

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА РАСХОДА ТОПЛИВ ДЛЯ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ КЛАССА M_3

С. В. Ильянов

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

e-mail: ilyanovsv@mail.ru

Аннотация. Действующие на настоящий момент документы в сфере нормирования расхода топлив автомобилями в течение длительного времени с момента их введения не претерпевали значительных корректировок. При этом в ходе анализа отчетности некоторых пассажирских АТП было установлено, что фактические расходы топлив автобусами соответствуют действующим нормам с некоторыми отклонениями. Проведенные на кафедре «Автомобильный транспорт» НГТУ им. Р. Е. Алексеева исследования доказывают неэффективность корректирования транспортной нормы по условиям эксплуатации в современных реалиях. Для устранения указанных недостатков была разработана вероятностно-аналитическая методика прогнозирования расхода топлива с учетом скоростного режима движения, которая показала высокую сходимость результатов с фактическими средними скоростями движения грузовых автомобилей при условии технически корректного управления. При этом в рекомендованную модель заложено равномерное движение автомобиля с постоянной средней скоростью как превалярующее при междугородних перевозках.

Целью настоящего исследования является усовершенствование разработанной методики прогнозирования расхода топлива с учетом скоростных режимов движения автобусов в городских условиях эксплуатации. Достижение поставленной цели позволит разработать рекомендации по нормированию расхода топлив городских автобусов.

Для реализации цели определено влияние дорожных сопротивлений при движении на дорогах с твердым покрытием, установлено распределение скоростей движения автобусов класса M_3 по маршрутам города Нижнего Новгорода для выявления закономерностей их изменения, определено влияние городских условий движения на расход топлив автобусами.

Расход топлива в городских условиях определяется как при движении автобуса с расчетной средней скоростью, согласно полученному распределению Вейбулла, используя положения теории автомобиля и влияние гидромеханической передачи на расход топлива, так и при простоях автобусов на остановочных пунктах, регулируемых перекрестках – как часовой расход.

Предлагаемый учет фактического распределения скоростей, городских условий эксплуатации и специфики работы ГМП существенно приближают результаты расчетов к фактическим значениям.

Завершением вышеуказанных исследований является усовершенствованная вероятностно-аналитическая методика прогнозирования расхода топлив с учетом скоростного режима движения в городских условиях эксплуатации, на основании которой будут разработаны рекомендации к нормированию расхода топлив городских автобусов.

Ключевые слова: расход топлива, нормирование расхода топлив, расход топлива автобусов.

Для цитирования: Ильянов С. В. Применение вероятностно-аналитической методики расчета расхода топлив для городских автобусов класса M_3 // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 4. – С. 125–132. DOI: 10.25198/2077-7175-2020-4-125.

APPLICATION OF PROBABILISTIC-ANALYTICAL METHOD FOR CALCULATING FUEL CONSUMPTION FOR CITY BUSES OF CLASS M_3

S. V. Ilyanov

Nizhny Novgorod State Technical University named after Alekseev R. E., Nizhny Novgorod, Russia

e-mail: ilyanovsv@mail.ru

Abstract. The documents currently in force in the field of rationing fuel consumption by automobiles for a long time since their introduction did not undergo significant adjustments. At the same time, during the analysis of the reporting of some passenger ATPs, it was found that the actual fuel consumption by buses complies with

current standards with some deviations. Held at the Department of “Automobile Transport” NSTU named after R. E. Alekseev’s studies prove the inefficiency of adjusting the transport norm according to operating conditions in modern realities. To eliminate these shortcomings, a probabilistic and analytical methodology for predicting fuel consumption was developed taking into account the high-speed driving mode, which showed a high convergence of the results with the actual average speeds of trucks under the condition of technically correct control. At the same time, the recommended model incorporates the uniform movement of the car with a constant average speed as prevailing in intercity transportation.

The purpose of this study is to improve the developed methodology for predicting fuel consumption, taking into account high-speed modes of bus movement in urban conditions. Achieving this goal will allow you to develop recommendations for rationing the fuel consumption of city buses.

To achieve the goal, the influence of road resistances when driving on paved roads was determined, the distribution of M3 class bus speeds along the routes of the city of Nizhny Novgorod was established to identify patterns of change, the influence of urban traffic conditions on fuel consumption by buses was determined.

Fuel consumption in urban conditions is determined both when the bus is moving at an estimated average speed, according to the Weibull distribution, using the theory of the car and the effect of hydromechanical transmission on fuel consumption, and when a bus stops at stopping points, regulated intersections - as hourly consumption.

