

$P_{\text{бу}} = P_{\text{пер}}/55$, где 55 – число кодовых каналов.

$P_{\text{бу}} = 50/55 = 0,9 \text{ Вт} = 900 \text{ мВт} (29,5 \text{ дБм})$.

$P_{\text{избул}} = 29,5 + 18/55 - 3 = 26,9 \text{ дБм} = 0,49 \text{ мВт} (на 1 кодовый канал)$

$P_{\text{избу}} = 0,49 \cdot 55 = 26,95 \text{ Вт}$

Выводы: Полученные в работе результаты показывают, что качественные характеристики канала радиосвязи, с учетом применения технологии LTE, на основании оценки мощности сигнала для прямого и обратного каналов, соответствует полученному расчетному значению. Данные расчеты могут применяться для эффективной работы канала радиосвязи единой АСКРО. Дальнейшие исследования целесообразно направить на изучение работы канала радиосвязи данной сложной системы с учетом воздействия преднамеренных помех и сложной сигнально-помеховой обстановке, учитывая возможность возникновения чрезвычайных ситуаций.

Литература

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25.01.2012 р., № 44-р "Про затвердження плану заходів щодо створення Єдиної автоматизованої системи контролю радіаційної обстановки на період до 2015 року". [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/44-2012-%D1%80#n7>.
2. Простов С.П. Исследование эффективности зоновой системы дециметрового радиосвязи : дисс. ... канд. техн. наук: спец. 05.12.13 – "Системы, сети и устройства телекоммуникаций" / Простов Сергей Петрович. – М., 2000. – 189 с.
3. Полянкин А.В. Исследование характеристик радиоканала связи с беспилотными летательными аппаратами / А.В. Полянкин, Х.Т. Ле // Известия ТулГУ : сб. науч. тр. – 2013. – Т. 2, № 7. – С. 98-106.
4. Сумин В.И. Повышение эффективности функционирования каналов связи передачи информации тревожного извещения / В.И. Сумин, Г.М. Карпов, А.Ю. Немченко // Вестник Воронежского ин-та МВД : сб. науч. тр. – 2009. – № 2. – С. 98-103.
5. Шевляков Д.А. Исследование эффективности многопорогового декодера в беспроводных каналах связи / Д.А. Шевляков // Электронный журнал Cloud of Science : сб. науч. тр. – 2014. – Т. 1, № 1. [Электронный ресурс]. – Доступный с <http://cloudofscience.ru>.
6. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети : пер. с англ. – М. : Изд. дом "Вильямс", 2003. – 640 с.
7. Бабкин А.Н. Подходы к оптимизации систем подвижной радиосвязи органов внутренних дел / А.Н. Бабкин, А.В. Эсауленко // Вестник Воронежского ин-та МВД : сб. науч. тр. – 2012. – № 4. – С. 121-125.
8. Золоторев В.В. Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы : справочник / В.В. Золоторев, Г.В. Овечкин; / под ред. чл.-кор. РАН Ю.Б. Зубарева. – М. : Изд-во "Горячая линия – Телеком", 2004. – 126 с.
9. Farooq Khan. LTE for 4G Mobile Broadband. Air Interface Technologies and Performance. – Cambridge University Press, 2009. – 492 p.

Полстянкін Р.М. Ефективність роботи каналу радіозв'язку єдиної автоматизованої системи контролю радіаційної обстановки

Розглянуто питання оцінки потужності і параметри бездротової райсовської моделі каналу передачі інформації, створюваної Єдиної автоматизованої системою контролю радіаційної обстановки в Україні, з метою подальшого забезпечення його ефективної роботи і системи загалом. Показано, що застосування сучасних технологій бездротового зв'язку, що має цифровий канал передачі інформації, дає істотний вигоду в забезпеченні якості та достовірності отриманої інформації у складних системах, яка менш схильна спотворенню, що припустимо до застосування в аналізованій системі.

Ключові слова: ДСНС України, ефективність функціонування радіоканалу, ймовірність помилкового прийому, пропускна здатність, достовірність передачі інформації.

Polstiankin R.M. The Efficiency of the Performance of Channel Radio Unified Automated System of Radiation Monitoring

The issues of power estimation and the wireless Rician channel model for communication of information to create a single automated system for monitoring the radiation situation in Ukraine in order to further ensure efficient operation and the system as a whole are studied. The use of modern technologies of wireless communication system having a digital communication channel, is shown to provide a significant benefit in ensuring the quality and reliability of the information received in complex systems, which is less prone to distortion, which is acceptable to the application of the system.

