

На рис. 3, б) видно істотне зменшення амплітуди відновлених шумів NK_n , несиметрія амплітуд зумовлена початковою несиметрією пуасонівського процесу.

Висновки. По-перше, показано можливість якісної передачі сигналу в умовах штучно створених завад під час застосування спеціальної процедури оброблення передавання – прийому сигналу: інтегрального перетворення та модуляції спектра.

По-друге, для задовільної відновлюваності сигналу коефіцієнт модуляції має бути унікальним для кожної спектральної компоненти і бути випадковим процесом.

По-третє, середнє значення коефіцієнта модуляції повинно бути не менше середнього значення амплітуди шуму.

Література

1. Нємкова О.А. Дослідження завадостійкості криптографічного захисту інформації на основі інтегральних перетворень / О.А. Нємкова, С.П. Стасевич, З.А. Шандра // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – Луганск, 2010. – № 9 (15). – Ч. 1. – С. 39-44.

Немкова Е.А. Устойчивая передача сигнала в условиях искусственно созданных шумов

Рассмотрена возможность устойчивой передачи сигнала за счет его специальной модуляции при использовании интегральных преобразований. Показано, что существует критерий, при выполнении которого воспроизведение сигнала является удовлетворительным. С помощью компьютерного моделирования даны рекомендации по определению параметров модуляции, исходя из характера шумов.

Ключевые слова: модуляция сигнала, шумы, интегральные преобразования, устойчивая передача.

Nemkova E.A. Steady signal transmission in conditions of artificial created noise

This work deals with the possibility of the steady signal transmission at the expense of its special modulation at use of integrated transformations. It is shown, that there is a criterion, at implementation of which, the reproduction of the signal is satisfactory. By means of computer modeling recommendations about definition of parameters of modulation, proceeding from character of noise are given.

Keywords: signal modulation, noise, the integrated transformations, steady transfer.

УДК 534.111

**Викл. О.І. Хитряк – Академія сухопутних військ
ім. гетьмана Петра Сагайдачного**

ХВИЛЬОВА ТЕОРІЯ У ДОСЛІДЖЕННІ ПРОЦЕСІВ У ДВОВИМІРНИХ СИСТЕМАХ ЗІ СТАЛОЮ СКЛАДОВОЮ ШВИДКОСТІ ПОЗДОВЖНЬОГО РУХУ

Розроблено, на базі хвильової теорії, методику дослідження динамічних процесів у двовимірних однорідних системах, які характеризуються сталою швидкістю поздовжнього руху. Отримано залежності, які визначають вплив фізико-механічних характеристик систем, швидкості поздовжнього руху на параметри хвиль.

Ключові слова: нелінійні коливання, амплітуда, частота, асимптотичний метод.

Актуальність і огляд основних результатів. Хвильова теорія руху [1-3] набула впродовж останніх десятиліть нового імпульсу розвитку. На її основі вдалось пояснити цілу низку цікавих явищ динаміки одно- і двовимірних середовищ [4-9], зокрема середовищ, які характеризуються сталою швидкістю поздовжнього руху [5-9]. Математичними моделями процесів останніх у змінних Ейлера [10,11] є рівняння з частинними похідними гіперболічного типу, які містять частинні похідні лінійної та часової змінних. З останнім пов'язані основні труднощі аналітичного дослідження таких систем, адже наявність мішаної похідної не дає змогу безпосередньо застосувати для побудови розв'язків відповідних рівнянь відомі класичні методи Фур'є та Д'Аламбера. Незважаючи на зазначене, у [7-9] показано, що:

- а) динамічний процес в одновимірних системах, які характеризуються сталою швидкістю поздовжнього руху, можна трактувати як накладання прямої та відбитої хвиль, довжини котрих є різними;
- б) поздовжній рух середовища впливає на його власну частоту;
- в) за значних швидкостей руху середовища стається зрив коливальності.

З огляду на викладене дослідження процесів у двовимірних системах, які характеризуються сталою швидкістю поздовжнього руху, є актуальною задачею. До них насамперед належать гнучкі елементи систем приводів та транспортування, сипкі середовища під час вібротранспортування та ін.

Постановка і методика розв'язування задачі. Відомо [12], що диференціальне рівняння

$$u_{tt} + 2Vu_{xt} - (\alpha^2 - V^2)u_{xx} - \gamma^2u_{yy} + \beta u = 0, \quad (1)$$

у якому α, β, γ – деякі сталі, x, y – Ейлерові координати, V – його швидкість поздовжнього руху, $u(t, x, y)$ – поперечне переміщення рухомого середовища в довільний момент часу t , описує його поперечні коливання за умови, що згинною жорсткістю середовища можна знехтувати. Необхідно визначити вплив швидкості поздовжнього руху та фізико-механічних характеристик (параметрів) на динаміку процесу.

