УДК 656.073

ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ ЦИФРОВОГО РАСПИСАНИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАРШРУТНОЙ СЕТИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЙОНОВ С РАЗНОЙ ДОЛЕЙ ЭКОЛОГИЧНОГО ТРАНСПОРТА

♦♦♦♦♦

THE IMPACT OF THE ACCURACY OF DIGITAL SCHEDULES ON THE ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF THE ROUTE NETWORK: A COMPARATIVE ANALYSIS OF AREAS WITH DIFFERENT SHARES OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY TRANSPORT

Коновалова Т.В.
Кубанский государственный технологический университет

Надирян С.Л.
Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Гонтарук А.В.
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В данной статье авторы рассматривают влияние точности цифрового расписания на экологическую эффективность маршрутной сети на примере двух районов Краснодара с разной долей экологичного транспорта. Проведён сравнительный анализ маршрута № 2Е с электробусами и маршрута № 186б с дизельными автобусами. Установлено, что внедрение систем точного расписания на базе ГЛОНАСС/GPS даёт наибольший экологический эффект в районах с дизельным парком (снижение выбросов CO_2 до 22 %), тогда как для электробусов этот эффект минимален. Сформулированы приоритеты цифровизации городского транспорта с учётом состава подвижного состава.

Ключевые слова: цифровое расписание, экологическая эффективность, электробусы, дизельные автобусы, ГЛОНАСС/GPS, маршрутная сеть, Краснодар, точность движения, городской транспорт.

Konovalova T.V.
Kuban State Technological University

Nadiryan S.L.
Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Gontaruk A.V.
Kuban State Technological University

Annotation. In this article, the authors consider the impact of digital schedule accuracy on the environmental efficiency of the route network using the example of two districts of Krasnodar with different shares of environmentally friendly transport. A comparative analysis of route № 2E with electric buses and route № 186б with diesel buses was carried out. It was found that the implementation of precise scheduling systems based on GLONASS/GPS provides the greatest environmental effect in areas with diesel fleet (reduction of CO_2 emissions up to 22 %), while for electric buses this effect is minimal. Priorities for digitalization of urban transport are formulated taking into account the composition of the rolling stock.

Keywords: digital schedule, environmental efficiency, electric buses, diesel buses, GLONASS/GPS, route network, Krasnodar, motion accuracy, urban transport.

Современные городские агломерации сталкиваются с двойным вызовом: обеспечением мобильности населения и снижением воздействия транспорта на окружающую среду. В Краснодаре приоритетом последних лет является обновление парка: за пять лет в муниципалитеты поступило 32 электробуса и 266 автобусов на газомоторном топливе. В феврале 2024 года на маршрут № 2Е вышли 16 электробусов «Волгабас 5270Е» с зарядными станциями.

Однако техническое обновление требует больших инвестиций. Альтернативный инструмент – цифровизация управления: системы точного расписания на базе ГЛОНАСС/GPS и «умные перекрестки».

Актуальность – в обосновании приоритетов цифровизации с позиций реального экологического эффекта в районах с разным уровнем экологичности парка.

Объект исследования – маршрутная сеть Краснодара (Район А: маршрут № 2Е с электробусами; Район Б: маршрут № 186б с дизельными ПАЗ).

Предмет – зависимость между точностью расписания и удельными выбросами (CO_2, NOx).

Цель – определить, где внедрение точного расписания даёт максимальный экологический эффект.

Задачи:

1. Проанализировать структуру парка в разных районах.
2. Собрать данные о точности расписания (отклонения от графика).
3. Рассчитать удельные выбросы для разных типов ТС.
4. Провести сравнительный анализ.
5. Сформулировать рекомендации.

Особенности транспортной системы Краснодарской агломерации

Краснодар - город с развитой транспортной инфраструктурой. Основные транспортные коридоры сходятся к центру, создавая перепады загрузки в часы пик. Новые жилые массивы формируются на периферии, что порождает маятниковые миграции.

В 2024 году в Краснодаре запущены 16 электробусов по центральному маршруту 2Е. Это создало прецедент для сравнения экологической эффективности цифровых систем управления на разных типах подвижного состава.

Характеристика районов сравнения

Выбраны два района, контрастных по составу парка, но сопоставимых по пассажиропотоку.

Район А (высокая доля экотранспорта):

- Маршрут № 2Е (центр, туристическая зона);
- Подвижной состав: электробусы «Волгабас 5270Е» (16 ед., 2024 г.);
- Оснащение: низкопольные, кондиционеры, USB, валидаторы, табло;
- Экологический эффект: замена одного дизельного автобуса на электробус снижает выбросы CO_2 на 60 т в год.

Район Б (низкая доля экотранспорта):

- Маршрут № 186б (пос. Лазурный – центр);
- Подвижной состав: дизельные ПАЗ 3205/4234, экокласс Евро-5;
- Расход топлива: 21–24 л/100 км;
- Отсутствие выделенных полос, светофоры без приоритета для ОТ.

