

## ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ НА СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

Горбачёв П. Ф.<sup>1</sup>, Макаричев А. В.<sup>1</sup>, Горбачёва Е. А.<sup>1</sup>, Ву Д. М.<sup>1</sup>,  
<sup>1</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

**Аннотация.** *Исследуется влияние ширины проезжей части улиц и дорог на скорость движения автомобилей в городских условиях. Приведены предпосылки возникновения гамма-распределения скорости автомобилей в стеснённых условиях движения и результаты экспериментальной проверки соответствующей гипотезы.*

**Ключевые слова:** *ширина полосы движения, скорость автомобиля, городская улица, случайная величина, гамма-распределение.*

### Введение

Скорость движения транспортных средств (ТС) является важнейшим показателем качества организации дорожного движения (ОДД), отражающим как конечный результат передвижения, так и условия его совершения, например, пропускную способность элементов транспортной сети. При этом априори очевидным является тот факт, что значение скорости движения ТС в конкретном месте или в конкретный момент времени является случайным.

Случайность скорости обусловлена влиянием на неё слишком большого количества факторов, чтобы их можно было достоверно предсказать, – от манеры вождения водителя ТС, которая сама по себе складывается из отдельных, сложно прогнозируемых действий, до большого количества и поведения других участников движения. Основной характеристикой случайной величины (СВ) является её закон распределения (ЗР) – заданная в любой форме взаимосвязь между значением СВ и вероятностью его появления в серии испытаний. Установление ЗР скорости движения ТС в различных условиях является актуальной задачей, решение которой – основа для повышения точности транспортных прогнозов, формируемых с помощью аналитических или имитационных моделей транспортных сетей и их элементов.

### Анализ публикаций

Основные наработки по оценке ЗР скорости движения ТС носят экспериментальный характер и относятся к условиям достаточно свободного движения на междугородных автомобильных дорогах (АД). В таком случае практически единственным ограничением на скорость является установленная местными

правилами дорожного движения или локальными дорожными знаками максимально разрешённая скорость на рассматриваемом участке. Основной целью её установления является обеспечение безопасности дорожного движения [1–3].

Остальные ограничения, вызванные такими причинами, как рельеф местности, повороты автодороги, условия видимости и другие осложнения процесса движения ТС, практически всегда нивелируются выбором соответствующих участка АД и времени проведения наблюдений. При этом максимально разрешённая скорость всегда оказывается достаточно высокой для того, чтобы случаи движения с крайне низкой скоростью, в несколько раз меньше максимальной и близкой к нулю, являлись маловероятными, практически неосуществимыми событиями.

В таких условиях с помощью соответствующих стационарных технических устройств обычно определяется моментальная скорость движения ТС в заданном сечении выбранного участка. Общность подходов к определению скорости движения привела также и к схожести полученных результатов, которые свидетельствуют о соответствии распределения скорости движения ТС в сечении междугородной АД нормальному закону Гаусса.

Подобные обследования охватывают достаточно широкий интервал времени, который стартовал с начала 50-х гг. прошлого столетия [4] и продолжается в настоящее время. Более того, количество таких наблюдений в последнее время только растёт, особенно с начала нынешнего тысячелетия [5, 6]. И уже в работе [4] нормальный закон приводится как типичное распределение моментальной скорости ТС в свободных усло-

виях движения. Дальнейшие исследования, описанные в [7–13], только подтвердили эти результаты. И хотя только в некоторых работах приводится статистическая оценка степени соответствия между эмпирическим распределением скорости движения ТС и теоретическим нормальным распределением, общий вид приведенных в данных работах графиков не оставляет сомнений в их близости к кривой плотности нормального распределения.

Такие же результаты приводятся и в работах, посвященных установлению рационального ограничения на максимальную скорость движения, например, в [14]. Этой теме посвящено значительное количество трудов, в которых вводится понятие 85 %-го перцентиля распределения фактических скоростей движения ТС как основы для ограничения скорости движения на конкретном участке АД. Этот квантиль также основывается на нормальности распределения скоростей.

Нормальное распределение скорости вследствие общеизвестных условий возникновения ЗР Гаусса вполне логично объясняется поведением водителей, на которое, безусловно, оказывает влияние очень большое количество факторов. Результаты принятия человеком тех или иных решений поддаются продуктивному изучению пока только с помощью статистического описания, и нормальное распределение скоростей движения ТС в свободных условиях является тому очередным, пусть и не прямым подтверждением.

Но остаётся вопрос о распределении скоростей движения ТС в условиях более жёстких ограничений скорости, которые возникают обычно в городах и могут быть вызваны плотным трафиком, пересечениями улиц в одном уровне, доступной водителям шириной проезжей части или другими причинами.

