

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАСХОДОВ ТОПЛИВА С УЧЕТОМ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ

С. В. Ильянов<sup>1</sup>, Н. А. Кузьмин<sup>2</sup>, Г. В. Борисов<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup> e-mail: [ilyanovsv@mail.ru](mailto:ilyanovsv@mail.ru)

<sup>2</sup> e-mail: [kuznntu@mail.ru](mailto:kuznntu@mail.ru)

<sup>3</sup> e-mail: [bgv-nn@yandex.ru](mailto:bgv-nn@yandex.ru)

**Аннотация.** Сегодня существует большое количество диссертационных исследований и научных работ, охватывающих вопросы тягово-скоростных и топливно-экономических характеристик автотранспортных средств (АТС), результаты которых представлены в виде: регрессионных моделей, аппроксимирующих зависимости, математических моделей на основе многофакторного анализа, включающих в себя ряд дополнительных коэффициентов, в связи с чем использование результатов данных работ на практике ограничено, поскольку требует высокой квалификации персонала автотранспортных предприятий (АТП) и применение специальных программно-технических средств.

Вместе с тем на кафедре автомобильного транспорта Нижегородского государственного технического университета им. П. Е. Алексеева (НГТУ им. П. Е. Алексеева) разработана вероятностно-аналитическая методика прогнозирования расхода топлива автопоездами с учетом скоростного режима движения, которая показывает высокую сходимость результатов с фактическими средними скоростями движения только для равномерного движения с постоянной средней скоростью, что не применимо к оценке расхода топлива городских автобусов.

На основании выдвинутой гипотезы о применимости распределения Вейбулла-Гнеденко для расчета средних скоростей движения городских автобусов и нормального распределения для расчета ускорений при движении сформулированы задачи данного исследования, выраженные в разработке математических моделей, отражающих зависимости скоростей и ускорений при движении автобусов в городских условиях эксплуатации, для планирования их расходов топлива.

Для решения поставленных задач проведены следующие экспериментальные исследования: определение среднего коэффициента суммарного дорожного сопротивления; фактическое распределение скоростей и ускорений при движении городских автобусов; определение среднего фактического значения расхода топлива при движении автобуса и при простое на остановочных пунктах.

По результатам обработки экспериментальных исследований подтверждена возможность применения закона Вейбулла-Гнеденко для описания фактических скоростей движения в городских условиях и нормального закона для описания ускорений при движении городских автобусов, что позволяет планировать расходы топлива с использованием аналитического аппарата теории вероятностей и математической статистики и использовать разработанную методику в практике автопредприятий.

На основании проведенных экспериментальных исследований и теоретических изысканий в данной области разработана аналитическая методика планирования расходов топлива городскими автобусами с учетом скоростного режима их движения, позволяющая планировать расходы топлива без проведения дополнительных экспериментов.

Проведение подобных исследований для других видов автомобилей и оценки неучтенных показателей дорожных, транспортных и природно-климатических условий эксплуатации позволит создать обобщенную аналитическую методику планирования расходов топлива автомобилями в различных условиях эксплуатации.

**Ключевые слова:** нормирование расхода топлива, расход топлива автобусов, скорость движения.

**Для цитирования:** Ильянов С. В., Кузьмин Н. А., Борисов Г. В. Результаты экспериментальных исследований расхода топлива с учетом скоростных режимов движения городских автобусов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2021. – № 3. – С. 72–80. DOI: 10.25198/2077-7175-2021-3-72.

## EXPERIMENTAL RESULTS OF FUEL CONSUMPTIONS CONSIDERING THE SPEEDS OF CITY BUSES

S. V. Ilyanov<sup>1</sup>, N. A. Kuzmin<sup>2</sup>, G. V. Borisov<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup> e-mail: ilyanovsv@mail.ru

<sup>2</sup> e-mail: kuznntu@mail.ru

<sup>3</sup> e-mail: bgv-nn@yandex.ru

**Abstract.** At the moment, there is a large number of dissertations and scientific works covering the issues of traction-speed and fuel-economic characteristics of vehicles, the results of which are presented in the form of: regression models, approximating dependencies, mathematical models based on multivariate analysis, including a number of additional coefficients. In this connection, the use of the results of these works in practice is limited, since it requires high qualifications of the MTE personnel and the use of special software and hardware.

