

**Н. В. Юшков, М. Р. Грошева**

**Автомобильно-дорожный институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Донецкий национальный технический университет»  
в г. Горловка**

## **ФАНТОМНЫЕ ПРОБКИ КАК НЕЯВНОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ ЗАТОРОВ НА ДОРОГАХ**

*В настоящее время одной из наиболее серьезных проблем, с которыми сталкивается человечество, является высокая загруженность автомобильных дорог. Заторы стали привычным явлением в повседневной жизни общества. В процессе анализа факторов, способствующих образованию фантомных пробок в современных городах, рассматриваются основные причины формирования дорожных заторов, а также возможные решения проблемы с учетом международного опыта.*

***Ключевые слова:** фантомная пробка, автомобильная дорога, транспортное средство, транспортный поток, эмерджентность, затор*

### ***Введение***

Фантомные пробки – это сложное явление, возникающее вследствие взаимодействия множества факторов, включая поведение водителей и организацию дорожного движения. Их негативное влияние проявляется в потере времени, увеличении расхода топлива и ухудшении экологической обстановки.

**Цель исследования** – выявить и описать ключевые факторы, способствующие появлению фантомных пробок в условиях движения транспорта, предложить возможные пути их решения с учетом международного опыта.

### ***Анализ литературы***

Вопрос образования фантомных пробок исследуется в трудах специалистов в области транспортной логистики, теории автоматического регулирования и математического моделирования. В литературе [1–4] рассматриваются математические модели, описывающие неустойчивость транспортного потока, приводящую к возникновению заторов.

Анализ научной литературы показывает, что проблема фантомных пробок связана как с индивидуальными особенностями поведения водителей, так и с недостатками организации дорожного движения. Поэтому наиболее эффективные решения должны учитывать оба этих аспекта.

### ***Основная часть***

Повышение эффективности транспортных систем значительно снизило временные затраты на перемещение, улучшило комфорт поездок и повысило мобильность населения. В то же время, возникли и проблемы, связанные с перегрузкой дорог, что особенно актуально для средних и крупных городов. В настоящее время одним из сложных и недостаточно изученных феноменов, возникающих в процессе дорожного движения, являются фантомные пробки.

Фантомные пробки являют собой затруднения в движении, которые возникают без явных причин, таких как дорожно-транспортные происшествия, дорожно-строительные работы или ограничения движения. Они возникают в результате спонтанных изменений скорости автомобилей в потоке, что приводит к эффекту цепной реакции и вызывает искусственные заторы даже при отсутствии физических преград. Это явление можно анализиро-

вать через призму концепции эмерджентности – идеи, согласно которой сложные системы имеют свойства, которые не сводятся к сумме свойств их отдельных компонентов. Таким образом, независимые решения водителей могут порождать неожиданные последствия на уровне всей транспортной системы.

Анализ работ в данной области демонстрирует, что фантомные пробки способны существенно уменьшать пропускную способность дорог, увеличивать расходы на топливо и приводить к дополнительным выбросам вредных веществ в атмосферу. Это делает данную проблему актуальной, требующей глубокого исследования и разработки эффективных методов ее решения.

Заторы классифицируются на регулярные и нерегулярные. Основной причиной первых является состояние городской инфраструктуры. Центральные улицы и магистрали были спроектированы в период, когда объем автомобильного движения был значительно меньше. Однако с увеличением количества автомобилей ситуация кардинально изменилась: дорожные работы, аварии и прочие препятствия создают эффект бутылочного горлышка, когда транспортные потоки сжимаются в узких местах [5].

Очевидным решением кажется расширение дорог и увеличение их числа. В 1960-е годы это выглядело как наиболее эффективный способ борьбы с заторами. Тем не менее, практика показала, что чем больше новых трасс входило в эксплуатацию, тем интенсивнее становился автомобильный поток. Данное утверждение было сформулировано в 1990 году под названием постулат Льюиса-Могриджа [6]. Исследование, проведенное в Калифорнии в 1997 году, показало, что новые полосы заполняются практически полностью в течение пяти лет после их строительства [5].

Более сложную транспортную ситуацию демонстрируют нерегулярные заторы. Причинами их появления являются погодные условия и человеческий фактор. Ключевым аспектом выступает стиль вождения: неопытность, ошибки или агрессивное поведение водителей часто становятся причинами хаоса транспортной системы.

