

УДК 629.3

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОБЕГА НА ПОКАЗАТЕЛИ ТЯГОВЫХ СВОЙСТВ АВТОМОБИЛЯ

Д.В. Абрамов, докторант, к.т.н., Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, А.И. Никорчук, адъюнкт,
Национальная академия Национальной гвардии, г. Харьков

Аннотация. Экспериментально определена зависимость величины падения тяговых свойств автомобиля от его пробега. Получена зависимость коэффициента падения мощности на ведущих колесах автомобиля от его пробега.

Ключевые слова: ускорение, индекс динамичности, мобильный измерительно-регистрационный комплекс, тяговые свойства, падение мощности.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ПРОБІГУ НА ПОКАЗНИКИ ТЯГОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЯ

Д.В. Абрамов, докторант, к.т.н., Харківський національний автомобільно-дорожній університет, А.І. Нікорчук, ад'юнкт,
Національна академія Національної гвардії України, м. Харків

Анотація. Експериментально визначено залежність величини падіння тягових властивостей автомобіля від його пробігу. Отримано залежність коефіцієнта падіння потужності на ведучих колесах автомобіля від його пробігу.

Ключові слова: прискорення, індекс динамічності, мобільний вимірювально-реєстраційний комплекс, тягові властивості, падіння потужності.

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF MILEAGE ON THE INDICATORS OF TRACTION PROPERTIES OF THE CAR

D. Abramov, Ph. D. (Eng.), Student, Cand. Sc. (Eng.), Kharkiv National Automobile and Highway University, A. Nikorchuk, Adjunct,
National Academy of National Guard, Kharkov

Abstract. There was experimentally determined the dependence of the value of cadence of traction properties of the vehicle on its mileage. The dependence of the coefficient of power loss of the vehicle drive wheels on its mileage is obtained.

Key words: acceleration, agility index, measuring cell-complex registration, traction properties, power loss.

Введение

Анализ использования автомобилей и боевых машин (АБМ) Национальной гвардии Украины и других силовых структур, которые задействованы в выполнении служебно-боевых (боевых) задач в зоне проведения антитеррористической операции (АТО), показывает, что перевозка личного состава

(боевых подразделений, групп), материальных средств осуществляется в составе автомобильных колонн.

В настоящий момент на вооружении Национальной гвардии Украины состоят автомобили разных моделей, марок и производителей, имеющие различные тяговые свойства. В свою очередь, тяговые свойства автомоби-

лей, входящих в состав колонны, оказывают существенное влияние на маневренность колонны [1–3]. Низкие тяговые свойства отдельных автомобилей приводят к растяжению колонны по длине, ухудшению управляемости машинами на марше и их потере.

В процессе эксплуатации автомобиля его тяговые свойства ухудшаются вследствие снижения мощности двигателя и увеличения потерь в трансмиссии. При формировании автомобильных колонн с учетом динамических свойств автомобилей, входящих в ее состав, необходимо учитывать степень загрузки автомобилей, а также величину снижения показателей его тяговых свойств, обусловленного изменением технического состояния. Также оценка текущего уровня тяговых свойств автомобиля позволяет повысить точность работы бортовых систем автомобиля, оказывающих помощь водителю в управлении, либо обеспечивающих автономность управления транспортным средством [4, 5]. Таким образом, оценка влияния пробега на показатели тяговых свойств автомобиля является актуальной.

В данной статье представлены результаты экспериментального исследования по определению зависимости величины снижения показателей тяговых свойств автомобиля от его пробега, в том числе зависимости коэффициента падения мощности на ведущих колесах автомобиля от пробега.

Анализ публикаций

С целью учета динамических характеристик автомобилей, движущихся в колонне, в работе [6] предложено расставлять автомобили в порядке увеличения «индекса динамичности», который представляет собой отношение линейного ускорения автомобиля в колонне к линейному ускорению автомобиля-лидера. В качестве автомобиля-лидера взят автомобиль начальника колонны, обладающий высокими динамическими свойствами.