Изучению этих вопросов посвящено гораздо меньше работ, часть которых, впрочем, не отвергают полученных вне городов результатов. Это касается, например, работы [15], посвящённой изучению скорости движения мотоциклов в городах. В ней приводятся графики плотности вероятности распределения скорости движения мотоциклов на перегонах четырех улиц центральной части столицы Вьетнама – Ханоя, которые визуально соответствуют нормальному закону.

Такое соответствие вполне объясняется гораздо меньшими требованиями двухколесных ТС к необходимому им дорожному про-

странству [16] и, соответственно, большой свободой их движения даже в городских условиях.

Подтверждение общности нормального распределения скорости в городских условиях также можно найти в работах [17, 18]. Первая из них посвящена исследованию скорости движения ТС на 17 различных городских артериальных дорогах в трех городах Индии – Нью-Дели, Джайпуре и Чандигархе; вторая – исследованию скорости движения ТС на семи участках внутреннего дорожного кольца столицы Индии – Дели.

Однако, наряду с нормальностью распределения скорости ТС, авторы работы [17] отмечают возможность появления бимодальности у распределения плотности вероятности скорости ТС, что вполне объясняется наличием в транспортном потоке велосипедистов, средняя скорость движения которых гораздо ниже скорости моторизованных ТС. В этой же работе, на графиках плотности вероятности скорости ТС, можно отметить отклонение моды эмпирического распределения от теоретического значения моды нормального распределения в сторону уменьшения. Это не привело к статистическому опровержению гипотезы о нормальности распределения скорости ТС, но может свидетельствовать о наличии некоторых тенденций в её изменении в более стеснённых городских условиях. Сделать более строгие утверждения на основе работы [17] невозможно из-за недостаточно полного описания условий движения на исследуемых участках АД.

Больше внимания условиям движения уделено в работе [19], в которой данные собирались на четырех двухполосных дорогах, по одной полосе движения в каждом направлении, в городе Ассам, Индия. Так как однополосное движение создаёт уже достаточно серьёзные ограничения в движении ТС при городской интенсивности движения, в работе [19] были получены несколько иные результаты подбора наиболее подходящего распределения для описания скорости движения ТС. Ими в двух случаях оказались логнормальное и в двух случаях – гамма-распределение, оба в трёхпараметрической форме, со сдвигом. Среди тестируемых законов также были нормальный, Вейбулла со сдвигом и бета-распределение. Все законы, кроме нормального, имеют смещенную влево от центра вершину кривой плотности вероятности распределения, что подтверждает

наличие тенденций, отмеченных при анализе работы [17].

Эти результаты свидетельствуют о необходимости более внимательного изучения закономерностей распределения скорости в стеснённых условиях движения с целью объяснения указанных тенденций.

Одной из причин снижения скорости движения ТС по проезжей части является недостаточная ширина полосы движения. Этому вопросу также посвящен ряд исследований, в которых отмечается влияние ширины полосы движения на скорость движения и частоту дорожно-транспортных происшествий [20, 21], хотя ряд исследователей, как отмечается в работе [22], отрицают эту связь.

Также не обнаружили влияния ширины полосы движения на пропускную способность дороги авторы работы [23], в которой с помощью дисперсионного анализа исследовались 60 участков скоростных автомагистралей Шанхая, Китай. Значимыми в анализе оказались только количество полос и ширина обочины.

На наш взгляд, отсутствие влияния ширины полосы движения на скорость движения ТС обусловлено исключительно пассивным характером упомянутых экспериментальных исследований, в которых условия движения не изменялись, а принимались такими, какими они были на момент проведения замеров. Этот способ, соответственно, не гарантирует достаточной амплитуды для диапазона значений ширины полосы движения на существующих, построенных в соответствии с действующими стандартами АД.

В частности, в работе [23] ширина полосы колебалась в диапазоне от 2,89 до 3,86 м. При этом средняя ширина полосы составила 3,50 м, а модальное значение – 3,76 м. Незначительное количество относительно «узких» полос вполне могло привести к недостаточному статистическому влиянию ширины полосы на пропускную способность дороги в целом. Что касается скорости движения, то авторы отмечают в целом низкую скорость движения на выбранных участках. Это также обуславливает отсутствие тестируемой зависимости в работе, так как снижение скорости движения, вызванное другими причинами, основной из которых является плотный трафик на дороге, снижает статистическую значимость ширины проезжей части в этом вопросе.

В противоположность этому, в активном эксперименте [24], проведенном на симуля-

торе движения, где ширина полосы движения равномерно изменялась в диапазоне от 2,85 до 3,75 м, установлено, что ширина полосы движения, равно как её положение на дороге и ширина обочин, оказывают существенное влияние на поведение водителей при управлении легковым автомобилем с точки зрения скорости движения и интенсивности отклонений от обычной траектории движения по полосе.

Эти выводы свидетельствуют о необходимости более глубокого изучения закономерностей изменения скорости ТС в стеснённых условиях движения и, в частности, при сужении проезжей части.

