

Анісімов В. Ф.

Борисюк Д. В.

Черкевич О. В.

*Вінницький  
національний  
аграрний університет*

Anisimov V. F.

Borysyuk D. V.

Cherkevich O. V.

*Vinnitsia National  
Agrarian University*

УДК 629.114.2.001.2(075.8)

## ВЛАСНІ КОЛИВАННЯ КЕРОВАНОГО МОСТА ТРАКТОРА БЕЗ УРАХУВАННЯ ЗГАСАННЯ

В статті розглянуто процес коливання керованого моста трактора без урахування згасання. Представлено схему визначення незв'язаних коливань трактора з урахуванням невіднесених мас та без урахування загасання і схеми колівальної системи з парціальними частотами. Визначено частоти коливання керованого моста колісного трактора і його віброприскорення.

**Ключові слова:** трактор, керований міст трактора, коливання, амплітуда, частота, віброприскорення.

**Вступ.** З всіх видів коливань, до яких схильні трактори, в теорії плавності ходу вивчають вертикальні, горизонтальні, поздовжні і поздовжньо-кутові. Розрізняють коливання двох видів в залежності від факторів їх виникнення, - власні та вимушені. Власні коливання трактора являють собою характеристичний параметр, який визначається його масою, пружними властивостями і геометричними розмірами. Вимушені коливання виникають в результаті взаємодії трактора з нерівностями опорної поверхні, по якій він рухається. Ці коливання залежать від характеристики нерівностей, швидкості руху і параметрів трактора, що визначають його власні коливання.

Теоретично коливання поділяються на згасаючі і незгасаючі. Проте практично незгасаючих коливань в машинах не може бути, оскільки вони відбуваються в механізмах за рахунок пружних властивостей елементів, що володіють різними видами тертя. Енергія коливань поглинається енергією тертя.

Невіднесена маса являє собою масу переднього чи заднього мостів, для яких характерна одна ступінь вільності - вертикальне переміщення.

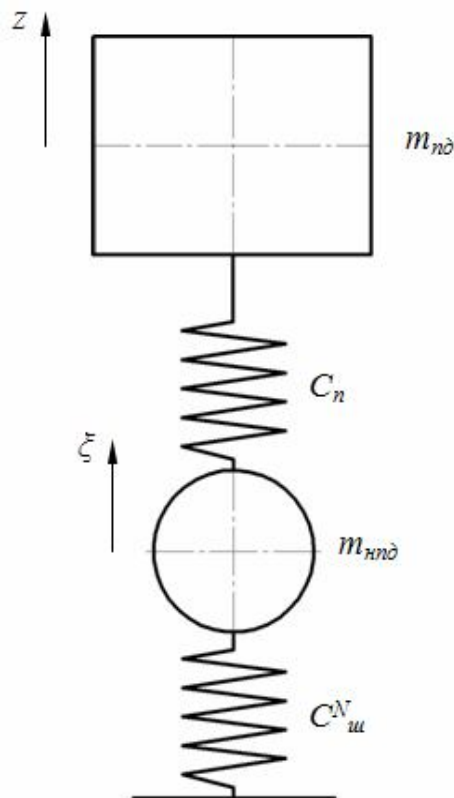
**Основна частина.** Динамічна схема колісного трактора визначається його конструкцією. У колісного трактора іноді застосовують підвіску переднього моста. Плавність ходу забезпечується тільки еластичністю пневматичної шини [1].

Розглянемо систему, що складається з віднесеної маси  $m_{нд}$ , і невіднесеної маси  $m_{ннд}$  з одним ступенем вільності (рис. 1).

Вертикальні переміщення віднесеної маси  $m_{нд}$  позначимо  $z$ , а невіднесеної маси  $m_{ннд}$  -  $\xi$ . Рівняння руху віднесеної і невіднесеної мас мають вигляд:

$$m_{нд} \ddot{z} + C_n (z - \xi) = 0; \quad (1)$$

$$m_{ннд} \ddot{\xi} + C_n (z - \xi) + C_{ш}^N \xi = 0. \quad (2)$$





**Рис. 1. Схема визначення незв'язаних коливань трактора з урахуванням невідресорених мас та без урахування загасання**

Парціальні частоти  $\omega_{nd}$  – підресореної маси при закріпленій невідресореній масі (рис. 2, а),  $\omega_{nnd}$  – невідресореної маси при закріпленій підресореній (рис. 2, б) і  $\omega'_{nnd}$  – невідресореної маси на пружному елементі моста при закріпленій підресореній масі (рис. 2, в) визначаються відповідно рівняннями:

