

ОЦІНКА КОЕФІЦІЄНТА РОЗПОДІЛУ ПІДРЕСОРЕНИХ МАС ЛІСОВОЗНОГО АВТОМОБІЛЯ

Розглянуто методику розрахунку моменту інерції та коефіцієнта розподілу підресорених мас трьохосового лісовозного автомобіля для перевезення сортиментів за даними щодо розмірів і мас основних вузлів. Проаналізовано залежність коефіцієнта підресорених мас від маси й довжини сортиментів. Порівняно наслідки імітаційного моделювання з урахуванням взаємозв'язку вертикальних коливань підресореної маси над передньою віссю і над заднім візком лісовозного автомобіля.

Ключові слова: лісовозний тривісний автомобіль, коефіцієнт розподілу підресорених мас, моменту інерції, вертикальні коливання, імітаційне моделювання.

Вступ. Рух автомобіля лісовими дорогами пов'язаний з інтенсивними коливаннями, що спричиняють значні динамічні навантаження в ходовій системі та підвищену втому водія. Щоб вибрати потрібні параметри підвіски лісовозного автомобіля і підвищити його плавність руху, послуговуються математичним й імітаційним моделюванням його коливань. Однак, розміри пакету деревини значно більші, ніж розміри вантажів автомобілів загального призначення, тому, властиво, сьогодні нема даних щодо значень моментів інерції підресорених мас лісовозних автомобілів. Без визначення моменту інерції та коефіцієнта розподілу підресорених мас отримати вірогідні результати теоретичних розрахунків та імітаційного моделювання вертикальних коливань і показників плавності руху лісовозних автомобілів проблематично.

Мета проведених досліджень – опрацювати методику аналітичного визначення моменту інерції та коефіцієнта розподілу підресореної маси й оцінити їхній вплив на вертикальні коливання лісовозного автомобіля.

¹ **БЛИК Богдан Васильович** – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат технічних наук, професор кафедри лісових машин та гідравліки, Національний лісотехнічний університет України. м. Львів, Україна. Тел.: 032-239-27-69. E-mail: bilykbv@ukr.net

Об'єкт і методика. Об'єктом дослідження є трьохосьовий лісовозний автомобіль, для якого розраховують коефіцієнт розподілу підресорених мас, як з пакетом сортиментів, так і без нього. За результатами проведеного імітаційного моделювання аналізують вплив коефіцієнта розподілу на інтенсивність вертикальних коливань автомобіля.

Теоретично, лінійні коливання підресореної маси автомобіля можуть відбуватись вздовж, а кутові – навколо кожної з осей системи координат (рис. 1). Проте, внаслідок симетричності автомобіля відносно поздовжньої вертикальної площини, що проходить через його центр ваги, вертикальні та кутові коливання підресореної маси у цій площині можна розглядати незалежно від поперечних коливань [1, 2]. Щодо бокових і поздовжніх коливань підресореної маси вздовж осей x та y , то внаслідок значної бокової та тангенціальної жорсткості шин коліс вони виникають відносно рідко. Крім цього, ці коливання, практично, не пов'язані з вертикально-кутовими коливаннями. Тому еквівалентну динамічну модель для розрахунку вертикальних коливань трьохосьового лісовозного автомобіля-сортиментовоза розглядатимемо, як плоску динамічну систему, маси якої виконують коливання тільки в поздовжній вертикальній площині: вертикальні коливання вздовж осі z , а кутові – навколо осі y .

