

УДК 629.3

Д. В. Абрамов

## ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАПАСА МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ В ПРОЦЕССЕ РАЗГОНА АВТОМОБИЛЯ

*Приведены результаты экспериментального определения коэффициента использования запаса мощности двигателя автомобиля при разгоне.*

*К л ю ч е в ы е с л о в а:* автомобиль, ускорение, акселерометр, водитель, бензин, газ, мощность.

**Постановка проблемы.** Тяговые свойства автомобилей, а также уровень навыков вождения оказывают существенное влияние на безопасность эксплуатации, например, при выполнении такого маневра, как обгон. В процессе эксплуатации автомобиля его тяговые свойства могут ухудшаться вследствие снижения мощности двигателя (например, при установке газобаллонного оборудования и использовании в качестве топлива газовой пропан-бутановой смеси) и увеличения потерь в трансмиссии, вызванных ухудшением технического состояния. Кроме того, в ситуации, когда одним автомобилем во время эксплуатации управляют попеременно несколько водителей с различным опытом и манерой вождения, потенциальные тяговые возможности автомобиля могут реализовываться в различной степени. Таким образом, имеющийся теоретический запас мощности на разгон используется не в полной мере, степень чего можно охарактеризовать коэффициентом использования запаса мощности двигателя автомобиля.

Адекватная оценка текущего уровня тяговых свойств автомобиля позволяет повысить точность работы бортовых систем автомобиля, оказывающих помощь водителю в управлении либо обеспечивающих автономность управления транспортным средством [1, 2].

В данной статье приведены результаты экспериментальных исследований, позволивших осуществить оценку коэффициента использования запаса мощности двигателя автомобиля при интенсивном разгоне с учетом варьирования топлива и водителей, имеющих различную квалификацию.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Зная величины линейных скорости и ускорения автомобиля, можно определить величину мощности на колесах автомобиля, затрачиваемую на разгон. Для этого рассмотрим формулу определения мощности на колесах автомобиля при движении на горизонтальном участке дороги [3]:

$$N_e \cdot \eta_{\text{тр}} = m_a \cdot g \cdot f \cdot V_a + \rho \cdot \frac{c_x}{2} \cdot F \cdot V_a^3 + m_a \cdot V_a \cdot \dot{V}_a, \quad (1)$$

где  $N_e$  – эффективная мощность двигателя автомобиля;  $\eta_{\text{тр}}$  – коэффициент полезного действия трансмиссии автомобиля;  $m_a$  – общая масса автомобиля;  $g=9,81\text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения;  $f$  – коэффициент сопротивления качению колес;  $V_a$  – линейная скорость автомобиля;  $\rho$  – плотность воздуха;  $c_x$  – коэффициент аэродинамического сопротивления (коэффициент обтекаемости);  $F$  – площадь лобового сечения (мидель) автомобиля;  $\dot{V}_a$  – линейное ускорение автомобиля.

Проанализировав выражение (1), отметим, что мощность на колесах автомобиля, затрачиваемая на преодоление дорожного и аэродинамического сопротивления для движения с постоянной скоростью определяется формулой [3]:

$$N_e \cdot \eta_{\text{тр}} = m_a \cdot g \cdot f \cdot V_a + \rho \cdot \frac{c_x}{2} \cdot F \cdot V_a^3, \quad (2)$$

а мощность на колесах автомобиля, затрачиваемая на разгон, будет определяться [3] как:

$$N = N_e \cdot \eta_{\text{тр}} = m_a \cdot V_a \cdot \dot{V}_a. \quad (3)$$

**Целью статьи** является опубликование результатов экспериментального определения коэффициента использования запаса мощности двигателя автомобиля при интенсивном разгоне в случае использования в качестве топлива бензина и газовой пропан-бутановой смеси, а также при управлении автомобилем водителями с различной манерой вождения.

