

ТРАНСПОРТ

УДК 629.017

Подригало М.А., д.т.н., Клец Д.М., к.т.н., Файст В.Л.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,
г. Харьков

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УСКОРЕНИЙ ПРИ ДВИЖЕНИИ АВТОМОБИЛЕЙ В ТРАНСПОРТНОМ ПОТОКЕ

Выполнена оценка распределения ускорений легковых автомобилей при движении в транспортном потоке с использованием мобильного измерительно-регистрационного комплекса, разработанного в ХНАДУ. Проведен подбор величин распределения ускорений легковых автомобилей.

Введение

Проблема возникновения транспортных пробок на автомобильных дорогах обусловлена тем, что в едином транспортном потоке участвуют автомобили разных годов выпуска, порой очень давних и имеющих низкие значения удельной мощности двигателя.

Низкая удельная мощность двигателя, а следовательно, и приемистость автомобилей прошлых лет выпуска приводят к увеличению времени ликвидации транспортных пробок. Рано или поздно возникнет необходимость ограничения доступа автомобилей с низкими показателями динамических свойств на магистрали с интенсивным движением. Кроме того, возникнет необходимость оценки и нормирования динамических свойств новых автомобилей при их сертификации.

Для решения указанных проблем необходимо исследовать возможность реализации предельных динамических возможностей автомобилей, что позволит в дальнейшем выработать нормативы оценки и произвести квалиметрию указанных свойств с учетом тенденции роста удельной мощности двигателей.

Анализ последних достижений и публикаций

Динамическая характеристика, предложенная Е. А. Чудаковым еще в 1928 г., является общепринятой. Динамическая характеристика представляет собой зависимость динамического фактора D от скорости автомобиля и строится на различных передачах [1, 2, 3].

Режимы движения автомобилей в транспортном потоке определяются их тяговыми и мощностными возможностями. Указанные режимы характеризуются линейными скоростями, ускорениями и шумом ускорений автомобилей. С течением времени на дорогах появляются более совершенные автомобили, обладающие более высокой мощностью двигателей. Это приводит к ужесточению режимов движения. Поэтому необходимо периодически производить измерение параметров движения автомобилей в транспортном потоке и оценку режимов движения по величинам ускорений. Для этого желательно использовать измерительные комплексы, не встроенные в автомобиль, но позволяющие осуществлять регистрацию и обработку параметров его движения. Такие измерительные комплексы в настоящее время существуют [4].

Таким образом, рост мощности двигателей сопровождается ужесточением режимов движения автомобилей в транспортном потоке. Указанные режимы необходимо периодически уточнять и использовать на этапе проектирования машины для определения запаса мощностей двигателей.

Цель и постановка задач исследования

Целью исследования является оценка статистического распределения значений ускорения легковых автомобилей.

Для достижения указанной цели необходимо определить характеристики распределения ускорений легковых автомобилей как случайных величин на основании статистических наблюдений.

Определение характеристик распределения ускорений легковых автомобилей

На основании статистических наблюдений получены гистограммы распределения ускорений автомобилей. Для регистрации данных при дорожных испытаниях автомобилей использовался мобильный измерительно-регистрационный комплекс, состоящий из двух трехкоординатных датчиков ускорений Freescale Semiconductor, подключенных к ПЭВМ (notebook).

По полученным гистограммам осуществлен подбор распределения случайных величин, которые с достаточной степенью точности описывают полученные результаты. Одним из наиболее используемых и простых критериев согласия наблюдаемых данных с гипотезой является критерий хи-квадрат Пирсона. Чем меньше значение статистики хи-квадрат, тем более вероятно, что гипотеза верна, а чем больше значение статистики хи-квадрат, тем меньше вероятность того, что гипотеза соответствует данным.

С использованием пакета StatSoft Statistica проведен подбор распределения. Наиболее подходящим является нормальное распределение, для которого в нашем случае критерий Пирсона составляет от 12,7 до 47,6 (рис. 1-3).

Параметры нормального распределения величин ускорений испытуемых автомобилей сведены в таблицу 1.

Анализ параметров нормального распределения (табл. 1) позволяет сделать вывод о том, что можно получить усредненный закон распределения продольных ускорений легковых автомобилей в городском режиме движения, поскольку значение параметров распределения близки для разных автомобилей.