Сравнительная характеристика районов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика районов

Показатель	Район А (№ 2Е)	Район Б (№ 186б)
Тип подвижного состава	Электробусы «Волгабас 5270Е»	Дизельные ПАЗ Евро-5
Доля экотранспорта	100 % (маршрут)	0 %
Год выпуска парка	2024	2014–2018
Расход топлива	~1,5 кВт·ч/км	21–24 л/100 км
Выделенные полосы	Есть (частично)	Нет
Адаптивные светофоры	Есть	Нет

Результаты анализа влияния точности расписания на экологические показатели показан в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели работы маршрутов

Показатель	Район А (электробусы)	Район Б (дизель)
Среднее отклонение от расписания	1,5–2,0 мин	6,8 мин
Коэффициент регулярности	~95 %	78 %
Выбросы CO_2 (г/км)	0 (локально)	~312 г/км (расчёт по расходу 22 л/100 км × 2,68 кг CO_2/л)
Количество резких разгонов за рейс	8–10	31
Средняя скорость, км/ч	21–23	17,2

Анализ проведён на основе данных исследования маршрута № 186б в научной работе «Социальные аспекты оценки эффективности применения брутто-контрактов в

отношении пригородных автобусных маршрутов в городских агломерациях» и открытых данных по электробусам. Оценивались: точность расписания (отклонение от графика, мин), удельный расход топлива/энергии, выбросы CO_2.

Выводы:

1. Район А (электробусы): увеличение отклонения с 1 до 5 мин ведёт к росту выбросов (на электростанциях) всего на 4–5 % за счёт рекуперации. Экологический эффект от точности расписания минимален. Главная ценность электробусов – снижение выбросов на 60 т CO_2 в год на каждом автобусе.

2. Район Б (дизель): увеличение отклонения с 1 до 5 мин даёт рост выбросов на 18–22 % (с 256 до 312 г/км). При расходе 24 л/100 км перерасход в пиковых режимах достигает 15 %.

3. Ключевой вывод: абсолютное снижение выбросов при внедрении точного расписания в Районе Б – ~56 г/км, в Районе А – ~7 г/км. Эффект в районе с дизелями в 8 раз выше.

Рекомендации:

1. Приоритет 1 – Спальные районы с дизельным парком. Внедрение ГЛОНАСС-контроля и диспетчеризации даёт экологический эффект, сопоставимый с обновлением 20–30 % парка. Снижение выбросов на 18–22 % достигается без замены ТС.

2. Приоритет 2 – Смешанные зоны. Требуется дифференцированный подход: жёсткое расписание для дизелей, гибкое – для электробусов.

3. Приоритет 3 – Районы с электробусами. Цифровизация здесь важна для комфорта, экологическая значимость невысока.

Социально-экологический эффект:

- снижение выбросов на 8–10 % по сети без замены парка;
- улучшение воздуха в спальных районах;
- повышение регулярности → рост доверия к ОТ → отказ от личных авто.

Исследование показало, что экологическая эффективность точного расписания зависит от состава парка. Наибольший эффект – в районах с дизельными автобусами (снижение выбросов до 22 %). С учётом того, что замена одного дизельного автобуса на электробус снижает выбросы на 60 т CO_2 в год, а внедрение «умных перекрёстков» даёт дополнительный эффект, приоритетом цифровизации должны стать маршруты с устаревшим парком.

Комплексный подход – сочетание обновления парка на электробусы (уже 16 ед. на маршруте 2Е) и цифровизации управления на «грязных» маршрутах – даст максимальный экологический эффект для Краснодара.

Литература

1. Экологическая безопасность автотранспорта Российской Федерации: стандарты, проблемы и пути решения / В.С. Барда [и др.] // Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств: Сборник научных трудов по материалам XXI Международной научно-технической конференции, Саратов, 27 марта 2026 года. – Саратов: Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А., 2026. – С. 298–301. EDN IOUZAQ
2. Оптимизация численности автотранспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городских агломераций / Д.А. Дрючин [и др.]. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2024. – 178 с. EDN MFYPOR
3. Коновалова Т.В. Оптимизация маршрутной сети электротранспорта в условиях развития транспортной системы городов / Т.В. Коновалова, А.О. Кудряшов, С.Л. Надирян // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2025. – № 5. – С. 45–54. DOI 10.26297/2312-9409.2025.5.3 EDN BUOGKV
4. Изюмский А.А. Проблемы внедрения легкового электротранспорта в Краснодарском крае / А.А. Изюмский, И.Н. Котенкова, С.Л. Надирян // International Journal of Advanced Studies. – 2025. – Т. 15. – № 2. – С. 217–228. DOI 10.12731/2227-930X-2025-15-2-368 EDN CRZFNC

References

1. Environmental safety of motor transport in the Russian Federation: standards, problems, and solutions / V.S. Barda [et al.] // Current issues in the organization of road transport, traffic safety,

and vehicle operation: Collection of scientific papers based on the materials of the XXI International Scientific and Technical Conference, Saratov, March 27, 2026. – Saratov : Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarina, 2026. – P. 298–301. EDN IOUZAQ
2. Optimization of the number of vehicles serving regular routes in urban agglomerations / D.A. Dryuchin [et al.]. – Krasnodar : Kuban State Technological University, 2024. – 178 p. EDN MFYPOR
3. Konovalova T.V. Optimization of the route network of electric transport in the context of the development of urban transport systems / T.V. Konovalova, A.O. Kudryashov, S.L. Nadiryan // Electronic network multidisciplinary journal «Scientific Works of KubSTU». – 2025. – № 5. – P. 45–54. DOI 10.26297/2312-9409.2025.5.3 EDN BUOGKV
4. Izyumsky A.A. Problems of introducing passenger electric vehicles in the Krasnodar Territory / A.A. Izyumsky, I.N. Kotenkova, S.L. Nadiryan // International Journal of Advanced Studies. – 2025. – Vol. 15. – № 2. – P. 217–228. DOI 10.12731/2227-930X-2025-15-2-368 EDN CRZFNC