**Изложение основного материала.** Экспериментальные исследования проводились в Харькове на горизонтальном участке дороги с сухим, твердым, чистым и ровным асфальтобетонным покрытием. Исследования базировались на измерении двумя трехосевыми линейными акселерометрами параметров движения легкового автомобиля В-класса, полная масса которого  $m_a = 1480$  кг, с максимальной мощностью двигателя  $N_{e \text{ max}} = 57,2$  кВт (пробег на момент проведения

экспериментальных исследований составил 200 тыс. км) при разгоне с полной подачей топлива на участке дороги [4]. В качестве топлива применялся бензин марки А-95 и пропан-бутановая газовая смесь. Кроме того, осуществлялись измерения параметров движения легкового автомобиля С-класса, полная масса которого  $m_a = 1820$  кг, с максимальной мощностью двигателя  $N_{e \max} = 73,2$  кВт (пробег на момент проведения экспериментальных исследований составил 13780 км) при разгоне с полной подачей топлива (бензин марки А-95). Автомобилем С-класса поочередно управляли три водителя с различными опытом и манерой вождения.

В результате обработки данных, полученных в ходе экспериментального исследования, построены графики зависимости продольного линейного ускорения от скорости движения легкового автомобиля В-класса при интенсивном разгоне (рис. 1). Кроме кривых, полученных экспериментальным путем, на рис. 1 представлен график зависимости максимального ускорения автомобиля от скорости его движения, построенный по результатам тягового расчета.

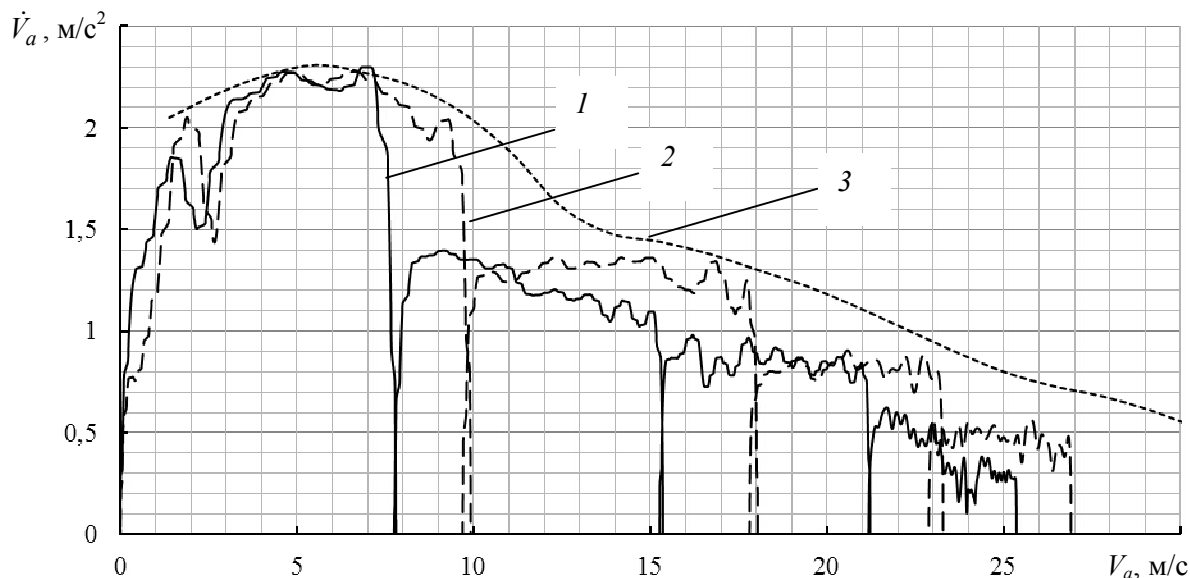


Рис. 1. Графики зависимости ускорения от скорости движения легкового автомобиля В-класса при интенсивном разгоне:

- 1 – экспериментальные значения ускорения автомобиля при использовании в качестве топлива газа;
- 2 – экспериментальные значения ускорения автомобиля при использовании в качестве топлива бензина;
- 3 – максимальное ускорение автомобиля по результатам тягового расчета

С использованием формулы (3) построены графики зависимости мощности на ведущих колесах, затрачиваемой на разгон, от скорости движения автомобиля при использовании различных видов топлива (рис. 2).

