

УДК 629.017

К. Г. ЯЦЕНКО, заместитель начальника ХУВС им. И.Кожедуба, Харьков

ОЦЕНКА ВОЗМУЩАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДОРОГИ НА МНОГОЗВЕННЫЙ МНОГООСНЫЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ ПОЕЗД

Получила дальнейшее развитие теория эксплуатационных свойств средств подвижности, движущихся в сложных дорожных условиях. Определены максимальные частоты возмущающих воздействий неровностей дороги на ходовую часть многозвенных многоосных автопоездов. Полученные аналитические выражения позволяют определить максимально допустимую скорость движения автомобильного поезда при воздействии на ходовую часть дорожных неровностей. Ограничение скорости движения позволит сохранить устойчивость и управляемость автомобильного поезда.

Ключевые слова: средства подвижности, автомобильный поезд, многоосный, многозвенный, частота собственных колебаний, резонанс.

Введение. Устойчивость и управляемость являются одними из важнейших эксплуатационных свойств, отвечающих за безопасность движения колесных машин. Задача повышения стабильности указанных свойств приобретает особую актуальность при движении многоосных и многозвенных автомобильных поездов в сложных дорожных условиях, при влиянии возмущающих воздействий от неровностей опорной поверхности.

Постановка проблемы и анализ литературы. В работах [1, 2] определен новый критерий для оценки устойчивости и управляемости автомобилей – собственная частота колебаний машины в плоскости дороги. При совпадении частот собственных и вынужденных колебаний происходит явление резонанса, приводящее к резкому увеличению амплитуды вынужденных колебаний. В качестве вынужденных колебаний в работах [1 - 4] представлялись колебания направляющих колес автомобиля, создаваемые водителем на рулевом колесе.

В работе [5] приведены результаты оценки верхнего предела способности человека производить поворот, полученные в итоге многочисленных исследований с использованием маневров с двойным переходом с одной полосы на другую. Использование частоты воздействия на рулевое колесо $\nu_{возм} = 0,7$ Гц приводит к тому, что время от завершения первого поворота рулевого колеса (первый пик) до завершения поворота в обратном направлении (второй пик) составляет приблизительно 714 миллисекунд независимо от заданной величины угла поворота [5]. Исходя из указанного, в работах [1, 2] предлагалось проектировать ходовую часть таким образом, чтобы обеспечить значение собственной частоты колебаний автомобиля в плоскости дороги $\nu_{возм} > 0,7$ Гц при любых эксплуатационных условиях.

Антонов А. С. и др. [6 - 9] рассматривают частоты собственных колебаний корпуса автомобиля и указывают, что они являются важными обобщающими параметрами, оказывающими влияние на всю совокупность свойств, по которым оценивается плавность хода автомобиля. Частоты собственных колебаний в данной работе предлагается определять опытным или расчетным путем.

Однако в указанных выше работах не выполнялась оценка устойчивости и управляемости автомобильных поездов, поэтому представляет интерес исследование указанных эксплуатационных свойств при движении в сложных дорожных условиях.

Целью статьи является оценка влияния параметров дороги на важнейшие эксплуатационные свойства многозвенных многоосных автомобильных поездов.

Оценки частоты возмущающих воздействий неровностей дороги на автомобиль. Предположим, что длина неровности больше колесной базы автопоезда ($L_{нер} > L_{ан}$). В этом случае, импульсы возмущающей силы от дорожной неровности, через которую последовательно переезжают все колеса одного борта автомобиля, будут осуществляться с частотами

$$(v_{возм})_{средняя} = \frac{V_{ан} \cdot n}{L_{ан}}; \quad (1)$$

$$(v_{возм})_{max} = \frac{V_{ан}}{L_{min}}, \quad (2)$$

где n – число осей автомобильного поезда,

$$n = n_a + n_{np}, \quad (3)$$

n_a, n_{np} – число осей автомобиля и прицепа.