At the same time, at the department "Automobile transport" NSTU named after R. E. Alekseev developed a probabilistic-analytical method for predicting fuel consumption by road trains, considering the high-speed mode of movement, which shows a high convergence of results with actual average speeds only for uniform movement of buses with a constant average speed, which is not applicable to the assessment of fuel consumption of city buses.

Based on the hypothesis put forward on the applicability of the Weibull-Gnedenko distribution for calculating the average speeds of city buses and the normal distribution for calculating accelerations during movement, the tasks of this study are formulated, expressed in the development of mathematical models reflecting the dependences of speeds and accelerations during bus movement in urban operating conditions, for planning their fuel consumption.

To solve the set tasks, the following experimental studies were carried out: determination of the average coefficient of total road resistance; the actual distribution of speeds and accelerations when driving city buses; determination of the average actual value of fuel consumption when the bus is moving and when idle at stopping points.

Based on the results of processing experimental studies, the possibility of using the Weibull-Gnedenko law to describe the actual speeds in urban conditions and the normal law to describe accelerations when driving city buses was confirmed, which allows planning fuel consumption using the analytical apparatus of the theory of probability and mathematical statistics and using the developed methodology in practice of motor transport enterprises.

Based on experimental studies and theoretical studies in this area, an analytical method for planning fuel consumption for city buses, considering the speed of their movement, has been developed, which allows planning fuel consumption without additional experiments.

Carrying out such studies for other types of motor vehicles and assessing unaccounted for indicators of road, transport and natural-climatic operating conditions will create a generalized analytical method for planning fuel consumption by vehicles in various operating conditions.

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

**Cite as:** Ilyanov, S. V., Kuzmin, N. A., Borisov, G. V. (2021) [Experimental results of fuel consumptions considering the speeds of city buses]. *Intellect. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 3, pp. 72–80. DOI: 10.25198/2077-7175-2021-3-72.

### Введение

Сегодня существует большое количество диссертационных исследований и научных работ, охватывающих вопросы тягово-скоростных и топливно-экономических характеристик АТС. Их анализ показывает [1, 3], что результаты представляются в виде: регрессионных моделей, аппроксимирующих зависимостей, математических моделей на основе многофакторного анализа, включающих в себя ряд дополнительных коэффициентов [2, 4, 5, 8–14, 16]. В связи с этим использование результатов данных

работ на практике ограничено, поскольку требует высокой квалификации персонала АТП и применение специальных программно-технических средств.

Вместе с тем на кафедре автомобильного транспорта НГТУ им. Р. Е. Алексева разработана вероятностно-аналитическая методика прогнозирования расхода топлива автопоездами с учетом скоростного режима движения [1], которая показала высокую сходимость результатов с фактическими средними скоростями движения грузовых автомобилей при равномерном движении с постоянной

средней скоростью. При этом указанная методика не применима к оценке расхода топлива городских автобусов, в связи с неудовлетворительными результатами расчета наиболее вероятных скоростей движения.

В соответствии с этим сформулированы задачи данного исследования, выраженные в разработке математических моделей, отражающих зависимости скоростей и ускорений при движении автобусов в городских условиях эксплуатации, для планирования их расходов топлива.

Таким образом, была выдвинута [3] гипотеза о применимости распределения закона Вейбулла-Гнеденко для расчета средних скоростей движения городских автобусов и нормального распределения для расчета ускорений при движении для последующего планирования расходов топлива.

### Задачи и стадии исследования

Основной задачей проведенных исследований является подтверждение разработанной аналитической методики планирования расходов топлива городскими автобусами в части вышеуказанных математических моделей.

Для этого были проведены следующие исследования:

- определение среднего коэффициента суммарного дорожного сопротивления  $\bar{\psi}$  на основании экспериментальных замеров при движении по дорогам с твердым покрытием на примере города Нижнего Новгорода;
- фактическое распределение скоростей движения городских автобусов  $f(v)$ ;
- фактическое распределение ускорений при движении городских автобусов  $f(\alpha)$ ;
- определение среднего фактического значения расхода топлива при движении автобуса и при простое на остановочных пунктах.