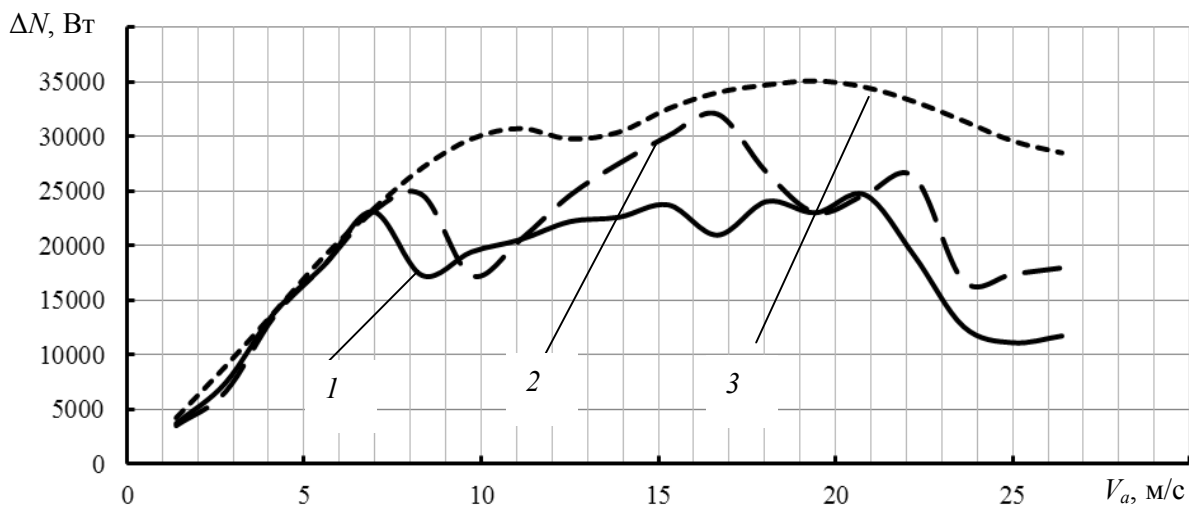


Рис. 2. Графики зависимости мощности, затрачиваемой на разгон, от скорости движения легкового автомобиля В-класса при интенсивном разгоне:

- 1 – при использовании в качестве топлива газа;
- 2 – при использовании в качестве топлива бензина;
- 3 – согласно тяговому расчету

Коефіцієнт використання запаса потужності двигателя автомобіля при разгоні буде визначатися по формулі:

$$K_{и} = \frac{N_i}{N_{\max}}, \quad (4)$$

де  $N_i$  – потужність на ведучих колесах автомобіля, витрачається на інтенсивний разгон, при досягненні лінійної швидкості  $V_a$  по результатам  $i$ -го заїзда;  $N_{\max}$  – максимальна потужність на ведучих колесах автомобіля, витрачається на разгон, при досягненні той же лінійної швидкості  $V_a$  по результатам тягового розрахунку.

С використанням вираження (4) побудовані графіки залежності коефіцієнта використання запаса потужності двигателя автомобіля при разгоні від швидкості руху легкового автомобіля В-класу з максимальною потужністю двигателя  $N_{e\max} = 57,2$  кВт при використанні різних видів палива (рис. 3). Також на рис. 3 наведені апроксимуючі криві та їх рівняння регресії.