The proposed accounting of the actual distribution of speeds, urban operating conditions and the specifics of the GMF operation significantly bring the calculation results closer to the actual values.

The completion of the above studies is an improved probabilistic and analytical methodology for predicting fuel consumption, taking into account the high-speed driving mode in urban operating conditions, on the basis of which recommendations will be developed for standardizing the fuel consumption of city buses.

Key words: fuel consumption, fuel consumption rationing, fuel consumption forecasting, the fuel consumption of buses.

Cite as: Ilyanov, S. V. (2020) [Application of a probabilistic-analytical method for calculating fuel consumption for city buses of class M₃]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 4, pp. 125–132. DOI: 10.25198/2077-71 75-2020-4-125.

Введение

В настоящее время в муниципальных пассажирских автотранспортных предприятиях Российской Федерации для нормирования и учета затрат на перевозки применяются Нормы расхода топлива на автомобильном транспорте, утверждаемые Минтрансом РФ, которые подразумевают установленное значение меры его потребления при работе автомобилей конкретной марки, модели или модификации [5, 14]. В некоторых случаях расход топлива учитывается исходя из объема его фактического потребления за отчетный период. При анализе первичной отчетности некоторых пассажирских АТП Нижегородской области выявлено, что фактические расходы топлив автобусами отклоняются от действующих Норм. При этом система нормирования расхода топлива в нашей стране долгое время не претерпевала значительных изменений.

Обзор нормативных документов и научных исследований

С развитием законодательства в области нормирования расхода топлива начиная с 1993 года на автомобильном транспорте стали использоваться следующие виды норм расхода: линейные нормы расхода топлива, учитывающие процесс движения автомобилей, нормы расхода топлива, связанные с работой установленного на автомобилях специального оборудования, а также удельные нормы

расхода топлива на единицу выполненной транспортной работы.

При нормировании расхода топлив автобусами стали учитывать работу отопителей в салоне, что актуально и по настоящее время:

$$Q_{\text{н}} = 0,01 \cdot (H_{\text{с}} \cdot S) \cdot (1 \pm 0,01 \cdot Д) + H_{\text{от}} \cdot T, \quad (1)$$

где

$Q_{\text{н}}$ – потребное (нормируемое) количество топлива, л;

$H_{\text{с}}$ – норма на 100 км пробега автобуса, л/100 км;

S – общий пробег, км;

$Д$ – поправочный коэффициент, %;

$H_{\text{от}}$ – норма расхода топлива на работу отопителя или отопителей, л/час;

T – время работы автомобиля с включенным отопителем, час.

На настоящий момент, с учетом последних распоряжений Минтранса РФ от 06.04.2018 № НА-51-р и от 20.09.2018 № ИА-159-р, система нормирования претерпела следующие изменения [14]:

– обновлен и дополнен перечень марок, моделей и модификаций АМТС, базовых норм расхода топлива которых ранее не вводилось;

– изменены формулировки и значения некоторых действующих коэффициентов и добавлены новые;

– снижены линейные нормы расхода автомобильного бензина, дизельного топлива, сжиженно-

го газа и сжатого природного газа на 100 км пробега для отдельных моделей и модификаций автобусов;

– изменена методика нормирования расхода топлива легковыми автомобилями.

Других значимых изменений не имеется.

Параллельно развитию законодательства в области нормирования расхода топлива совершенствовались и научные теории в области топливной экономичности и планирования расхода топлив для различных категорий АМТС, в частности:

– разработаны и усовершенствованы методики прогнозирования расхода топлив с учетом различных факторов:

– скорость движения по маршруту следования [2, 3];

– состояние дорожного покрытия на маршруте [4];

– часовой расход топлива двигателем или удельный эффективный расход топлива [10, 12];

– исследованы зависимости влияния разных условий эксплуатации (зимние, городские, пригородные) на расход топлива различных категорий АМТС [6, 7, 9, 11].

Кроме того, на настоящий момент проведено множество научных исследований в области определения тягово-скоростных и топливно-экономических характеристик АМТС [13, 15, 16], в результате которых разработаны методики определения и корректирования расхода топлива автомобилей. В ряде работ предлагаются дополнительные коэффициенты, либо показатели оценки работы АМТС с точки зрения топливной экономичности.

Проведенные исследования позволили разработать и внедрить маршрутные нормы расхода топлива в некоторых регионах для городских и пригородных автобусных маршрутов [6, 7]. При этом имеются сложности использования в практических целях предложенных регрессионных математических моделей расхода топлива в силу неясности физического и математического смысла аппроксимирующих коэффициентов и их значений.

