

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ: ТЕОРИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, ПРОИЗВОДСТВО

УДК 629.3.01

EDN: EOCDLB

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННОГО ОБТЕКАТЕЛЯ ДЛЯ ЛЕГКОГО КОММЕРЧЕСКОГО АВТОМОБИЛЯ

А.С. Вашурин

ORCID: 0000-0001-8843-9488 e-mail: vashurin@nntu.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
*Нижний Новгород, Россия***А.А. Колин**

ORCID: 0000-0001-5151-0260 e-mail: kolinaa@nntu.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
*Нижний Новгород, Россия***Л.Н. Орлов**

ORCID: 0000-0003-4852-1174 e-mail: Lev.n.orlov@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
*Нижний Новгород, Россия***В.Ф. Кулепов**

ORCID: 0000-0002-8319-3973 e-mail: kulepov@dpingtu.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
*Нижний Новгород, Россия***С.Е. Манянин**

ORCID: 0009-0003-0245-0638 e-mail: sergmanian@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Нижний Новгород, Россия

Представлен анализ мероприятий по снижению аэродинамического сопротивления легкого коммерческого автомобиля. На основе обзора существующих практик установлено, что наиболее перспективным методом снижения аэродинамического сопротивления при переходе с бортовой версии на версию с тентом является установка обтекателя на крышу автомобиля. Проведена оценка влияния обтекателя на показатели потребляемого топлива. Объектом исследования выступает базовая модель автомобиля ГАЗ – А21R23, оснащенная бензиновым двигателем внутреннего сгорания. Оценка расхода топлива выполнена по результатам испытаний на постоянных скоростях: 60, 80 и 100 км/ч в ездовом цикле NEDC. Установлено, что у автомобиля с тентом расход топлива увеличивается на 7 %. Применение покупного обтекателя дало незначительный результат в экономии расхода топлива, показав необходимость разработки собственного аналога. Методом компьютерного моделирования доказано, что при установке разработанного обтекателя коэффициент аэродинамического сопротивления может быть снижен на 21 %, а экономия топлива в цикле NEDC составляет 5 %.

Ключевые слова: легкий коммерческий автомобиль, расход топлива, обтекатель, коэффициент аэродинамического сопротивления.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Вашурин, А.С. Оценка эффективности применения разработанного обтекателя для легкого коммерческого автомобиля / А.С. Вашурин, А.А. Колин, Л.Н. Орлов, В.Ф. Кулепов, С.Е. Манянин // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2024. № 4. С. 64-70. EDN: EOCDLB

EFFICIENCY EVALUATION OF DEVELOPED FAIRING FOR LIGHT COMMERCIAL VEHICLE

A.S. Vashurin

ORCID: **0000-0001-8843-9488** e-mail: **vashurin@nntu.ru**
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev
Nizhny Novgorod, Russia

A.A. Kolin

ORCID: **0000-0001-5151-0260** e-mail: **kolinaa@nntu.ru**
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev
Nizhny Novgorod, Russia

L.N. Orlov

ORCID: **0000-0003-4852-1174** e-mail: **Lev.n.orlov@mail.ru**
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev
Nizhny Novgorod, Russia

V.F. Kulepov

ORCID: **0000-0002-8319-3973** e-mail: **kulepov@dpingtu.ru**
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev
Nizhny Novgorod, Russia

S.E. Manyanin

ORCID: **0009-0003-0245-0638** e-mail: **sergmanian@yandex.ru**
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev
Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article analyzes measures to reduce the aerodynamic drag of a light commercial vehicle. A review of existing solutions showed that the most promising method of reducing aerodynamic drag when transition from an airborne version to a version with an awning is to install a fairing on the roof of the vehicle. The effect of the fairing on fuel consumption indicators was assessed. The object of study is the basic model of the GAZ vehicle – A21R23, equipped with a gasoline internal combustion engine. Its fuel consumption is estimated based on the results of tests carried out at constant speeds: 60, 80 and 100 km/h, in the NEDC driving cycle. It has been established that a vehicle with an awning has a 7% increase in fuel consumption. The use of a purchased fairing showed insignificant results in saving fuel consumption, so this led to the development of our own fairing. The obtained computer modeling data proved that installation of the developed fairing can reduced the aerodynamic drag coefficient by 21 %, and fuel savings in the NEDC cycle will be 5 %.