Экспериментальные данные получены с помощью следующих технических и программных средств: легковой автомобиль, комплекс датчиков системы спутникового мониторинга транспорта «АвтоГРАФ», установленный на автобус ЛиАЗ-5293, программная среда «АвтоГРАФ 7» (версия 2019.5.7), MS Excel (версия 2010), сервис Яндекс.Карты.

Стадии проведенных экспериментальных исследований включают в себя: первичную обработку результатов исследований, построение гистограмм фактического распределения скоростей движения автобусов в городских условиях эксплуатации; подтверждение невозможности описания их нормальным законом распределения; предложения по виду гистограмм каких-либо законов распределения;

проверка предложенных законов по критерию  $\chi^2$  (критерий Пирсона). Аналогично описаны результаты обработки ускорений при движении автобусов в городских условиях эксплуатации.

### Результаты исследования

Определение среднего фактического значения расхода топлива при движении автобуса и при простое на остановочных пунктах проводилось следующим образом: все записи данных, полученные при исследовании, при оценке значений расходов топлива были разделены на три группы в зависимости от величины трех параметров ( $V$  – скорость движения;  $Q_s$  – расход топлива;  $G_T$  – часовой расход топлива):

- режим движения автобуса  $V > 0$ ;  $Q_s > 0$ ;
- режим наката  $V > 0$ ;  $Q_s = 0$ ;
- режим простоя автобуса  $V = 0$ ;  $G_T > 0$ .

Разделение всей выборки на режимы движения и простоя автобусов позволяет объективно оценить результаты экспериментальных исследований, которые усреднены за весь период проведенных исследований.

Определение величины коэффициента суммарного дорожного сопротивления проводилось в сентябре 2018 года, о чем составлен соответствующий протокол эксперимента. Условия проведения испытания: сухой асфальт, без значительных повреждений; без видимых уклонов, поворотов и спусков; с использованием штатного круиз-контроля автомобиля методом выбега. Среднее значение коэффициента суммарного дорожного сопротивления по результатам 20 замеров составило  $\bar{\psi} = 0.01586$ .

В период с сентября 2018 года по август 2019 года проводились исследования скоростных режимов движения городских автобусов, а также их расходов топлива по наиболее показательным маршрутам, учитывающим специфику дорожной сети города Нижнего Новгорода, с использованием вышеуказанных программно-технических средств. В результате обработки экспериментальных данных подтверждены законы распределения Вейбулла-Гнеденко для скоростей движения и нормальный закон для ускорений. Для составления ниже представленных гистограмм распределения приняты месяцы из каждого квартала года, характеризующиеся максимальным пассажиропотоком и наименьшими простоями в обслуживании и ремонтах обследуемого автобуса (118 автомобиле-дней работы на маршруте). Графически данные распределения скоростей представлены по кварталам на рисунке 1 [3] и в целом за год на рисунке 2.

