

УДК 629.11

ВИМУШЕНІ КОЛИВАННЯ СИЛОВОГО АГРЕГАТА ТРАКТОРА

*Борисюк Дмитро Вікторович асистент
Вінницький національний аграрний університет
Borisyuk D.
Vinnytsia National Agrarian University*

Анотація: в статті розглянуто процес коливання силового агрегату трактора під дією перекидаючого моменту від сил тиску газів в циліндрах двигуна. Представлено векторну діаграму для розрахунку вимушених коливань силового агрегату.

Ключові слова: двигун, силовий агрегат, коливання, перекидаючий момент, амплітуда, частота, демпфування.

Вступ

Розрахунок коливань силового агрегату трактора – досить складне завдання, пов'язане з складними обчисленнями. Тому в багатьох випадках, зокрема для орієнтовної оцінки спектра частот власних коливань, визначення амплітуд резонансних і вимушених коливань, а також для попереднього вибору параметрів підвіски, доцільно скористатися спрощеними розрахунковими формулами, що дозволяють отримати перше уявлення про особливості коливань проєктованого або досліджуваного силового агрегату [1].

Основна частина

Розглянемо коливання силового агрегату трактора під дією перекидаючого моменту від сил тиску газів в циліндрах двигуна, гармонійні складові якого визначаються навантаженням двигуна та майже не залежать від його швидкісного режиму. Можна прийняти, що при постійному навантаженні двигуна силовий агрегат коливається під дією сил, що мають постійну амплітуду у всьому робочому діапазоні швидкісних режимів. У силу лінійності коливальної системи вплив кожної з гармонік перекидаючого моменту можна розглядати незалежно від інших [2].

Рівняння крутильних коливань силового агрегату під дією однієї з гармонік перекидаючого моменту двигуна має вигляд

$$J_x \ddot{\varphi} + b_\varphi \dot{\varphi} + k_\varphi \varphi = M_\varphi \sin \omega_\delta t, \quad (1)$$

де M_φ – амплітуда основної гармоніки перекидаючого моменту;
 ω_δ – кругова частота збурення.

Розв'язок рівняння (1) знайдемо у вигляді

$$\varphi = \varphi_0 \sin(\omega_\delta t - \sigma), \quad (2)$$

де φ_0 , σ – шукані величини.

На векторній діаграмі (рис. 1) амплітуда переміщення φ_0 відкладена вгору, а сили пружності $k\varphi_0$ – вниз. Нагадаємо, що при графічному представленні диференціювання вектора еквівалентне множенню його довжини на частоту з одночасним поворотом вектора на 90° у бік обертання. Виходячи з цього, амплітуда сили загасання $b_\varphi \omega_\delta \varphi_0$ повернена до амплітуді сили пружності на 90° , а амплітуда сили інерції $m\omega_\delta^2 \varphi_0$ повернена на 90° до амплітуді сили загасання. Розглядаючи суму проєкцій всіх векторів і прирівнюючи її нулю, знаходимо амплітуду φ_0 і кут зсуву фаз σ :

$$\varphi_0 = \frac{M_\varphi}{k_\varphi} \left\{ \left[1 - \left(\frac{\omega_\delta}{\omega_\varphi} \right)^2 \right]^2 + \left(\gamma_\varphi \frac{\omega_\delta}{\omega_\varphi} \right)^2 \right\}^{-\frac{1}{2}} = \varphi_{cm} D_\varphi; \quad (3)$$

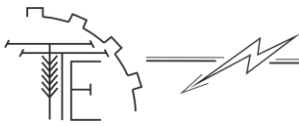
$$\operatorname{tg} \sigma = \gamma_\varphi \frac{\omega_\delta}{\omega_\varphi} / \left[1 - \left(\frac{\omega_\delta}{\omega_\varphi} \right)^2 \right], \quad (4)$$

де φ_{cm} – переміщення силового агрегату при статичній дії моменту M_φ (амплітуда рівноваги);

γ_φ – коефіцієнт демпфування;

ω_φ – кругова частота власних коливань силового агрегату.

З формули (4) випливає, що в резонансній області різниця фаз між збурюючою силою і зміщенням силового агрегату близька до нуля, а в зарезонансній – близька до 180° .