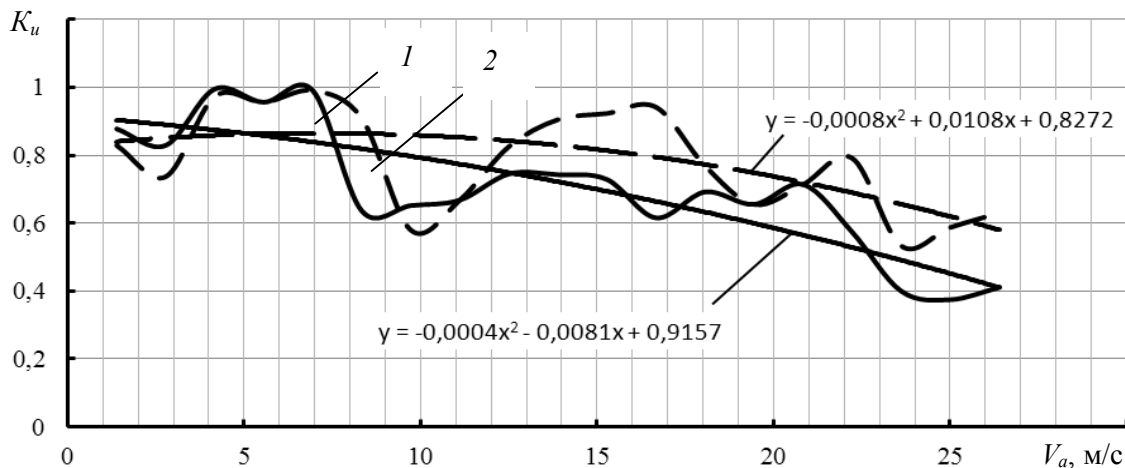


Рис. 3. Графіки залежності коефіцієнта використання запаса потужності двигателя при разгоні легкового автомобіля В-класу:

1 – при використанні в якості палива газу; 2 – при використанні в якості палива бензину

По результатам експериментального дослідження побудовані графіки залежності продольного лінійного прискорення від швидкості руху легкового автомобіля С-класу з пробегом 13780 км та максимальною потужністю двигателя  $N_{e\max} = 73,2$  кВт при інтенсивному разгоні під управлінням водіїв з різною манерою воєнства (рис. 4).

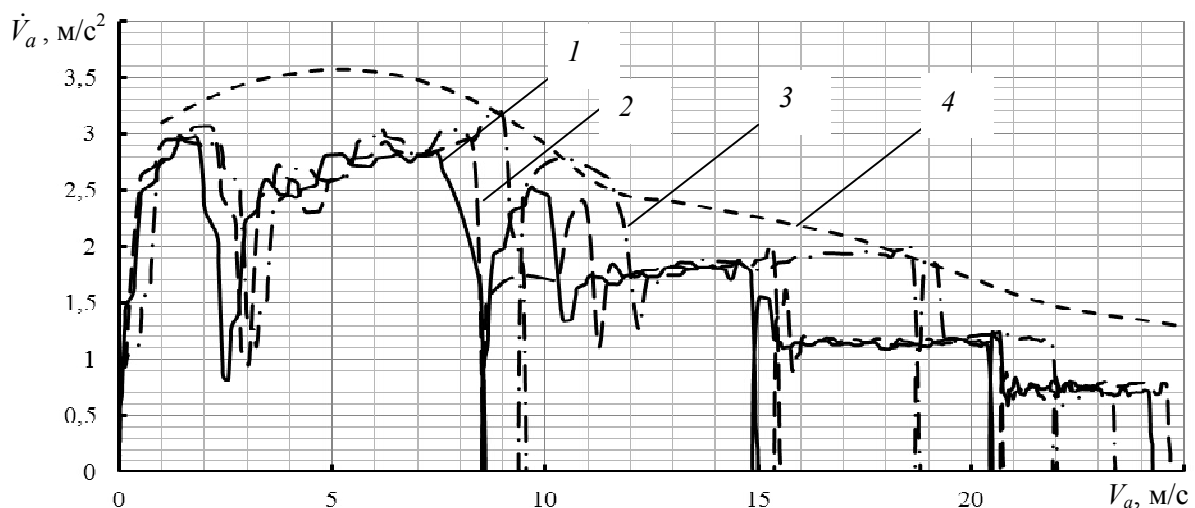


Рис. 4. Графіки залежності прискорення від швидкості руху легкового автомобіля С-класу при інтенсивному разгоні:

- 1 – експериментальні значення прискорення автомобіля під управлінням 1-го водія;
- 2 – експериментальні значення прискорення автомобіля під управлінням 2-го водія;
- 3 – експериментальні значення прискорення автомобіля під управлінням 3-го водія;
- 4 – максимальне прискорення автомобіля за результатами тягового розрахунку

С использованием выражения (3) построены графики зависимости мощности, затрачиваемой на разгон, от скорости движения легкового автомобиля С-класса под управлением водителей с различной манерой вождения (рис. 5).