### Цель и постановка задачи

*Целью данной работы является получение закономерностей колебания скорости движения ТС в стеснённых условиях движения, при сужении проезжей части.*

*Достижение поставленной цели возможно за счёт рассмотрения скорости движения ТС как случайной величины, основной характеристикой которой является её ЗР, и выдвижения обоснованной гипотезы относительно вида распределения скорости ТС в стеснённых условиях движения.*

Стеснённые условия движения в общем случае не предполагают обязательной полной остановки автомобиля при их возникновении, хотя и не запрещают её. Для узкой проезжей части полная остановка должна означать недостаточность ширины проезда для габаритов автомобиля по мнению его водителя, то есть быть реакцией конкретного водителя только на ширину проезжей части, исключая другие причины, такие как другие автомобили на пути движения, например. То есть оценка фактических значений скорости движения ТС должна проходить на перегоне улицы, вне зоны влияния перекрестков, которыми начинается и заканчивается исследуемый перегон. Это же утверждение касается и других преград движению ТС, например, регулируемых или нерегулируемых пешеходных переходов, остановочных пунктов городского общественного транспорта без заездного кармана и т. д.

Транспортные средства, скорость движения которых исследуется, должны иметь однородные характеристики, чтобы избежать бимодальности скорости их движения. Поэтому объектом исследования должны стать легковые автомобили, к числу которых также могут быть отнесены микроавтобусы и грузовые автомобили полной массой до 2,5 т.

**Формирование гипотезы относительно вида распределения скорости движения ТС на узкой проезжей части**

Предпосылкой для формирования такой гипотезы является ответ на вопрос: какой же станет левая часть нормального распределения скорости движения при снижении её среднего значения, которое может быть вызвано каким-либо осложнением условий движения.

Так как скалярная скорость определена только на неотрицательной области значений, её минимальное значение равняется нулю. При достаточном удалении среднего значения скорости от нуля, левый хвост  $[-\infty; 0]$  теоретического нормального распределения  $N$  имеет очень низкую вероятность,  $F_{No} \approx 0$ , что позволяет не принимать его во внимание при статистической проверке гипотез в рассматриваемом случае и, по сути, забывать на момент оценки о двухсторонней бесконечности нормального распределения. Однако, при сохранении закона и формы распределения, уменьшение среднего значения скорости приводит к появлению весьма значимого отрицательного хвоста распределения (рис. 1).

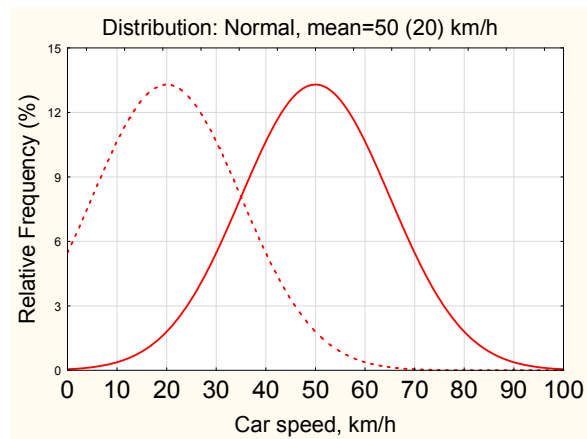


Рис. 1. Результат снижения средней скорости движения ТС, распределённой по нормальному закону

Поскольку такого хвоста в действительности не может быть из-за неотрицательной области определения скорости, то встаёт поставленный выше вопрос о том, в какое распределение трансформируется нормальный закон в данных условиях.

В этой работе не ставится задача найти всестороннее и полное теоретическое объяснение этого явления – необходимо только найти удобный инструмент трансформации

распределения скорости движения ТС при изменении условий движения на АД. Эти закономерности достаточно важны для повышения точности моделирования транспортного процесса в региональных и местных транспортных системах, для чего вполне достаточно и описательного подхода.

Для того чтобы найти упомянутый подходящий инструмент, необходимо определить конечную позицию трансформации нормального закона. С этой целью можно представить, что будет, если скорость снизится настолько сильно, что нулевое значение скорости окажется правее центра исходного нормального распределения скорости свободного движения (рис. 2).