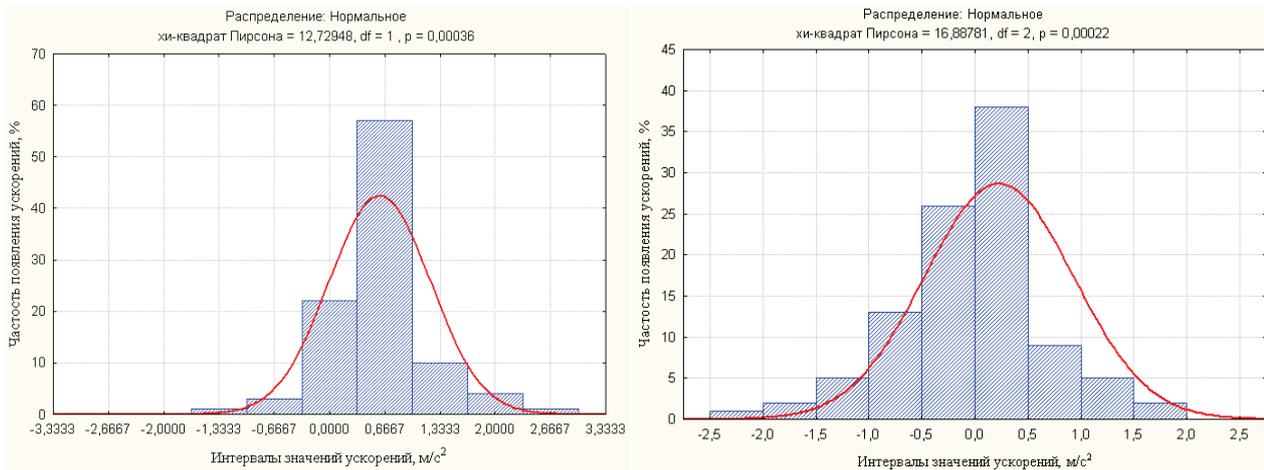


Рис. 1. График нормального распределения для значений ускорений автомобилей Москвич-412 и ВАЗ-2105 при движении в городском режиме

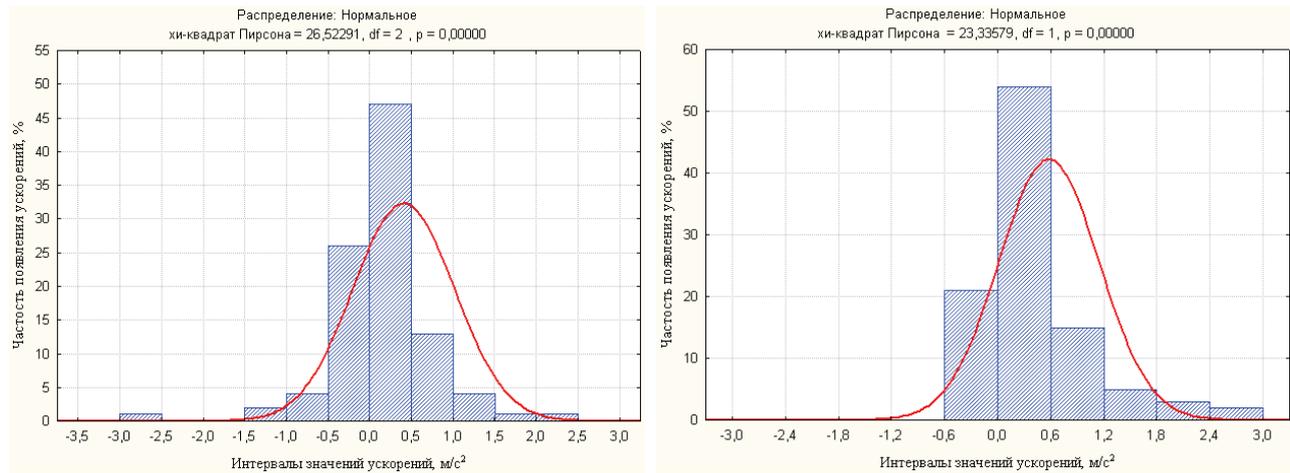


Рис. 2. График нормального распределения для значений ускорений автомобилей ВАЗ-2108 и ЗАЗ-1103 при движении в городском режиме

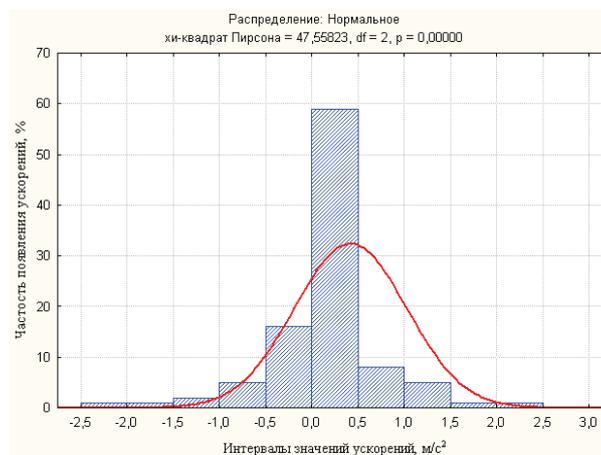


Рис. 3. График нормального распределения для значений ускорений автомобиля ВАЗ-2121 при движении в городском режиме