Индекс динамичности автомобиля, входящего в состав колонны, в работе [6] определяется по формуле

$$(q_i)_v = \frac{K_{M_i}}{K_{M_1}} \cdot \frac{K_{N_i}}{K_{N_1}} \cdot \frac{(\dot{V}_{i \max})_v}{(\dot{V}_{1 \max})_v}, \quad (1)$$

где $(\dot{V}_{i \max})_v, (\dot{V}_{1 \max})_v$ – начальное максимальное линейное ускорение i -го и головного автомобилей; K_{M_i}, K_{M_1} – коэффициенты, учитывающие степень загрузки автомобиля; K_{N_i}, K_{N_1} – коэффициенты, зависящие от пробега автомобиля и учитывающие падение тяговых свойств автомобиля в процессе эксплуатации.

Согласно проведенных исследований в работе [7] была получена зависимость для определения величины падения мощности, затрачиваемой на разгон в процессе эксплуатации. При условии неизменности дорожного и аэродинамического сопротивления автомобиля в начальный период эксплуатации и после длительного пробега изменение мощности на ведущих колесах автомобиля, затрачиваемое на разгон, в момент движения с одинаковой скоростью ($V_a = V_{a1} = V_{a2}$) будет определяться по формуле

$$\Delta N = m_a \cdot V_a \cdot (\dot{V}_{a1} - \dot{V}_{a2}), \quad (2)$$

где m_a – масса автомобиля; V_a – линейная скорость автомобиля; $\dot{V}_{a1}, \dot{V}_{a2}$ – линейное ускорение автомобиля при разгоне соответственно в начальный период эксплуатации и после длительного пробега.

Цель и постановка задачи

Целью исследования является оценка величины изменения показателей тяговых свойств при увеличении пробега автомобиля.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести экспериментальное исследование по определению показателей тяговых свойств автомобилей одной марки с различным пробегом;
- определить зависимость коэффициента падения мощности на ведущих колесах автомобиля от его пробега.

Экспериментальное определение зависимости тяговых свойств автомобиля от его пробега

В процессе экспериментального исследования по определению показателей тяговых свойств автомобилей с различным пробегом использовались автомобили категории N2

ГАЗ-3309 (рис. 1). Технические характеристики автомобилей, которые принимали участие в эксперименте, определялись согласно данным, указанным в эксплуатационно-технической документации, а также в источнике [8], с учетом массы водителя и пассажира, наличия горюче-смазочных материалов. Дорожные участки соответствовали стандартным условиям эксплуатации (прямолинейные, горизонтальные, с асфальтобетонным гладким, сухим и чистым покрытием). Продольный, поперечный уклон участков трассы не превышал 1 %.



Рис. 1. Автомобили ГАЗ-3309, используемые в ходе эксперимента: а – автомобиль с войсковым номером 1838 Ф4; б – автомобиль с войсковым номером 1860 Ф4; в – автомобиль с войсковым номером 1861 Ф4; г – автомобиль с войсковым номером 3615 Ф4; д – автомобиль с войсковым номером 3671 Ф4

Для регистрации данных во время проведения эксперимента был использован мобильный регистрационно-измерительный комплекс (МРИК) [9], в который входят: датчик ускорений Freescale Semiconductor модели MMA7260QT ДЛШ (заводской номер № 06085445), датчик ускорений Freescale Semiconductor модели MMA7260QT ДЛШ (заводской номер № 06085444), GPS/GLONASS приемник Transystem GM-3N,

ПЭВМ Acer ASPIRE 5520G (заводской номер №4104A AR5BXB63). Места установки указанных датчиков показаны на рис. 2.

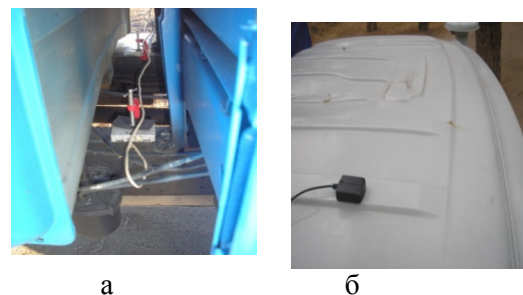


Рис. 2. Места установки датчиков на исследуемых автомобилях ГАЗ-3309: а – трехкоординатные датчики ускорений, закрепляемые за кабиной на раме автомобиля; б – GPS/GLONASS приемник, установленный на крыше кабины автомобиля