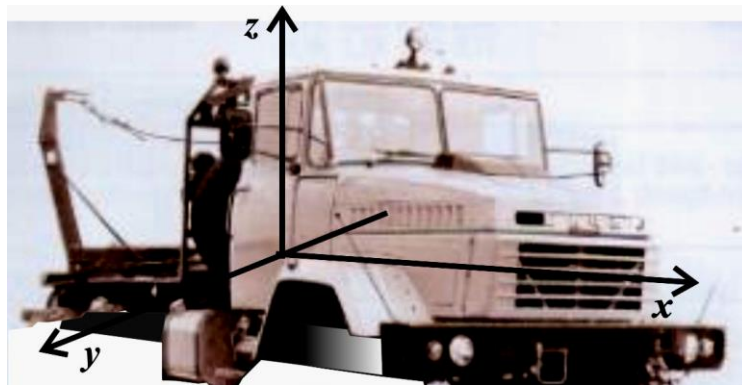


Рис. 1. Підресорена маса лісовозного автомобіля і система координат, в якій можливі коливання

Взаємодія вертикальних коливань передньої та задньої частин автомобіля істотно залежить від коефіцієнта розподілу підресорених мас ε_{yn} , який визна-

чають як відношення $\varepsilon_{yn} = \frac{\rho_{yn}^2}{a_n b_n}$ [1], де $\rho_{yn} = \sqrt{\frac{J_{yn}}{m_n}}$ – радіус інерції підресореної маси m_n автомобіля відносно поперечної осі y , що проходить через центр її ваги; J_{yn} – момент інерції підресореної маси відносно цієї ж осі; a_n , b_n – поздовжні віддалі від центра підресореної маси до передньої та середньої осей автомобіля.

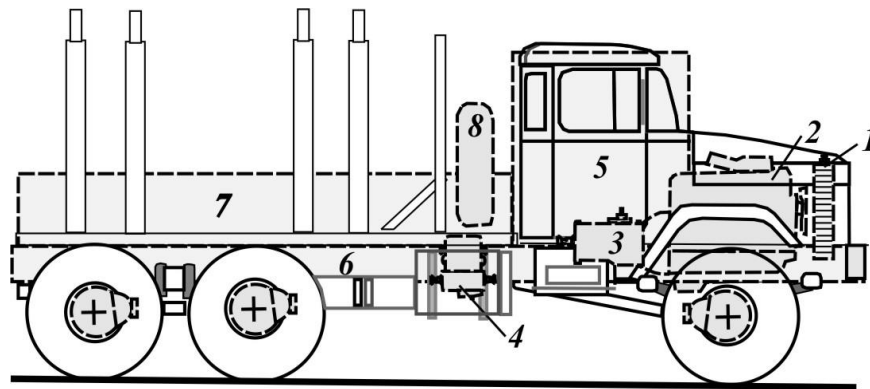


Рис. 2. Основні вузли підресореної маси автомобіля

Розрахунки моменту інерції та коефіцієнта розподілу ε_{yn} проведені для лісовозного автомобіля КрАЗ-64371 на підставі даних щодо мас, габаритних розмірів й розміщення основних агрегатів і вузлів, які закріплені на рамі автомобіля вище ресор підвіски, а також параметрів пакету сортиментів. Кожний вузол автомобіля, з урахуванням його розмірів, умовно розглядався як паралелепіпед довжиною l_i і висотою h_i (рис. 2 і 4).

Маси і розміри цих вузлів з водою і оливою вказані в табл. 1. Координати x_n та y_n центра ваги O_n підресореної маси автомобіля без пакета сортиментів (рис.3) розраховано за формулами

$$x_n = \frac{\sum m_i x_i}{m_n}; \quad z_n = \frac{\sum m_i z_i}{m_n},$$

де: m_i – маси окремих вузлів; x_i , z_i – поздовжні й вертикальні координати центрів ваги вузлів, $i = 1, 2, \dots, 8$.

Поздовжні віддалі від центра підресореної маси O_n автомобіля без вантажу, відповідно до середньої та передньої осей (рис.3), визначають як $b_n = x_n - B_b$, $a_n = B - b_n$, де B , B_b – база автомобіля і база заднього візка.