Key words: light commercial vehicle, fuel consumption, fairing, aerodynamic drag coefficient.

FOR CITATION: A.S. Vashurin, A.A. Kolin, L.N. Orlov, V.N. Naumov, V.F. Kulepov, S.E. Manyanin. Efficiency evaluation of developed fairing for light commercial vehicle. Transactions of NNSTU n.a. R.E. Alekseev. 2024. № 4. Pp. 64-70. EDN: EOCDLB

Введение

Одним из основных требований к наземным транспортным средствам является ограничение выбросов в атмосферу вредных веществ. Правилами ЕС 2019/63 на 2020 г. установлено предельное значение выброса CO₂ в размере 147 г/км для легкого коммерческого автомобиля. Требуемое снижение данного показателя к 2025 г. запланировано на 15 %, к 2030 г. – на 31 %. Можно сказать, что в ближайшее время энергия от двигателя внутреннего сгорания будет доминировать. Несомненно, для потребителя одним из важных показателей является расход топлива. В перечне характеристик транспортных средств он обычно указывался на

постоянной скорости, что в целом не отражает расходы топлива в городских условиях. С введением ГОСТ Р 58554-2019 автопроизводителю необходимо информировать потребителей о расходе топлива в л/100 км и выделяемых выбросах CO₂ (г/км) в городе и за городом. Снижение расхода топлива может благоприятно отразиться на выбросах CO₂ в г/км, а также повысить конкурентные преимущества автомобиля. Поэтому работы, направленные на снижение расхода топлива и повышение энергоэффективности, являются весьма актуальными, что отражено в Распоряжениях Правительства РФ № 831-р, № 3052-р по Стратегии развития автомобилестроения.

Существующие подходы к снижению расхода топлива в целом основаны на оптимизации ДВС и его режимов работы, а также на конструктивных параметров автомобиля. Одним из популярных направлений по изменению конструктивных параметров является снижение аэродинамического сопротивления [1-10]. Успешные работы в этом направлении можно отметить у автопроизводителей. Так, для цельнометаллических фургонов *Volkswagen Crafter*, *Mercedes-Benz Sprinter* получили распространение измененные в плане аэродинамики кузова (передний бампер, скос крыши, задняя зауженная часть, формы наружных зеркал). Наружная поверхность днища для автомобилей с передним приводом делается как можно более гладкой. У автомобиля *FIAT Ducato* большой угол наклона передних стоек обеспечивает одно из лучших значений коэффициента аэродинамического сопротивления в своем классе. У автомобиля *Iveco Daily* за счет изменения дизайна снижен коэффициент аэродинамического сопротивления на 6 %. Для автомобиля *Ford Transit* применяются автоматические жалюзи радиатора, снижающие аэродинамическое сопротивление при движении. Для модификаций автомобиля с тентами автопроизводители устанавливают обтекатели на крыше и по бокам.

Исследования показывают, что применение лобового обтекателя позволяет снизить аэродинамическое сопротивление C_x легкового автопоезда на 25-30 %, что эквивалентно уменьшению расхода топлива на 5-6 % [10]. Увеличение угла наклона лобового стекла кабины от 0 до 22° позволяет снизить значение C_x на 10 % [2]. Применение обтекаемых кабин, одинаковых по высоте и ширине с кузовом, уменьшает коэффициент аэродинамического сопротивления на 35 % [1]. За счет дополнительных аэродинамических элементов возможно снижение коэффициента C_x автомобилей ВАЗ на 10-15 % [9]. О снижении коэффициента аэродинамического сопротивления от установки аэродинамических элементов на легковом автомобиле говорится в работе [8]. В работе [13] приводится количественная оценка коэффициента C_x без изменения внешней формы автомобиля. Проводится оценка уменьшения коэффициента C_x в зависимости от дорожного просвета, установки боковых зеркал, опускания боковых стекол. В работе [5] отмечается, что при снижении аэродинамического сопротивления на 4 % расход топлива автотранспортным средством уменьшается примерно на 1 %. На основе результатов проведенного компьютерного моделирования [11] установлено, что при снижении аэродинамического сопротивления на 5 % наблюдается снижение расхода топлива в цикле *NEDC* в пределах 0,9 %.