В процессе движения автомобиля с использованием МРИК регистрировались следующие параметры: время движения t , с; скорость движения по спидометру и по показаниям GPS/GLONASS приемника V_a , км/ч; продольные, поперечные и вертикальные ускорения с трехкоординатных датчиков ускорения a_x, a_y, a_z , м/с²; температура трехкоординатных датчиков ускорения θ , °С. Погрешность значений ускорений, полученных с помощью МРИК, составляла до 4 % (1 % – погрешность акселерометров по паспорту и до 3 % – погрешность установки).

Во время проведения экспериментального исследования каждый из автомобилей осуществлял разгон с максимально возможной интенсивностью до 80 км/ч с последующим выбегом до полной остановки.

Разгон осуществлялся при максимальном нажатии на педаль акселератора с последовательным переключением передач. Выбег осуществлялся в первом случае на нейтральной передаче, во втором случае – на 5-й передаче с включенным сцеплением и заглушенным двигателем. Заезды повторялись также в обратном направлении трассы для уменьшения влияния на результат погрешностей от уклона дороги.

В процессе исследования в кабине автомобиля находились водитель и оператор МРИК, суммарной массой 170 кг. Время одного заезда, включающего интенсивный разгон и выбег, составляло 140–160 с.

В ходе обработки данных, полученных в результате экспериментальных исследований, построены графики изменения продольного линейного ускорения и линейной скорости автомобилей ГАЗ-3309 во времени при интенсивном разгоне и выбеге, один из которых представлен на рис. 3. На рис. 3, а представлены усредненные значения продольных ускорений автомобиля (среднее значение показаний двух акселерометров), а также отфильтрованные фильтром Баттерворта значения усредненных продольных ускорений.

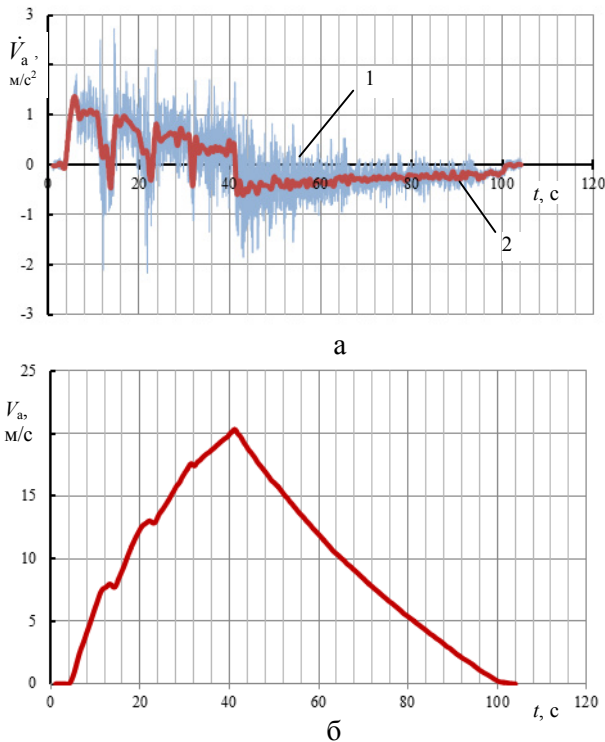


Рис. 3. Графики, полученные по результатам разгона и выбега в ходе экспериментального исследования автомобиля ГАЗ-3309 с войсковым номером 1861 Ф4: а – изменение продольного ускорения при интенсивном разгоне и выбеге; б – изменение линейной скорости при интенсивном разгоне и выбеге; 1 – неотфильтрованные значения ускорений; 2 – отфильтрованные фильтром Баттерворта значения ускорений

Анализируя графики, представленные на рис. 3, можно выделить участки, соответствующие разгону на 2-й, 3-й, 4-й и 5-й передачах, а также выбегу. Наиболее длительным является разгон на 5-й передаче.

В ходе дальнейшей обработки данных получены графики зависимости продольного ускорения при разгоне на 5-й передаче автомоби-

лей ГАЗ-3309 от скорости их движения, как это показано на рис. 4. Кроме того, получены аппроксимирующие кривые, описываемые уравнением типа $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$.