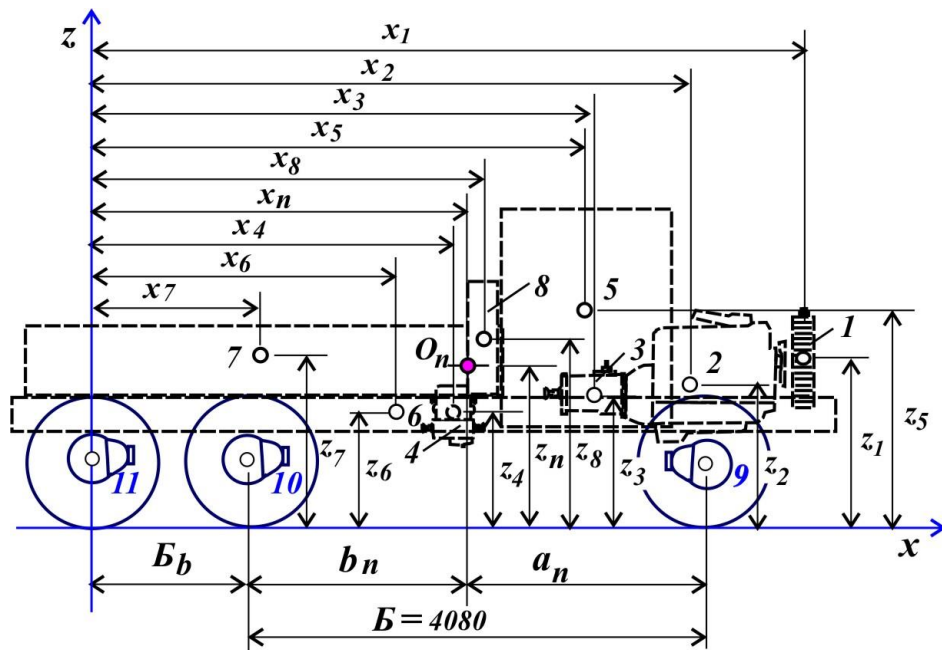


Рис. 3. Поздовжні і вертикальні координати центрів ваги основних вузлів і центра підресореної частини автомобіля без вантажу

Моменти інерції вузлів відносно поперечних осей, що проходять через їхні центри ваги, обчислюють як $J_{yi} = \frac{m_i}{12}(l_i^2 + h_i^2)$.

Таблиця 1

Маси основних вузлів лісовозного автомобіля КрАЗ-64371

Вузли (агрегати) автомобіля	Маса, кг	Координати центрів мас		Довжина вузла	Висота вузла
	m_i	x_i , м	z_i , м	l_i , м	h_i , м
1. Радіатор	204	6,34	1,50	0,18	1,09
2. Двигун і зчеплення	1210	5,50	1,31	1,23	0,62
3. Коробка передач	460	4,42	1,15	0,59	0,47
4. Роздавальна коробка	430	3,24	1,02	0,44	0,46
5. Кабіна	908	4,38	1,95	1,49	1,99
6. Рама, карданні передачі, паливні баки, елементи гальмівної системи та ін.	3830	2,46	1,04	7,33	0,30
7. Платформа з стояками	1510	1,46	1,52	4,27	0,68
8. Запасне колесо	228	3,43	1,70	0,3	1,17
Підресорена маса автомобіля	8780	3,13	1,29	–	–

Пакет сортиментів	10200	0,80	2,21	4,0	1,95
Підресорена маса автомобіля з пакетом	18980	1,9	1,79	—	—
9. Передній міст з 2 колесами	1337	—	—	—	—
10. Середній міст з 2 колесами	1341,4	—	—	—	—
11. Задній міст з 2 колесами	1341,4	—	—	—	—
Непідресорена маса автомобіля	4020	—	—	—	—
Власна (споряджена) маса автомобіля, кг	12800	—	—	—	—

Момент інерції підресореної маси відносно поперечної осі y , що проходить через її центр ваги O_n , для автомобіля без пакета сортиментів, розраховано за формулою

$$J_{yn} = \sum J_{yi} + \sum m_i \left((x_i - x_n)^2 + (z_i - z_n)^2 \right),$$

де $(x_i - x_n)^2 + (z_i - z_n)^2$ – квадрати віддалей від центрів ваги i -тих вузлів до центра ваги підресореної маси O_n .