Исследования, проведенные американскими и японскими учеными, в частности с круговым движением [7], представляют ценный материал для понимания динамики транспортных потоков и механизмов формирования фантомных пробок. Даже в условиях, приближенных к идеальным, избежать спонтанного возникновения заторов представляется сложной задачей, требующей инновационного подхода. Это связано с тем, что в реальных условиях всегда присутствуют незначительные отклонения (иначе – колебания), которые могут превращаться в более серьезные проблемы, затрудняя движение.

В действительности, даже в стабильном транспортном потоке избежать таких негативных факторов, как неидеальное состояние дорожного покрытия, мелкие механические неисправности автомобилей или небольшие задержки в реакции водителей, зачастую не представляется возможным. Вопрос заключается в том, что происходит с этими колебаниями со временем: сглаживаются ли они или, напротив, усиливаются?

Если колебания постепенно затихают, то поток остается относительно устойчивым, позволяя автомобилям двигаться с постоянной скоростью и избегать пробок. Однако, если эти небольшие колебания начинают усиливаться, равномерное движение становится нестабильным. В таких ситуациях возникают волны замедления, которые распространяются в обратном направлении по транспортному потоку. Эти колебания, известные как «джемитоны», представляют собой интересное с научной точки зрения явление, которое было обнаружено как в реальных дорожных условиях, так и в ходе компьютерного моделирования и лабораторных экспериментов (рисунок 1).

Процесс формирования «джемитонов» является особенно важным аспектом для понимания и управления транспортными потоками. Он демонстрирует, как система может перейти от упорядоченного состояния к хаотичному, при этом даже незначительные изменения могут вызвать совершенно непропорциональные результаты. Знание этого процесса имеет практическое применение в разработке новых стратегий для управления дорожным движением

и минимизации заторов, включая использование современных технологий для мониторинга и анализа транспортных потоков в реальном времени, адаптивное управление сигналами светофоров и другие методы, направленные на оптимизацию движения.

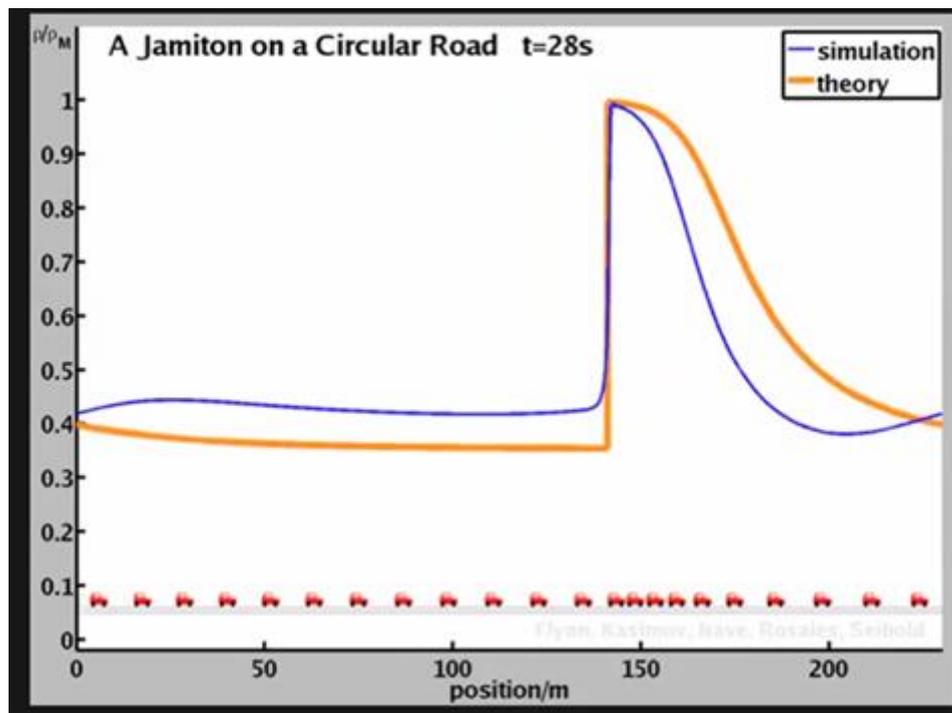


Рисунок 1 – График распространения волн замедления [8]

Понимание спонтанных заторов в транспортных потоках через аналогии физических процессов, таких как гидродинамические модели, представляет собой интересный и глубокий подход. В этих моделях движение автомобилей сравнивается с движением жидкости, что позволяет выделить ключевые механизмы, влияющие на транспортную ситуацию на дорогах [9].