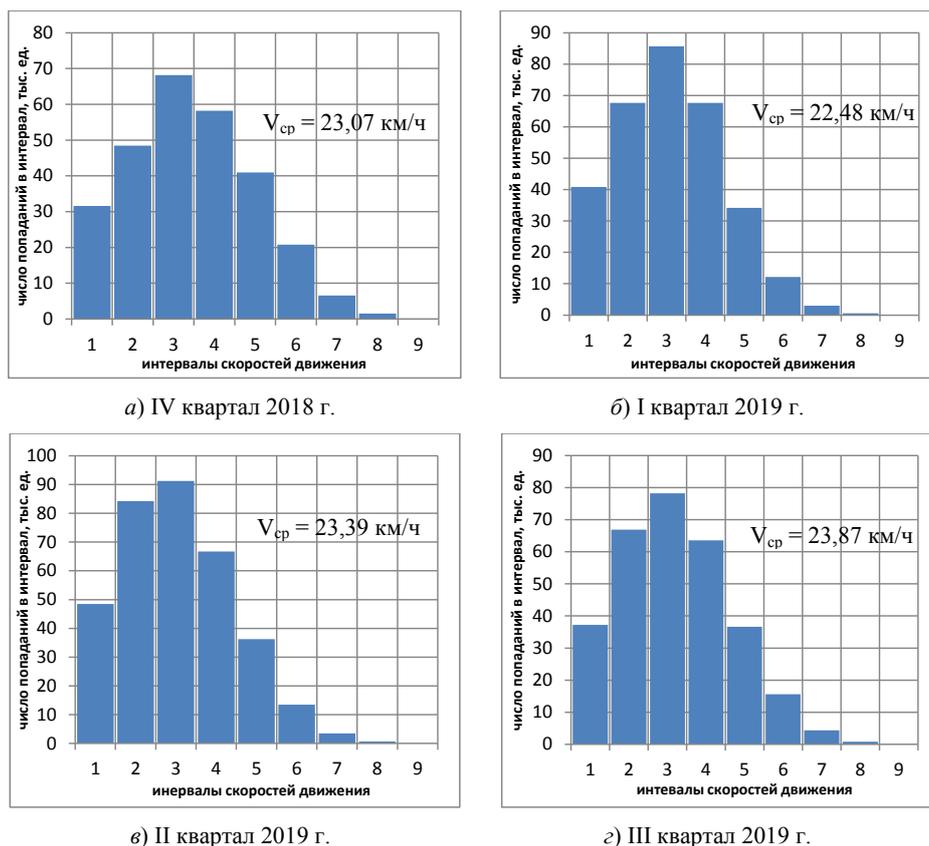


Рисунок 1. Распределение значений скоростей по кварталам  
 Источник: разработано авторами

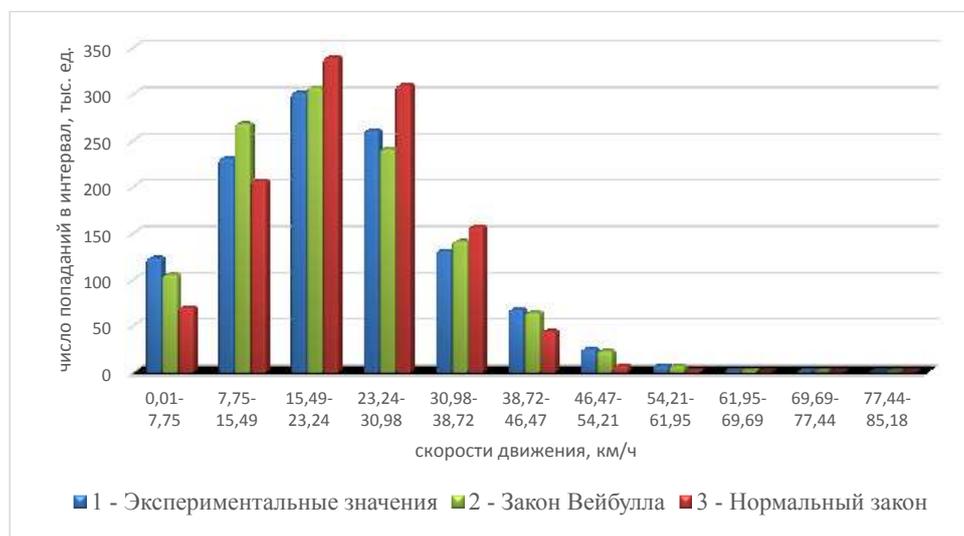


Рисунок 2. Гистограммы фактического и теоретических распределений скоростей за исследуемый период  
 Источник: разработано авторами

При обработке экспериментальных исследований скоростей движения автобуса получены следующие результаты (оценка согласия производилась с применением критерия Пирсона):

– за каждый исследуемый период и в целом за все периоды подтверждена возможность использования закона Вейбулла-Гнеденко с функцией плотности вероятности:

$$f(V) = 0,0327e^{-\left(\frac{V-22,0280}{204,016}\right)^2} \quad (1)$$

и математическим ожиданием за год  $\bar{V} = 22,03$  км/ч;  
 – доказана меньшая точность нормального закона распределения, а также невозможность его при-

менения за некоторые исследуемые периоды.

На рисунке 3 [3] представлены гистограммы распределения ускорений при движении автобуса.