Момент інерції пакета сортиментів відносно поперечної осі, що проходить через його центр ваги O_Q (рис. 5), визначається залежно від довжини, висоти і маси пакета

$$J_{yQ} = \frac{m_Q}{12} (l_Q^2 + h_Q^2),$$

де: m_Q , h_Q , l_Q – маса і висота пакета та довжина сортиментів.

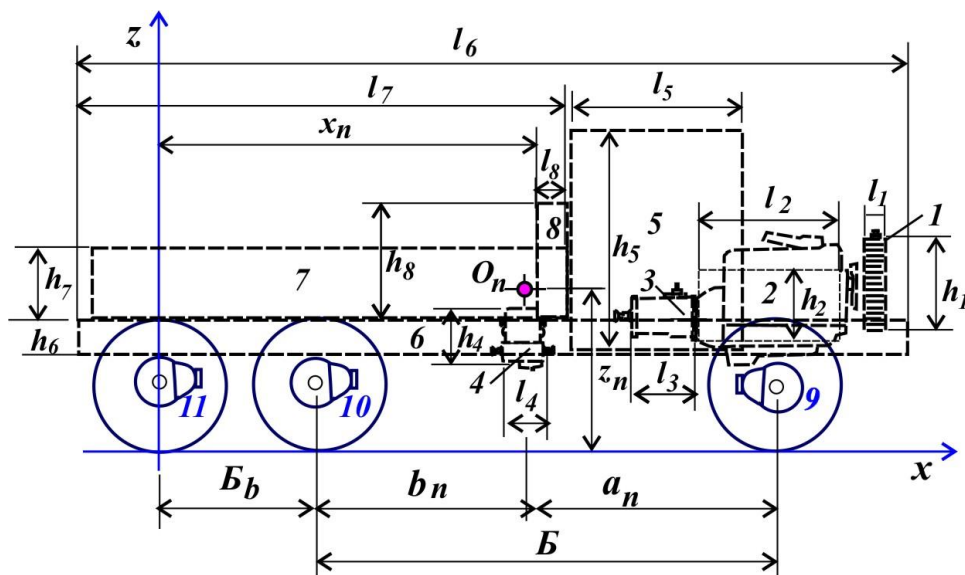


Рис. 4. Розміри основних вузлів і координати центра ваги підресореної маси автомобіля без вантажу

Залежність об'єму V_Q і висоти h_Q пакета від його довжини та маси обчислюється як $V_Q = \frac{m_Q}{\gamma_D}$; $h_Q = \frac{V_Q}{l_Q B_Q k_Q}$,

де: γ_D , B_Q , k_Q – густина деревини, ширина і коефіцієнт повноти пакета сортиментів; Повна підресорена маса навантаженого автомобіля дорівнює $m_n + m_Q$.

Координати x_{nQ} , z_{nQ} центра ваги O_{nQ} підресореної маси автомобіля, навантаженого сортиментами (рис. 5), обчислено як

$$x_{nQ} = \frac{m_n x_n + m_Q x_Q}{m_n + m_Q}; \quad z_{nQ} = \frac{m_n z_n + m_Q z_Q}{m_n + m_Q},$$

де: $x_Q = x_{nл} - 0,5l_Q$; $z_Q = z_{nл} + 0,5h_Q$ – координати центра ваги пакета сортиментів; $x_{nл}$, $z_{nл}$ – поздовжня координата переднього краю платформи автомобіля і її віддаль до поверхні дороги.