Вместе с тем, как показывают ранее проведенные исследования, расчет расхода топлива не может и не должен быть простым ввиду влияния множества случайных факторов на процесс расходования топлива автомобилями.

Проведенные исследования [1] показывают, что отклонения базовых норм расхода топлива для грузовых автомобилей классов N_2 , N_3 и расчетных значений расхода топлива являются незначительными, не превышающими 7%. При этом доказана неэффективность корректирования транспортной нормы по условиям эксплуатации в современных реалиях. Полученные таким образом эксплуатационные нормы расхода топлива грузовых автомобилей превышают расчетные в идентичных условиях до 26%.

Для устранения указанных недостатков на кафедре «Автомобильный транспорт» НГТУ им. Р. Е. Алексеева разработана вероятностно-аналитическая методика прогнозирования расхода топлива с учетом скоростного режима движения [1].

Данная методика показала высокую сходимость результатов с фактическими средними скоростями движения грузовых автомобилей при условии технически корректного управления. При этом необходимо отметить, что в рекомендованную модель заложено равномерное движение автомобиля с постоянной средней скоростью, как преобладающее при междугородних и международных перевозках.

Таким образом, выдвинута гипотеза, согласно которой предполагается, что базовые и эксплуатационные нормы расхода топлива городскими автобусами класса M_3 также значительно отличаются от фактических. При этом не подлежит сомнению факт влияния скоростей движения на расход топлива АМТС. Поэтому данная методика требует усовершенствования при ее использовании для автобусов в условиях городского движения.

Цель исследования

Усовершенствование разработанной вероятностно-аналитической методики прогнозирования расхода топлива с учетом скоростных режимов движения автобусов в городских условиях эксплуатации. Достижение поставленной цели позволит разработать рекомендации по нормированию расхода топлив городских автобусов.

Результаты исследования

Для реализации цели в настоящее время на кафедре «Автомобильный транспорт» НГТУ им. Р. Е. Алексеева проведены следующие исследования:

а) Определение влияния дорожных сопротивлений при движении на дорогах с твердым покрытием на примере города Нижнего Новгорода.

Для определения коэффициента сопротивления качению существуют три научных метода: буксировки, выбега и стендовые испытания. В целях данной работы выбран метод выбега, согласно которому определялось время выбега АМТС со скорости 60 км/ч. Результаты полученных замеров были усреднены и получены расчетные значения коэффициента сопротивления качению f . Поскольку в фактических условиях эксплуатации не существует абсолютно горизонтальных покрытий дорожного полотна, то полученные значения соответствуют суммарному дорожному сопротивлению $\bar{\psi}$.

Для равнинной части города Нижнего Новгорода среднее значение суммарного дорожного сопротивления для сухого асфальтового покрытия составляет $\bar{\psi} = 0,0158$.

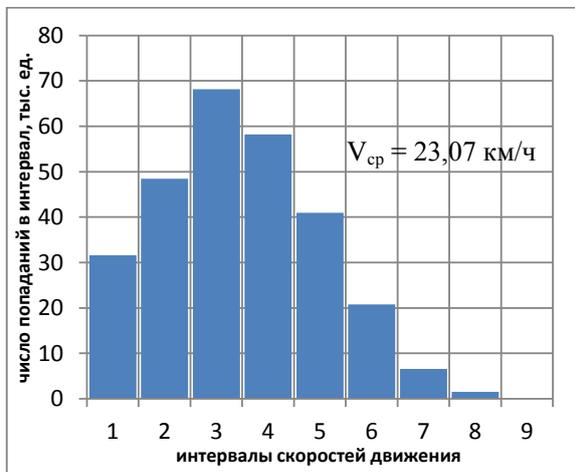
б) Распределение скоростей движения автобусов класса M_3 по маршрутам города Нижнего Новгорода для выявления закономерностей их изменения.

Для решения указанной задачи проведены исследования фактического распределения скоростей движения автобусов ЛИАЗ с гидромеханической передачей на маршрутах города Нижнего Новгорода. Данные по значениям скоростей движения для математического анализа были извлечены из баз данных прикладного программно-технического комплекса «АвтоГРАФ.Про 7», использующего средства спутниковой навигации GPS («ГЛОНАСС»).