У формулу (3) слід підставляти амплітуду і частоту основної (що має найбільший рівень) гармоніки перекидаючого моменту або гармоніки, частота якої найбільш близька до частоти власних коливань силового агрегату.

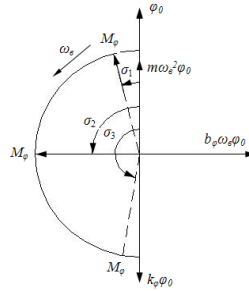


Рис. 1. Векторна діаграма для розрахунку вимушених коливань силового агрегату

Коефіцієнт динамічності (коефіцієнт посилення) коливань навколо осі x

$$D_\varphi = \left\{ \left[1 - \left(\frac{\omega_\phi}{\omega_\varphi} \right)^2 \right]^2 + \left(\gamma_\varphi \frac{\omega_\phi}{\omega_\varphi} \right)^2 \right\}^{-\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Для чотирьохтактного двигуна, що має рівномірне чергування робочих ходів, частота сумарного перекидаючого моменту

$$f_\phi = ni / 120 \quad (6)$$

де n – частота обертання колінчастого вала двигуна, об/хв;
 i – число циліндрів двигуна.

Висновок

Отже, чим більше відношення частот вимушених і власних коливань і вище коефіцієнт демпфування, тим менший коефіцієнт динамічності і, отже, менша амплітуда коливань силового агрегату. Коефіцієнт динамічності при відношенні частот більше $\sqrt{2}$ свідомо менше одиниці. При одній і тій же підвісці силового агрегату значення $\varphi_{ст}$ не змінюється [див. формулу (3)]. У цьому випадку амплітуди вимушених коливань силового агрегату залежать тільки від коефіцієнта динамічності [див. формулу (5)]. При збільшенні частоти обертання колінчастого вала коефіцієнт динамічності, а значить, і амплітуди коливань силового агрегату під дією перекидаючого моменту двигуна в зарезонансній області значно зменшуються.

Список літератури

1. Тольский В. Е. Колебания силового агрегата автомобиля / В. Е. Тольский, Л. В. Корчемный, Г. В. Латышев, Л. М. Минкин. – М.: Машиностроение. 1976. – 266 с.
2. Луканин В. Н. Шум автотракторных двигателей / В. Н. Луканин – М.: Машиностроение. 1971. – 271 с.
3. Борисюк Д. В. Математична модель вертикальних і поздовжньо-кутових коливань системи «двигун - трансмісія - колеса - міст - підресорена маса» трактора / Д. В. Борисюк // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2015. – Випуск 1 (91). – С.5–9.

References

1. Tol'skiy V. Ye. Kolebaniya silovogo agregata avtomobilya / V. Ye. Tol'skiy, L. V. Korchemnyy, G. V. Latyshev, L. Minkin. - M.: Mashinostroyeniye. 1976. - 266 s.
2. Lukanin V. N. Shum avtotraktornykh dvigateley / V. N. Lukanin - M.: Mashinostroyeniye. 1971. - 271 s.
3. Borysyuk O. V. Matematychna model vertykalnykh y pozdovzhnomu - Kutovoho kolyvannya systemy « dvyhun - transmissiya - koleasa - mist - pidresorena masa » traktora / D. V. Borysyuk // Tekhnika, enerhetyka, transport APK. - 2015. - Vypusk 1 (91). - S.5-9.

ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ СИЛОВОГО АГРЕГАТА ТРАКТОРА

Аннотация: в статье рассмотрен процесс колебания силового агрегата трактора под действием опрокидывающего момента от сил давления газов в цилиндрах двигателя. Представлена векторная диаграмма для расчета вынужденных колебаний силового агрегата.

Ключевые слова: двигатель, силовой агрегат, колебания, опрокидывающий момент, амплитуда, частота, демпфирование.

FORCED VIBRATIONS OF THE POWER UNIT OF THE TRACTOR

Summary: this article describes how fluctuations in the power unit of the tractor under the overturning moment from the forces of the gas pressure in the cylinders of the engine. Represented by a vector diagram to calculate forced vibrations of the power unit.

Keywords: engine, power unit, vibrations, overturning moment, amplitude, frequency, damping.