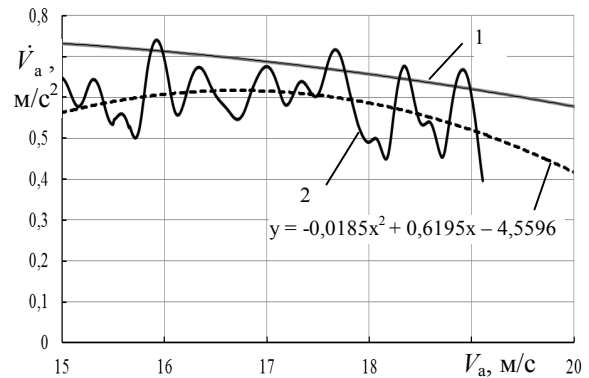


Рис. 4. Графики зависимости ускорения разгона на 5-й передаче автомобилей ГАЗ-3309 с соответствующим пробегом от скорости их движения: 1 – теоретические значения при отсутствии пробега; 2 – при пробеге 105355 км

Значения коэффициентов регрессии этих уравнений для каждого из автомобилей сведены в табл. 1.

Таблица 1 Коэффициенты регрессии уравнения, описывающего зависимость ускорения разгона на 5-й передаче автомобилей ГАЗ-3309 от скорости их движения

Войск. ном. автомобиля	Пробег, км	Коэффициенты регрессии уравнения $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$		
		a	b	c
Новый автомобиль	0	-0,0029	0,0695	0,3377
3615 Ф4	24354	-0,0136	0,4676	-3,3584
3671 Ф4	67234	-0,017	0,5742	-4,1988
1838 Ф4	105355	-0,0185	0,6195	-4,5596
1860 Ф4	150470	-0,0045	0,1541	-0,9094
1861 Ф4	201232	-0,0038	0,1252	-0,6512

Согласно данным, представленным в табл. 1, построены графики зависимости ускорения разгона на 5-й передаче автомобилей ГАЗ-3309 с различным пробегом от скорости их движения, представленные на рис. 5.

На графиках, представленных на рис. 5, четко прослеживается тенденция снижения максимального продольного ускорения при разгоне на 5-й передаче автомобиля ГАЗ-3309 по мере увеличения пробега на всем рассматриваемом диапазоне скоростей.

Так, например, для скорости движения 17 м/с получен график, описывающий снижение максимального продольного ускорения при разгоне автомобиля ГАЗ-3309 от его пробега (рис. 6).

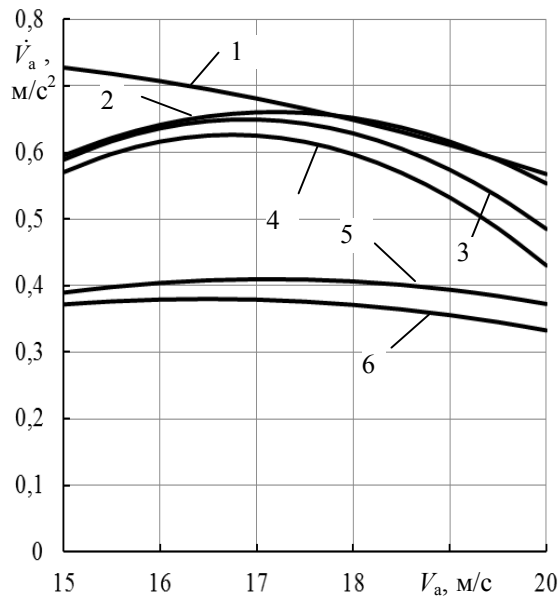


Рис. 5. Графики зависимости ускорения разгона на 5-й передаче автомобилей ГАЗ-3309 с соответствующим пробегом от скорости их движения: 1 – теоретические значения при отсутствии пробега; 2 – пробег 24354 км; 3 – 67234 км; 4 – 105355 км; 5 – 150470 км; 6 – 201232 км