Для рівняння (1) будемо розглядати крайові умови вигляду:

$$u(t, x, y)|_{x=0} = u(t, x, y)|_{x=l} = 0, \quad (2a)$$

$$u_x(t, x, y)|_{x=0} = u_x(t, x, y)|_{x=l} = 0, \quad l = const. \quad (2б)$$

Розвиваючи основну ідею концепції хвильового руху для динамічних систем, які характеризуються сталою складовою швидкості поздовжнього руху, доведемо, що розв'язок рівняння (1) за крайових умов (2a) та (2б) і за обмежених значень поздовжньої швидкості руху V має хвильовий характер

$$u(t, x, y) = a \cos(\kappa x + \delta y + \omega t + \varphi) + b \cos(\chi x - \delta y - \omega t + \psi), \quad (3)$$

де: ω – частота, a, b – амплітуди відбитої та прямої хвиль, κ, χ – хвильові числа, а δ – хвильове число поперечної складової хвилі, φ, ψ – початкові фази хвиль. Дійсно, хвильове представлення розв'язку (3) буде задовольняти крайові умови за $x = 0$, якщо існує зв'язок між амплітудами та початковими

фазами хвиль: $a = -b$, $\varphi = -\psi$ – для крайових умов (2а) та $b = \frac{\chi}{\kappa}a$, $\varphi = -\psi$ – для крайових умов (2б). Подібним чином маємо і для випадку крайових умов за $x = l$: $\cos(\kappa l + \delta y + \omega t + \varphi) - \cos(\chi l - \delta y - \omega t - \varphi) \equiv 0$ – для випадку (2а) та $\sin(\kappa l + \delta y + \omega t + \varphi) + \sin(\chi l - \delta y - \omega t - \varphi) \equiv 0$ – для крайових умов (2б). Наведені тотожності будуть виконуватись для довільного моменту часу t , якщо справедливі співвідношення:

$$\cos(\kappa l + \delta y) - \cos(\chi l - \delta y) \equiv 0, \quad \sin(\kappa l + \delta y) + \sin(\chi l - \delta y) \equiv 0. \quad (4)$$

Останні залежності мають місце у випадку, коли хвильові числа κ і χ зв'язані співвідношенням

$$\kappa + \chi = \frac{2k\pi}{l}, k = 1, 2, \dots \quad (5)$$

Крім цього, для представлення розв'язку у вигляді (3) наявні дисперсійні співвідношення

$$\begin{aligned} \omega^2 + 2V\omega\kappa - (\alpha^2 - V^2)\kappa^2 - \gamma^2\delta^2 - \beta &= 0, \\ \omega^2 - 2V\omega\chi - (\alpha^2 - V^2)\chi^2 - \gamma^2\delta^2 - \beta &= 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Дисперсійні співвідношення (6), разом із залежностями (5), дають змогу визначити хвильові числа κ, χ та частоту процесу ω у вигляді

$$\begin{aligned} \kappa &= \frac{\pi k}{l} + \frac{V\sqrt{l^2(\gamma^2\delta^2 + \beta) + \pi^2 k^2(\alpha^2 - V^2)}}{\alpha l \sqrt{\alpha^2 - V^2}}, \quad \chi = \frac{\pi k}{l} - \frac{V\sqrt{l^2(\gamma^2\delta^2 + \beta) + \pi^2 k^2(\alpha^2 - V^2)}}{\alpha l \sqrt{\alpha^2 - V^2}}, \\ \omega &= \frac{1}{\alpha l} \sqrt{\alpha^2 - V^2} \cdot \sqrt{l^2(\gamma^2\delta^2 + \beta) + \pi^2 k^2(\alpha^2 - V^2)}. \end{aligned} \quad (7)$$

В отриманих залежностях залишився невизначеним параметр δ – хвильове число поперечної хвилі. Його можна знайти із додаткових умов. Зокрема, якщо припустити, що впоперек стрічки поміщається ціле число півхвиль, то параметр δ приймає значення $\delta = \frac{m\pi}{b}$ (b – ширина стрічки, $m = 1, 2, \dots$). Таким чином, за вказаного припущення динамічний процес у лінійній моделі стрічки описується залежністю

$$\begin{aligned} u_0(t, x, y) &= a \left[\cos \left(\left(\frac{k\pi}{l} + \frac{V}{\alpha} \Delta \right) x + \frac{m\pi}{b} y + \frac{\alpha^2 - V^2}{\alpha} \Delta t + \varphi \right) - \right. \\ &\quad \left. - \cos \left(\left(\frac{k\pi}{l} - \frac{V}{\alpha} \Delta \right) x - \frac{m\pi}{b} y - \frac{\alpha^2 - V^2}{\alpha} \Delta t - \varphi \right) \right] \end{aligned} \quad (8)$$