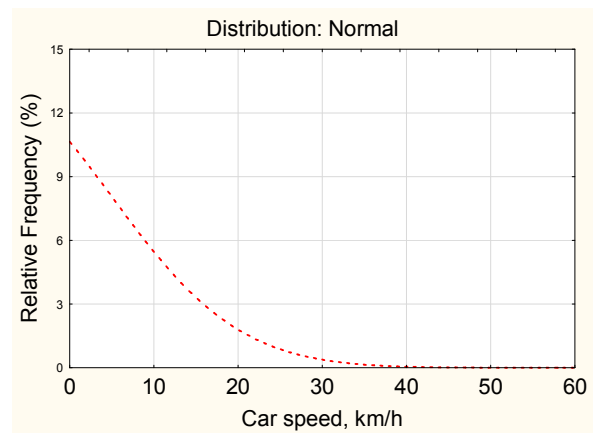


Рис. 2. Часть плотности, нормально распределённой СД ТС на положительной полуоси, при её значительном снижении

Очевидно, что в этом случае остаётся действительным только «правый хвост» нормального распределения, для которого на статистическом материале сложно будет опровергнуть гипотезу о его соответствии экспоненциальному закону распределения СВ. Поэтому крайней формой распределения СДТС при приближении средней скорости к нулю логично принять экспоненциальный закон. Собственно, такой уровень обоснованности является вполне достаточным для целей описания трансформации распределения скорости при отсутствии теоретических предпосылок для аналитического описания поведения участников движения.

При допущении о том, что в самых сложных условиях движения нормальный закон трансформируется в экспоненциальное распределение скорости движения ТС, остаётся только найти связующее звено между этими двумя распределениями, которое будет под-

ходить к рассматриваемой ситуации со снижением скорости движения вследствие сужения проезжей части.

На роль такого связующего звена хорошо подходит гамма-распределение [25], так как экспоненциальное распределение является его частным случаем, с параметром формы, равным 1, а нормальный закон – предельным гамма-распределением, с параметром формы, стремящимся к бесконечности. Вообще гамма-распределение является обобщением распределения Эрланга на случай нецелых параметров формы, которое возникает как сумма независимых экспоненциально распределённых СВ. Количество слагаемых определяет параметр формы распределения Эрланга. При большом количестве слагаемых, в соответствии с центральной предельной теоремой, сумма независимых СВ имеет нормальное распределение.

Обладая такими свойствами, гамма-распределение становится очень удобным инструментом для описания процесса трансформации нормального закона в экспоненциальный. А так снижение скорости ТС, вызванное сужением проезжей части, не является крайней ситуацией с точки зрения степени снижения СД, так как не требует обязательной остановки ТС, то вполне обоснованной выглядит гипотеза о соответствии распределения скорости движения ТС в местах с узкой проезжей частью гамма-распределению СВ.

#### Экспериментальная проверка гипотезы

Условия эксперимента предполагают необходимость его проведения на перегоне улицы вне зоны влияния перекрестков, которыми начинается и заканчивается исследуемый перегон. Здесь необходимо отметить, что с точки зрения исследуемого параметра – скорости движения ТС в стеснённых условиях – это означает, что она (скорость) в общем случае должна быть выше на подъезде к узкому участку движения и после его проезда. То есть этот участок должен быть достаточно далеко как от предшествующего перекрёстка, чтобы водители успевали набрать слишком высокую для узкого участка скорость, так и до последующего перекрёстка, чтобы водителям был смысл увеличивать СД при движении по оставшемуся до перекрёстка (или до очереди перед ним) участку улицы.

Современные условия управления дорожным движением в городах Украины не обес-

печивают учёным возможностями для проведения активного эксперимента путём искусственного создания стеснённых условий движения на городских улицах.

Найти в естественных городских условиях подходящие для исследования участки с недостаточной для свободного проезда шириной проезжей части возможно на относительно узких улицах с одной полосой движения в каждом направлении. Такая ситуация часто возникает на центральных улицах городов вследствие занятия крайних правых полос припаркованными автомобилями. Однако другой характерной чертой центральной части города является плотная застройка и вызванные этим короткие перегоны между пересечениями в одном уровне с другими потоками (транспортными или пешеходными).

Эти условия приводят к необходимости поиска не столько участка улицы с узкой полосой движения, сколько «узкого места» на проезжей части, которое может возникнуть, например, вследствие неправильной парковки какого-то автомобиля. Такая ситуация, конечно, исключает возможность изучить привыкание водителей к данной ширине полосы движения вследствие многократного её преодоления, но позволяет достаточно полно охарактеризовать реакцию водителей на сужение проезжей части.

Ситуации с возникновением «узкого места» на центральных улицах Харькова вследствие текущего уровня культуры вождения участников движения возникают достаточно часто. Однако это не означает, что все они создают условия для проведения наблюдений за реакцией водителя на сужение проезжей части – оно должно быть достаточно продолжительным, чтобы соответствующую ситуацию можно было не только зафиксировать, но и количественно охарактеризовать, то есть измерить ширину доступной проезжей части и организовать видеосъёмку процесса движения в данных условиях.

Также нужно, чтобы ширина доступной проезжей части попала в весьма узкий диапазон с неизвестными на начало эксперимента границами. То есть перед началом эксперимента имеются только качественные требования к узкому месту: с одной стороны, оно должно быть достаточным для проезда автомобилей, с другой – заставлять хотя бы часть водителей снижать СД.