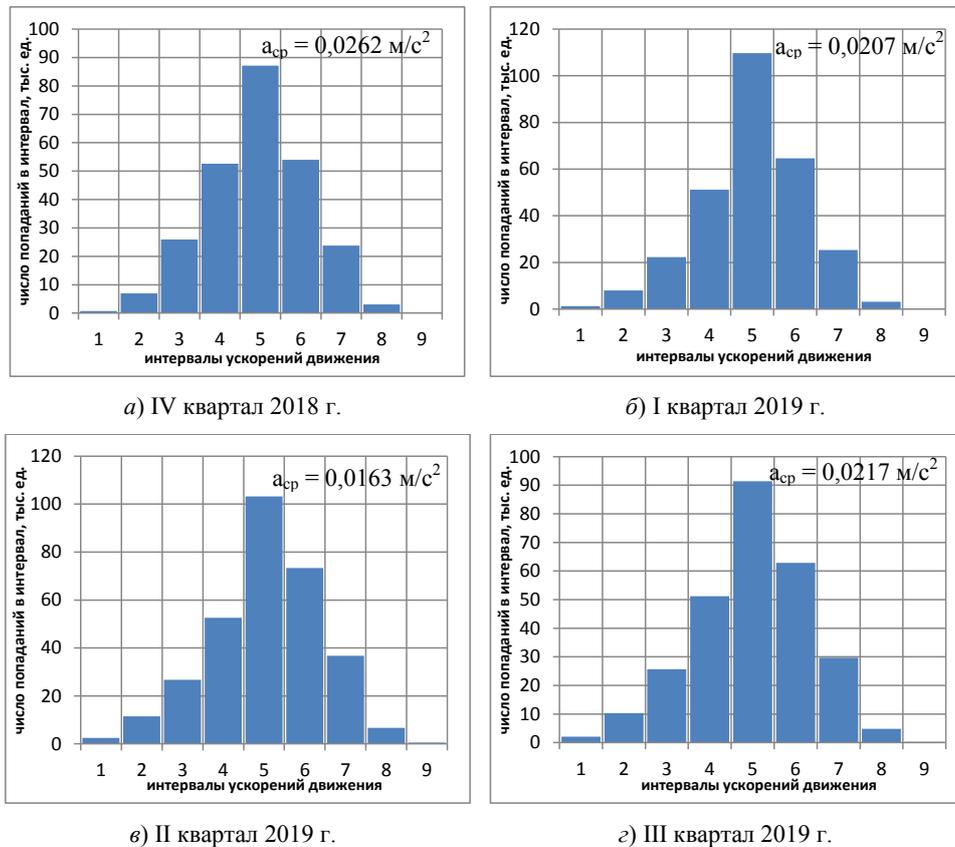


Рисунок 3. Распределение значений ускорений по кварталам

Источник: разработано авторами

При обработке экспериментальных исследований ускорений при движении автобуса получены следующие результаты (оценка согласия производилась с применением критерия Пирсона):

– за каждый исследуемый период подтверждена возможность использования нормального закона распределения с функцией плотности вероятности (на примере IV квартала 2018 года, рис. 3а):

$$f(a) = 0,687e^{-\left(\frac{a-0,02615}{0,6743}\right)^2} \quad (2)$$

при этом среднее годовое значение ускорений составляет  $\bar{a} = 0,0275 \text{ м/с}^2$ ;

ющая следующее:

– доказано, что за каждый исследуемый период математические ожидания ускорений положительны, что оказывает непосредственное влияние на расход топлива.

– введен расчет выходных показателей работы гидромеханической передачи, являющихся исходными данными для определения средних скоростей и расходов топлива городскими автобусами;

На основании вышепредставленных результатов исследований разработана методика, включа-

– предложено выражение для определения средней скорости движения для заданного режима работы двигателя  $s$  [15]:

$$V_{cp}^s = V_{i_{кп}=1} \cdot K_y, \quad (3)$$

где

$V_{i_{кп}} = 1$  – скорость движения автобуса на прямой ( $i_{кп} = 1$ ) передаче,

условий эксплуатации;

$K_y = k_r \cdot \sum_{i=1}^n \frac{k_i}{\sum_{i=1}^n \frac{k_i \cdot i_{кп}}{\delta_i}}$  – коэффициент учета

– предложено выражение для корректирующего коэффициента  $k_r$ , учитывающего сложность городских дорожных условий эксплуатации:

$$k_r = \sqrt{\varphi_y^2 - \left(\frac{2F_{Ti}^s}{G_{атс}}\right)^2}, \quad (4)$$

где

$\varphi_y$  – коэффициент поперечного сцепления шин с дорогой;  $F_{Ti}^s$  – сила тяги на ведущих колесах, соответствующая движению на -ой передаче и режиму  $S$  работы двигателя;  $G_{атс}$  – полный вес автобуса;

– предложено усреднение расчетной величины средней скорости с учетом фактического распределения по выражению (1) для целей планирования расходов топлива;

– предложено усреднение расчетной величины ускорений при движении с учетом фактического распределения по выражению (2) для определения потерь мощности двигателя, связанных с движением автобуса с ускорениями для последующего планирования расходов топлива.