$$\omega_{nd} = \sqrt{C_n / m_{nd}}; \quad (3)$$

$$\omega_{nnd} = \sqrt{(C_n + C_{uu}) / m_{nnd}}; \quad (4)$$

$$\omega'_{nnd} = \sqrt{C_n / m_{nnd}}. \quad (5)$$

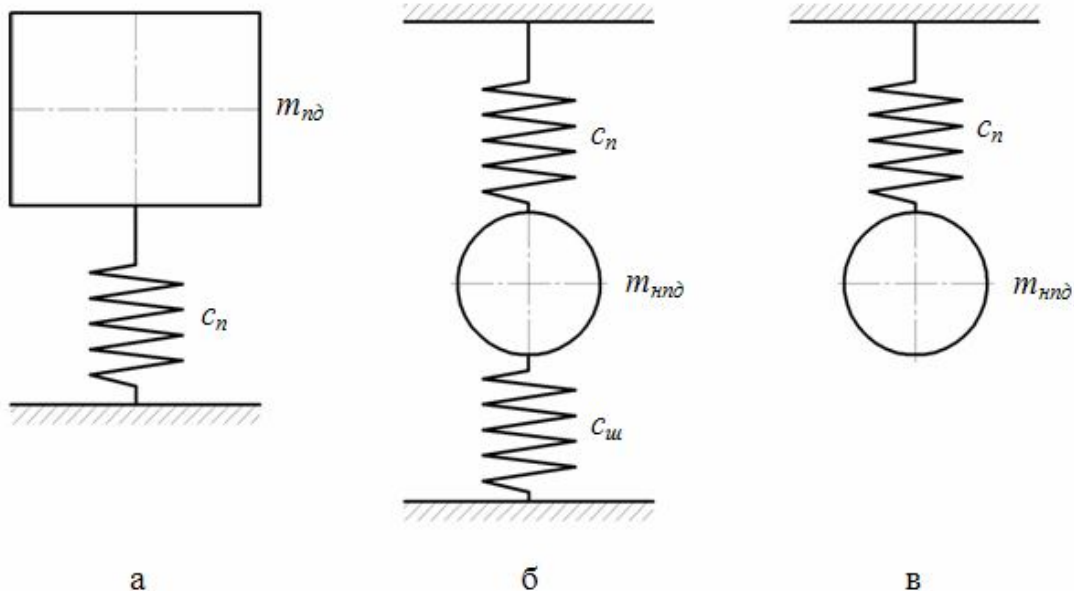
З урахуванням цих виразів рівняння (2.32) і (2.33) приймуть такий вигляд:

$$\ddot{z} + \omega_{nd}^2 z - \omega_{nd}^2 \xi = 0; \quad (6)$$

$$\ddot{\xi} + \omega_{nnd}^2 \xi - \omega_{nd}^2 z = 0. \quad (7)$$

Рівняння (6, 7) є пов'язаними, оскільки кожне з них включає в себе переміщення  $z$  та  $\xi$ , а значить, існує взаємний вплив коливань підресореної і невідресореної мас. Характеристичне рівняння для системи (6) і (7) є біквадратним:

$$\Omega^4 - (\omega_{nd}^2 + \omega_{nnd}^2) \Omega^2 + \omega_{nd}^2 (\omega_{nnd}^2 - \omega_{nd}^2) = 0. \quad (8)$$



**Рис. 2. Схеми коливальної системи з парціальними частотами: а – підресореної маси при закріпленій невідресореній масі; б – невідресореної маси при закріпленій підресореній масі; в – невідресореної маси на пружному елементі моста при закріпленій підресореній масі**

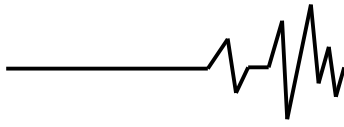
Вирішуючи його і залишаючи тільки від'ємними), отримуємо дві власні частоти додатні корені (частоти не можуть бути коливальної системи:

$$\Omega_{nd} = \Omega_n = \sqrt{0,5 \left[ \omega_{nnd}^2 + \omega_{nd}^2 - \sqrt{(\omega_{nnd}^2 + \omega_{nd}^2)^2 - 4(\omega_{nnd}^2 - \omega_{nd}^2)\omega_{nd}^2} \right]}; \quad (9)$$

$$\Omega_{nnd} = \Omega_\epsilon = \sqrt{0,5 \left[ \omega_{nnd}^2 + \omega_{nd}^2 + \sqrt{(\omega_{nnd}^2 + \omega_{nd}^2)^2 - 4(\omega_{nnd}^2 - \omega_{nd}^2)\omega_{nd}^2} \right]}. \quad (10)$$

З урахуванням виразів (2.40) і (2.41) розв'язання вихідних рівнянь можна записати так:

$$z = A_{ndn} \cos(\Omega_n t + \varphi_n) + A_{nd\epsilon} \cos(\Omega_\epsilon t + \varphi_\epsilon); \quad (11)$$



$$\xi = A_{нндн} \cos(\Omega_n t + \varphi_n) + A_{нндв} \cos(\Omega_v t + \varphi_v), \quad (12)$$

де  $\varphi_n, \varphi_v$  – початкові фази високочастотних і низькочастотних коливань відповідно.