Совокупность всех перечисленных выше требований к организации эксперименталь-

ной проверки выдвинутой гипотезы привела к выбору в городе Харькове в качестве потенциально пригодного для наблюдений участка – перегон улицы Ярослава Мудрого между ул. Алчевских и ул. Чернышевской (рис. 3).

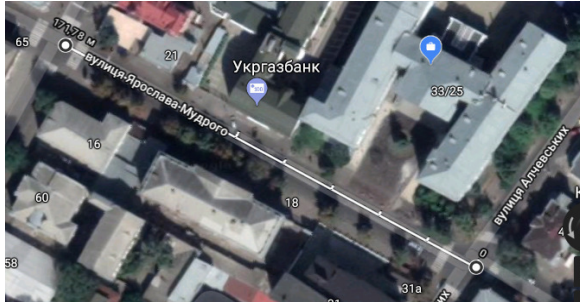


Рис. 3. Участок улицы Ярослава Мудрого, выбранный для проведения эксперимента

Длина участка между стоп-линиями ограждающих его перекрёстков оказалась немногим больше 170 м. При зоне влияния данных перекрёстков около 60 м, достаточной для разгона легкового автомобиля со стандартным ускорением  $2 \text{ м/с}^2$  от стоп линии предыдущего перекрёстка до  $55 \text{ км/ч}$  ( $15,5 \text{ м/с}$ ), и длине очереди перед последующим перекрёстком более 12 автомобилей, на данном участке для возникновения «узкого места» остаётся ещё 50 метров, на которых могут выполняться все необходимые для эксперимента условия.

Для создания «узкого места» необходима относительная свобода движения по выбранной полосе при постоянно занятой встречной полосе, что и создаёт стеснённые условия для выбранной в эксперименте полосы. Направление движения по ул. Ярослава Мудрого в сторону ул. Алчевских всегда является более загруженным, чем встречное, что обусловлено структурой транспортного спроса и улично-дорожной сети г. Харькова. Поэтому объектом наблюдений должна стать полоса движения автомобилей, направляющихся в сторону ул. Чернышевской.

В обычных условиях движения припаркованные автомобили не настолько сильно сужают проезжую часть на данном участке, чтобы вынуждать водителей снижать скорость движения, поэтому для проведения эксперимента пришлось ожидать, когда на участке возникнут необходимые условия. Это произошло утром 16 марта 2018 г., когда из-за прошедшего накануне обильного сне-

гопада ширина проезжей части сильно сузилась и между припаркованными у обочины автомобилями осталось всего  $5,45 \text{ м}$  проезжей части для двух встречных потоков автомобилей (рис. 4).



Рис. 4. Условия проведения эксперимента по оценке влияния ширины проезжей части на скорость движения автомобилей

Ширина проезжей части измерялась между зеркалами автомобилей, стоящих на противоположных сторонах участка.

Видеонаблюдение за процессом движения автомобилей по ул. Ярослава Мудрого в сторону ул. Чернышевской продолжалось с  $8^{\text{h}30}$  до  $10^{\text{h}16}$ , пока сохранялись необходимые для проведения эксперимента условия, в том числе постоянно занятая очередью автомобилей встречная полоса. За это время через узкий участок проехало 225 автомобилей, однако для девяти из них не были выполнены условия свободного движения после «узкого места» из-за большой очереди перед перекрёстком ул. Ярослава Мудрого и ул. Чернышевской.

Обработка видеонаблюдения включала в себя расчёт времени проезда передней точкой проезжающего автомобиля мимо передней и задней точек припаркованного у обочины серого автомобиля, длина которого составляет  $4\,375 \text{ мм}$ . Точность определения времени проезда составляет  $1/30 \text{ с}$ , общие результаты обработки представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Статистическая характеристика значений скорости движения автомобилей

Характеристика выборки	Значение, м/с
Количество наблюдений, ед.	216
Минимум	1,32
Максимум	12,50
Средняя скорость	5,99
Стандартное отклонение	2,32
Параметр масштаба	0,899
Параметр формы	6,666

Как видно из таблицы, скорость проезда узкого места разными водителями колеблется в достаточно широких пределах, что может быть вызвано не только поведением водителей в условиях узкой и постоянной проезжей части, но и влиянием автомобилей из очереди на встречной полосе.

Среднее значение скорости (21,57 км/ч), существенно отличается от аналогичных значений средней скорости на городских улицах в свободных условиях движения – 30,25 км/ч [17], 58,9 км/ч [18] и 47,66 км/ч [19]. Этот факт подтверждает влияние ширины проезжей части на скорость движения автомобилей, а противоречивые результаты предыдущих исследований, по-видимому, объясняются очень узким диапазоном влияния скорости – между минимальной шириной проезжей части, допускающей проезд ТС, и её комфортной шириной.