В рамках гидродинамической аналогии транспортный поток рассматривается как текучая среда, в которой автомобили ведут себя подобно частицам жидкости. Каждый водитель принимает решения, исходя из характеристик своего окружения, таких как плотность автомобилей и их скорость. Это свойство поведения можно уподобить тому, как молекулы жидкости изменяют свою скорость и направление в зависимости от давления и плотности окружающего их объема. Доктор философии теоретической и прикладной механики, профессор Аслан Касимов отмечал, что «уравнения, описывающие модели пробок, очень похожи на расчеты, применяемые в механике жидких тел; пробка – это как самодостаточная автономная волна» [10].

Основные механизмы, действующие в таком «жидком» транспортном потоке, можно разделить на две противоположные силы. Первая сила связана с запаздыванием в адаптации скорости. Водителям необходимо время, чтобы скорректировать свою скорость в ответ на изменения в окружающей среде. Эта задержка может быть вызвана как реакцией на поведение других участников движения, так и внутренними факторами, такими как состояние концентрации или усталость водителя. В результате, если один водитель замедляется, другие могут последовать его примеру с некоторым запозданием, что создает волны увеличения колебаний в потоке.

Вторая сила – это фактор прогнозирования. Водители приспосабливаются к условиям на дороге, предвидя возможные изменения и принимая соответствующие меры заранее. Например, если водитель замечает, что впереди образовывается затор, он может заранее снизить скорость, чтобы избежать резкого торможения. Этот прогнозирующий механизм способствует сглаживанию изменений в скорости, что, как правило, поддерживает стабильность потока.

Важно отметить, что эти две силы находятся в постоянном взаимодействии. При низкой плотности автомобилей эффект прогнозирования обычно преобладает, что позволяет поддерживать стабильное движение. Однако, когда плотность машин возрастает и начинается заторовая ситуация, запаздывание в адаптации скорости начинает оказывать доминирующее влияние. В такой ситуации колебания скорости могут привести к возникновению волн замедления, которые распространяются по потоку и в конечном итоге становятся причиной возникновения фантомных пробок [7–12]. Эти пробки могут образовываться даже в тех случаях, когда фактический поток транспортных средств не обеспечивает необходимости в остановках, что является следствием нелинейных взаимодействий внутри системы.

Примечательно, что процесс образования фантомных пробок напоминает фазовый переход в физике, например, превращение воды в пар. Когда плотность автомобилей достигает определенного критического значения, происходит резкое изменение динамики движения, хотя при этом поведение отдельных водителей остается прежним. Этот неожиданный эффект объясняет, почему заторы могут появляться даже без очевидных причин, становясь неизбежным следствием коллективного взаимодействия участников дорожного движения.

Как было отмечено, главной причиной формирования фантомных пробок является человеческий фактор. Точные математические уравнения, описывающие закономерности образования спонтанных заторов, имеют параметры, которые в первую очередь зависят от культуры поведения водителей на дороге и манеры вождения [9]. В связи с этим наиболее перспективными направлениями борьбы с фантомными пробками являются системы адаптивного управления, автопилотные системы и усовершенствованные системы автомобиля.

Одной из ключевых стратегий адаптивного управления является внедрение «умных светофоров» как важной части интеллектуальной транспортной системы (ИТС) города. Такая технология призвана поддерживать транспортный поток в оптимальном пространственно-временном состоянии для предотвращения образования массового скопления автомобилей в узлах улично-дорожной сети. Информация от датчиков движения и видеокамер передается в модуль обработки данных, после чего центральное управление дает распорядительные команды дорожным контроллерам для оптимизации светофорного регулирования [12–14]. Таким образом, система адаптивного светофорного управления способна повысить пропускную способность дороги на 15–20 % [13] и противодействовать возникновению волн замедления и колебаний в потоке.