Таблица 1

Параметры нормального распределения величины ускорения

Марка автомобиля	Критерий Пирсона	Среднее квадратичное отклонение	Математическое ожидание	Закон распределения ускорений автомобиля
ВАЗ-2105	16,9	0,7	0,23	$f(x) = 50,5 \cdot \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot 0,7} \cdot e^{-\frac{(x-0,23)^2}{2 \cdot 0,7^2}}$
ВАЗ-2108	26,5	0,61	0,41	$f(x) = 49,5 \cdot \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot 0,61} \cdot e^{-\frac{(x-0,41)^2}{2 \cdot 0,61^2}}$
ЗАЗ-1103	23,3	0,57	0,58	$f(x) = 60 \cdot \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot 0,57} \cdot e^{-\frac{(x-0,58)^2}{2 \cdot 0,57^2}}$
ВАЗ-2121	47,6	0,6	0,42	$f(x) = 49,5 \cdot \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot 0,6} \cdot e^{-\frac{(x-0,42)^2}{2 \cdot 0,6^2}}$
Москвич-412	12,7	0,61	0,6	$f(x) = 65,3 \cdot \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot 0,61} \cdot e^{-\frac{(x-0,6)^2}{2 \cdot 0,61^2}}$

Указанный закон имеет следующий вид

$$f(x) = 55 \cdot \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot 0,618} \cdot e^{-\frac{(x-0,448)^2}{2 \cdot 0,618^2}} \quad (1)$$

Использование усредненного закона позволяет оценить величины продольных ускорений при движении в городском цикле с максимальной погрешностью не более 20% (рис. 4).

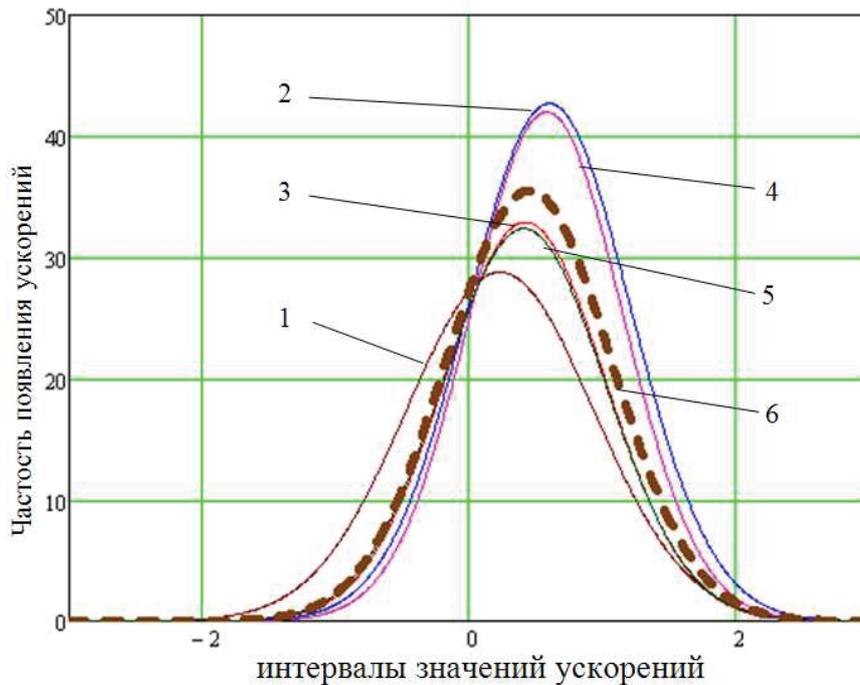


Рис. 4. Законы нормального распределения ускорений автомобилей при движении в городском режиме:

1 – ВАЗ-2105; 2 – Москвич-412; 3 – ВАЗ-2121; 4 – ЗАЗ-1103; 5 – ВАЗ-2108;
6 – универсальный (усредненный) закон распределения

Выполним подбор распределения, которое позволяет определить дополнительную удельную мощность двигателя, идущую на разгон автомобиля.

В качестве критерия используем хи-квадрат Пирсона. На рис. 5-7 построены равномерное, экспоненциальное, логнормальное, нормальное, хи-квадрат и гамма распределения для величин $x = V_a \cdot A_x$.

