

УДК 629.11 Майор Ю.А. Чаган; ст. викл. О.І. Хитряк, канд. техн. наук;
ст. викл. І.І. Верхола, канд. техн. наук; ст. лейтенант Р.А. Нанівський –
Академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного;

ЗГИННІ КОЛИВАННЯ ГУСЕНИЧНОГО ОБВОДУ ЗА ЗМІННОЇ ШВИДКОСТІ ЙОГО РУХУ

Досліджено вплив змінної в часі швидкості позовжнього руху гусеничного обводу на частоту його коливань. В основу досліджень покладено методи Бубнова-Гальоркіна та WBKJ (Wentzel, Brillown, Kramers, Jeffrey's). Отримано аналітичні залежності для різних режимів перехідних процесів.

Ключові слова: змінна швидкість, гусеничний обвід, методи Бубнова-Гальоркіна та WBKJ.

Актуальність і огляд основних результатів. Створені нові та модернізовані існуючі зразки гусеничної техніки можуть пересуватись пересіченою місцевістю на високих швидкостях, що викликає значні коливання гусеничного обводу. Зважаючи на це, та враховуючи той факт, що гусенична стрічка є найбільш істотним споживачем енергії двигуна, задача дослідження динаміки гусеничного обводу і на сьогодні є актуальною.

Характерною особливістю таких задач є необхідність враховувати швидкість позовжнього руху гусеничного обводу. Це еквівалентно наявності мішаної похідної лінійної та часової змінної у відповідних математичних моделях. Останнє є причиною значних труднощів аналітичних досліджень вказаного типу задач. Саме тому різноманітні дослідження, пов'язані із динамічними процесами у позовжньо-рухомих системах, проводились здебільшого за сталої їх швидкості руху [1]. Проте у більшості випадків ця величина є, взагалі кажучи, змінною в часі, а тому врахування її впливу на частоту їх власних коливань є актуальною задачею [2, 3].

Постановка задачі і методика її розв'язування. Розглянуто поперечні коливання верхньої частини гусеничного обводу, вважаючи що він рухається із змінною позовжньою швидкістю $V = V(t)$. Площа його поперечного перерізу, погонна маса, момент інерції та натяг є незмінними вздовж всієї довжини гусеничної стрічки. У цьому випадку динамічні процеси описуються диференціальним рівнянням [4]

$$u_{tt} + 2V(t)u_{xt} - (S\rho^{-1} - V^2(t))u_{xx} + \rho^{-1}\dot{V}(t)u_x + EI\rho^{-1}u_{xxxx} = 0, \quad (1)$$

де: $u = u(x, t)$ – поперечне відхилення перерізу гусеничного обводу з координатою x в довільний момент часу t ; S – натяг; ρ – його погонна маса.

До рівняння (1) долучаємо крайові умови, які узгоджуються із способом сходження гусеничної стрічки із ведучого та напрямного коліс

$$u(x, t)|_{x=j} = 0, \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}|_{x=j} = 0, j = 0, l, \quad (2)$$

де l – віддаль між точками дотику гусеничного обводу до котків.

Для його розв'язання використаємо основну ідею методу Бубнова-Гальоркіна [5], яка дає змогу рівняння (1) привести до вигляду

$$T''(t) + \rho^{-1}S(k\pi l^{-1})^2 \left((k\pi l^{-1})^2 EIS^{-1} - V^2(t)\rho S^{-1} + 1 \right) T(t) = 0. \quad (3)$$

Оскільки $S\rho^{-1}(k\pi l^{-1})^2$ є достатньо великою величиною, то, відповідно до методу WBKJ [6], поведінка розв'язків рівняння (3), за змінної швидкості руху, описується функцією

$$\mathcal{G} = \exp \left(\pm i k \pi l^{-1} \sqrt{S\rho^{-1}} \int_0^t \sqrt{(k\pi l^{-1})^2 EIS^{-1} - V^2(t)\rho S^{-1} + 1} dt \right). \quad (4)$$

Враховуючи наведене, лінійно незалежні розв'язки цього рівняння із змінними коефіцієнтами будемо шукати у вигляді

$$T_{1,2} = \exp \left(\pm i \frac{k\pi}{l} \sqrt{S\rho^{-1}} \int_0^t \sqrt{(k\pi l^{-1})^2 EIS^{-1} - V^2(t)\rho S^{-1} + 1} dt \right) z \left(t, k\pi l^{-1} \sqrt{S\rho^{-1}} \right), \quad (5)$$

де функція $z \left(t, k\pi l^{-1} \sqrt{S\rho^{-1}} \right)$ є повільно змінною.

