подъемной силы, а следовательно, улучшают курсовую устойчивость автомобиля с прицепом, повышают безопасность его движения. На рисунке 6 представлены зависимости коэффициента C_z подъемной силы модели легкового автомобиля с прицепами различных конфигураций от угла натекания воздушного потока. Очевидно, что по сравнению с прямоугольным прицепом, наклон его передней стенки и установка лобового обтекателя на автомобиле-тягаче снижают значение коэффициента C_z легкового автопоезда более чем на 70%.

Значительное снижение аэродинамического сопротивления легкового автопоезда с высоким прицепом за счет улучшения его обтекаемости путем закругления фронтальных кромок, наклона передней стенки, установки лобовых обтекателей на автомобиле-тягаче и прицепе позволяет снизить расход топлива автопоезда. На рисунке 7 приведены данные по снижению расхода топлива легкового автопоезда с высоким прицепом при реализации указанных выше мероприятий по улучшению его обтекаемости. Видно, что за счет закругления фронтальных кромок, наклона передней стенки прицепа и установки обтекателей расход топлива автопоезда уменьшается на 8%, 6%, 6%, 7% и 9% соответственно.

Дорожные испытания легкового автопоезда с высоким прицепом показали, что установка на автомобиле-тягаче лобового обтекателя позволяет снизить его расход топлива на 6% и повысить его максимальную скорость на 8%.

В четвертой главе приведены данные о методиках и объектах исследований, использовавшихся при проведении модельных и натурных испытаний в аэродинамической трубе и на дороге.

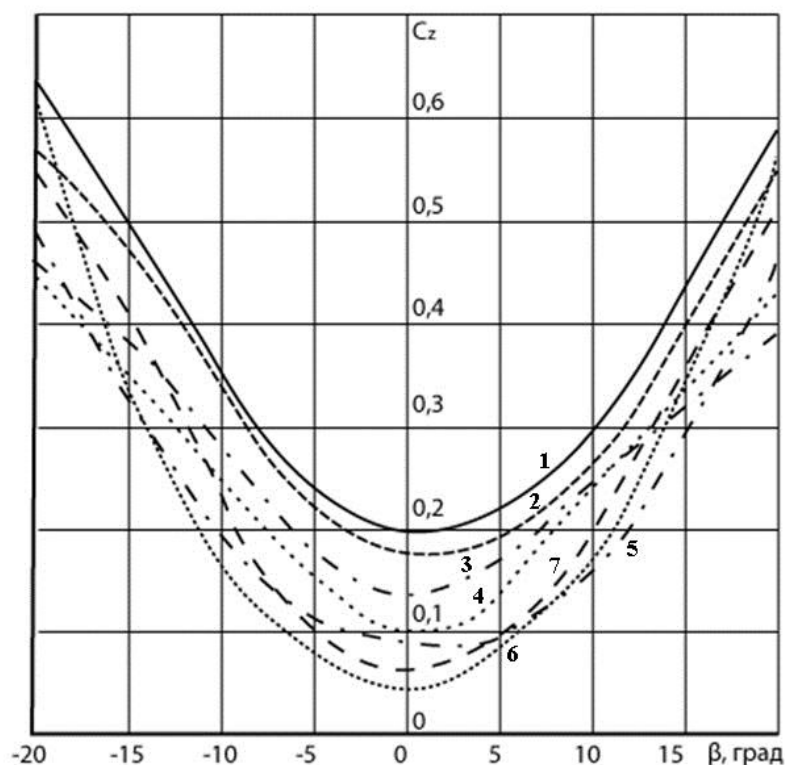


Рисунок 6 – Зависимость коэффициента подъемной силы C_z от угла натекания воздушного потока β для модели легкового автопоезда с прицепами различной конфигурации: кривые 1-7 соответствуют позициям рисунка 5



Рисунок 7 – Достижимое снижение расхода топлива легкового автопоезда с высоким прицепом при движении по бетонному шоссе со скоростью 70 км/ч за счет реализации разработанных мероприятий по улучшению обтекаемости прицепа

Объектом дорожных испытаний был легковой автопоезд в составе легкового автомобиля ВАЗ и высокого прицепа «Туртранс». На рисунке 8 показан общий вид такого легкового автопоезда с лобовым обтекателем на крыше автомобиля-тягача и конструкция обтекателя.