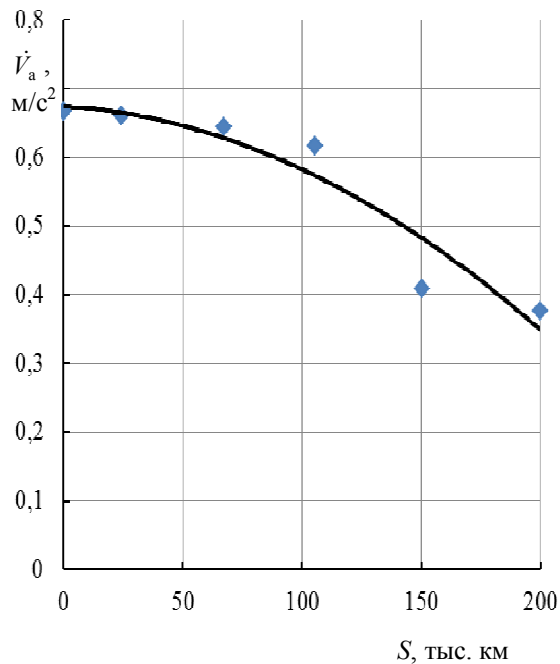


Рис. 6. График изменения максимального ускорения при разгоне на 5-й передаче автомобилей ГАЗ-3309 при увеличении их пробега при скорости движения 17 м/с

Зная величину снижения максимального продольного ускорения при разгоне автомобиля, определим значение снижения мощности на его ведущих колесах с использованием выражения (2). По результатам расчета получен график (рис. 7) изменения величины снижения мощности на ведущих колесах автомобиля от его пробега (при линейной скорости 17 м/с). Также на рис. 7 обозначена величина максимальной мощности двигателя $N_{e\max}$.

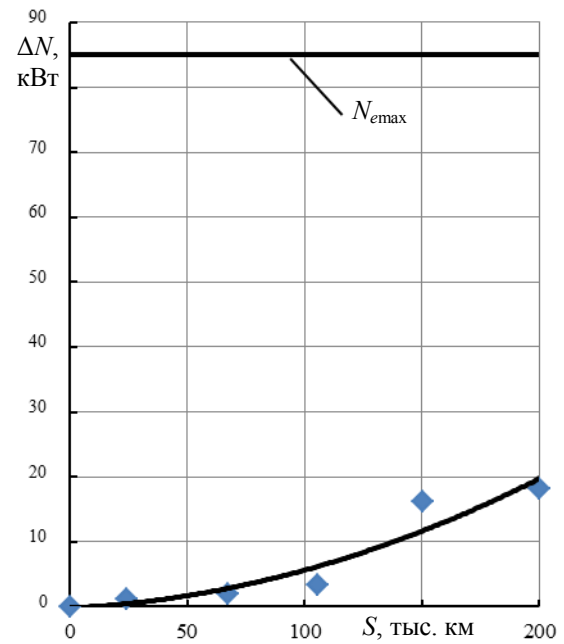


Рис. 7. График изменения падения мощности на ведущих колесах автомобилей ГАЗ-3309 от их пробега (скорость движения 17 м/с)

Коэффициент падения мощности на ведущих колесах автомобилей ГАЗ-3309 будет определяться по формуле

$$K = \frac{N_{\max} - \Delta N}{N_{\max}}, \quad (3)$$

где ΔN – падение мощности на ведущих колесах автомобиля в результате длительной эксплуатации; N_{\max} – максимальная мощность на ведущих колесах автомобиля, а также

$$N_{\max} = N_{e\max} \cdot \eta_{\text{тр}}, \quad (4)$$

где $\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии автомобиля в начальный период его эксплуатации.

На рис. 8 представлен график зависимости коэффициента падения мощности K на ведущих колесах автомобилей ГАЗ-3309 от их пробега (скорость движения 17 м/с).