Наибольшую опасность с позиции предотвращения резонанса колебаний звеньев автопоезда в плоскости дороги представляет $(v_{возм})_{max}$. На рис. 1 представлена зависимость максимальной возмущающей частоты колебаний $(v_{возм})_{max}$ от скорости автопоезда при различных значениях L_{min} .

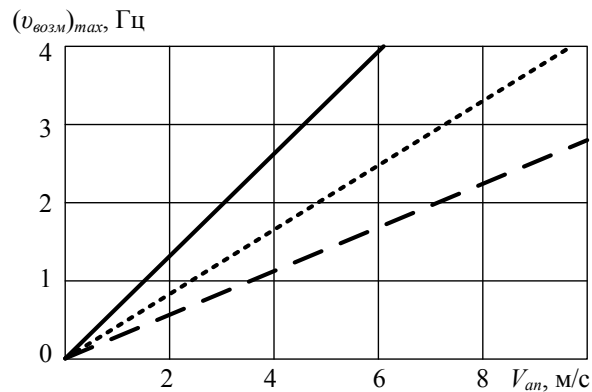


Рисунок 1 – Зависимость максимальной возмущающей частоты колебаний от скорости автопоезда: — $L_{min} = 1,5$ м; \cdots $L_{min} = 2,5$ м; $-\cdot-\cdot-$ $L_{min} = 3,5$ м

На рис. 2 приведена зависимость средней частоты возмущающих воздействий неровности дороги $(v_{возм})_{средняя}$ от скорости движения автопоезда при различном числе осей. При моделировании принято $L_{ан} = 20$ м.

Однако возмущающие воздействия на колеса автомобиля могут создавать и дорожные неровности, особенно при движении по бездорожью и в условиях пересечённой местности. На рис. 3 приведена схема, позволяющая оценить частоту возмущающих воздействий на колеса автомобильного поезда дорожных неровностей. Предположим, что шаг неровностей дороги (под колесами одного борта) больше, чем расстояние между передними колесами автомобиля и задними колесами прицепа. Это расстояние назовем базой автомобильного поезда $L_{ан}$.

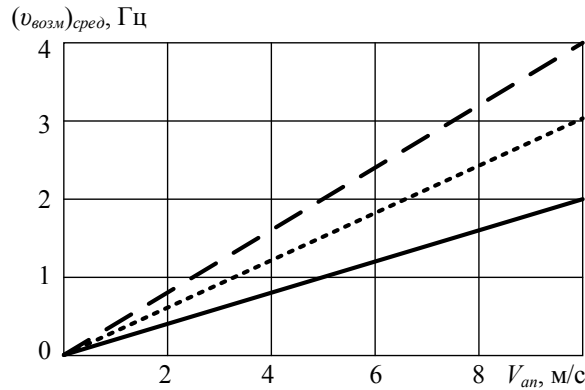


Рисунок 2 – Зависимость средней частоты возмущающих воздействий неровности дороги от скорости движения автопоезда: — $n = 4$; \cdots $n = 6$; $----$ $n = 8$

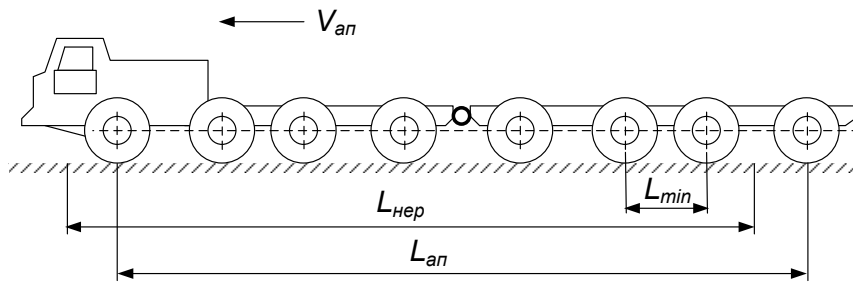


Рисунок 3 – Расчётная схема для оценки частоты возмущающих воздействий неровностей дороги на автомобиль: $V_{ан}$ – скорость движения автомобильного поезда; $L_{ан}$ – база автомобильного поезда; $L_{нер}$ – шаг неровностей дороги; L_{min} – минимальные расстояние между осями (расстояние между наиболее сближёнными осями автопоезда)