- для крайових умов (2а);

$$u_0(t, x, y) = a \left[\cos \left(\left(\frac{k\pi}{l} + \frac{V}{\alpha} \Delta \right) x + \frac{m\pi}{b} y + \frac{\alpha^2 - V^2}{\alpha} \Delta t + \varphi \right) + \frac{k\pi\alpha + lV\Delta}{k\pi\alpha - lV\Delta} \cos \left(\left(\frac{k\pi}{l} - \frac{V}{\alpha} \Delta \right) x - \frac{m\pi}{b} y - \frac{\alpha^2 - V^2}{\alpha} \Delta t - \varphi \right) \right]$$

- для крайових умов (2б), де $\Delta = \frac{\sqrt{l^2(\gamma^2\delta^2 + \beta) + \pi^2 k^2(\alpha^2 - V^2)}}{l\sqrt{\alpha^2 - V^2}}$.

Правомірність такого представлення підтверджується хоча б такими факторами:

а) за $\gamma = 0$ із (3), утворюються відомі [12] результати, які стосуються процесів у одновимірних тілах, що описуються узагальненим рівнянням Клейна-Гордона;

б) у граничному випадку за $V = 0$ із (4) маємо результати, що узгоджуються із відомими класичними.

Нижче на рис. представлено залежності хвильових чисел прямої і відбитої хвиль та частоти власних коливань від швидкості V , фізико-механічних характеристик середовища (параметрів α , γ).