Многие авторы отмечают [15–24], что приоритетным вектором развития транспортной системы является внедрение беспилотных автомобилей. Такой подход решает главную проблему образования фантомных пробок – влияние человека. Автономные технологии активно разрабатываются и реализовываются в таких передовых странах, как США (проекты компаний Waymo, Tesla и Cruise), Китай (проекты компаний Baidu, Alibaba и Tencent), Германия (проекты беспилотного такси компаний Volkswagen и Mercedes-Benz), Швеция (проекты беспилотного грузового транспорта компаний Spotify и Volvo), Сингапур (внедрение беспилотных автобусов и такси), Россия (проекты компаний Яндекс и КАМАЗ) и др.

В исследовании, проведенном на дорогах Мичигана, был реализован эксперимент, в котором анализировалось движение транспортных средств с участием водителей и при помощи автоматизированного управления [25]. В результате наблюдения было обнаружено, что в первом случае при формировании спонтанных небольших торможений десятый автомобиль в цепочке был вынужден полностью остановиться. Во втором случае один из автомобилей в потоке действовал под управлением автопилота с получением информации о дорожной ситуации от остальных автомобилей (при помощи ИТС «Vehicle-to-Vehicle» и «Vehicle-to-Infrastructure»). Когда один из автомобилей впереди начинал торможение, автопилот мгновенно получал этот сигнал и плавно корректировал свою скорость, не дожидаясь распространения волны замедления (рисунок 2). Благодаря изначальному поддержанию оптимальной дистанции от впереди идущего автомобиля удалось добиться столь мягкого торможения, что даже напитки в наполненных стаканах оставались нетронутыми. Автомо-

били с водителями, двигавшиеся позади автопилота, также могли замедляться плавнее, что способствовало постепенному затуханию волны торможения и предотвращало появление stop-and-go трафика.

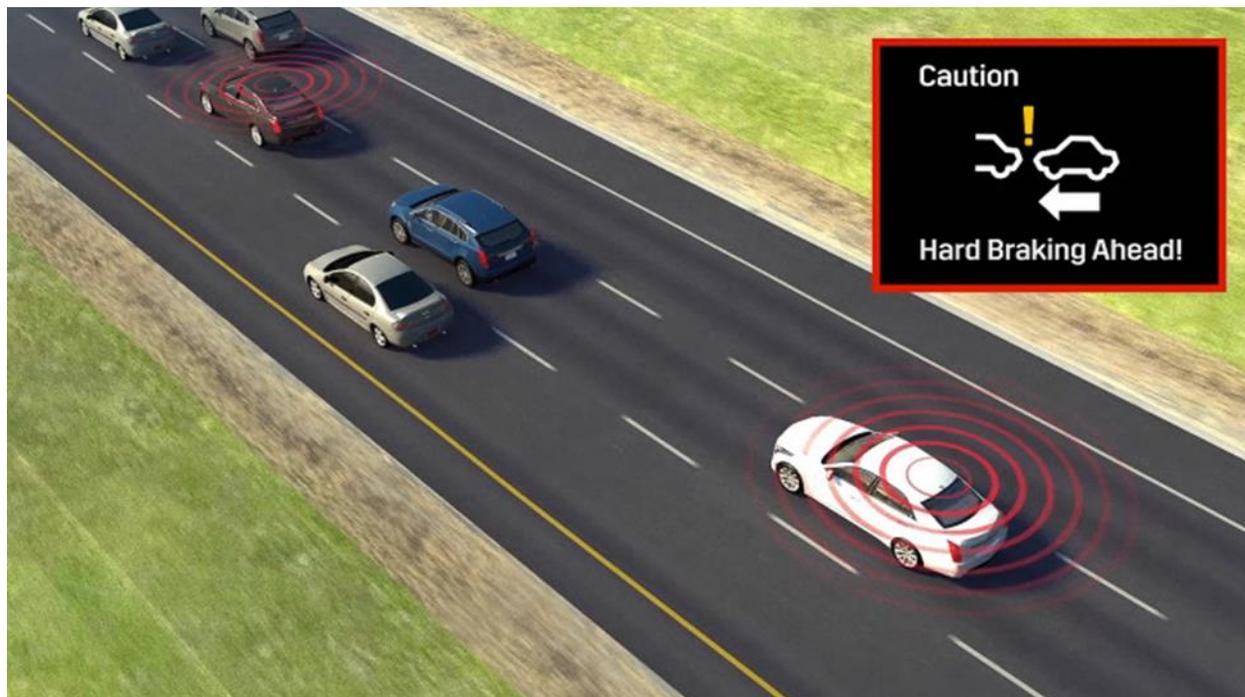


Рисунок 2 – Применение ИТС V2V и V2I [25]