Результаты проведенного наблюдения обеспечили достаточное количество данных для статистической оценки выдвинутой в работе гипотезы. Проверка соответствия полученного ряда значений скорости теоретическому гамма-распределению была проведена в программе STATISTICA 10 с помощью критериев Колмогорова–Смирнова и Пирсона (рис. 5).

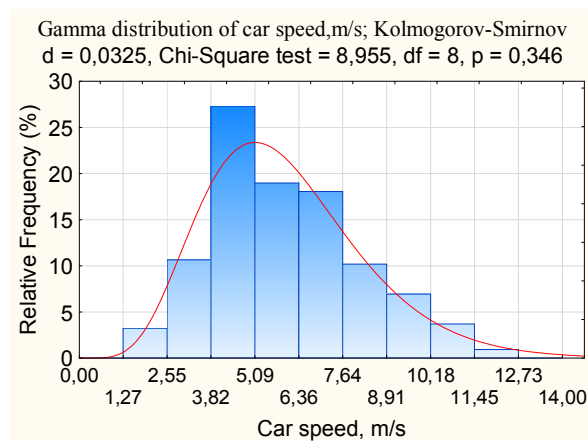


Рис. 5. Результат подбора гамма-распределения для скорости движения автомобилей в «узком месте»

Значения обоих критериев не опровергают гипотезу о соответствии эмпирического распределения скорости проезда автомобилями узкого участка дороги гамма-распределению, что можно считать положительным результатом её экспериментальной проверки. Для определения степени удалённости полученного распределения от нор-

мального распределения скорости свободного движения автомобилей также была проведена оценка возможности описания результатов эксперимента нормальным законом. Положительного результата подбора удалось добиться на предельно малом для критерия Пирсона количестве интервалов (рис. 6).

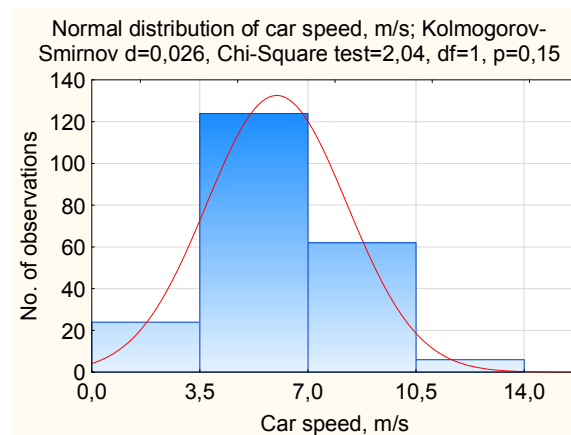


Рис. 6. Результат подбора нормального закона распределения для скорости движения автомобилей в «узком месте»

Такое «граничное» неопровержение гипотезы о соответствии эмпирического распределения скорости проезда автомобилями узкого участка дороги нормальному закону вряд ли можно считать достаточным для подтверждения соответствующей гипотезы. Этот результат в большей степени свидетельствует в пользу соображений об общности гамма- и нормального распределений, которые легли в основу гипотезы о гамма-распределении скорости автомобилей в стеснённых условиях узкой проезжей части АД.

### Выводы

Основным направлением исследования СД автомобилей является её изучение в свободных условиях движения на междугородных дорогах при единственном ограничении на максимально разрешённую скорость, установленную правилами дорожного движения или дорожными знаками. В этих условиях скорость всегда распределена нормально.

Выдвинутая гипотеза о возможности использования гамма-распределения для описания скорости движения ТС в любых условиях движения, т. е. для любой средней СД, не была опровергнута проведенными экспериментальными наблюдениями за движением автомобилей на узком участке, шириной 5,45 м для двух направлений.

Этот результат свидетельствует в пользу выдвинутой гипотезы и требует её дальнейшей проверки в других условиях ограничения проезда, среди которых одни из самых жёстких условий создают регулируемые перекрёстки, вынуждающие автомобили простаивать значительные промежутки времени при прибытии на запрещающий сигнал светофора.