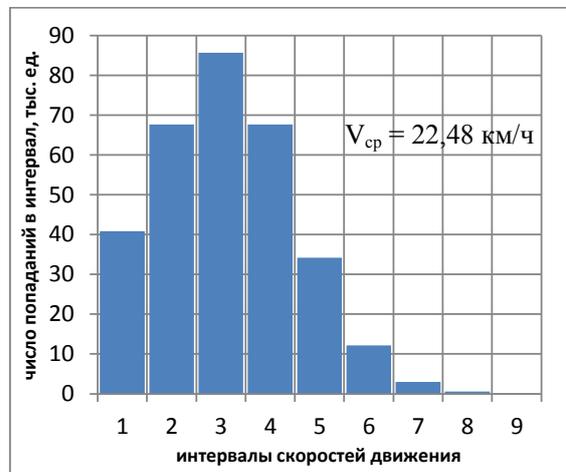
Обработан общий объем (свыше 1 236 тыс. измерений) статистических данных значений скоростей за период эксплуатации АМТС в течение 1 года (с 2018 г. по 2019 г.) и подтверждена гипотеза о приме-

нимости закона распределения случайных величин Вейбулла, определены параметры распределения.

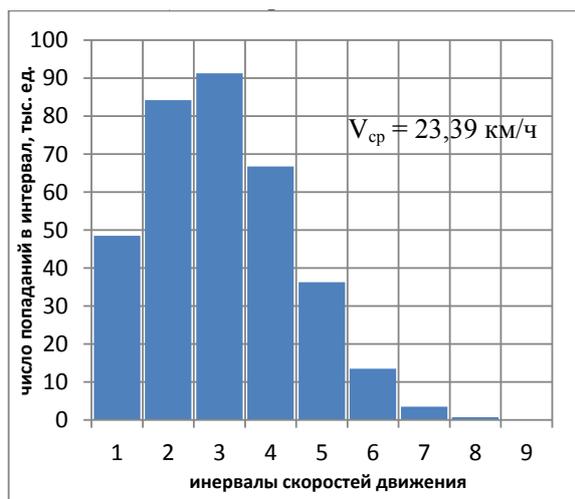
Общее количество значений скоростей было разделено по кварталам года (рис. 1 а, б, в, г), среднее число значений за каждый квартал около 310 тысяч измерений, с длиной интервала около 8 км/ч. Диапазоны скоростей, зафиксированных при измерениях программно-техническим комплексом «АвтоГРАФ.Про 7», составляют от 0,05 км/ч до 73,5 км/ч. Среднее годовое математическое ожидание скорости движения без учета простоя на остановочных пунктах составляет 23,2 км/ч. При исключении из выборки пиковых скоростей движения (более 60 км/ч), наличие которых связано с движением автобуса без пассажиров (из парка к началу маршрута, обратно в парк), значение среднего годового математического ожидания скорости движения составляет 21,9 км/ч.



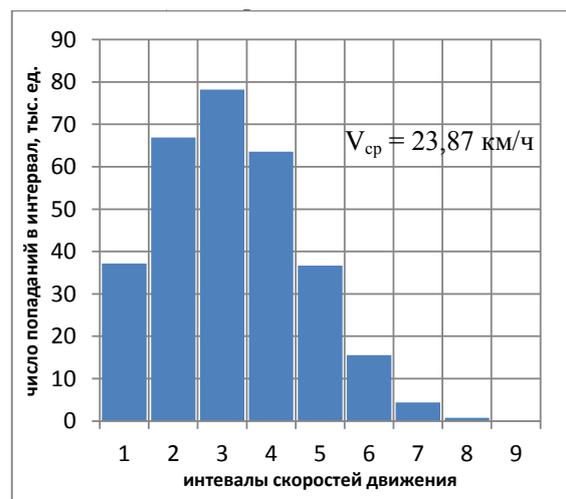
а) IV квартал 2018 г.



б) I квартал 2019 г.



в) II квартал 2019 г.



г) III квартал 2019 г.

Рисунок 1. Распределение значений скоростей по интервалам

Распределения скоростей по кварталам года отличаются друг от друга незначительно, что характеризует технически грамотное управление автобусов водителями, то есть вне зависимости от времени года водители используют однотипные схемы движения на маршрутах.

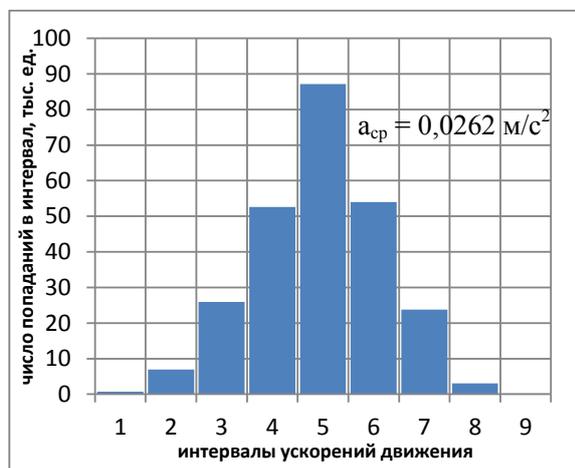
в) Определение влияния городских условий движения на расход топлива автобусами в рамках корректирования разработанной методики прогнозирования расхода топлива [1].