При $L_{min} < L_{нер} < L_{ан}$ частота возмущающих воздействий дороги (рис. 4а)

$$(v_{возм})_{max}^* = \frac{V_{ан}}{L_{нер} - L_{min}} \quad (4)$$

При $L_{нер} < L_{min}$ (рис. 4б)

$$(v_{возм})_{max}^* = \frac{V_{ан}}{L_{min} - L_{нер}} \quad (5)$$

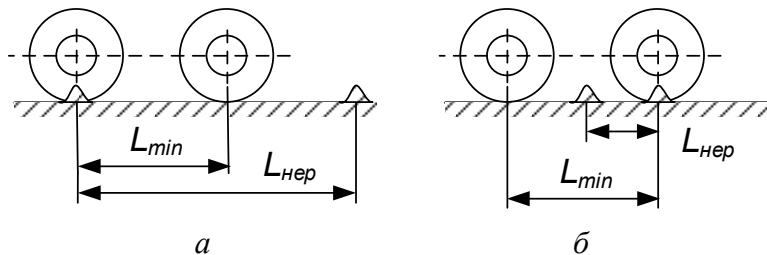


Рисунок 4 – Схема воздействия неровностей дороги на колеса наиболее сближенных осей автопоезда: а – при $L_{min} < L_{нер}$; б – при $L_{нер} < L_{min}$: — $n = 4$; \cdots $n = 6$; $----$ $n = 8$

Преобразуем выражения (4) и (5) к виду

$$(v_{возм})_{\max}^* = \frac{V_{an}}{L_{\min}} \left(\frac{L_{неп}}{L_{\min}} - 1 \right)^{-1} = (v_{возм})_{\max} \left(\frac{L_{неп}}{L_{\min}} - 1 \right)^{-1}; \quad (6)$$

$$(v_{возм})_{\max}^* = \frac{V_{an}}{L_{\min}} \left(1 - \frac{L_{неп}}{L_{\min}} \right)^{-1} = (v_{возм})_{\max} \left(1 - \frac{L_{неп}}{L_{\min}} \right)^{-1}. \quad (7)$$

Таким образом, выражение для оценки соотношения частот возмущающих воздействий дороги можно записать в общем виде

$$K_v = \frac{(v_{возм})_{\max}}{(v_{возм})_{\max}^*} = \left| 1 - \frac{L_{неп}}{L_{\min}} \right|, \quad (8)$$

где $(v_{возм})_{\max}$ – максимальная частота возмущающих воздействий дороги при $L_{an} < L_{неп}$;

$(v_{возм})_{\max}^*$ – максимальная частота возмущающих воздействий дороги при $L_{неп} < L_{an}$.

На рис. 5 приведена зависимость K_v от $\left| 1 - L_{неп} / L_{\min} \right|$.

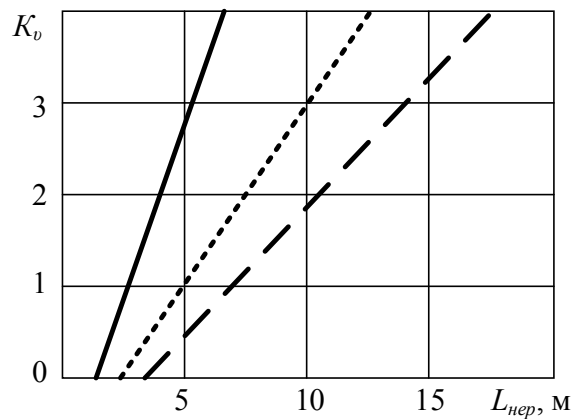


Рисунок 5 – Зависимость $K_v \left(\left| 1 - \frac{L_{неп}}{L_{\min}} \right| \right)$: — $L_{\min} = 1,5$ м; ··· $L_{\min} = 2,5$ м; - - $L_{\min} = 3,5$ м