Шляхом диференціювання (5) із урахуванням (3), отримуємо рівняння для знаходження невідомої функції $z \left(t, k\pi l^{-1} \sqrt{S\rho^{-1}} \right)$ у вигляді

$$\frac{d^2 z}{dt^2} \pm 2i \frac{k\pi}{l} \sqrt{S\rho^{-1}} \sqrt{(k\pi l^{-1})^2 EIS^{-1} - V^2(t)\rho S^{-1} + 1} \frac{dz}{dt} \pm i \frac{k\pi}{l} \sqrt{S\rho^{-1}} \frac{d}{dt} \left(\sqrt{(k\pi l^{-1})^2 EIS^{-1} - V^2(t)\rho S^{-1} + 1} \right) z = 0, \quad (6)$$

Вважається, що функція $z \left(t, k\pi l^{-1} \sqrt{S\rho^{-1}} \right)$ є повільно змінною, а значить максимальні значення її першої та другої похідних є малими. Нехтуючи у наведених співвідношеннях величинами першого та другого порядку, знаходимо

$$z(t) = c \left((k\pi l^{-1})^2 EIS^{-1} - V^2(t)\rho S^{-1} + 1 \right)^{-0.25}. \quad (7)$$

Отже, лінійно незалежні розв'язки рівняння (3) мають вигляд

$$T_1 = \bar{c}_1 z(t) \cos \left(k\pi l^{-1} \sqrt{S\rho^{-1}} \int_0^t \sqrt{(k\pi l^{-1})^2 EIS^{-1} - V^2(t)\rho S^{-1} + 1} dt \right),$$

$$T_2 = \bar{c}_2 z(t) \sin \left(k\pi l^{-1} \sqrt{S\rho^{-1}} \int_0^t \sqrt{(k\pi l^{-1})^2 EIS^{-1} - V^2(t)\rho S^{-1} + 1} dt \right). \quad (8)$$

де $\bar{c}_1, \bar{c}_2$ – довільні сталі.

Загальний розв'язок можна представити у вигляді

$$T = a(t) \cos(\Omega(t) + \theta(t)), \quad (9)$$

де $a(t) = \bar{a} \left((k\pi l^{-1})^2 EIS^{-1} - V^2(t)\rho S^{-1} + 1 \right)^{-0.25}$, ($\bar{a}$ – довільна стала), а

$$\Omega(t) = k\pi l^{-1} \sqrt{S\rho^{-1}} \sqrt{(k\pi l^{-1})^2 EIS^{-1} - V^2(t)\rho S^{-1} + 1}. \quad (10)$$

Нижче, на рис. представлено графічні залежності зміни в часі частоти власних коливань гусеничного обводу для різних законів зміни швидкості його руху за таких значень параметрів: $S = 2000H$, $l = 0,83m$, $m = 13,4kg$, $EI = 0,223Hm^3$, $V = 10m/s$,

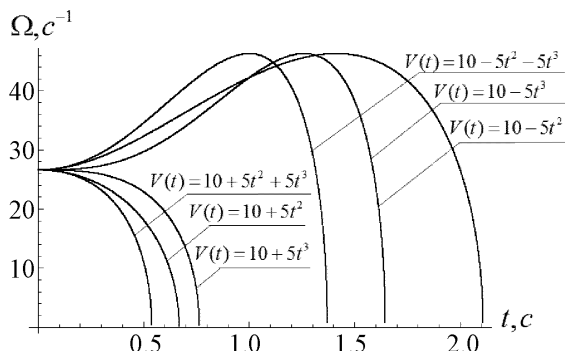


Рис. Залежність частоти коливного процесу від часу для різних режимів перехідних процесів

Висновки. Шляхом використання методу WBKJ, для лінійних аналогів систем отримано залежність для знаходження спектра власних частот коливань гнучких елементів за змінної швидкості їх поздовжнього руху. Розглянуто режими розгону і гальмування. На конкретних прикладах показано, що для періоду розгону зрив коливань відбувається за менший проміжок часу у випадку більш стрімкої зміни швидкості поздовжнього руху, зокрема за кубічного закону зміни швидкості зрив відбувається проходить швидше на 28 %, ніж за квадратичного ($V_0 = 15$ м/с); для періоду ж гальмування – на 20 % ($V_0 = 15$ м/с).