Неравномерность движения оценивается изменением величин ускорений при движении автобусов по городским маршрутам, в связи с чем проведены исследования фактического распределения ускорений движения автобусов ЛИАЗ с гидромеханической передачей на маршрутах города Нижнего Новгорода.

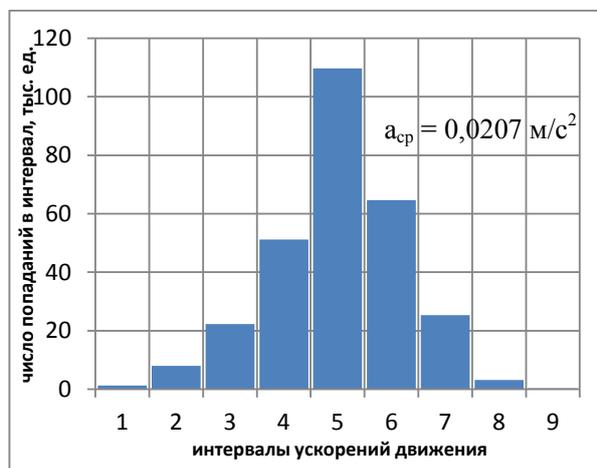
За годовой эксплуатационный период АМТС обработан общий объем (свыше 1 132 тысяч изме-

рений) статистических данных значений ускорений и подтверждена гипотеза о применимости нормального закона распределения случайных величин, а также определены параметры распределения.

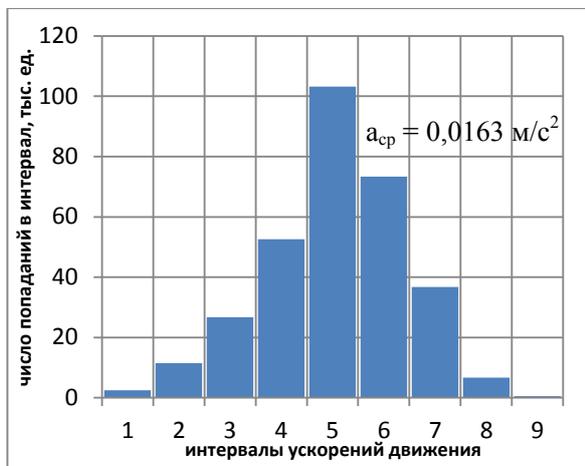
Все статистические значения ускорений, зафиксированные программно-техническим комплексом «АвтоГРАФ.Про 7», распределены по кварталам года (рисунок 2 а, б, в, г), среднее число значений за каждый квартал около 283 тысяч измерений, с длиной интервала около 0,45 м/с². Из массива ускорений 99,91% значений укладываются в диапазон от -2,0 м/с² до 2,0 м/с², что также соответствует правилу «трех сигма». При этом отклонения значений от вышеуказанного диапазона объясняются необходимостью обеспечения безопасности дорожного движения (в частности применение резкого торможения при возникновении опасности). Среднее годовое математическое ожидание ускорений составляет 0,0212 м/с².



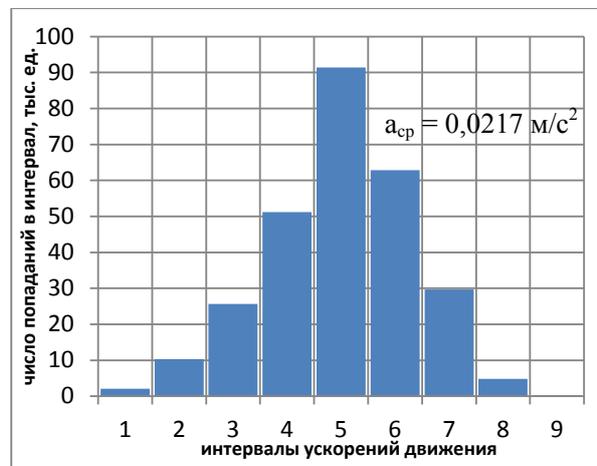
а) IV квартал 2018 г.



б) I квартал 2019 г.



в) II квартал 2019 г.



г) III квартал 2019 г.

Рисунок 2. Распределение значений ускорений по интервалам

Данные исследования проведены для оценки влияния неравномерности движения автобуса на прямолинейных участках городских маршрутов и поворотах с учетом требований безопасности движения (отсутствие бокового скольжения – заноса и продольного скольжения – юза) на среднюю скорость движения.