Наиболее подходящим является нормальное распределение (хи-квадрат Пирсона = 7,62), которое описывается следующей зависимостью (усредненный закон для всех автомобилей):

$$f(x) = 490 \cdot \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot 8,98} \cdot e^{-\frac{(x-6,84)^2}{2 \cdot 8,98^2}} \quad (2)$$

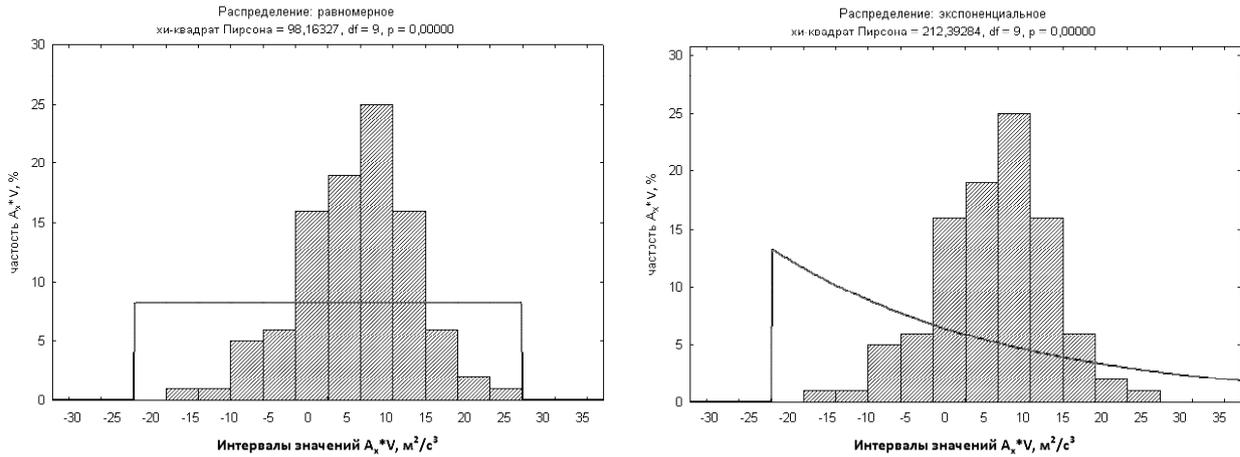


Рис. 5. Различные варианты описания распределения случайной величины $A_x \cdot V$

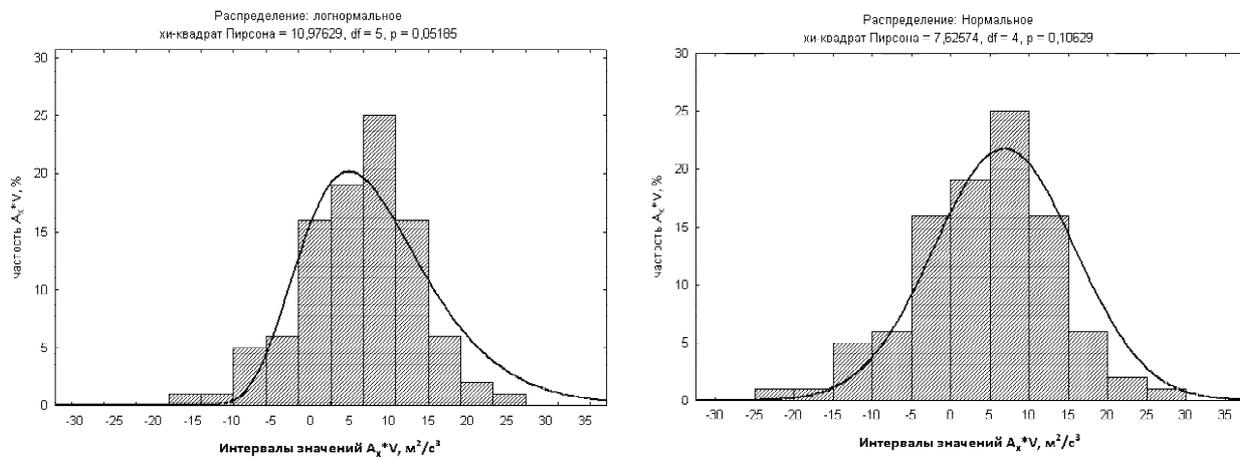


Рис. 6. Различные варианты описания распределения случайной величины $A_x \cdot V$