Определение допустимой скорости движения автомобильного поезда. При проектировании автопоезда оценку максимально допустимой скорости движения можно определять по средней частоте возмущающих воздействий дорожных неровностей, определяемой с помощью выражения (1). В этом случае, учитывая, что $v_{собств} > 0,7$, для системы «средство подвижности – дорожная среда» необходимо выполнение условия

$$(v_{возм})_{средняя} = \frac{V_{an} \cdot n}{L_{an}} < v_{собств}. \quad (9)$$

Из выражения (9) определим

$$V_{an} < v_{собств} \cdot \frac{L_{an}}{n}. \quad (10)$$

Величина $L_{an}/n = \bar{L}$ – среднее расстояние между осями автопоезда.

При невыполнении условия (10) автопоезд теряет устойчивость и управляемость.

На рис. 6 приведена зависимость $(V_{an})_{max} = f(v_{собств})$ при различных значениях собственной частоты колебаний автомобиля и прицепа.

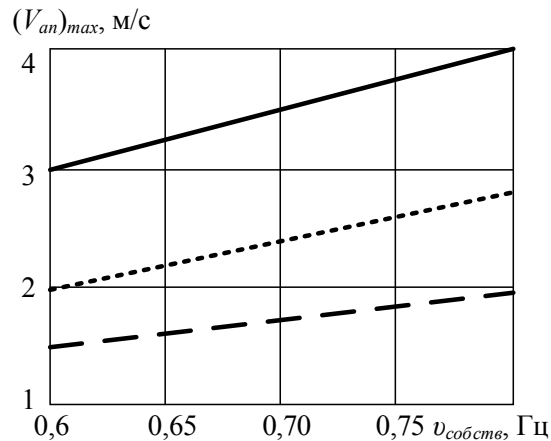


Рисунок 6 – Зависимость максимально допустимой скорости движения автомобильного поезда от частот собственных колебаний: — $L_{an}/n = 5$ м; ···· $L_{an}/n = 3,3$ м; - - - - $L_{an}/n = 2,5$ м

В случае, если частоты собственных колебаний автомобилей и прицепа значительно отличаются, то выбирать максимально допустимую скорость движения автопоезда по частоте собственных колебаний того звена, для которого указанная частота меньше.

Выводы. В результате проведенного исследования определены максимальные частоты возмущающих воздействий неровностей дороги на ходовую часть многозвенных многоосных автопоездов. Полученные аналитические выражения позволяют определить допустимую скорость движения автомобильного поезда при воздействии на ходовую часть дорожных неровностей. Ограничение скорости движения позволит сохранить устойчивость и управляемость автомобильного поезда по условию ограничения частоты возмущающих колебаний его звеньев в плоскости дороги.

Список літератури: 1. *Подригало М. А.* Обеспечение управляемости и устойчивости автомобилей при установившемся движении / *М. А. Подригало, Д. М. Клец, В. И. Гацько* // Вестник ХНАДУ. Сборник научных трудов. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2013. – Вып. 60. – с. 42-48. 2. *Подригало М. А.* Оценка управляемости и устойчивости многоосных автомобилей при установившемся прямолинейном движении / *М. А. Подригало, Д. М. Клец, В. И. Гацько, В. Н. Плетнёв* // Вісник СевНТУ. Збірник наукових праць. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь. – СевНТУ, 2013. – Вып. 143. – с. 41-44. 3. *Подригало М. А.* Оценка устойчивости и управляемости автомобиля по собственной частоте его колебаний в плоскости дороги /

