

УДК 332.3.

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДА ЗА СЧЁТ ОРГАНИЗАЦИИ «БЕРЕЖЛИВОГО» ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА

Куртукова О.В., студентка гр.УКст-241, 2 курс, Ушакова Е.С., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет имени
Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Современные мегаполисы сталкиваются с острой проблемой загрязнения воздуха, значительный вклад в которое вносит автомобильный транспорт. По данным Министерства природных ресурсов и экологии РФ, вклад автомобильного транспорта в загрязнение атмосферного воздуха в крупных городах достигает 70-90% [1]. В Кемеровской области, согласно данным Кузбассстата, на начало 2025 года зарегистрировано более 1,2 млн единиц автотранспорта, при этом объем выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников в г. Кемерово превышает 80 тыс. тонн в год [2]. Общественный транспорт играет ключевую роль в снижении этой нагрузки. Ежедневно в Кемерово на маршруты выходит более 450 автобусов, которые перевозят около 300 тыс. пассажиров [3], однако существующая система организации перевозок сталкивается с проблемой неравномерности пассажиропотоков. Согласно отчетам МБУ «Центр организации дорожного движения» г. Кемерово, в часы пик загрузка автобусов на популярных маршрутах (например, № 19т, 27, 51) достигает 100-120% от номинальной вместимости, при этом интервал движения составляет 3-5 минут, а следующие за переполненными автобусами машины нередко отправляются полупустыми [4]. Это приводит к нерациональному расходу топлива и избыточным выбросам CO₂.

Решением данной проблемы может стать внедрение принципов бережливого производства в организацию транспортного обслуживания. В частности, в данной статье предлагается концепция «бережливого информирования» пассажиров, основанная на методе визуализации, которая позволит перераспределить пассажиропотоки и снизить экологическую нагрузку на город.

Бережливое производство (Lean production) изначально возникло в производственной сфере для устранения потерь, но его инструменты успешно адаптируются для непроизводственных процессов, включая государственное управление и городское хозяйство.

В пассажирских перевозках потерями можно считать:

- Ожидание пассажирами транспорта на остановке;
- Неравномерная загрузка транспорта (потеря ресурса топлива);
- «Гонки» за переполненным автобусом и опасные ситуации, когда пассажиры тратят силы, пытаясь «втиснуться» в переполненный салон.

Инструмент «Визуализация» (или «Андон» в японской традиции) призван сделать состояние системы пассажироперевозки прозрачным для всех

участников процесса [5]. Предлагаемая концепция предполагает установку на остановочных пунктах информационных табло (или интеграцию данных в мобильные приложения), которые отображают три ключевых параметра:

1. Ближайший рейс: время прибытия конкретного автобуса с учетом дорожной обстановки в реальном времени и его загруженность (цветовой индикатор): зеленый – свободный, синий – близок к заполнению; красный – переполнен.

2. Следующий рейс: время прибытия следующего автобуса на этом же маршруте и его прогнозируемая загруженность.

3. Альтернативные маршруты: при наличии – другие номера автобусов, следующих в том же направлении, с указанием времени их прибытия.

Ключевым элементом предлагаемой системы является не просто сбор данных, а их грамотная визуализация для пассажира. Анализ существующих решений (например, табло в Москве или Кемерово) показывает, что они часто отображают только ближайшие 2-3 рейса без учета загруженности, при этом пассажир не знает, когда придет следующий автобус, если он пропустит текущий.

Особенность данного подхода в том, что пассажир видит не только ближайший транспорт, но и перспективные варианты. Например, на табло (рис.) может быть отображено, что ближайший переполненный автобус маршрута 91 придет через 2 минуты, а свободный через 15 минут.

Маршрут	Время прибытия	Следующий
91	2 мин.	15 мин.
101	7 мин.	20 мин.

Рис. Пример отображения информации о маршрутах на остановках

Это позволяет человеку принять осознанное решение: если позволяет время, дождаться свободного автобуса, тем самым снижая нагрузку на переполненный рейс и сокращая время его простоя на остановке.