Момент інерції повної підресореної маси автомобіля, навантаженого пакетом сортиментів, дорівнюватиме

$$J_{ynQ} = J_{yn} + J_{yQ} + m_n \left((x_n - x_{nQ})^2 + (z_n - z_{nQ})^2 \right) + m_Q \left((x_Q - x_{nQ})^2 + (z_Q - z_{nQ})^2 \right).$$

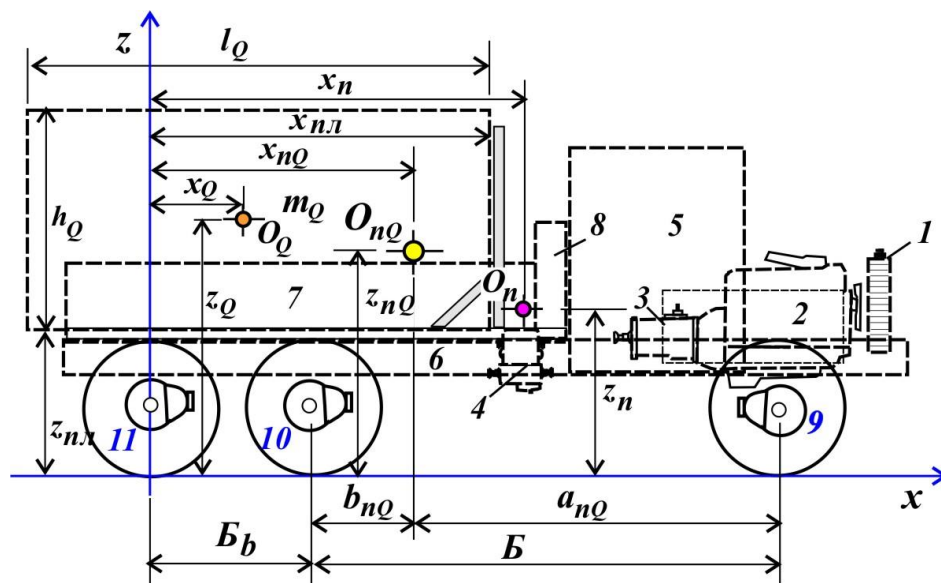


Рис. 5. Розміри пакета сортиментів і координати центра ваги O_n підресореної маси автомобіля, навантаженого сортиментами

Коефіцієнт розподілу підресореної маси автомобіля навантаженого сорта-
ментами розраховується за формулою $\varepsilon_{yn} = \frac{J_{ynQ}}{(m_n + m_{nQ})a_{nQ}b_{nQ}}$,

де a_{nQ} , b_{nQ} – поздовжні віддалі від центра підресореної маси автомобіля з ван-
тажем до передньої та середньої осей.

Результати дослідження. У табл. 2 подано значення обчислених коефіціє-
нтів розподілу та поздовжніх координат центрів підресорених мас для двох лі-
совозних автомобілів без вантажу і з пакетом сортиментів довжиною 3,5 та 4,0
м. Виконані обчислення показали, що ε_{yn} залежить не тільки від маси і розмі-
рів лісовозного автомобіля, він істотно залежить від маси пакета та довжини
сортиментів. Якщо лісовозний автомобіль без вантажу, то для автомобіля
КрАЗ-64371 $\varepsilon_{yn}=1,04$, а для Урал-4320 коефіцієнт $\varepsilon_{yn}= 0,75$, що відповідає
даним для вантажних автомобілів загального призначення [2] (табл. 2). Однак
для автомобілів, навантажених пакетом сортиментів, він є в межах від $\varepsilon_{yn} =$
1,62 ... 2,43. За даними Н.Н. Яценка, для повністю навантажених бортових
трюхосьових автомобілів загального призначення $\varepsilon_{yn} = 0,98 \dots 1,08$.

Таблиця 2

Коефіцієнти розподілу підресорених мас трюхосьових автомобілів

		Довжина сортиментів l_Q , м					
Автомобілі:		4,0	3,5	4,0		3,5	
- лісовозні	Маса вантажу, кг	ε_{yn}		a_n	b_n	a_n	b_n
КрАЗ-64371	0	1,04	1,04	2,35	1,73	2,35	1,73
УРАЛ-4320	0	0,75	0,75	1,601	1,924	1,601	1,924
КрАЗ-64371	10200	2,43	1,86	3,58	0,50	3,44	0,64
УРАЛ-4320	7000	2,25	1,62	3,024	0,501	2,881	0,644
- бортові	Маса вантажу, кг	ε_{yn}	—	—	—	—	—
ЗИЛ-131	0	0,75	—	—	—	—	—
Урал-375	0	0,93	—	—	—	—	—
ЗИЛ-131	5000	0,98	—	—	—	—	—
Урал-375	7000	1,08	—	—	—	—	—