Аналогичный эксперимент был проведен в мае 2017 года учеными Иллинойского университета. Они выяснили, что даже если всего 5 % автомобилей в потоке управляются автопилотом хотя бы в определенных ситуациях, это способствует существенному снижению вероятности образования пробок [25].

Основными преимуществами внедрения систем автономного управления являются:

- снижение числа дорожно-транспортных происшествий;
- повышение мобильности маломобильных групп населения;
- экономия времени и повышение комфорта;
- снижение заторов на дорогах.

Несмотря на указанные достоинства, в настоящее время беспилотные технологии не имеют повсеместного применения в силу юридической и законодательной неопределенности и дорогостоящих капитальных вложений.

С этой точки зрения наиболее прагматичные решения связаны с применением усовершенствованной системы управления скоростью автомобиля, известной под названием адаптивный круиз-контроль [11, 26]. Данная технология позволяет водителю поддерживать заданную скорость, автоматически регулируя ее в зависимости от дорожных условий и расстояния до впереди идущего транспортного средства.

Принцип ее работы основан на передаче актуальной информации от датчиков и сенсоров (радары, камеры, лидары, ультразвуковые датчики) в бортовой компьютер, который обрабатывает ее в режиме реального времени. После анализа данных система определяет такие показатели, как текущий курс движения, скорость впереди идущего транспортного средства, оптимальную дистанцию, которую нужно сохранить для безопасного движения. Если впереди находящееся транспортное средство замедляется, адаптивный круиз-контроль снижает скорость вашего автомобиля или до частичного торможения, или, если нужно, вплоть до полной остановки (что особенно актуально при движении в заторах). Когда препятствие устраняется (например, автомобиль впереди ускоряется или уходит в сторону), система автоматически возвращает вас к заданной скорости.

Стоит отметить, что на современном этапе адаптивный круиз-контроль заложен в компоновочную структуру автомобилей широкого круга зарубежных марок, что закладывает основу для широкомасштабного использования на дорогах.

### **Выводы**

В ходе исследования были проанализированы ключевые причины возникновения фантомных пробок, которые формируются без видимых препятствий и являются следствием поведения водителей и особенностей организации дорожного движения. Было установлено, что традиционные методы борьбы с заторами, такие как расширение дорог, не всегда приводят к желаемому результату, так как увеличение пропускной способности зачастую сопровождается ростом числа автомобилей на дорогах.

На синергетическом уровне решение проблемы фантомных пробок требует комплексного подхода, включающего как технологические инновации, так и организационные изменения в управлении транспортным движением. Важнейшими мерами могут стать внедрение адаптивной системы управления транспортными средствами, применение беспилотных транспортных систем, широкомасштабное введение системы адаптивного круиз-контроля производителями для автомобилей разного класса на различных рыночных сегментах.