В данной работе рассмотрено применение обтекателя для легкого коммерческого автомобиля с целью снижения расхода топлива. Учитывая опыт ранее проведенных исследований, достаточным результатом применения обтекателя может быть снижение аэродинамического коэффициента на 15 % при примерном снижении расхода топлива в районе 3-4 %.

Результаты исследования

Чтобы оценить влияние обтекателя на расход топлива, было предложено воспользоваться уже готовым обтекателем. В качестве объекта исследования был выбран автомобиль *A21R23* с бензиновым двигателем внутреннего сгорания. Для него были выбраны режимы движения на постоянных скоростях 60, 80 и 100 км/ч и движение по новому европейскому циклу вождения *NEDC*, в соответствии с правилами ООН № 101.

Дорожные испытания были выполнены специалистами НГТУ совместно с инженерами Горьковского автозавода при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках проекта «Создание высокотехнологичного производства модельного ряда автомобилей *GAZель Next* с новой электронной архитектурой электронных систем» по Соглашению № 075-11-2019-027 от 29.11.2019 г. (постановление Правительства Российской Федерации от 09 апреля 2010 года № 218). Испытания проходили три варианта автомобиля (рис. 1): с грузовой платформой (вариант № 1), с тентом (вариант № 2), с тентом и обтекателем (вариант № 3).