#### Литература (References)

1. Managing Speed. Review of Current Practices for Setting and Enforcing Speed Limits. Transportation Research Board Special Report 254. National Research Council, Washington, D.C. – 1998 – 427 p.
2. Tefft B. C. Impact Speed and a Pedestrian's Risk of Severe Injury or Death. *AAA Foundation for Traffic Safety* – 2011 – 17 p.
3. Taylor M. C., Lynam D. A. and Baruya A. The effects of drivers' speed on the frequency of road accidents. TRL REPORT 421. Transport Research Laboratory, Crowthorne, England – 2000 – 56 p.
4. Berry D. S., Belmont D. M. Distribution of vehicle speeds and travel times. *Proc. Second Berkeley Symp. on Math. Statist. and Prob.* (Univ. of Calif. Press), – 1951 – pp. 589–602.
5. Patel C., Sharma J., Solanki J., Thakkar C., Prajapati N., Naik S. Spot speed study at A.V. road. *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education*. Vol-4 Issue-2 – 2018 – pp. 3207–3209.
6. Khan J. A., Tarry S. R. Speed spot study by comparing time mean speed and space mean speed: A case study. *International Journal of Advanced Science and Research Volume 3; Issue 1; – 2018 – pp. 97–102.*
7. Frith W. J., Patterson T. L. Speed variation, absolute speed and their contribution to safety, with special reference to the work of Solomon 2001 – 8 p.
8. Free speed survey 2011 (Urban and Rural). *Research Department, Road Safety Authority, Ireland – 2012 – 50 p.*
9. Down with Speed: A Review of the Literature, and the Impact of Speed on New Zealanders. *Accident Compensation Corporation and Land Transport Safety Authority – 2000 – 81 p.*
10. Murray D., Steven J. Empirical Analysis of Truck and Automobile Speeds on Rural Interstates: Impact of Posted Speed Limits. TRB 2010 Annual Meeting – 13 p.
11. Vadeby A. and Forsman A. Speed distribution and traffic safety measures. Transport Research Arena, Paris – 2014 – 10 p.
12. Garber N. J. and Hoel L. A. Traffic and Highway Engineering 4-th Edition. University of Virginia – 2009 – 1230 p.
13. Halder S., Islam A., Alam R.D. Traffic Speed Study Technical Report. *Ahsanullah University of Science and Technology – September 2013 – 55 p.*
14. Hunt P., Larocque B., Gienow W. Analysis of 110 km/hr Speed Limit: Implementation on Saskatchewan Divided Rural Highways. 2004 Annual Conference of the Transportation Association of Canada Québec City, Québec, 2004 – 20 p.
15. Minh C.C., Sano K., Matsumoto S. The speed, flow and headway analyses of motorcycle traffic. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 6 – 2005 – pp. 1496 – 1508.
16. Y N.C., Minh C. C., Sano K., Matsumoto S. Motorcycle Equivalent Units at Road Segments under Mixed Traffic Flow in Urban Road. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.7, 2009. – 14 p.
17. Dhamaniya A., Chandra S. Speed Characteristics of Mixed Traffic Flow on Urban Arterials. *International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering* Vol:7, No:11 – 2013 pp. 883–888.
18. Rao A. M., Rao K. R. Free Speed Modeling for Urban Arterials – A Case Study on Delhi. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering* 43(3) – 2015 – pp. 111–119.
19. Maurya A. K., Dey S., Das S. Speed and Time Headway Distribution under Mixed Traffic Condition. *Indian Institute of Technology Guwahati, India – 2015 – 19 p.*
20. Milton J., Mannering F. The Relationship Among Highway Geometries, Traffic-Related Elements and Motor-Vehicle Accident Frequencies. *Transportation*, Vol. 25; –1998 – pp. 395–413.
21. Sawalha Z., Sayed T. Evaluating Safety of Urban Arterial Roadways. *Journal of Transportation Engineering*, 2001; 127(2) – pp. 151–158.
22. Deller J. The influence of road design speed, posted speed limits and lane widths on speed selection—a literature synthesis. *Australasian Transport Research Forum 2013 Proceedings 2 – 4 October 2013, Brisbane, Australia – 2013 – 14 p.*
23. Zheng J., Sun J., Yang J. Relationship of Lane Width to Capacity for Urban Expressways. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board* 2483(2483) – 2015 – pp. 10–19.
24. Effects of Lane Width, Lane Position and Edge Shoulder Width on Driving Behavior in Underground Urban Expressways: A Driving Simulator Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health – 2016 – 14 p.*
25. Horbachov P., Svichynskiy S. Theoretical substantiation of trip length distribution for home-based work trips in urban transit systems. Peter Horbachov, Stanislav Svichynskiy. *The Journal of Transport and Land Use. – Center for Transportation Studies at the University of Minnesota, Vol. 11, No 1 (2018) – pp. 593–632.*

Горбачёв Пётр Фёдорович<sup>1</sup>, д.т.н., проф., зав. каф. транспортных систем и логистики,



тел. +38 050-303-26-22, gorbachov.pf@gmail.com,  
**Макаричев Александр Владимирович**<sup>1</sup>,  
 д.ф.-м.н., вед. научн. сотр. каф. транспортних систем і логістики, тел. +38 098-468-31-97, amsol2904@gmail.com,

**Горбачева Елена Александровна**<sup>1</sup>, аспірант, тел. +38 050-300-11-43, goeal@gmail.com,

**Ву Дык Минь**<sup>1</sup>, аспірант, тел. +84 090-429-34-18, vdminh1969@yahoo.com.vn.

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, г. Харків, ул. Ярослава Мудрого, 25.