Используя выражение критической скорости по условию поперечного заноса и юза, получен математический вид коэффициента учета городских условий эксплуатации:

$$k_z = \sqrt{(\Phi_y^2 - \chi^2)} \quad (2)$$

где

Φ_y – коэффициент поперечного сцепления шин с дорогой;

χ – коэффициент тормозной (или тяговой) силы (отношение силы к весу автомобиля, приходящемуся на колесо).

В данной работе усовершенствование существующей методики производилось в несколько этапов:

1) учет фактического распределения скоростей (рисунок 1);

2) учет специфики городского движения (рисунок 2 и выражение (2));

3) учет специфики работы ГМП.

Без учета вышеуказанных усовершенствований итоговое значение средней скорости согласно существующей методики составляет около 41 км/ч. С учетом фактических распределений скоростей средняя скорость составляет около 27 км/ч, учитывая городское движение (наличие ограничения скоростей, регулирования дорожного движения и дорог со сложным планом) средняя расчетная скорость снижается до 23 км/ч, а принимая во внимание специфику работы ГМП для различных моделей ДВС (семейства ЯМЗ и Cummins) составляет около 20 км/ч. При этом значение фактического среднего годового математического ожидания скорости движения составляет 21,9 км/ч.

Расчет расхода топлива в городских условиях для целей настоящего исследования подразделяется на две составляющие:

а) при движении автобуса с расчетной средней скоростью, согласно полученному распределению Вейбулла, используя общеизвестные положения теории автомобиля, а также влияние ГМП на расход топлива.

Расход топлива, зафиксированный комплексом «АвтоГРАФ.Про 7», соответствующий движению со скоростями близкими к среднегодовым значениям, составляет от 35,94 л/100 км до 37,38 л/100 км.

Методика в существующем виде дает значение расхода топлива 27,41 л/100 км, с учетом городских условий движения и распределения скоростей по-

лучаем 30,85 л/100 км (согласно этапам корректирования это расход только на движение, без учета остановок).

б) при простоях автобусов на остановочных пунктах (ОП), регулируемых перекрестках и т.п. – как часовой расход двигателя.

Проведенные на кафедре «Автомобильный транспорт» НГТУ им. Р. Е. Алексеева совместно с Департаментом транспорта и связи г. Нижнего Новгорода исследования [8] устанавливают законы распределения общего времени простоя автобуса на ОП для г. Нижнего Новгорода и составляющие этого времени.

Общее время задержки (простоя) автобуса на ОП включает в себя: дополнительное время, необходимое для поступления (смены) автобуса на ОП ($t_{\text{доп}}$); время открытия дверей ($t_{\text{од}}$); время обслуживания (посадки-высадки) пассажиров ($t_{\text{обсл}}$); время простоя в ожидании пассажиров ($t_{\text{пво}}$); время закрытия дверей ($t_{\text{зд}}$); время убытия автобуса с ОП при наличии заездного кармана ($t_{\text{уб}}$).

Для целей настоящего исследования часть расхода топлива, рассчитанного как часовой расход топлива двигателем, обусловлена наличием составляющих общего времени простоя на ОП: $t_{\text{од}} = t_{\text{зд}} = 1-2$ с; $t_{\text{обсл}} = 12-15$ с; $t_{\text{пво}} = 20-40$ с, согласно полученным гистограммам распределений для города Нижнего Новгорода [8].

Общий расход топлива автобуса на маршруте определяется в диапазоне от средней наполняемости салона пассажирами (на основе экспериментальных данных [8]) и предельной вместимости автобуса.

Для данных условий фактический часовой расход топлива составляет 4,02 л/ч в холодный период времени года.

Заключение

Вероятностно-аналитическая методика в существующем виде [1] дает существенное отличие от фактических значений как скоростей движения (около 41 км/ч и 21,9 км/ч соответственно, то есть 40,5 %), так и расходов топлива для городских условий эксплуатации автобусов с ГМП (27,41 л / 100 км и 37,38 л/100 км соответственно, то есть 26,7 %). Предлагаемый учет фактического распределения скоростей, городских условий эксплуатации (выражение (2)) и специфики работы ГМП существенно приближают результаты расчетов к фактическим значениям.

С учетом вышеописанных изменений существующей методики, а также положений топливно-экономического расчета автомобилей с ГМП прогнозируемый расход топлива существенно приближается к фактическим значениям.