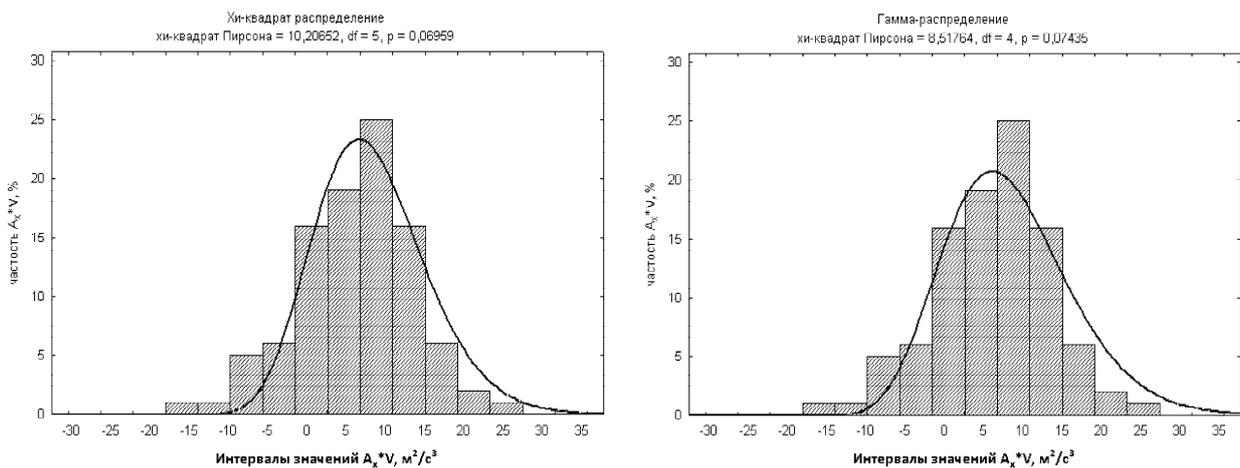


Рис. 7. Различные варианты описания распределения случайной величины $A_x \cdot V$

На рис. 8-9 приведены тахограммы некоторых моделей автомобилей при движении в городском режиме и на междугородних трассах. Обработка тахограмм позволила определить, что для указанных моделей автомобилей средняя скорость движения составляет за городом 70,6 км/ч – 75,4 км/ч и в городе – 52,4 км/ч – 57,3 км/ч.



Москвич-412 ($V_{\text{сред}} = 70,6 \text{ км/ч}$) – движение за городом



VAZ-2108 ($V_{\text{сред}} = 57,3 \text{ км/ч}$) – движение в городе
Рис. 8. Тахограмма движения автомобилей Москвич-412 и VAZ-2108



VAZ – 2105 ($V_{\text{сред}} = 75,4 \text{ км/ч}$) – движение за городом



VAZ-2121 ($V_{\text{сред}} = 52,4 \text{ км/ч}$) – движение в городе

Рис. 9. Тахограммы движения автомобилей VAZ-2105 и VAZ-2121

Выводы

1. Проведенные экспериментальные исследования позволили определить, что наилучшим образом полученные результаты описывает нормальный закон (критерий Пирсона хи-квадрат составляет от 12,7 до 47,6).

2. Анализ полученного распределения показал, что с максимальной погрешностью не более 20% можно использовать полученный закон с усредненными для всех автомобилей параметрами.

3. Определено, что средняя скорость легковых автомобилей 2-го класса составляет 70,6–75,4 км/ч при движении за городом на междугородних трассах и 52,4–57,3 км/ч – в городе. Среднее ускорение находится в пределах 0,23–0,6 м/с². Для расчетов можно принимать величину среднего ускорения, равную 0,448 м/с² при среднем квадратическом отклонении этой величины – 0,618 м/с².

Список литературы

1. Бортницкий П.И. Тягово-скоростные качества автомобилей / П.И. Бортницкий, В.И. Задорожный. – К.: Вища школа, 1978. – 176 с.
2. Великанов Д.П. Эксплуатационные качества отечественных автомобилей / Д.П. Великанов. – М., 1953. – 167 с.
3. Чудаков Е.А. Теория автомобиля / Е.А. Чудаков. – М. – Л.: Машгиз, 1940. – 396 с.
4. Гаврилов Э.В. Принципы разработки мобильных вычислительных комплексов / Э.В. Гаврилов, О.П. Алексеев, О.П. Смирнов // Информационные технологии. – Х.: Магдебург. – ХГПУ, 1999. – С.139-141.

Рецензенти: к.т.н., доц., М.А. Мастепан, АДІ ДВНЗ «ДонНТУ»;
д.т.н., проф., В.П. Волков, «ХНАДУ»

Стаття надійшла до редакції 17.12.10
© Подригало М.А., Клец Д.М., Файст В.Л., 2011