В соответствии с разработанной аналитической методикой и задачами экспериментальных исследо-

ваний получены следующие результаты:

– наиболее вероятное расчетное значение средней скорости движения автобуса – 22,25 км/ч, при этом отклонение от математического ожидания фактической средней скорости движения составляет 0,98 %;

– расчетное значение расхода топлива, соответствующее режиму движения автобуса с наиболее вероятной средней скоростью и простоями автобуса на остановочных пунктах [6, 7], составляет 51,17 л/100 км, при этом отклонение от фактического значения расхода топлива (51,51 л/100 км) составляет 0,66 %.

Указанные отклонения фактических и расчетных значений расходов топлива в зависимости от заполняемости автобуса пассажирами и скорости движения с привязкой к значению нормы расхода топлива представлены на рисунке 4.

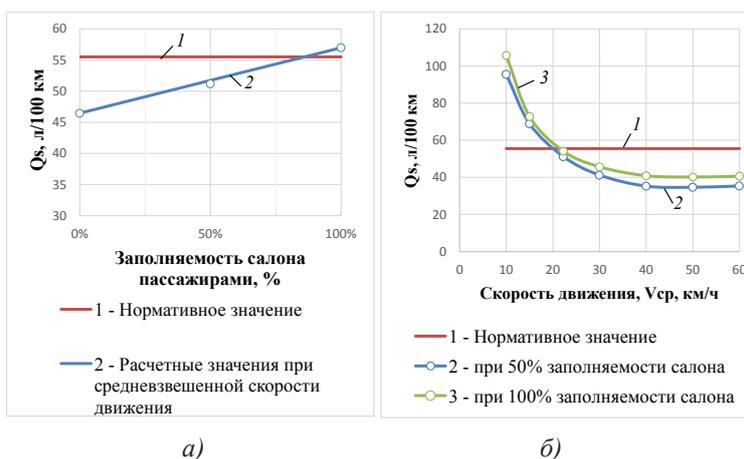


Рисунок 4. Изменение линейного расхода топлива в зависимости от:

а) – заполняемости салона пассажирами при средневзвешенной скорости движения;

б) – средней скорости движения автобуса при заполняемости салона пассажирами 50% и 100%

Источник: разработано авторами

Полученные низкие значения отклонений рассчитанных величин объясняются следующим: расчет проведен для заполняемости автобуса пассажирами близкой к средней фактической величине (около 50%), для условий эксплуатации, соответствующих эксперименту и конкретному городскому маршруту [3]. При изменениях фактической заполняемости автобуса от 0% до 100% отклонения расчетных от нормативных значений составляют от –16,29% до 2,67%. При изменениях фактической средней скорости движения автобуса от 10 км/ч до 60 км/ч отклонения расчетных от нормативных значений составляют от 90,47% до –36,29%.

Вместе с тем нормирование расходов топлива на автомобильном транспорте осуществляется со-

гласно распоряжению Минтранса РФ от 14.03.2008 № АМ-23-р [3]. С учетом двух надбавок, характеризующих городское движение (25% – при работе автотранспорта с численностью населения от 1 до 5 млн. человек; 10% – при работе автотранспорта, требующей частых технологических остановок, связанных с погрузкой и выгрузкой, посадкой и высадкой пассажиров...), норма расхода топлива для автобуса ЛиАЗ-5293 составляет 55,5 л/100 км. Следует отметить, что транспортная норма расхода топлива для указанного автобуса составляет 41,1 л/100 км и для сравнительного анализа не использовались дополнительные корректирующие коэффициенты и работа отопителя салона.