### **Список литературы**

1. Seibold, B. Why a Traffic Flow Suddenly Turns Into a Traffic Jam / B. Seibold. – Текст : электронный // Nautilus : [сайт]. – 2013. – 9 July. – URL: <https://nautil.us/why-a-traffic-flow-suddenly-turns-into-a-traffic-jam-234429/> (дата обращения: 21.03.2025).
2. Constructing set-valued fundamental diagrams from Jamiton solutions in second order traffic models / B. Seibold, M. R. Flynn, A. R. Kasimov, R. R. Rosales. – Текст : электронный // Networks and Heterogeneous Media. – 2013. – Vol. 8, № 3. – P. 745–772. – DOI: 10.3934/nhm.2013.8.745. – URL: <https://www.aimspress.com/article/doi/10.3934/nhm.2013.8.745> (дата обращения: 21.03.2025).
3. Tracking vehicle trajectories and fuel rates in phantom traffic jams: Methodology and data / Fangyu Wu, Raphael E Stern, Shumo Cui [et. all.]. – Текст : электронный // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. – 2019. – Vol. 99, № 5. – P. 82–109. – URL: <https://wellesu.com/10.1016/j.trc.2018.12.012> (дата обращения: 21.03.2025).
4. Self-sustained nonlinear waves in traffic flow / M. R Flynn, A. R Kasimov, J-C. Nave, R. R Rosales, B. Seibold. – Текст : электронный // Physical Review E. – 2009. – Vol. 79, № 5. – P. 056113-1–056113-13. – DOI 10.1103/PhysRevE.79.056113. – URL: <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/51741/Flynn-2009-Self-sustained%20nonli.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата обращения: 21.03.2025).
5. Стрельцов, С. В. Исследование проблемы загруженности автомобильных дорог / С. В. Стрельцов, О. С. Толмачёва. – Текст : электронный // Современные прикладные исследования : материалы шестой Всероссийской (национальной) научно-практической конференции : в 2 томах. Т. 1, Шахты, 16–18 марта 2022 года. – Новочеркасск : Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, 2022. – С. 113–119. – EDN ZARZUB. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49175850> (дата обращения: 24.03.2025).
6. Ленц, А. А. Формирование градостроительной концепции «исчисляемый город» / А. А. Ленц. – Текст : электронный // Архитектура и современные информационные технологии. – 2019. – № 1 (46). – С. 278–289. – EDN YYXPGP. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37066876> (дата обращения: 24.03.2025).
7. Претор-Пинни, Г. Занимательное волноведение. Волнения и колебания вокруг нас / Г. Претор-Пинни ; пер. с англ. О. Дементьевской. – Москва : Лайвбук, 2016. – 416 с. – ISBN 978-5-904584-33-7.
8. Traffic Modeling – Phantom Traffic Jams and Traveling Jamitons / M. R. Flynn, A. R. Casimov, J-Ch. Nave [et. all.]. – Текст : электронный // MIT Mathematics : [официальный сайт]. – URL: <https://math.mit.edu/traffic/?ref=blog.cityflo.com> (дата обращения: 21.03.2025).
9. Ростовцев, А. А. Фантомы на дорогах / А. А. Ростовцев. – Текст : электронный // Троицкий вариант – Наука. – 2012. – № (109). – URL: <https://www.trv-science.ru/2012/07/fantomy-na-dorogakh/> (дата обращения: 21.03.2025).
10. Математики описали модель возникновения дорожных пробок. – Текст : электронный // Epoch Times Russia : [сайт]. – 2017. – 22 августа. – Обновлено 6.09.2021. – URL: <https://www.epochtimes.ru/content/view/25525/5/> (дата обращения: 21.03.2025).
11. Зубко, Р. Ford нашел способ борьбы с пробками / Р. Зубко. – Текст : электронный // Движок [сайт]. – 2018. – 26 июля. – URL: <https://dvizhok.ru/parts/ford-nashel-sposob-borbyi-s-probkami> (дата обращения: 21.03.2025).
12. Адаптивные системы управления объектами транспортной инфраструктуры / Г. М. Пенаев, Р. Б. Хыдыров, С. О. Мередов, Ш. А. Шыхыев. – Текст : электронный // Экономика. Право. Инновации. – 2022. – № 4. – С. 58–65. – DOI 10.17586/2713-1874-2022-4-58-65. – EDN ХИККОХ. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50066690> (дата обращения: 24.03.2025).