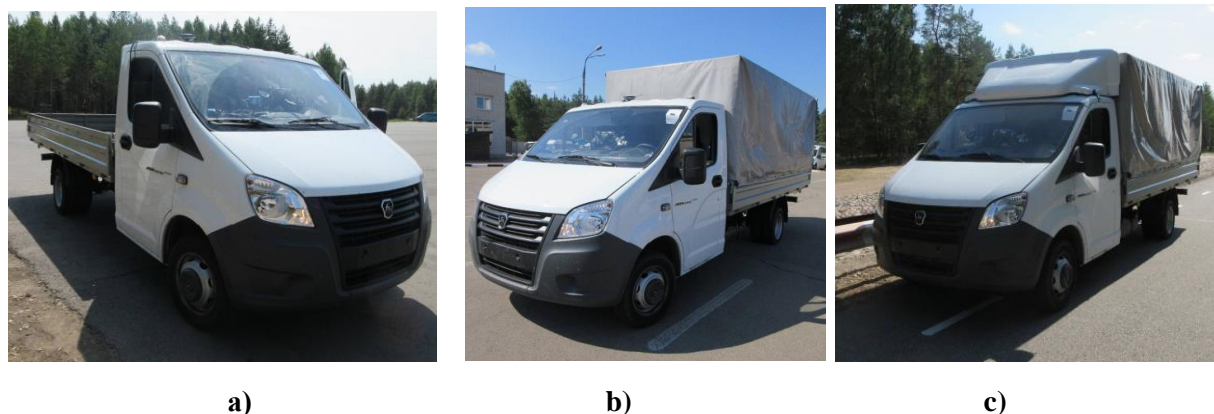


Рис. 1. Объект испытаний:
a) вариант № 1, b) вариант № 2, c) вариант № 3

Fig. 1. Test object:
a) option No.1, b) option No.2, c) option No.3

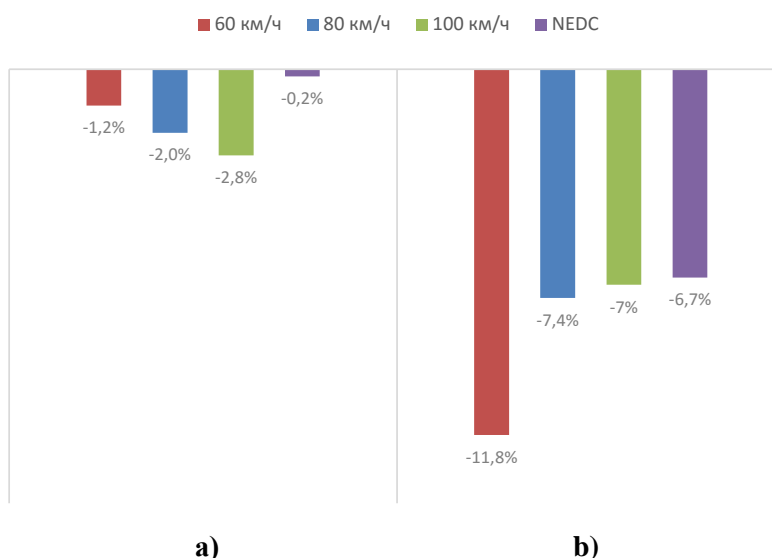


Рис. 2. Изменение расхода топлива на разных режимах движения, в %:
a) сравнение варианта № 2 с вариантом № 3; b) сравнение варианта № 2 с вариантом № 1

Fig. 2. Change in fuel consumption in different driving modes (%):
a) comparison of option No.2 with option No.3; b) comparison of option No.2 with option No.1

Натурные испытания по определению расхода топлива на постоянных скоростях и в ездовом цикле *NEDC* показали результаты, приведенные на рис. 2. За базовый вариант принят вариант № 2, от которого показано процентное изменение величины расхода топлива. Отрицательные значения указывают на снижение расхода топлива при сравнении вариантов. По результатам можно сказать, что установка тента создает увеличение силы сопротивления воздуха и, как следствие, приводит к увеличению расхода топлива в цикле *NEDC* на 7 %.

Установка покупного обтекателя в цикле *NEDC* приводит к снижению расхода топлива на 0,04 л/100 км (-0,2 %). Это не приводит к ощутимому снижению расхода топлива. Поэтому целевые показатели в снижении расхода топлива в пределах 3 % не были достигнуты. Необходимо отметить, что покупная модель обтекателя имела недостатки по способу крепления; было предложено разработать собственный обтекатель и конструкцию его крепления, отвечающую требованиям заказчика.

При разработке учтены следующие требования ОИЦ:

- унифицированное крепежное соединение без использования дверных проемов автомобиля;
- возможность установки обтекателя на кабину автомобиля при наличии фургона;
- стилистические пожелания в отношении формы обтекателя и места крепления габаритных огней.

Также необходимо обеспечить соблюдение Правил ООН № 48 в отношении расположения габаритных огней. Разработанный обтекатель представлен на рис. 3.

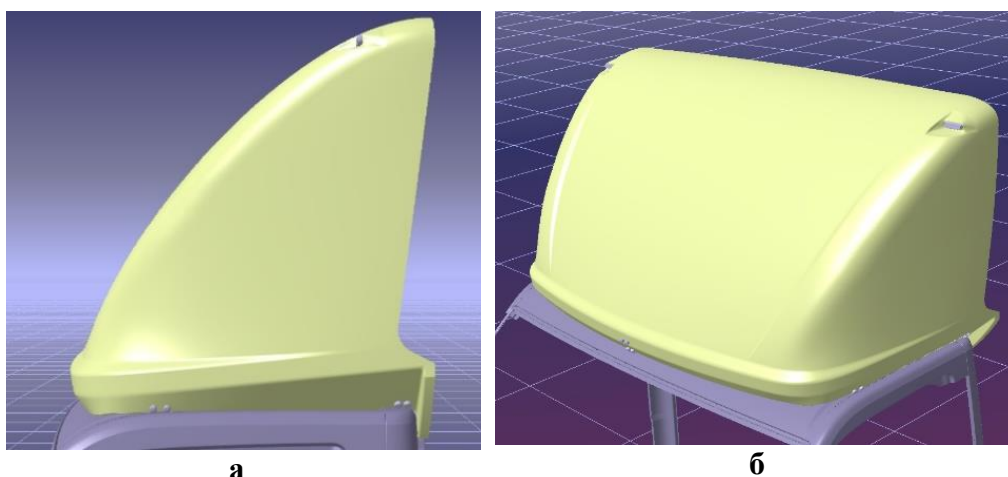


Рис. 3. Модель разработанного обтекателя:

а) вид сбоку, б) изометрический вид

Fig. 3. Model of the developed fairing:

a) side view, b) isometric view

CFD-расчеты, выполненные инженерами Горьковского автозавода, показали, что применение разработанного обтекателя снизило коэффициент аэродинамического сопротивления на 21 %. С учетом работ [5, 10, 11] можно спрогнозировать снижение расхода топлива в пределах 4 %. Для подтверждения этого было предложено проверить снижение коэффициента аэродинамического сопротивления на уже отлаженной и проверенной результатами натурных испытаний имитационной модели [12]. В расчете использовались два варианта автомобиля: с тентом и с тентом и обтекателем. Для простоты расчетов не была учтена масса самого обтекателя, и принималась в расчет полная масса действующего автомобиля. Выбраны такие же режимы, что и при натурных испытаниях, рассмотренных выше. Результаты компьютерного моделирования представлены на рис. 4. В соответствии с ними установлено, что при применении обтекателя снижение расхода топлива на 10 % наблюдается на постоянных скоростях и на - 5,3 % в цикле *NEDC*. Полученные результаты советуют целям исследования.

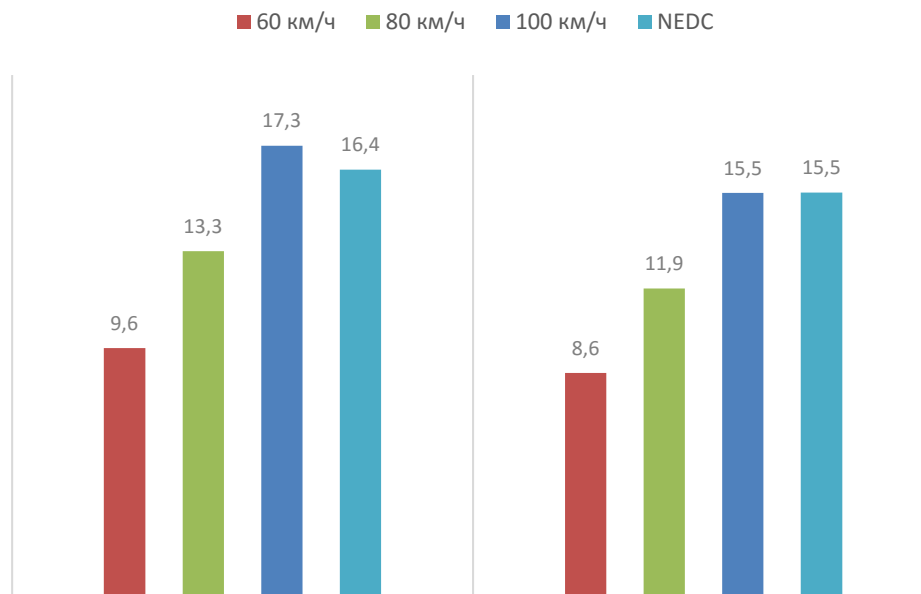


Рис. 4. Расчетные значения расхода топлива, л/100 км:
 а) автомобиль с тентом, б) автомобиль с тентом и обтекателем

Fig. 4. Estimated fuel consumption values, l/100 km:
 a) vehicle with an awning, b) vehicle with an awning and fairing

Выводы

Установка тента на бортовой автомобиль без обтекателя приводит к увеличению расхода топлива в пределах 7 % в ездовом цикле *NEDC*. Установка покупного обтекателя незначительно снижает расхода топлива на 0,2 %. Разработанный обтекатель позволяет снизить коэффициент аэродинамического сопротивления на 21 %. При этом результаты компьютерного моделирования показывают, что на постоянных скоростях наблюдается снижение расхода топлива на 10 %, а в цикле *NEDC* – на 5,3 %.