**Анотація. Проблема.** Швидкість автомобіля є найважливішим показником рівня організації дорожнього руху. Очевидно, що значення швидкості автомобіля в конкретному місці й у певний час є випадковим. Випадковість швидкості обумовлена впливом на неї занадто великої кількості чинників, що не можуть бути враховані аналітично, – від стилю водіння кожного водія, який сам по собі складається з індивідуальних, важко передбачуваних дій, до значного числа та індивідуальної поведінки інших учасників дорожнього руху. Установлення розподілу швидкості автомобіля в різних умовах є актуальним завданням, вирішення якого є основою для підвищення точності прогнозів руху, які формуються з використанням аналітичних або імітаційних моделей транспортних мереж та їх елементів. **Мета.** Отримання закономірностей зміни швидкості автомобіля в обмежених дорожніх умовах, з вузькою проїжджою дорогою. **Методологія.** Формування дійсної гіпотези щодо типу розподілу швидкості автомобіля в обмежених дорожніх умовах та її експериментальна перевірка на прикладі міської вулиці з припаркованими автомобілями. **Результати.** Гіпотеза про можливість використання гамма-розподілу для опису швидкості автомобіля в будь-яких умовах руху, тобто для будь-якої середньої швидкості автомобіля, не була спростована експериментальними спостереженнями руху транспортних засобів на вузькій ділянці міської вулиці завширишки 5,45 м для двох напрямків. **Оригінальність.** Запропонована та перевірена нова гіпотеза щодо розподілу швидкості автомобіля не у вільних, а в обмежених дорожніх умовах. **Практична значущість.** Отриманий результат дозволяє підвищити точність прогнозів руху з використанням аналітичних або імітаційних моделей транспортних мереж та їх елементів у транспортному консалтингу.

**Ключові слова:** ширина дороги, швидкість автомобіля, міська вулиця, випадкова величина, гамма-розподіл.

**Горбачов Петро Федорович**<sup>1</sup>, д.т.н., проф., зав. каф. транспортних систем і логістики, тел. +38 050-303-26-22, gorbachov.pf@gmail.com,

**Макаричев Александр Владимирович**<sup>1</sup>, д.ф.-м.н., пров. наук. співр. каф. транспортних систем і логістики, +38 098-468-31-97, amsol2904@gmail.com,

**Горбачова Олена Олександрівна**<sup>1</sup>, аспірант, тел. +38 050-300-11-43, goeal@gmail.com,

**Ву Дик Минь**<sup>1</sup>, аспірант, +84 090-429-34-18, vdminh1969@yahoo.com.vn.

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

### **Influence of a carriageway width on the car Speed under urban conditions**

**Abstract. Problem.** The car speed is the most important indicator of the traffic organization level. A priori it is obvious that the value of the car speed in a particular place and at a particular time is random. The randomness of speed is due to the influence on it of too many factors that cannot be taken into account analytically - from the driving style of each driver, which in itself is made up of individual actions, which are difficult to predict, to a large number and individual behavior of other road users. Establishing a car speed distribution in various conditions is an urgent task, whose solution is the basis for improving the accuracy of traffic forecasts that are formed using analytical or simulation models of transport networks and their elements. **Goal.** The goal is obtaining patterns of changes in the car speed in limited road conditions, with the narrow carriageway. **Methodology.** The methods include development of a valid hypothesis regarding the type of distribution of the car speed in limited road conditions and its experimental verification using the example of an urban street with parked cars. **Results.** The hypothesis about the possibility of using gamma distribution to describe the car speed in any driving conditions, i.e. for any average car speed, was not denied by experimental observations of the movement of vehicles on a narrow section of the urban street 5.45 m wide for two directions. **Originality.** New hypothesis was promoted and tested about the kind of car speed distribution, not in free, but in limited road conditions. **Practical value.** The obtained result is the basis for improving the accuracy of traffic forecasts that are formed using analytical or simulation models of transport networks and their elements in transport consulting.

**Key word:** road lane width, car speed, urban street, random variable, gamma distribution.

**Horbachov Peter**<sup>1</sup>, Prof., Doct. of Science (Transport Systems), Head of Transport Systems and Logistics Department, tel. +380503032622, gorbachov.pf@gmail.com,

**Makarychev Aleksandr**<sup>1</sup>, Doct. of Science (Phys. & Math.), Leading Researcher, Transport Systems and Logistics Department, amsol2904@gmail.com,

**Gorbachova Elena**<sup>1</sup>, Ph. D. student, tel. +380503001143, goeal@gmail.com,

**V.D. Minh**<sup>1</sup>, Ph. D. student, tel. +840904293418, vdminh1969@yahoo.com.vn.

<sup>1</sup>Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslav Mudry street, Kharkiv, 61002, Ukraine.