Завершением вышеуказанных исследований является усовершенствованная вероятностно-аналитическая методика прогнозирования расхода

топлив с учетом скоростного режима движения в городских условиях эксплуатации, на основании которой будут разработаны рекомендации к нормированию расхода топлив городских автобусов.

Литература

1. Борисов Г. В., Ильянов С. В., Кузьмин Н. А., Корчажкин М. Г. Теоретическое прогнозирование расходов топлива грузовыми автомобилями: монография. – LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, 2018. – 176 с.
2. Борисов Г. В., Кузьмин Н. А., Ерофеева Л. Н. Аналитический подход к нормированию расхода автомобильных топлив // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2015. – № 3. – С. 91–96.
3. Борисов Г. В., Лелиовский К. Я., Кузьмин Н. А. К вопросу о нормировании расхода жидких топлив на автомобильном транспорте // Автотранспортное предприятие. – 2015. – № 2. – С. 51–55.
4. Гринберг Н., Кузьминер М., Немчинов М., Ткачев С. Шероховатость дорожного покрытия и топливная экономичность // Автомобильный транспорт. – 1993. – №11/88. – С. 32.
5. Ильянов С. В., Кузьмин Н. А. Анализ состояния дел по нормированию расходов топлива на автомобильном транспорте России // Транспортные системы. – 2017. – №3(6). – С. 32–36.
6. Исполатов Б. Ю. Разработка методики нормирования маршрутного расхода топлива автобуса ЛиАЗ-6212 в эксплуатации: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Москва, 2005. – 176 с.
7. Корякин А. А. Разработка методики маршрутного нормирования расхода топлива для газодизельных автобусов: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Москва, 2000. – 220 с.
8. Липенков А. В. Повышение эффективности функционирования городского пассажирского транспорта на основе управления пропускной способностью остановочных пунктов: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Н. Новгород, 2015. – 128 с.
9. Маняшин С. А. Моделирование расхода топлива автомобилями на базе ездового цикла в низкотемпературных условиях эксплуатации: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Оренбург, 2013. – 172 с.
10. Трофименко Ю. В., Шелмаков С. В. Оценка токсичности и топливной экономичности автотранспортных средств в ездовых циклах // Транспорт: Наука, техника, управление. – 1994. – № 3. – С. 56–63.
11. Федорова Г. С. Приспособленность автомобилей по расходу топлива к повышенным скоростям движения при низких температурах окружающего воздуха: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Тюмень, 2006. – 195 с.
12. Чистяков А. Н. Влияние неравномерности движения на расход топлива: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Тюмень, 2006. – 158 с.
13. Galgamuwa, U., Perera, L., Bandara, S. (2015). Developing a General Methodology for Driving Cycle Construction: Comparison of Various Established Driving Cycles in the World to Propose a General Approach. *Journal of Transportation Technologies*, 5, P. 191–203.
14. Pryanov, S. V., Borisov, G. V. (2019). Enhancement of fuel consumption regulation for city buses in the Russian Federation. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 632, IOP Publishing, “International Conference on Innovations in Automotive and Aerospace Engineering 27 May to 1 June 2019”. С. 012054.
15. Peskov, V. I., Kuzmin, N. A., Kuzmin, A. N. (2018). Rated definition of daily fuel consumption of a city shuttle bus. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 386, Development, Research, Certification. Сер. “The 102nd International Scientific and Technical Conference “Intelligent Systems of Driver Assistance: Development, Research, Certification””. С. 012022.
16. Tzirakis, E., Pitsas, K., Zannikos, F. (2006). Vehicle emissions and driving cycles: comparison of the athens driving cycle (ADC) with ECE-15 and european driving cycle (EDC). *Global NEST Journal*, Vol. 8, No 3, P. 282-290.

References

1. Borisov, G. V., Il'yanov, S. V., Kuz'min, N. A., Korchazhkin, M. G. (2018) *Teoreticheskoe prognozirovaniye raskhodov topliva gruzovymi avtomobilyami* [Theoretical forecasting of fuel consumption by trucks]. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 176 p.
2. Borisov, G. V., Kuz'min, N. A., Erofeeva, L. N. (2015) [Analytical approach to the regulation of the consumption of vehicle fuels]. *Intellekt. Innovacii. Investicii*. [Intelligence. Innovations. Investment.]. Vol. 3, pp. 91–96. (In Russ.).
3. Borisov, G. V., Leliovskij, K. YA., Kuz'min, N. A. (2015) [On the issue of rationing the consumption of liquid fuels in road transport]. *Avtotransportnoye predpriyatie* [Motor transport enterprise]. Vol. 2, pp. 51–55. (In Russ.).
4. Grinberg, N., Kuz'miner, M., Nemchinov, M., Tkachev, S. (1993) [The roughness of the road surface and fuel efficiency]. *Avtomobil'nyj transport* [Road transport]. Vol. 11/88, pp. 32. (In Russ.).