Решение о применении разработанного обтекателя требует его конструкторской доработки и проведения дополнительных натурных испытаний автомобиля.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках проекта «Создание высокотехнологичного производства модельного ряда автомобилей ГАЗель Next с новой электронной архитектурой электронных систем» по Соглашению № 075-11-2019-027 от 29.11.2019 (Постановление Правительства Российской Федерации от 09 апреля 2010 года № 218).

Библиографический список

1. **Гостев, К.А.** Совершенствование аэродинамических свойств магистрального автопоезда: автореферат дис. ... канд. техн. наук. – Москва, 1997. – 21 с. – EDN ZJVUTF.
2. **Безверхий, А.С.** Разработка и освоение технологии испытаний автомобилей в аэродинамической трубе научно-исследовательского центра по испытаниям и доводке автотехники (НИЦИАМТ): автореферат дис. ... канд. техн. наук. – Москва, 1997. – 28 с.
3. **Ватолин, А.К.** Пути снижения лобового сопротивления большегрузных автомобилей на основе исследований моделей в аэродинамических трубах: дисс. канд. техн. наук. – Казань, 1983. – 178 с. – EDN NPMСMP.
4. **Евграфов, А.Н.** Снижение аэродинамических потерь в подкапотном пространстве и поднищевой зоне легкового автомобиля / А.Н. Евграфов, А.И. Бурвцов, В.А. Мамедов // Совершенствование технико-экономических показателей автомобильной техники. М.: НАМИ, 1987. С. 98-101.

5. **Евграфов, А.Н.** Взаимосвязь коэффициента S_x с параметрами автомобильного кузова / А.Н. Евграфов, А.В. Кутяев, С.Б. Переверзев // Сб. науч. Труды МГИУ. – М., 2004. С. 93-98.
6. **Евграфов, А.Н.** Аэродинамическое сопротивление автомобилей и пути его снижения / А.Н. Евграфов, Е.Ф. Медведев, В.В. Московкин // Научные труды ВЗПИ. М.: 1982. С. 74-86.
7. **Евграфов, А.Н.** Некоторые результаты научно-исследовательских работ по снижению аэродинамического сопротивления автомобилей и автопоездов / А.Н. Евграфов, Е.Ф. Медведев, В.В. Московкин, В.А. Петрушов // Труды НАШ. Вып. 181, 1980. С. 52-61.
8. **Кутяев, А.В.** Влияние аэродинамики на формообразование кузова при проектировании автомобиля: дис. ... канд. техн. наук. – Москва, 2009. – 137 с. – EDN NQPMZN.
9. **Переверзев, С.Б.** Улучшение обтекаемости легкового автомобиля путем совершенствования параметров кузова: дис. ... канд. техн. наук. – Москва, 2005. – 19 с. – EDN NINXTH.
10. **Шведов, С.Б.** Совершенствование аэродинамики легкового автопоезда с высоким прицепом: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2016. – 140 с. – EDN YTGMMKU.
11. **Колин, А.А.** Влияние основных параметров автомобиля на расход топлива в ездовых циклах / А.А. Колин, С.Э. Силантьев, П.С. Рогов, С.А. Сергиевский // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 1(84). С. 149-156. – DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-1-149-156. – EDN MJNFFR.
12. **Колин, А.А.** Применение имитационной модели для определения динамических и топливно-экономических свойств автомобиля / А.А. Колин, С.Э. Силантьев, П.С. Рогов, С.А. Сергиевский // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2020. № 4(131). С. 101-108. DOI 10.46960/1816-210X_2020_4_101. EDN OEXIDU.
13. **Королев, Е.В.** Влияние параметров положения на аэродинамику легкового автомобиля / Е.В. Королев, А.В. Балыкин, С.И. Корженовский // Вестник НГИЭИ. 2011. Т. 2. № 6(7). С. 60-65. – EDN PIYCCX.

*Дата поступления
в редакцию: 13.03.2024*

*Дата принятия
к публикации: 24.10.2024*