а)



б)

Рисунок 8 – Легковой автопоезд в составе легкового автомобиля ВАЗ, оборудованного лобовым обтекателем и высокого прицепа (а) и установка лобового обтекателя на крыше автомобиля-тягача (б)

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разработаны мероприятия по улучшению обтекаемости легкового автопоезда путем совершенствования формы высокого прицепа и применения лобовых обтекателей, устанавливаемых на автомобиле-тягаче и прицепе.
2. Получены расчетные зависимости, связывающие коэффициент аэродинамического сопротивления легкового автопоезда с радиусом закругления фронтальных кромок прицепа, углом наклона его передней стенки и углом натекания воздушного потока, которые можно использовать при компьютерном проектировании обтекаемых высоких прицепов.
3. Разработан метод расчета оптимальных конструктивных и установочных параметров лобового обтекателя на крыше автомобиля-тягача легкового автопоезда с прицепом различной высоты.
4. По результатам исследований в аэродинамической трубе установлена возможность значительного снижения аэродинамического сопротивления легкового автопоезда путем: закругления фронтальных кромок высокого прицепа - на 35%; наклона его передней стенки и закругления верхней фронтальной кромки - на 32%; установки лобового обтекателя на крыше автомобиля-тягача и прицепе - на 30% и 36% соответственно; установки лобовых обтекателей на автомобиле-тягаче и прицепе - на 41%.
5. Для эффективного снижения аэродинамического сопротивления легкового автопоезда с высоким прицепом рекомендуется закруглять его фронтальные кромки радиусом 200 мм, наклонять переднюю стенку на 40°.
6. Реализация указанных выше мероприятий по улучшению обтекаемости высокого прицепа позволяет снизить расход топлива легкового автопоезда при скорости 70 км/ч на 8%, 6%, 6%, 7%, 9% соответственно и увеличить его максимальную скорость на 8%.
7. Высокая эффективность применения лобовых обтекателей подтверждена результатами проведенных дорожных испытаний легкового автопоезда с обтекателем на автомобиле-тягаче: при скорости 80 км/ч расход топлива снизился на 9%.

8. Результаты диссертационной работы внедрены производственными предприятиями ООО «МАЗ-Купава», ООО «Студия дизайна АРТ-АП», ООО «ЛИНКС АВТО» и научно-исследовательским, образовательным учреждением Белорусский национальный технический университет.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ПЕЧАТНЫХ РАБОТАХ

1. **Шведов С.Б., Евграфов А.Н., Романенко Г.А.** Влияние формы кузова на аэродинамическое сопротивление автобуса // Известия вузов. Машиностроение. -М., 1998, №1. -С.81-83.
2. **Шведов С.Б., Евграфов А.Н.** Снижение расхода топлива легкового автомобиля с прицепом путем улучшения его обтекаемости // Труды НАМИ: сб. науч. ст. -М., 2013, вып.254. -С.89-94.
3. **Шведов С.Б., Евграфов А.Н.** Аэродинамические характеристики легкового автомобиля с прицепом // «Автомобильная промышленность». -М., 2014, №2. -С.10-11.
4. **Шведов С.Б., Евграфов А.Н.** Влияние формы прицепа на обтекаемость легкового автопоезда // «Грузовик». -М., 2014, №3. -С.5-7.
5. **Шведов С.Б.** Пути снижения аэродинамического сопротивления автомобиля с прицепом // Труды НАМИ: сб. науч. ст. -М., 2015, вып.258. -С.39-44.
6. **Шведов С.Б., Евграфов А.Н.** Метод расчета параметров верхнего обтекателя легкового автопоезда // Труды НАМИ: сб. науч. ст. -М., 2015, вып.258. -С.45-51.
7. **Шведов С.Б., Евграфов А.Н.** Расчет закругления фронтальных кромок высокого прицепа легкового автопоезда // «Автомобильная промышленность». -М., 2015, №6. -С.16-17.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная.
Тираж 100 экз. Заказ №725. Подписано в печать 25.03.2016 г.

Отпечатано в типографии АО «ВПК «НПО машиностроения»
М.о., г. Реутов, ул. Гагарина, д. 35, тел.: 8 (495) 508-87-22