Для того чтобы система визуализации работала корректно, необходим точный и надежный сбор первичных данных о количестве пассажиров в салоне. Существует два основных технических решения: системы компьютерного зрения на базе 3D-камер, датчики нагрузки.

Метод компьютерного зрения на базе 3D-камер предполагает установку над каждым дверным проемом автобуса бинокулярных (стерео) камер [6]. Камера монтируется на потолке внутри салона, непосредственно над дверью, и направлена вертикально вниз или под небольшим углом в зону посадки/высадки. Такое расположение позволяет захватывать область входа и выхода, исключая «слепые зоны». В отличие от обычной камеры, стереосистема фиксирует не плоскую картинку, а строит трехмерную карту сцены (depth map). На мониторе диспетчера или в интерфейсе системы отображается не видеопоток (чтобы соблюсти законодательство о персональных данных), а визуализированные данные: контуры людей, их траектории движения, общее

количество вошедших и вышедших за рейс. Визуально это может выглядеть как схематичное изображение салона с точками, обозначающими пассажиров.

Встроенный алгоритм на основе искусственного интеллекта работает следующим образом:

1. Захват сцены: камера фиксирует изменение глубины в проеме двери.
2. Сегментация объектов: нейросеть выделяет объекты, соответствующие по объему и форме человеку (как правило, анализируется область головы и плеч).
3. Трекинг: система отслеживает перемещение объекта через дверной проем – внутрь или наружу, исключая повторный счет, если человек замешкался.
4. Агрегация данных: информация с каждой двери суммируется, и бортовой компьютер передает в диспетчерский центр актуальные данные о наполняемости салона.

На рынке представлено несколько подобных решений: в России компания «Датапакс» (г. Пермь) разрабатывает систему учета пассажиропотока «Октава», которая используется в автобусах Перми, Екатеринбурга и Новосибирска [7]; «ВидеоСкан» (г. Москва) предлагает решение на базе стереокамер для московского транспорта. В Китае корпорация Hikvision выпускает серию камер DS-2XD8xxx для подсчета пассажиров, которые интегрированы в автобусы Пекина, Шанхая и Гуанчжоу [8].

Тензометрические датчики монтируются в узлы подвески транспортного средства: пневмобаллоны, рессоры или непосредственно в опоры кузова. Датчики фиксируют микродеформации металла или изменение давления в пневмосистеме при изменении нагрузки. В отличие от камер, оператор не видит картинки. Система передает только цифровые данные в виде графика загрузки или числового значения (например, «35 пассажиров»). Алгоритм расчета следующий:

1. Бортовой компьютер хранит значение массы порожнего автобуса (снаряженная масса).
2. Датчики непрерывно измеряют текущую нагрузку.
3. Из текущей массы вычитается масса порожнего автобуса.
4. Полученная масса пассажиров делится на нормативный средний вес пассажира (в российских стандартах обычно применяется значение 70 кг) [9].
5. Итоговое значение округляется и передается в систему информирования.

Система существенно дешевле камер (стоимость комплекта для одного автобуса может быть ниже в 2-3 раза), нечувствительна к освещению и сложна для вандалов, однако точность ниже: в зимнее время из-за тяжелой одежды и разницы в весе пассажиров погрешность может достигать 15-20%. Тем не менее для отображения цветовой индикации (зеленый/желтый/красный) этого вполне достаточно.

Примеры существующих систем: в России компания «ТехноКом» (г. Санкт-Петербург) внедряла тензометрические системы на автобусах ЛиАЗ

в рамках пилотного проекта в Санкт-Петербурге. Завод ПАО «КАМАЗ» использует датчики нагрузки в некоторых моделях автобусов НЕФАЗ для контроля перегруза [10].

При наличии мобильного приложения функционал может быть расширен: уведомление о подходе выбранного свободного автобуса, построение маршрута с учетом наименьшей загруженности.