5. Ильянов, С. В., Кузьмин, Н. А. (2017) [Analysis of the state of Affairs on rationing fuel consumption in Russian motor transport]. *Transportnye sistemy* [Transportsystem]. Vol. 3(6), pp. 32–36. (In Russ.).
6. Ispolatov, B. YU. (2005) *Razrabotka metodiki normirovaniya marshrutnogo raskhoda topliva avtobusa LiAZ-6212 v ekspluatatsii*. Kand. Diss. [Development of a methodology for rationing the route fuel consumption of the LiAZ-6212 bus in operation. Cand. Diss.]. Moscow, 176 p.
7. Koryakin, A. A. (2000) *Razrabotka metodiki marshrutnogo normirovaniya raskhoda topliva dlya gazodizel'nykh avtobusov*. kand. Diss. [Development of a methodology for route rationing of fuel consumption for gas-diesel buses. kand. Diss.]. Moscow, 220 p.
8. Lipenkov, A. V. (2015) *Povyshenie effektivnosti funkcionirovaniya gorodskogo passazhirskogo transporta na osnove upravleniya propusknoy sposobnost'yu ostanovochnykh punktov*. Kand. Diss. [Improving the efficiency of urban passenger transport by managing the capacity of stopping points. Cand. Diss.]. N. Novgorod, 128 p.
9. Manyashin, S. A. (2013) *Modelirovanie raskhoda topliva avtomobilyami na baze ezdovogo cikla v nizkotemperaturnykh usloviyah ekspluatatsii*. Kand. Diss. [Simulation of fuel consumption by vehicles based on the driving cycle in low-temperature operating conditions. Cand. Diss.]. Orenburg, 172 p.
10. Trofimenko, YU. V., Shelmakov, S. V. (1994) [Assessment of vehicle toxicity and fuel efficiency in driving cycles]. *Transport: Nauka, tekhnika, upravlenie* [Transport: Science, technology, management]. Vol. 3, pp. 56–63. (In Russ.).
11. Fedorova, G. S. (2006) *Prisposoblennost' avtomobilej po raskhodu topliva k povyshennym skorostyam dvizheniya pri nizkih temperaturah okruzhayushchego vozduha*. Kand. Diss. [Adaptability of vehicles for fuel consumption to increased speeds at low ambient temperatures. Cand. Diss.]. Tyumen, 195 p.
12. Chistyakov, A. N. (2006) *Vliyaniye neravnomernosti dvizheniya na raskhod topliva*. Kand. Diss. [Influence of uneven traffic on fuel consumption. Cand. Diss.]. Tyumen, 158 p.
13. Galgamuwa, U., Perera, L., Bandara, S. (2015) Developing a General Methodology for Driving Cycle Construction: Comparison of Various Established Driving Cycles in the World to Propose a General Approach. *Journal of Transportation Technologies*. Vol. 5, pp. 191–203.
14. Ilyanov, S. V., Borisov, G. V. (2019) Enhancement of fuel consumption regulation for city buses in the Russian Federation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 632, IOP Publishing, "International Conference on Innovations in Automotive and Aerospace Engineering 27 May to 1 June. C 012054*.
15. Peskov, V. I., Kuzmin, N. A., Kuzmin, A. N. (2018) Rated definition of daily fuel consumption of a city shuttle bus. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 386, Development, Research, Certification. Ser. "The 102nd International Scientific and Technical Conference "Intelligent Systems of Driver Assistance: Development, Research, Certification" ". C. 012022*.
16. Tzirakis, E., Pitsas, K., Zannikos, F. (2006) Vehicle emissions and driving cycles: comparison of the athens driving cycle (ADC) with ECE-15 and european driving cycle (EDC). *GlobalNEST Journal*. Vol 8, No 3, pp. 282-290. (In Engl.).

Информация об авторе:

Сергей Владимирович Ильянов, старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия
Scopus Author ID: 57212172537
e-mail: ilyanovsv@mail.ru

Статья поступила в редакцию: 17.03.2020; принята в печать: 17.06.2020.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Sergey Vladimirovich Ilyanov, senior lecturer, Department of Road transport, Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia
Scopus Author ID: 57212172537
e-mail: ilyanovsv@mail.ru

The paper was submitted: 17.03.2020.

Accepted for publication: 17.06.2020.

The author has read and approved the final manuscript.