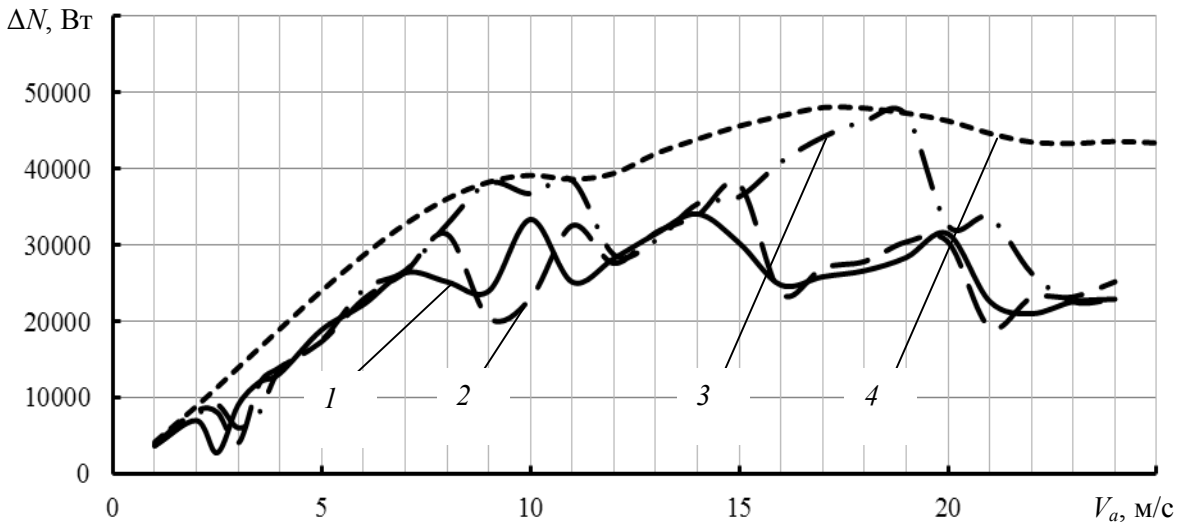


Рис. 5. Графики зависимости мощности, затрачиваемой на разгон, от скорости движения легкового автомобиля С-класса под управлением водителей с различной манерой вождения: 1 – автомобиль под управлением 1-го водителя; 2 – автомобиль под управлением 2-го водителя; 3 – автомобиль под управлением 3-го водителя; 4 – согласно тяговому расчету

С использованием формулы (4) построены графики изменения коэффициента использования запаса мощности двигателя при разгоне от скорости движения легкового автомобиля С-класса с максимальной мощностью двигателя  $N_{e\max} = 73,2$  кВт под управлением водителей с различной манерой вождения (рис. 6).