М. А. Подригало, Д. М. Клец, В. И. Гацько // Автомоб. пром-ть. – М., 2014. – № 5. – С. 29–33. 4. Подригало М. А. Оценка параметров маневренности автомобиля по критерию собственной частоты его колебаний в плоскости дороги / М. А. Подригало, Д. М. Клец // Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту : міжнар. наук.–практ. інтернет–конф., 12–14 листопада 2013 р. : тези доп. – Вінниця, 2013. – С. 6–7. 5. Электронные системы контроля устойчивости: ECE/TRANS/180/Add.8 – Введены в Глобальный регистр 2008-06-26. – Женева: Глобальный регистр. Организация объединённых наций, 2008. – 116 с. 6. Антонов А. С. Армейские автомобили. Конструкция и расчет / А. С. Антонов, Ю. А. Кононович, Е. И. Магидович, В. С. Прозоров // Часть первая. Воениздат. – М. – 1970. – 540 с. 7. Аксенов П. В. Многоосные автомобили / Аксенов П. В. – М.: Машиностроение, 1989. – 280 с. 8. Литвинов А. С. Управляемость и устойчивость автомобиля / Литвинов А. С. – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с. 9. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля. Колебания и плавность хода / Ротенберг Р. В. – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с.

Bibliography (transliterated): 1. *Podrigalo M. A. Obespechenie upravljaemosti i ustojchivosti avtomobilej pri ustanovivshemsja dvizhenii / M. A. Podrigalo, D. M. Klets, V. I. Gac'ko . Vestnik HNADU. Sbornik nauchnyh trudov. – Kharkov: Izd-vo HNADU, 2013. – Vyp. 60. – p. 42-48. 2. Podrigalo M.A. Ocenka upravljaemosti i ustojchivosti mnogoosnyh avtomobilej pri ustanovivshemsja prjamolinejnom dvizhenii / M.A. Podrigalo, D. M. Klets, V. I. Gac'ko, V. N. Pletnjov . Visnik SevNTU. Zbirnik naukovih prac'. Serija: Mashinopriladobuvannja ta transport. – Sevastopol'. – SevNTU, 2013. – Vip. 143. – p. 41-44. 3. Podrigalo M. A. Ocenka ustojchivosti i upravljaemosti avtomobilja po sobstvennoj chastote ego kolebanij v ploskosti dorogi / M. A. Podrigalo, D. M. Klets, V. I. Gac'ko . Avtomob. prom-t'. – Moscow, 2014. – No 5. – P. 29–33. 4. Podrigalo M. A. Ocenka parametrov manevrennosti avtomobilja po kriteriju sobstvennoj chastoty ego kolebanij v ploskosti dorogi / M. A. Podrigalo, D. M. Klets . Suchasni tehnologii ta perspektivi rozvitku avtomobil'nogo transportu : mizhnar. nauk.–prakt. internet–konf., 12–14 listopada 2013 r. : tezi dop. – Vinnicja, 2013. – P. 6–7. 5. Jelektronnye sistemy kontrolja ustojchivosti: ECE/TRANS/180/ Add.8 – Vvedeny v Global'nyj registr 2008-06-26. – Zheneva: Global'nyj registr. Organizacija ob#edinjonnyh nacij, 2008. – 116 p. 6. Antonov A.S. Armejskie avtomobili. Konstrukcija i raschet / A. S. Antonov, Ju. A. Kononovich, E. I. Magidovich, V. S. Prozorov . Chast' pervaja. Voenizdat. – Moscow. – 1970. – 540 p. 7. Aksenov P. V. Mnogoosnye avtomobili / Aksenov P. V. – Moscow: Mashinostroenie, 1989. – 280 p. 8. Litvinov A. S. Upravljaemost' i ustojchivost' avtomobilja / Litvinov A. S. – Moscow: Mashinostroenie, 1971. – 416 p. 9. Rotenberg R. V. Podveska avtomobilja. Kolebanija i plavnost' hoda / Rotenberg R. V. – Moscow: Mashinostroenie, 1972. – 392 p.*

Надійшла (received) 06.02.2015