13. Князькина, О. В. «Умные светофоры» в концепции «умного транспорта» / О. В. Князькина, Р. М. Хамитов, К. С. Зайленко. – Текст : электронный // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура : электронный научный журнал. – 2024. – № 4 (42). – С. 1–12. – EDN BCSCFX. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=79717816> (дата обращения: 24.03.2025).
14. Крылова, Е. И. Интеллектуальные транспортные системы. «Умный» светофор, «умный» перекресток / Е. И. Крылова. – Текст : электронный // Аэрокосмическое приборостроение и эксплуатационные технологии : сборник докладов Второй Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 14–22 апреля 2021 года. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2021. – С. 115–118. – EDN HXNFXI. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45177959> (дата обращения: 25.03.2025).
15. Metcalfe, T. «Phantom» Traffic Jams Are Real – And Scientists Know How to Stop Them / T. Metcalfe. – Текст : электронный // Live Science : [сайт]. – 2018. – 26 February. – URL: <https://www.livescience.com/61862-why-phantom-traffic-jams-happen.html> (дата обращения: 21.03.2025).
16. Беспилотные автомобили помогут победить «фантомные пробки». – Текст : электронный // Naked Science : [сайт]. – 2017. – 10 мая. – URL: <https://naked-science.ru/article/sci/bespilotnye-avtomobili-pomogut-pobedit> (дата обращения: 21.03.2025).
17. Автопилот. Беспилотный автомобиль. – Текст : электронный // Tadviser : [сайт]. – 2021. – 7 июля. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Автопилот\\_\(беспилотный\\_автомобиль\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Автопилот_(беспилотный_автомобиль)) (дата обращения: 21.03.2025).
18. Клачкова, А. В. Устройство и развитие беспилотного транспорта / А. В. Клачкова, Д. В. Одинцов, А. А. Пехов. – Текст : электронный // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ имени В. Г. Шухова : материалы конференции, Белгород, 30 апреля – 20 мая 2021 года. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова, 2021. – С. 2045–2050. – EDN ORXWDX. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46382364> (дата обращения: 25.03.2025).
19. Симушкин, А. В. Современные технологии беспилотного управления автомобильным транспортом / А. В. Симушкин, С. В. Колпакова. – Текст : электронный // Молодежь и транспорт. Настоящее и будущее : Материалы III Международной молодежной конференции, Орёл, 30 апреля 2020 года. – Орёл : Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, 2021. – С. 78–83. – EDN ULBSRC. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46271061> (дата обращения: 25.03.2025).
20. Евсюков, В. В. Системный анализ проблемы внедрения проектов беспилотного транспорта / В. В. Евсюков, А. В. Евсюков. – Текст : электронный // Вестник Тульского филиала Финуниверситета. – 2020. – № 1. – С. 289–291. – EDN YNJACJ. – URL: <https://elibrary.ru/ynjacj> (дата обращения: 25.03.2025).
21. Евсюков, В. В. Интеллектуальные технологии в системах беспилотного управления транспортом / В. В. Евсюков, А. В. Евсюков. – Текст : электронный // Вестник Тульского филиала Финуниверситета. – 2020. – № 1. – С. 284–286. – EDN NQIMCQ. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43140123> (дата обращения: 25.03.2025).
22. Зомарев, А. Как беспилотный транспорт меняет облик наших городов? / А. Зомарев, М. Рожено. – Текст : электронный // Форсайт. – 2020. – Т. 14. – № 1. – С. 70–84. – DOI 10.17323/2500-2597.2020.1.70.84. – EDN UVJRWY. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42626059> (дата обращения: 26.03.2025).
23. Манойлина, С. З. Беспилотный транспорт как объект повышенной опасности / С. З. Манойлина, Д. Н. Посохов. – Текст : электронный // Проблемы совершенствования машин, оборудования и технологий в агропромышленном комплексе : материалы международной научно-технической конференции, Воронеж, 23–24 октября 2019 года. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. – С. 37–43. – EDN IOHHQJ. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41866164> (дата обращения: 26.03.2025).
24. Комбаров, М. В. Беспилотные автомобили и повышение качества автомобильного транспорта / М. В. Комбаров, М. А. Севостьянов. – Текст : электронный // Символ науки : международный научный журнал. – 2017. – № 5. – С. 222–225. – EDN YUNAAR. – URL: <https://elibrary.ru/yunaar> (дата обращения: 26.03.2025).
25. Математика говорит – люди не способны преодолеть пробки. Как беспилотники решат этот недостаток. – Текст : электронный // Drive2.ru : [сайт]. – 2018. – 18 мая. – URL: <https://www.drive2.ru/b/502375934775525443/> (дата обращения: 21.03.2025).
26. Адаптивные электронные системы автомобилей: адаптивный круиз-контроль / А. Ю. Куликов, А. П. Новиков, М. С. Хрипченко, Э. А. Черников, И. А. Новикова. – Текст : электронный // Инновационные технологии на автомобильном транспорте : материалы Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 16–17 мая 2024 года. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова, 2024. – С. 46–52. – DOI 10.58168/MOTOR2024\_46-52. – EDN WJULUN. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=69213843> (дата обращения: 26.03.2025).