Залежність коефіцієнта розподілу підресорених мас від маси пакета сортиментів наглядно показана на рис. 6. Графіки побудовано з урахуванням залежностей об'єму і висоти пакета від його маси й довжини. Відомо, що коли $\varepsilon_{yn} \approx 1$, то коливання підресореної маси над осями автомобіля мало пов'язані між собою і їх можна розглядати незалежно [1, 2]. Це значно спрощує розрахункову модель. Можливість такого спрощення для лісовозних автомобілів потребувала перевірки. Зокрема, для лісовозного автомобіля Урал-4320 ε_{yn} на 25 % менше ніж одиниця. Тому, на підставі математичної моделі Н. Шевченко [4], ми розробили в середовищі Delphi відповідну комп'ютерну програму. Програма дає змогу розрахувати різні показники плавності ходу, зокрема, середні квадратичні значення пришвидшень вертикальних коливань підресореної маси трьохосового автомобіля над передньою віссю $\sigma_{z_1''}$, над заднім візком $\sigma_{z_2''}$, а також середні квадратичні значення динамічного моменту в трансмісії σ_{mtp} .

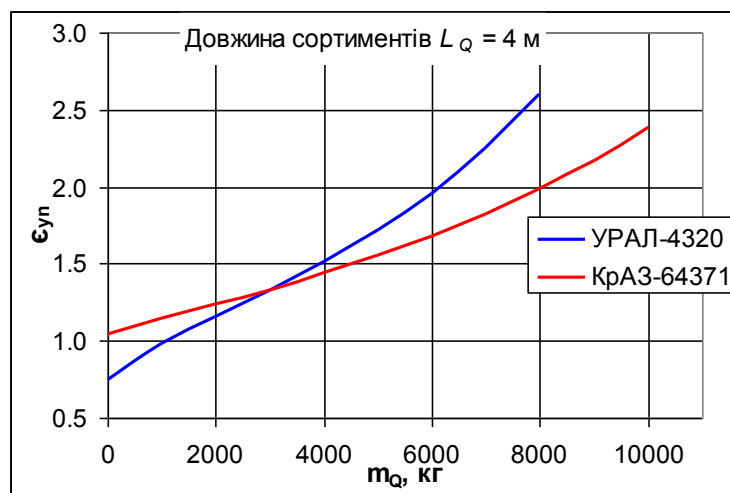


Рис. 6. Залежність коефіцієнта ε_{yn} від маси m_Q пакету сортиментів для лісовозних автомобілів Урал-4320 і КрАЗ-64371

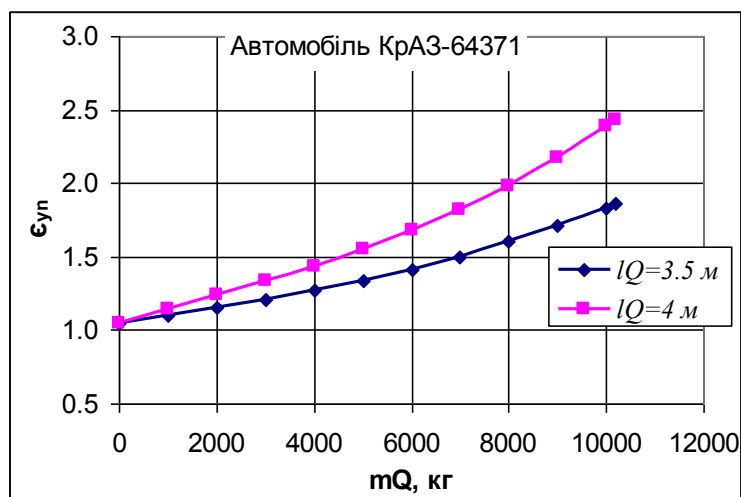


Рис. 7. Залежність коефіцієнта розподілу підресореної маси лісовозного автомобіля на базі КрАЗ-64371 від маси m_Q і довжини l_Q пакета сортиментів