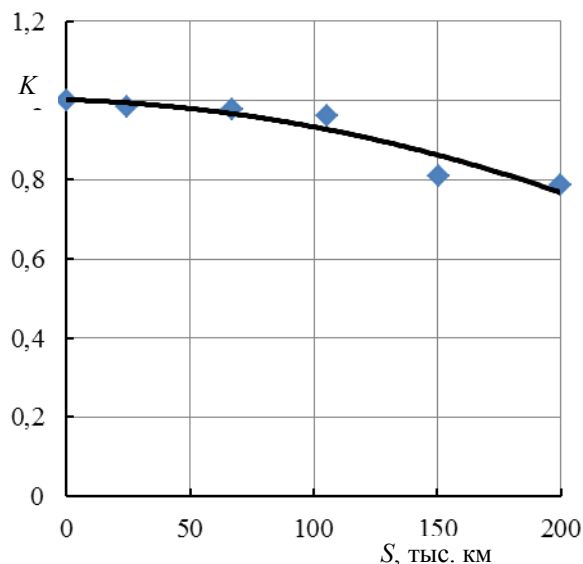


Рис. 8. График изменения коэффициента падения мощности на ведущих колесах автомобилей ГАЗ-3309 от их пробега (скорость движения 17 м/с)

Анализ графика на рис. 8 показывает, что при изменении пробега автомобиля ГАЗ-3309 от 0 до 200 тыс. км величина коэффициента K уменьшается от 1 до 0,78.

Выводы

Проведенные экспериментальные исследования позволяют оценить падение тяговых свойств автомобиля после длительной эксплуатации. Так, при пробеге автомобиля ГАЗ-3309 в 200 тыс. км снижение мощности на ведущих колесах при разгоне на 5-й передаче при скорости движения 17 м/с составило 18 кВт (21,1 %), а снижение максимального ускорения – 0,29 м/с² (43 %).

Получена зависимость коэффициента падения мощности K на ведущих колесах автомобилей ГАЗ-3309 от их пробега, что позволит учитывать пробег автомобиля при определении индекса динамичности автомобилей, входящих в колонну. Так, при пробеге автомобиля ГАЗ-3309 в 200 тыс. км коэффициент падения мощности на ведущих колесах составил $K = 0,78$.

Литература

1. Закин Я.Х. Маневренность автомобиля и автопоезда / Я.Х. Закин. – М.: Транспорт, 1986. – 136 с.

2. Подригало М.А. Маневренность и управляемость колесных машин. Определение понятий и критерии оценки / М.А. Подригало, Д.М. Клец // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Технические науки. – 2012. – Вып. 35. – С. 15–21.
3. Подригало М.А. Новое в теории эксплуатационных свойств автомобилей и тракторов / М.А. Подригало. – Х.: Академия ВВ МВС Украины, 2013. – 222 с.
4. Xinyu Wang Lateral control of autonomous vehicles based on fuzzy logic / Xinyu Wang, Mengyin Fu, Hongbin Ma, Yi Yang // Control Engineering Practice. – 2015. – № 34. – Р. 1–17.
5. Rachid Attia Nonlinear cascade strategy for longitudinal control in automated vehicle guidance / Rachid Attia, Rodolfo Orjuela, Michel Basset // Control Engineering Practice. – 2014. – № 29. – Р. 225–234.
6. Подригало М.А. Рациональне шиккування автомобільних колон внутрішніх військ за критерієм динамічності / М.А. Подригало, Д.В. Абрамов, А.І. Нікорчук // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. – 2013. – Вип. 2(22). – С. 61–67.
7. Пат. 101997 Україна МПК G01L 5/13. Спосіб визначення зміни потужності на ведучих колесах автомобіля в процесі експлуатації / Д.В. Абрамов, Р.О. Кайдолов, А.І. Коробко, А.І. Нікорчук, М.А. Подригало, Ю.В. Тарасов; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u 201503553; заявл. 16.04.2015; опубл. 12.10.2015; Бюл. № 19.
8. Кисуленко Б.В. Краткий автомобильный справочник. Том 2. Грузовые автомобили / Б.В. Кисуленко, А.П. Насонов, И.А. Венгеров и др.; под ред. А.П. Насонова. – М.: ИПЦ «Финпол», 2004. – 668 с.
9. Артемов Н.П. Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / Н.П. Артемов, А.Т. Лебедев, М.А. Подригало и др.; под ред. М.А. Подригало. – Х.: Миськдруж, 2012. – 218 с.

Рецензент: С.Н. Шуклинов, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 25 февраля 2016 г.