### Заключение

Проведенные исследования и аналитические расчеты позволяют сформулировать следующие выводы:

– нормативное значение расхода топлива в городских условиях эксплуатации превышает фактическое полное значение на 7,8% для идентичных условий эксплуатации;

– транспортная норма расхода топлива автобуса ЛиАЗ-5293 – 41,1 л/100 км соответствует фактическому расходу топлива – 40,18 л/100 км при 100% заполняемости автобуса пассажирами при средних скоростях движения около 50 км/ч, отклонение при этом составляет 2,3%.

Таким образом, проведенными исследованиями доказана состоятельность аналитической методики планирования расходов топлива городскими автобусами.

К настоящему времени на кафедре автомобильного транспорта НГТУ им. Р. Е. Алексеева в рамках единого научного направления завершены исследования влияния изменения скоростей движения и полных масс грузовых автомобилей; изменения скоростей, ускорений и заполняемости пассажирами городских автобусов, оборудованных гидроме-

ханической передачей, на расход топлива.

Данные исследования, в целом описывающие влияние изменения ряда показателей дорожных и транспортных условий эксплуатации автомобилей на расход топлива, представляют научную ценность, прежде всего, для целей изменения или корректирования системы нормирования расхода автомобильных топлив на автомобильном транспорте для заданных условий эксплуатации.

Аналитический аппарат разработанных методик требует дальнейшего усовершенствования в части добавления математических моделей, описывающих влияние других неучтенных показателей на расход топлива автомобилями, например, уклонов дорожной поверхности. С другой стороны, требуется проведение подобных представленных в настоящей статье исследований для других видов автомобилей и типов их конструкции в заданных условиях их эксплуатации.

Реализация указанных направлений развития и совершенствования разработанных методик позволит создать обобщенную аналитическую методику планирования расходов топлива автомобилями, которую, с необходимыми для практических целей упрощениями, можно использовать в работе АТП.

### Литература

1. Борисов Г. В. [и др.] Теоретическое прогнозирование расходов топлива грузовыми автомобилями: монография. – LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, 2018. – 176 с.
2. Зеер В. А. Метод улучшения топливно-экономических и экологических показателей автомобилей в условиях эксплуатации: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Иркутск, 2008. – 154 с.
3. Ильянов С. В. Применение вероятностно-аналитической методики расчета расхода топлив для городских автобусов класса М<sub>3</sub> // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. № 4. – С. 125–132.
4. 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.
5. Корякин А. А. Разработка методики маршрутного нормирования расхода топлива для газодизельных автобусов: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Москва, 2000. – 220 с.
6. Липенков А. В. Исследование простоев маршрутных транспортных средств в ожидании дополнительных пассажиров на остановочных пунктах // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 2 (85). – С. 160–166.
7. 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. – 154 с.
8. 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.
9. Морозов В. В., Карнаухов В. Н., Ярков С. А. Совершенствование модели влияния концентрации транспортного потока на интенсивность движения автомобилей // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 1. – С. 98–105.
10. Нургалеев А. В. Оценка приспособленности автомобилей к дорожным условиям эксплуатации с учетом расхода топлива // Международный технико-экономический журнал. – 2011. – № 4. – С. 119–124.
11. Сарбаев В. И., Суматохин Д. Г. Нормирование расхода топлива городских автобусов // Автотранспортное предприятие. – 2010. – № 10. – С. 39–43.
12. 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.
13. Чистяков А. Н. Влияние неравномерности движения на расход топлива: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Тюмень, 2006. – 158 с.

14. 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, pp. 191–203.
15. 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 2019». C. 012054.
16. Rementsov A. N. et al (2020) Formation of fuel consumption norms for cargo transportation in Vietnam. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 832, IOP Publishing, «International Conference on Digital Solutions for Automotive Industry, Roadway Maintenance and Traffic Control (DS ART 2019) 1 November 2019». C. 012067.