Парціальні частоти  $\omega_{пд}$  і  $\omega_{нпд}$  дозволяють проводити наближену оцінку власних частот  $\Omega_{пд}$  і  $\Omega_{нпд}$  коливальні системи. Оскільки жорсткість  $C_{ш}^N > C_n$ , а маса  $m_{пд} > m_{нпд}$ , то відповідно виразам (3), (4) і (5) частота  $\omega_{пд} < \omega_{нпд}$ . Відзначимо також, що, відповідно до рівнянь (11) і (12), нижча власна частота системи  $\Omega_n < \omega_{пд}$ , а вища –  $\Omega_v > \omega_{нпд}$ .

$$\ddot{z}_{пд} = -A_{пдн} \Omega_n^2 \cos(\Omega_n t + \varphi_n) - A_{пдв} \Omega_v^2 \cos(\Omega_v t + \varphi_v); \quad (13)$$

$$\ddot{\xi}_{нпд} = -A_{нпдн} \Omega_n^2 \cos(\Omega_n t + \varphi_n) - A_{нпдв} \Omega_v^2 \cos(\Omega_v t + \varphi_v). \quad (14)$$

З (13) видно, що навіть при  $A_{пдн} > A_{пдв}$  другий доданок може бути значним, оскільки  $\Omega_v^2 > \Omega_n^2$  в 36-100 разів [2].

### Висновки

1. Непідресорена маса трактора являє собою масу переднього чи заднього мостів, для яких характерна одна ступінь вільності.

2. Плавність ходу тракторів забезпечується тільки еластичністю пневматичної шини.

3. Графіки коливань підресореної і непідресореної мас являють собою складні криві, отримані в результаті складання двох гармонійних складових з різними амплітудами і частотами.

### Список використаних джерел

1. Кут'ков Г. М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. – М.: Колос, 2004. – 504 с.: ил. (Учебники и учеб. пособия для студентов высших учебных заведений).

2. Ларин В.В. Теория движения полноприводных колесных машин: учебник / В.В. Ларин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 391, [1] с.: ил.

### Список джерел в транслітерації

1. Kut'kov G. M. Traktory i avtomobili . Teoriya i tekhnologicheskiye svoystva. – М.: Kolos, 2004. – 504 s.: il. (Uchebniki i ucheb. Posobiya dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy).

Графіки коливань підресореної і непідресореної мас являють собою складні криві, отримані в результаті складання двох гармонійних складових з різними амплітудами і частотами. Оскільки частота  $\Omega_v$  в 6-10 разів вище  $\Omega_n$ , то амплітуда  $A_{пдв}$  високочастотної гармоніки значно менше амплітуди  $A_{пдн}$  низькочастотної гармоніки. Тому вплив непідресореної маси на переміщення підресореної маси незначний.

Значно більше коливання непідресореної маси впливає на прискорення підресореної маси. Продиференціюємо двічі рівняння (11) і (12) за часом:

2. Larin V.V. Teoriya dvizheniya polnoprivodnykh kolesnykh mashin : uchebnik / V.V. Larin. – М.: Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2010. – 391, [1] s.: il.

### СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ УПРАВЛЯЕМОГО МОСТА ТРАКТОРА БЕЗ УЧЕТА ЗАТУХАНИЯ

**Аннотация.** В статье рассмотрен процесс колебания управляемого моста трактора без учета затухания. Представлена схема определения несвязанных колебаний трактора с учетом неподдресоренных масс и без учета затухания и схемы колебательной системы с парциальными частотами. Определены частоты колебания управляемого моста колесного трактора и его виброускорения.

**Ключевые слова:** трактор, управляемый мост трактора, колебания, амплитуда, частота, виброускорения.

### OWN VIBRATIONS OF CONTROLLED TRACTOR BRIDGE REGARDLESS ATTENUATION

**Annotation.** In the article the process fluctuations driven axle tractor excluding fading. The scheme definition unrelated fluctuations tractor considering nepidresorenyh mass excluding vibrational damping circuits and systems with partial frequencies. Defined oscillation frequency controlled axle wheel tractor and its acceleration.

**Key words:** tractor, controlled tractor controlled bridge, vibrations, amplitude, frequency, acceleration.