**Н. В. Юшков, М. Р. Грошева**  
**Автомобильно-дорожный институт (филиал)**  
**федерального государственного бюджетного образовательного учреждения**  
**высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка**  
**Фантомные пробки как неявное проявление заторов на дорогах**

Рассмотрены ключевые причины возникновения фантомных пробок, которые формируются без видимых препятствий и являются следствием поведения водителей и особенностей организации дорожного движения. Установлено, что традиционные методы борьбы с заторами, такие как расширение дорог, не всегда приводят к желаемому результату так как увеличение пропускной способности зачастую сопровождается ростом числа автомобилей на дорогах.

Исследован принцип образования спонтанных заторов с точки зрения аналогии физических процессов. Проанализированы экспериментальные исследования современных авторов, демонстрирующие влияние небольших флуктуаций на стабильность транспортного потока.

На синергетическом уровне решение проблемы фантомных пробок требует комплексного подхода, включающего как технологические инновации, так и организационные изменения в управлении транспортным движением.

Многие авторы отмечают, что приоритетным вектором развития транспортной системы является внедрение беспилотных автомобилей. Такой подход решает главную проблему образования фантомных пробок – влияние человека. Однако, несмотря на указанные достоинства, в настоящее время беспилотные технологии не имеют повсеместного применения в силу юридической и законодательной неопределенности и дорогостоящих капитальных вложений.

В связи с этим наиболее прагматичные решения связаны с применением усовершенствованной системы управления скоростью автомобиля, известной под названием адаптивный круиз-контроль. Данная технология позволяет водителю поддерживать заданную скорость, автоматически регулируя ее в зависимости от дорожных условий и расстояния до впереди идущего транспортного средства.

**ФАНТОМНАЯ ПРОБКА, АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА, ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО, ТРАНСПОРТНЫЙ ПОТОК, ЭМЕРДЖЕНТНОСТЬ, ЗАТОР**

**N. V. Iushkov, M.R. Grosheva**  
**Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution**  
**of Higher Education «Donetsk National Technical University» in Gorlovka**  
**Phantom Traffic Jams as an Implicit Manifestation of Traffic Congestion**

The key causes of phantom traffic jams, which are formed without visible obstacles and are a consequence of the driver behaviour and traffic organization features, are considered. It is established that traditional methods of combating congestion, such as widening roads, do not always lead to the desired result, since an increase in capacity is often accompanied by an increase in the number of cars on the roads.

The principle of spontaneous congestion formation is investigated from the point of view of the analogy of physical processes. Experimental studies of modern authors demonstrating the influence of small fluctuations on the stability of the traffic flow are analyzed.

At the synergistic level, solving the problem of phantom traffic jams requires an integrated approach that includes both technological innovations and organizational changes in the traffic management.

Many authors note that the priority vector for the development of the transport system is the introduction of unmanned vehicles. This approach solves the main problem of the formation of phantom traffic jams – human influence. However, despite these advantages, unmanned technologies are not currently widely used due to the legal and legislative uncertainty and expensive capital investments.

In this regard, the most pragmatic solutions involve the use of the advanced vehicle speed control system known as adaptive cruise control. This technology allows the driver to maintain a set speed, automatically adjusting it depending on road conditions and the distance to the vehicle in front.

**PHANTOM TRAFFIC JAM, ROAD, VEHICLE, TRAFFIC FLOW, EMERGENCE, CONGESTION**

**Сведения об авторах:**

**Н. В. Юшков**  
 SPIN-код РИНЦ: 5405-9629  
 Телефон: +7 949 325-73-23  
 Эл. почта: nik.yushkov.97@mail.ru

**М. Р. Грошева**  
 Телефон: +7 949 384-21-86  
 Эл. почта: grosheva-mari@bk.ru

*Статья поступила 24.04.2025*

*© Н. В. Юшков, М. Р. Грошева, 2025*

*Рецензент: Д. Н. Самисько, канд. техн. наук,  
 Автомобильно-дорожный институт  
 (филиал) ДонНТУ в г. Горловка*