Таблиця 3

Середні квадратичні пришвидшення вертикальних коливань підресореної маси Урал-4320 та динамічних моментів у трансмісії, отримані за результатами імітаційного моделювання

$m_Q = 7000$ кг; $l_Q = 3,5$ м			
$\varepsilon_{ун}$	$\sigma_{z_1''}$	$\sigma_{z_2''}$	$\sigma_{мтр}$
1,62	0,81	0,52	8,4
1,0	1,08	0,59	6,4
Погрішність %	32,8	13,2	-23,8
$m_Q = 7000$ кг; $l_Q = 4,0$ м			
2,25	0,841	0,506	10,1
1,00	0,505	0,885	6,20
Погрішність %	60,0	8,6	-39,0
$m_Q = 0$			
0,751	0,98	2,22	4,1
1,00	0,85	2,25	4,5
Погрішність %	-13,7	- 8,3	9,8

Висновки. Для лісовозних трьохосьових автомобілів без вантажу, як і для вантажних автомобілів загального призначення, коефіцієнт $\varepsilon_{ун}$ близький до одиниці, тому розрахункову динамічну модель, еквівалентну коливальній

системі автомобіля, не завжди можна спрощувати і коливання передньої осі не завжди можна розглядати незалежно від коливань заднього візка.

Наслідки імітаційного моделювання показали, що розраховувати коливання передньої і задньої частини автомобіля як незалежні (вважаючи, що $\varepsilon_{yn}=1$) неприпустимо, оскільки для навантаженого автомобіля похибка може досягнути 30...60 %. Для лісовозного автомобіля Урал-4320 без вантажу погрішність, внаслідок такого спрощення розрахункової моделі, менша, але досягає 8...14 %.

Список використаних джерел

1. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля: колебания и плавность хода / Ротенберг Р.В. – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с.

2. Яценко Н.Н. Колебания, прочность и форсированные испытания грузовых автомобилей / Яценко Н.Н. – М.: Машиностроение, 1972. – 372 с.

3. Білик Б.В. Вплив поодиноких нерівностей дороги на динамічні навантаження трансмісії лісовозного автомобіля / Б.В. Білик // Наук. праці Лісівничої акад. наук України: зб. наук. праць. – 2008. – Вип. 6. – С. 159-161.

4. Шевченко Н.В. Обґрунтування головних параметрів лісовозних автопотягів за техніко-експлуатаційними критеріями : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / Н.В. Шевченко. – Львів, 2012. – 21 с.

Б.В. Билык

ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДРЕССОРЕННЫХ МАСС ЛЕСОВОЗНОГО АВТОМОБИЛЯ

Рассматривается методика расчета момента инерции и коэффициента распределения подрессоренных масс трехосного лесовозного автомобиля для перевозки сортиментов по данным относительно размеров и масс основных узлов. Проанализирована зависимость коэффициента подрессоренных масс от массы и длины сортиментов. Сравнены результаты имитационного моделирования вертикальных колебаний подрессоренной массы над передней осью и над задней тележкой лесовозного автомобиля с учетом их взаимосвязи.

Ключевые слова: лесовозный, трехосный автомобиль, коэффициент распределения подрессоренных масс, момента инерции, вертикальные колебания, имитационное моделирование.

B.V. Bilyk

ASSESSMENT OF INDEX FOR MASSES OF A FOREST CAR DISTRIBUTION

We consider the method of calculating the moment of inertia and factor of distribution the masses of three-axis Wood transportation vehicle for data concerning the sizes and weights of the basic knots. Dependence of the factor of distribution the masses from weight and length of timber sortiments is analysed. The results of modelling of vertical fluctuations over a fore-axle and over the back cart the of forest car are compared taking into account their interrelation.

Key words: forest car, three-axle car, factor of distribution the masses, moment of inertia, results of modelling of vertical fluctuations