Література

1. Дмитриев А.А. Теория и расчет линейной релаксационной системы поддресоривания / А.А. Дмитриев // Вопросы поддресоривания танка и бронетранспортера. – М. : ВА БТВ, – 1959. – С. 46-76.
2. Сокіл Б.І. Динаміка привідних елементів транспортних засобів та методика її дослідження / Б.І. Сокіл, М.Б. Сокіл, О.І. Хитряк, Ю.А. Чаган // Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях : матер. двенадцатой Междунар. пром. конф. – К. : Изд-во "Льбидь", 2012. – С. 151-152.
3. Александров Е.Е. Математическое моделирование процессов возмущенного движения агрегатов и систем бронетанковой техники : учебн. пособ. / Е.Е. Александров, Д.О. Волонцевич, В.В. Дущенко и др. – В 2-ух т. – Т. 1. – Харьков : Изд-во НТУ "ХПИ". – 2012. – 356 с.
4. Сокіл Б.І. Вплив зовнішнього збурення на коливання гусеничного обводу. / Б.І. Сокіл, Ю.А. Чаган, О.І. Хитряк // Технологічні комплекси : наук. журнал. – Луцьк : Вид-во ЛНТУ. – 2012. – Вип. 1,2 (5,6). – С. 86-91.
5. Chen L-Q. The regular and chaotic vibrations of an axially moving viscoelastic string based on forth order Galerkin truncation / Chen L-Q, Zhang N-H, Zu J-W // Journal of Sound and Vibration. – 2003. – № 261(1). – Pp. 764-773.

6. Моисеев Н.Н. Асимптотические методы нелинейной механики : учебн. пособ. [для студ. ВУЗов] / Н.Н. Моисеев. – М. : Изд-во "Наука", 1981. – 400 с.

Чаган Ю.А., Хитряк О.И., Верхола И.И., Нанивский Р.А. Изгибные колебания гусеничного обвода при переменной скорости его движения

Исследовано влияние переменной во времени скорости продольного движения гусеничного обвода на частоту его колебаний. В основу исследований положены методы Бубнова-Галеркина и WBKJ (Wentzel, Brillown, Kramers, Jeffrey's). Получены аналитические зависимости для различных режимов переходных процессов.

Ключевые слова: переменная скорость, гусеничный обвод, методы Бубнова-Галеркина и WBKJ.

Chagan Yu.A., Khytriak O.I., Verhola I.I., Nanivskij R.A. Bending vibrations of the crawler bypass at variable speed of its movement

Influence of variable in time rate of longitudinal movement of crawler bypass is probed on frequency of his vibrations. The methods of Bubnova-Galerkin and WBKJ are fixed in basis of researches (Wentzel, Brillown, Kramers, Jeffrey's). Analytical dependences are got for the different modes of transients.

Keywords: variable speed, crawler bypass, methods of Bubnova-Galerkin and WBKJ.

УДК 658.114

Доц. А.М. Штангрет, д-р екон. наук –
Українська академія друкарства, м. Львів

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ СУЧАСНОГО СТАНУ Й ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ ПРІОРИТЕТНИХ ГАЛУЗЕЙ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ПРОЦЕС ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Здійснено класифікацію й експертне оцінювання загроз для економічної безпеки України, на підставі чого розроблено орієнтовні графічні моделі та відповідні їм матриці досяжності, які відображають зв'язки між загрозами, що забезпечило їх ієрархічне впорядкування та повинно стати основою для удосконалення державного регулювання розвитку національної економіки з метою нейтралізації ключових загроз.

Ключові слова: економічна безпека, загроза, промисловість, галузь.

Постановка проблеми. За останні два десятиліття вітчизняна економіка пройшла непростий шлях від планової до ринкової через розрив господарських зв'язків із союзними республіками, створення підвалин законодавчої бази, формування власної фінансової сфери, введення в обіг національної валюти, приватизацію більшості підприємницьких структур і т.ін., що, безумовно, не найкращим чином вплинуло на рівень економічної безпеки держави. Враховуючи зазначене, ми пропонуємо розглянути проблему гарантування економічної безпеки на макrorівні, беручи до увагу реальний стан та тенденції розвитку пріоритетних галузей промисловості як базової складової національної економіки.

Аналіз досліджень та публікацій з проблеми. Теоретичний розробці питань, пов'язаних з підтримкою достатнього рівня економічної безпеки на усіх рівнях управління, багато уваги приділяли О. Ареф'єва, В. Білоус, І. Бінько, Н. Вавдіюк, В. Геєць, З. Герасимчук, В. Духов, М. Єрмошенко, Я. Жаліло, С. Злупко, Т. Кузенко, О. Кузьмін, А. Кірієнко, Т. Ковальчук, Б. Кравченко, М. Лесечко, В. Марцин, Л. Мельник, І. Михасюк, С. Мочерний, В. Мунтіян,