Key words: The State Emergency Service of Ukraine, performance of the radio channel, probability of erroneous reception, throughput, reliability of information transmission.

УДК 539.3

Викл. М.Б. Сокіл, канд. техн. наук –

Академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного

НЕЛІНІЙНІ КОЛИВАННЯ ГНУЧКИХ ТРУБЧАСТИХ ТІЛ, ВЗДОВЖ ЯКИХ РУХАЄТЬСЯ СУЦІЛЬНИЙ ПОТІК СЕРЕДОВИЩА

Розроблено методику дослідження нелінійних коливань трубчастих тіл, вздовж яких рухається зі сталою швидкістю суцільний потік однорідного середовища. У її основу покладено поєднання хвильової теорії руху та асимптотичні методи нелінійної механіки. Це дало змогу отримати: для незбуреного руху – співвідношення, які описують параметри хвиль як функції основних характеристик трубчатого тіла та суцільного потоку середовища; для збуреного руху – звичайні диференціальні рівняння, які визначають закони зміни амплітуди та частоти коливань динамічного процесу системи трубчатого тіла – суцільний потік коливань середовища залежно від нелінійних сил системи.

Ключові слова: нелінійні коливання, дисперсійне співвідношення, хвильове число, частота.

Вступ. У різних галузях машинобудування та промисловості широко використовують гнучкі тіла трубчастої форми для забезпечення функціонування гідравлічних чи пневматичних приводів, транспортування сипких чи рідинних продуктів. Переміщення середовища вздовж трубчастих тіл спричиняє зміну основних кінематичних характеристик останніх. Кінематичні ж характеристики, своєю чергою, тісно пов'язані з динамічними навантаженнями. Таким чином, рух суцільного середовища вздовж трубчастих тіл впливає і на ресурс експлуатації останніх. З математичного боку, врахування переміщення середовища вздовж трубчастих тіл призводить до створення якісно нових математичних моделей системи гнучке тіло – рухомий потік середовища (їх можна віднести до систем, які характеризуються складовою швидкості позаддовжнього руху). Для їх дослідження, навіть за значних спрощень, не вдається застосувати відомі класичні методи інтегрування крайових задач, які є математичними моделями динаміки процесу. Для часткового вирішення задачі про вплив суцільного потоку середовища вздовж трубчастих тіл, у роботі розвинуто ідею описання динамічного процесу систем, які характеризуються сталою складовою швидкості позаддовжнього руху, у вигляді накладання хвиль різних довжин [1-5], та поширення, на базі викладеного, асимптотичних методів нелінійної механіки на нові класи задач.

Постановка задачі та методика розв'язування. Математичною моделлю коливань трубчастого тіла малої згинної жорсткості, вздовж котрого рухається із сталою швидкістю суцільний потік однорідного середовища, може бути диференціальне рівняння

$$u_{tt}(x,t) + \frac{1}{m_1 + m_2} (2m_2 V u_{xt}(x,t) - (S - m_2 V^2) u_{xx}(x,t)) = \varepsilon f(u, u_x, u_t), \quad (1)$$

де: $u(x,t)$ – відхилення від рівноважного положення поперечного перерізу тіла із координатою x у довільний момент часу t ; m_1 та m_2 відповідно маса одиниці довжини трубчастого тіла та суцільного середовища; V – швидкість руху середовища вздовж трубчастого тіла; S – сила попереднього натягу тіла; $\varepsilon f(u, u_x, u_t)$ – нелінійна функція, що описує реально наявні нелінійні сили, максимальне значення котрих є малою величиною. Беручи до уваги, що переміщення кінців гнучкого тіла відсутні, для диференціального рівняння (1) будемо розглядати крайові умови

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

Задача полягає у визначенні впливу основних характеристик рухомого середовища та нелінійних сил на закони зміни визначальних параметрів коливань трубчастого тіла.