Внедрение «бережливой» визуализации загруженности способно оказать прямое и косвенное влияние на экологию города.

1. Снижение выбросов от общественного транспорта. Когда пассажиры распределяются равномерно, исчезает необходимость в срочных дополнительных рейсах (дублях) для разгрузки маршрута. Количество автобусов на линии может быть оптимизировано. Кроме того, сокращается время простоя переполненного автобуса на остановке (на вход и выход тратится больше времени), а значит, снижается время работы двигателя на холостом ходу. По расчетам департамента транспорта Москвы, снижение времени простоя на остановках на 10% позволяет сократить выбросы CO₂ на 2-3% в год по парку [11].

2. Снижение выбросов от личного транспорта. Прозрачность и комфорт общественного транспорта делают его более привлекательным. Если пассажир видит, что через 2 минуты придет свободный автобус, он предпочтет его поездке на такси или личном автомобиле в час пик. Снижение количества личных автомобилей на дорогах – основной фактор улучшения экологической обстановки.

3. Социальный эффект. Повышается удовлетворенность жителей работой транспорта, снижается уровень стресса при поездках, экономится время.

Таким образом, организация «бережливого» движения городского транспорта с использованием принципов визуализации представляет собой малозатратный и высокоэффективный способ улучшения экологической обстановки в городе. Предложенная система информирования пассажиров о времени прибытия и уровне загруженности автобусов, включающая отображение не только ближайшего, но и следующего рейса, позволяет решить проблему неравномерного распределения пассажиропотоков без немедленных капиталовложений в обновление парка.

Сравнительный анализ технологий показывает, что для старта проекта возможно применение как высокоточных стереокамер с ИИ (с примерами внедрения в Перми, Новосибирске, Москве), так и более доступных тензометрических датчиков (опыт Санкт-Петербурга, Набережных Челнов). Комбинация этих методов может обеспечить оптимальный баланс цены и качества данных. Внедрение подобной системы не только повышает комфорт и прозрачность поездок, но и вносит реальный вклад в снижение углеродного следа города за счет уменьшения количества нерациональных рейсов и стимулирования перехода с личного автотранспорта на общественный.

Список литературы:

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2024 году». – Москва: Минприроды России, 2025. – 520 с.
2. Транспорт и связь в Кемеровской области: статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Кемеровской области. – Кемерово, 2025. – 145 с.
3. Отчет о работе пассажирского транспорта г. Кемерово за 2024 год/ МБУ «Центр организации дорожного движения». – Кемерово, 2025. – 87 с.
4. Анализ пассажиропотоков на маршрутах городского транспорта г. Кемерово: аналитическая записка / МКУ «Управление единого заказчика транспортных услуг». – Кемерово, 2025. – 34 с.
5. Вэйдер М. Инструменты бережливого производства: карманное руководство по практике применения Lean. – Москва: Альпина Паблишер, 2023. – 288 с.
6. Yahiaoui T., Khouurdour L., Meurie C. Real-time passenger counting in buses using dense stereovision // Journal of Electronic Imaging. – 2010. – Vol. 19, № 3. – P. 1-9.
7. Система учета пассажиропотока «Октава»: техническое описание. – Пермь, 2024. – 23 с. URL: <https://datapax.ru/octava> (дата обращения: 22.03.2026).
8. Hikvision. Passenger Counting Camera DS-2XD8XXX Series: datasheet. Hangzhou: Hikvision Digital Technology, 2025. – 8 p.
9. СП 121.13330.2019. Свод правил. Общественный транспорт. Параметры подвижного состава: утвержден Приказом Минстроя России от 05.12.2019 № 758/пр. Москва: Стандартинформ, 2019. – 56 с.
10. Интеллектуальные транспортные системы на базе автобусов КАМАЗ. – Набережные Челны, 2024. 15 с. URL: <https://kamaz.ru/its> (дата обращения: 22.03.2026).
11. Влияние транспортных систем на экологию города: ежегодный доклад Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы. – Москва, 2025. – 112 с.