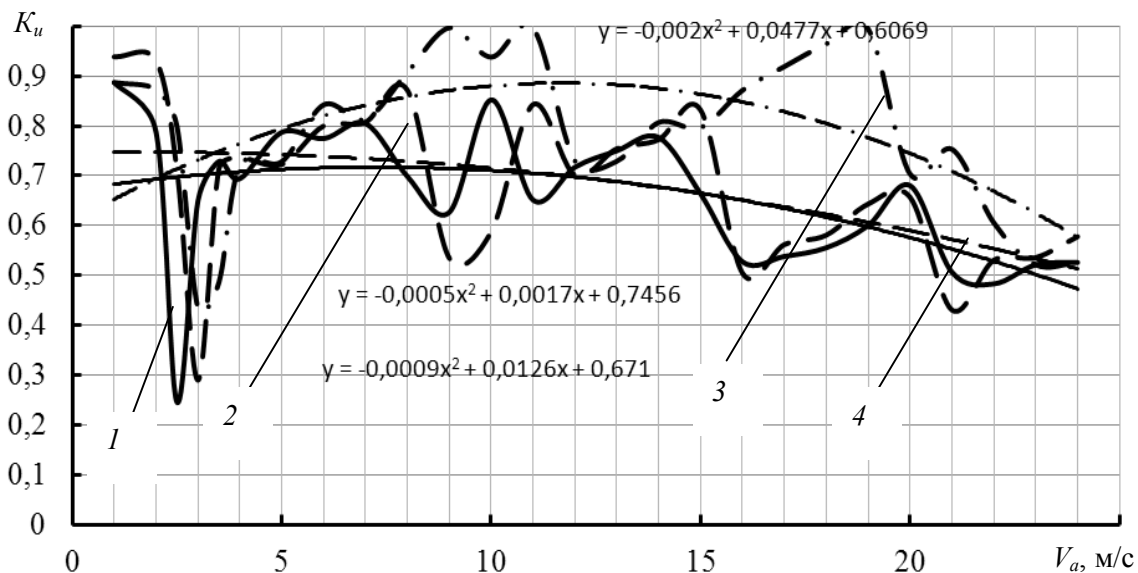


Рис. 6. Графики изменения коэффициента использования запаса мощности двигателя на разгон легкового автомобиля С-класса под управлением водителей с различной манерой вождения: 1 – автомобиль под управлением 1-го водителя; 2 – автомобиль под управлением 2-го водителя; 3 – автомобиль под управлением 3-го водителя; 4 – согласно тяговому расчету

Значения коэффициентов регрессии уравнений аппроксимирующих кривых сведены в таблицу.

Т а б л и ц а

*Коефіцієнти регресії у рівнянь апроксимуючих кривих, описуючих залежність коефіцієнта використання запаса потужності двигателя від швидкості руху легкового автомобіля С-класу під управлінням водіїв з різною манерою водіння*

Водитель	Коефіцієнти регресії рівняння $y=ax^2+bx+c$		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
1	-0,0009	0,0126	0,671
2	-0,0005	0,0017	0,746
3	-0,002	0,0477	0,607

### Выводы

1. В случае интенсивного разгона при достижении скорости 17 м/с коэффициент использования запаса мощности двигателя  $K_{и}$  для легкового автомобиля В-класса, использующего в качестве топлива бензин, составил 0,86, а при замене топлива на газ он снизился до 0,61. Для легкового автомобиля С-класса под управлением трех водителей с различной манерой вождения коэффициент использования запаса мощности двигателя составил соответственно 0,91; 0,58; 0,54.

2. При использовании бортовых информационных систем, помогающих водителю в управлении автомобилем, предложенный метод позволяет повысить безопасность движения за счет более точного учета изменения тяговых свойств автомобиля.

### Список использованных источников

1. Lateral control of autonomous vehicles based on fuzzy logic [Текст] / Xinyu Wang, Mengyin Fu, Hongbin Ma, Yi Yang // Control Engineering Practice. – 2015. – № 34. – Р. 1–17.

2. Rachid Attia. Nonlinear cascade strategy for longitudinal control in automated vehicle guidance [Текст] / Rachid Attia, Rodolfo Orjuela, Michel Basset // Control Engineering Practice. – 2014. – № 29. – Р. 225–234.

3. Спосіб визначення зміни потужності на ведучих колесах автомобіля в процесі експлуатації : пат. 101997 Україна : МПК G01L 5/13 / Абрамов Д. В., Кайдалов Р. О., Коробко А. І., Нікорчук А. І., Подригало М. А., Тарасов Ю. В.; заявник Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т. – № u 201503553; заявл. 16.04.2015 ; опубл. 12.10.015, Бюл. № 19.

4. Система для визначення параметрів руху автотранспортних засобів при динамічних (кваліметричних) випробуваннях : пат. 51031 Україна : МПК G 01 P 3/00. G 01 P 15/00 / Подригало М. А., Коробко А. І., Клец Д. М., Файст В. Л.; заявник Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т. – № u 2010 01136; заявл. 04.02.10 ; опубл. 25.06.10, Бюл. № 12.

*Статья надійшла до редакції 30.11.2015 р.*