Методика розв'язування. Виходячи із обмежень щодо правої частини диференціального рівняння (1), для дослідження динамічного процесу розглядуваної системи використаємо основні ідеї методів збурень [6], точніше – асимптотичного методу КБМ [7]. Для цього спочатку побудуємо розв'язок незбуреного рівняння

$$\bar{u}_{tt} + \frac{1}{m_1 + m_2} (2m_2 V \bar{u}_{xt} - (S - m_2 V^2) \bar{u}_{xx}) = 0 \quad (3)$$

за крайових умов вигляду (2). Не дивлячись, що останнє для свого інтегрування не дає змогу застосувати методи Фур'є та Д'Аламбера [8], у [1] показано, що динамічний процес деяких класів одновимірних систем обмеженої довжини, які характеризуються сталою складовою швидкості позовжнього руху, можна розглядати як накладання прямої та відбитої хвиль, довжини котрих є різними. Адаптуючи вказані результати стосовно крайової задачі (3), (2), отримуємо

$$\bar{u}(x,t) = a(\cos(kx + \omega t + \phi) - \cos(\chi x - \omega t - \phi)), \quad (4)$$

де a та ϕ – амплітуда та початкова фаза хвиль, а хвильові числа k , χ та частота ω зв'язані з основними характеристиками системи дисперсійними співвідношеннями:

$$\begin{aligned} \omega^2 + \frac{2m_2 V}{m_1 + m_2} \omega k - \frac{S - m_2 V^2}{m_1 + m_2} k^2 &= 0; \\ \omega^2 - \frac{2m_2 V}{m_1 + m_2} \omega \chi - \frac{S - m_2 V^2}{m_1 + m_2} \chi^2 &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Водночас крайові умови (2) дають змогу отримати зв'язок між хвильовими числами вигляду

$$k + \chi = \frac{2k\pi}{l}, \quad k = 1, 2, \dots \quad (6)$$

Сукупно система співвідношень (5), (6) визначає основні параметри хвильового процесу незбуреного руху

$$\begin{aligned} k &= \frac{k\pi}{l} (1 + m_2 V) \sqrt{\frac{1}{(m_1 + m_2)S - m_1 m_2 V^2}}, \quad \chi = \frac{k\pi}{l} (1 - m_2 V) \sqrt{\frac{1}{(m_1 + m_2)S - m_1 m_2 V^2}}, \\ \omega &= \frac{\pi}{l} (S - m_2 V^2) \sqrt{\frac{1}{(m_1 + m_2)S - m_1 m_2 V^2}}. \end{aligned} \quad (7)$$

Окремим випадком наведених вище співвідношень є залежності, які описують основні параметри коливань трубчастого тіла без урахування потоку суцільного середовища, а при $V=0$ – без урахування його руху. Вони показують, що навіть для спрощеного (лінійної моделі) процесу, рух суцільного середовища спричиняє зміну як форми хвиль, так і їх частоти коливань трубчастого тіла. До того ж, за певного співвідношення між характеристиками трубчастого тіла та рухомого суцільного середовища відбувається зрив коливань трубчастого тіла. На рис. представлено залежність частоти власних коливань трубчастого тіла від швидкості руху середовища та сили початкового натягу за таких параметрів системи: $m_1 = 4\text{ кг/м}$, $m_2 = 3\text{ кг/м}$ та $l = 3\text{ м}$.

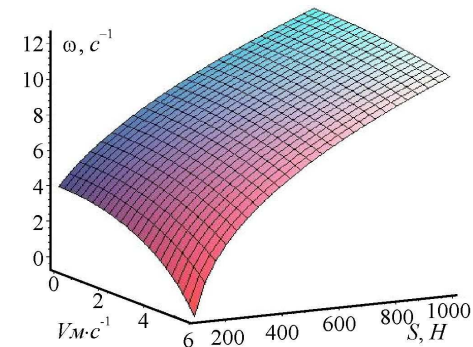


Рис. Залежність частоти власних коливань трубчастого тіла від сили попереднього натягу та швидкості руху суцільного середовища

Щодо збуреного рівняння, то його розв'язок видається у вигляді

$$u(x,t) = a(\cos(kx + \omega t + \phi) - \cos(\chi x - \omega t - \phi)) + \varepsilon U(a, x, \phi), \quad (8)$$

де функція $U(a, x, \phi)$ задовольняє крайовим умовам, які впливають із (2).

Примітка. У роботі розглянуто так звані короткі системи. Складніший випадок, довгих систем, може бути предметом окремого розгляду і для нього основні параметри хвиль залежать також і від лінійної змінної.