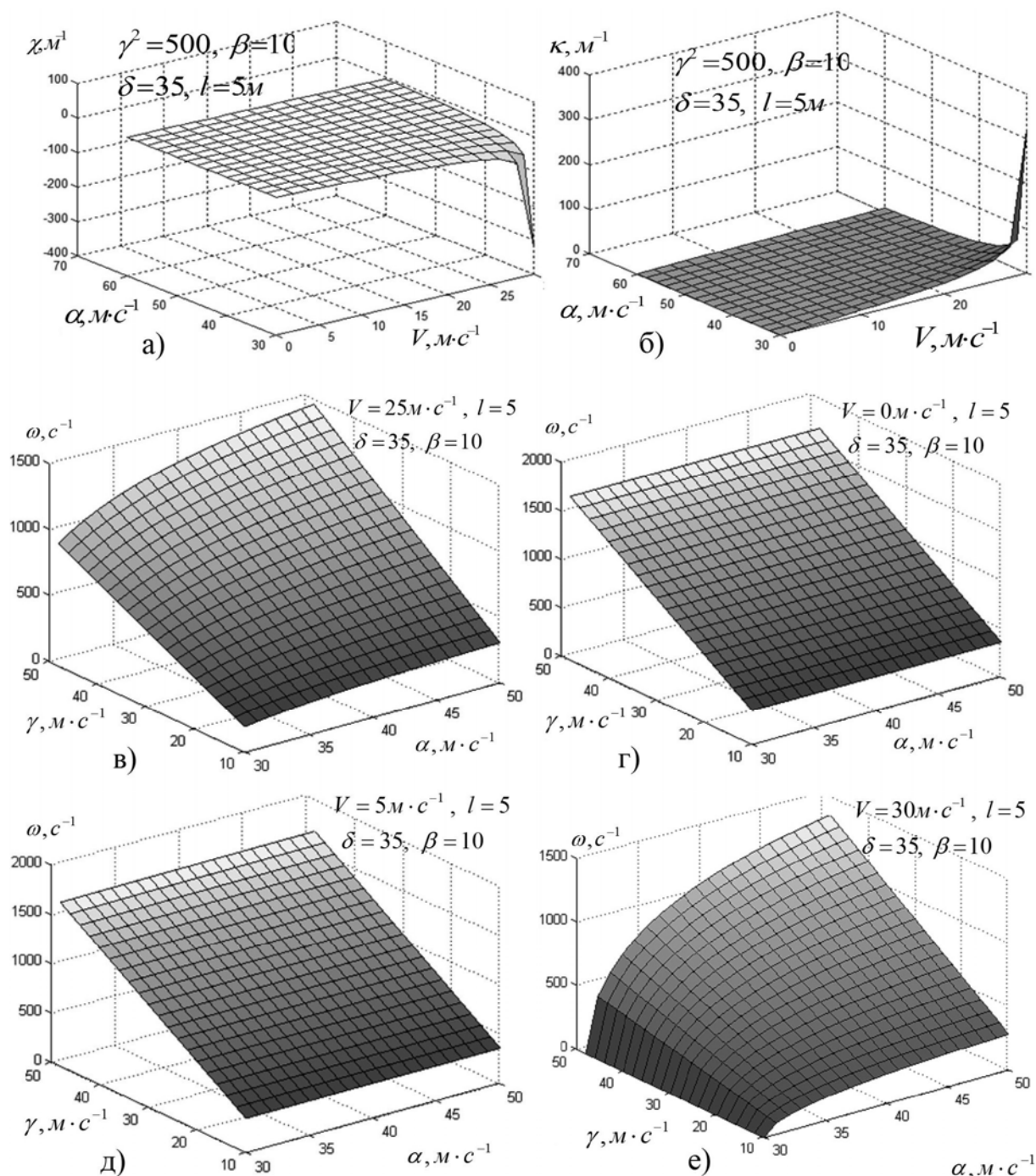


Рис. Залежність хвильових чисел від швидкості V та фізико-механічних характеристик середовища (а-б), та частоти власних коливань від вказаних параметрів (в-е).

Висновки. Подані графічні залежності свідчать про значний вплив фізико-механічних характеристик та швидкості поздовжнього руху на динаміку лінійної моделі середовища. Зокрема, для більших значень швидкості поздовжнього руху частота власних коливань є меншою.

Література

1. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны / Дж. Уизем. – М. : Изд-во "Мир", 1977. – 622 с.
2. Лепендин Л.Ф. Акустика / Л.Ф. Лепендин. – М. : Изд-во "Вища шк.", 1978. – 448 с.
3. Пейн Г. Физика колебаний и волн / Г. Пейн. – М. : Изд-во "Мир", 1979. – 392 с.
4. Додд Р. Солитоны и нелинейные волновые уравнения / Р. Додд, Дж. Ейблек, Дж. Гиббон, Х. Моррис. – М. : Изд-во "Мир", 1988. – 694 с.
5. Митропольский Ю.А. О построении асимптотического решения возмущенного уравнения Клейна-Гордона / Ю.А. Митропольский // Український математичний журнал. – 1995. – 47, № 9. – С. 1209-1216.
6. Митропольский Ю.А. О построении асимптотического решения возмущенного уравнения Брезертона / Ю.А. Митропольский // Український математичний журнал. – 1998. – 59, № 1. – С. 58-71.
7. Мартинців М.П. Одне узагальнення методу Д'Аламбера для систем, які характеризуються поздовжнім рухом / М.П. Мартинців, М.Б. Сокіл // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ УкрДЛТУ. – 2003. – Вип. 13.4. – С. 64-67.
8. Мартинців М.П. Хвильові процеси в однорідних нелінійно-пружних системах і методи їх дослідження / М.П. Мартинців, Б.І. Сокіл, М.Б. Сокіл // Лісове господарство, лісова, паперова та деревообробна промисловість : міжвід. наук.-техн. зб. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 2003. – Вип. 28. – С. 81-89.
9. Харченко Є.В. Вплив періодичного збурення на багаточастотні коливання одновимірних нелінійно пружних середовищ, які характеризуються поздовжнім рухом / Є.В. Харченко, М.Б. Сокіл // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. – Львів. – 2007. – № 588. – С. 81-89.
10. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. – М. : Вид-во "Наука", 1977. – 736 с.
11. Зельдович Я.Б. Элементы математической физики / Я.Б. Зельдович, А.Д. Мышкис. – М. : Вид-во "Наука", 1973. – 352 с.
12. Митропольский Ю.А. Асимптотические решения уравнений в частных производных / Ю.А. Митропольский, Б.И. Моисеенков. – К. : Вид-во "Вища шк.", 1976. – 592 с.
13. Назар І.І. Сокіл. Асимптотичні наближення для хвильових процесів, які описуються нелінійним рівнянням Клейна-Гордона / І.І. Назар, А.П. Сенік, Б.І. Сокіл // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. – Львів, 2005. – № 539. – С. 76-81.

Хытрук О.И. Волновая теория при исследовании процессов в двумерных системах с постоянной составной скорости продольного движения

На базе волновой теории разработана методика исследования динамических процессов в двумерных однородных системах, которые характеризуются постоянной скоростью продольного движения. Получены зависимости, определяющие влияние физико-механических характеристик систем, скорости продольного движения на параметры волн.

Ключевые слова: нелинейные колебания, амплитуда, частота, асимптотический метод.

Khytriak O.I. Wave theory at research of processes in the two-dimensional systems from component constant-speed of longitudinal motion

It is developed the technique for studying dynamic processes in the two-dimensional homogeneous systems, which are characterized by a constant velocity of longitudinal motion. The dependencies that determine the impact of physical and mechanical characteristics of systems, the longitudinal movement on the parameters of the waves.

Keywords: nonlinear vibration, amplitude, frequency, asymptotic method.