### References

1. Borisov, G. V. et al (2018) *Teoreticheskoe prognozirovanie raskhodov topliva gruzovymi avtomobilyami* [Theoretical forecasting of fuel consumption by trucks]. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 176 p.
2. Zeer, V. A. (2008) *Metod uluchsheniya toplivno-ekonomicheskikh i ekologicheskikh pokazatelej avtomobilej v usloviyah ekspluatatsii*. kand.Diss. [Method for improving fuel-economic and environmental performance of vehicles in service conditions. kand.Diss.]. Irkutsk, 154 p.
3. Il'yanov, S. V. (2020) [Application of probabilistic-analytical method for calculating fuel consumption for city buses of class M3]. *Intellekt. Innovacii. Investicii*. [Intelligence. Innovations. Investment.]. Vol. 4, pp. 125–132. (In Russ.).
4. 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. kand.Diss.]. Moscow, 176 p.
5. Koryakin, A. A. (2000) *Razrabotka metodiki marshrutnogo normirovaniya raskhoda topliva dlya gazodizel'nyh avtobusov*. kand.Diss. [Development of a methodology for route rationing of fuel consumption for gas-diesel buses. kand.Diss.]. Moscow, 220 p.
6. Lipenkov, A. V. (2014) [Investigation of downtime of route vehicles waiting for additional passengers at bus stops]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Irkutsk State Technical University]. Vol. 2 (85), pp. 160–166. (In Russ.).
7. Lipenkov, A. V. (2015) *Povyshenie effektivnosti funkcionirovaniya gorodskogo passazhirskogo transporta na osnove upravleniya propusknoj sposobnost'yu ostanovochnyh punktov*. kand.Diss. [Improving the efficiency of urban passenger transport by managing the capacity of stopping points. kand.Diss.]. N. Novgorod, 154 p.
8. 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. kand. Diss.]. Orenburg, 172 p.
9. Morozov, V. V., Karnaukhov, V. N., Yarkov, S. A. (2020). [Improving the model of the influence of traffic flow concentration on the traffic intensity of cars]. *Intellekt. Innovacii. Investicii*. [Intelligence. Innovations. Investment.]. Vol. 1, pp. 98–105. (In Russ.).
10. Nurgaliev, A. V. (2011) [Assessment of the adaptability of cars to road conditions by fuel consumption]. *Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal*. [International Technical and Economic Journal]. Vol. 4, pp. 119–124. (In Russ.).
11. Sarbaev, V. I., Sumatokhin, D. G. (2010) [Rationing the fuel consumption of city buses]. *Avtotransportnoe predpriyatie* [Motor transport enterprise]. Vol.10, pp. 39–43. (In Russ.).
12. Fedorova, G. S. (2006) *Prisposoblenost' avtomobilej po raskhodu topliva k povyshennym skorostyam dvizheniya pri nizkikh temperaturah okruzhayushchego vozduha*. kand.Diss. [Adaptability of vehicles for fuel consumption to increased speeds at low ambient temperatures. kand.Diss.]. Tyumen, 195 p.
13. Chistyakov, A. N. (2006) *Vliyanie neravnomernosti dvizheniya na raskhod topliva*. kand.Diss. [Influence of uneven traffic on fuel consumption. kand.Diss.]. Tyumen, 158 p.
14. 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. (In Engl.).
15. 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 2019». C. 012054.
16. Rementsov, A. N. et al (2020) Formation of fuel consumption norms for cargo transportation in Vietnam. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 832, IOP Publishing, «International Conference on Digital Solutions for Automotive Industry, Roadway Maintenance and Traffic Control (DS ART 2019) 1 November 2019». C. 012067.

**Информация об авторах:**

**Сергей Владимирович Ильянов**, старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта, Нижегородской государственной технической университет им. Р. Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия  
e-mail: ilyanovsv@mail.ru

**Николай Александрович Кузьмин**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта, Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия  
e-mail: kuznntu@mail.ru

**Геннадий Валерьевич Борисов**, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия  
e-mail: bgv-nn@yandex.ru

Статья поступила в редакцию: 05.04.2021; принята в печать: 31.05.2021.

Авторы прочитали и одобрили 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  
e-mail: ilyanovsv@mail.ru

**Nikolay Alexandrovich Kuzmin**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Road transport, State Technical University named after R. E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia  
e-mail: kuznntu@mail.ru

**Gennady Valeryevich Borisov**, PhD in Technical Science, Assistant Professor of the Department of Road transport, Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia  
e-mail: bgv-nn@yandex.ru

The paper was submitted: 05.04.2021.

Accepted for publication: 31.05.2021.

The authors have read and approved the final manuscript.