Задача полягає у визначенні таких законів зміни в часі функцій $a(t)$ та $\phi(t)$, які б задовольняли із необхідною точністю вихідному рівнянню (1), якщо у нього на місце функції $u(t,x)$ та її похідних підставити залежності, що узго-

джуються із (8). Для цього шляхом диференціювання (8) за часом, з урахуванням наведеного, маємо для першого наближення

$$\begin{aligned} u_{tt}(x, t) = & -a\omega^2(\cos(\kappa x + \varphi) - \cos(\chi x + \varphi)) + \\ & -\left(\frac{d^2 a}{dt^2} + 2\omega a \frac{d\varphi}{dt} + a\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2\right)(\cos(\kappa x + \varphi) - \cos(\chi x + \varphi)) - \\ & -2\omega \frac{da}{dt}(\sin(\kappa x + \varphi) + \sin(\chi x - \varphi)) + \frac{\partial U_1(a, x, \varphi)}{\partial a} \frac{d^2 a}{dt^2} + \frac{\partial U_1(a, x, \varphi)}{\partial \varphi} \frac{d^2 \varphi}{dt^2} \Big\} + \varepsilon^2 + \\ & + \varepsilon \left\{ \frac{\partial^2 U_1(a, x, \varphi)}{\partial a^2} \left(\frac{da}{dt}\right)^2 + \frac{\partial^2 U_1(a, x, \varphi)}{\partial \varphi^2} \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 + \frac{\partial^2 U_1(a, x, \varphi)}{\partial a \partial \varphi} \frac{da}{dt} \frac{d\varphi}{dt} \right\} + \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} u_{xx}(x, t) = & -a(\kappa^2 \cos(\kappa x + \varphi) - \cos(\chi x - \varphi)) + \varepsilon \frac{\partial^2 U_1(a, x, \varphi)}{\partial x^2} + \varepsilon^2 \dots \\ u_{tx}(x, t) = & -a\omega(\kappa \cos(\kappa x + \varphi) + \chi \cos(\chi x - \varphi)) - a \frac{d\varphi}{dt}(\kappa \cos(\kappa x + \varphi) + \chi \cos(\chi x - \varphi)) - \\ & - \frac{da}{dt}(\kappa \sin(\kappa x + \varphi) - \chi \sin(\chi x - \varphi)) + \varepsilon \left\{ \frac{\partial^2 U_1(a, x, \varphi)}{\partial x \partial a} \frac{da}{dt} + \frac{\partial^2 U_1(a, x, \varphi)}{\partial x \partial \varphi} \frac{d\varphi}{dt} \right\} + \varepsilon^2 \dots \end{aligned}$$

Якщо підставити у вихідне рівняння на місце функції $u(x, t)$ і її похідних вказані вище значення, то отримаємо диференціальне рівняння, яке зв'язує невідомі параметри $\dot{a}$ та $\dot{\varphi}$ та функцію $U(a, x, \varphi)$

$$\begin{aligned} \omega^2 \frac{\partial^2 U_1(a, x, \varphi)}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{m_1 + m_2} (2V m_2 \mu \frac{\partial^2 U_1(a, x, \varphi)}{\partial x \partial \varphi} - (S - m_1 V^2) \frac{\partial^2 U_1(a, x, \varphi)}{\partial x^2}) = \quad (10) \\ = f_1(a, x, \varphi) - 2 \left[\alpha_1 \sin(\kappa x + \varphi) + \alpha_2 \sin(\chi x - \varphi) \right] \frac{da}{dt} - \\ - 2a \left[\alpha_1 \cos(\kappa x + \varphi) - \alpha_2 \cos(\chi x - \varphi) \right] \frac{d\varphi}{dt}, \end{aligned}$$

$$\text{де: } \alpha_1 = \omega + \frac{2m_2 V \kappa}{m_1 + m_2}, \alpha_2 = \omega - \frac{2m_2 V \chi}{m_1 + m_2}, f_1(a, x, \varphi) = f(u, u_x, u_t) \begin{cases} u = a(\cos(\kappa x + \varphi) - \cos(\chi x - \varphi)), \\ u_x = -a(\kappa \sin(\kappa x + \varphi) - \chi \sin(\chi x - \varphi)), \\ u_t = -a\omega(\sin(\kappa x + \varphi) + \sin(\chi x - \varphi)). \end{cases}$$

Для однозначного визначення із диференціального рівняння (10) невідомих функцій $a(t)$ та $\varphi(t)$ накладемо додаткові умови на $U(a, x, \varphi)$, а саме – вона не повинна містити у своїх розвиненнях по φ у ряд Фур'є першої моди. Останнє еквівалентно такому:

$$\int_0^{2\pi} U_1(a, x, \varphi) \begin{cases} \cos \varphi \\ \sin \varphi \end{cases} d\varphi = 0. \quad (11)$$

Фізичний зміст останнього такий: амплітуда хвильового процесу системи трубчасте тіло – потік середовища збігається із першою її модою. Водночас умови (10) дають змогу отримати звичайні диференціальні рівняння, які описують закони зміни амплітуди та фази коливань трубчастого тіла

$$\begin{aligned} \frac{da}{dt} = & \varepsilon \frac{\int_0^{2\pi} \int_0^l f_1(a, x, \varphi) [(\alpha_1 \sin \kappa x + \alpha_2 \sin \chi x) \sin \varphi + (\alpha_1 \cos \kappa x - \alpha_2 \cos \chi x) \cos \varphi] d\varphi dx}{2\pi l (\alpha_1^2 + \alpha_2^2)}, \\ \frac{d\varphi}{dt} = & \omega + \varepsilon \frac{\int_0^{2\pi} \int_0^l f_1(a, x, \varphi) [(\alpha_1 \sin \kappa x + \alpha_2 \sin \chi x) \sin \varphi - (\alpha_1 \cos \kappa x - \alpha_2 \cos \chi x) \cos \varphi] d\varphi dx}{2\pi l (\alpha_1^2 + \alpha_2^2) a}. \end{aligned}$$

Відзначимо, окремим випадком наведених вище залежностей є при $V = 0$ відомі залежності, які стосуються коливань трубчастого тіла без урахування руху середовища, а при $m_1 = 0$ їх можна трактувати як співвідношення, які описують динаміку поздовжньо рухомого суцільного середовища.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отримані у роботі аналітичні залежності, які описують визначальні параметри динамічного процесу механічної системи трубчасте тіло – сипке середовище, показують:

- для суцільних середовищ більшої погонної маси, які рухаються вздовж трубчастого тіла, власна частота коливань останнього є меншою;
- рух суцільного середовища вздовж трубчастого тіла спричиняє зменшення частоти власних коливань тіла;
- за швидкості руху середовища $V = \min \left\{ \sqrt{\frac{S}{m_2}}, \sqrt{\frac{(m_1 + m_2)S}{m_1 m_2}} \right\}$ проходить зрив коливань трубчастого тіла.

Щодо впливу на динаміку процесу малих за величиною нелінійних сил, то вони у загальному випадку, спричиняють зміну в часі як амплітуди, так і частоти. Одночасно треба зауважити, що викладені вище результати можуть слугувати базою для розв'язання складнішої задачі – дослідження впливу періодичного збурення на динаміку процесу трубчасте тіло – суцільний потік середовища.

Література

1. 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 і деревообробна промисловість : міжвідомч. наук.-техн. зб. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 2003. – Вип. 28. – С. 81-89.
2. Сокіл М.Б. Згинні коливання гнучких елементів систем приводів і структура розв'язку їх математичних моделей / М.Б. Сокіл // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.1. – С. 144-147.
3. Харченко Є.В. Вимушені коливання рухомих середовищ і асимптотичний метод у їх дослідженні / Є.В. Харченко, М.Б. Сокіл // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2006. – Вип. 16.1. – С. 134-139.
4. Хитряк О. Асимптотичний метод у дослідженні впливу періодичних сил на нелінійні коливання гнучких елементів приводу / О. Хитряк, М. Сокіл // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" : зб. наук. праць. – Сер.: Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2011. – Вип. 45. – С. 57-61.
5. Сокіл Б.І. Вплив зовнішнього збурення на коливання гусеничного обводу / Б.І. Сокіл, Ю.А. Чаган, О.І. Хитряк // Науковий журнал "Технологічні комплекси". – Луцьк : Изд-во ЛНТУ. – 2012. – Вип. № 1, 2 (5, 6). – С. 86-91.
6. Коул Дж. Методи возмущений в прикладной математике : пер. с англ. А.И. Державиной и В.Н. Диеперова / Джулиан Коул; под ред. [и с предисл.] О.С. Рыжова. – М. : Изд-во "Мир", 1972. – 276 с.

7. Боголюбов Н.Н. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний / Н.Н. Боголюбов, Ю.А. Митропольский. – М. : Изд-во "Наука", 1974. – 501 с.

8. Кошляков Н.С. Уравнения в частных производных математической физики / Н.С. Кошляков, Э.Б. Глинер, М.М. Смирнов. – М. : Изд-во "Выш. шк.", 1970. – 710 с.

Сокил М.Б. Нелинейные колебания гибких трубчатых тел, вдоль которых движется сплошной поток среды

Разработана методика исследования нелинейных колебаний трубчатых тел, вдоль которых движется с постоянной скоростью сплошной поток однородной среды. В ее основу положено сочетание волновой теории движения и асимптотические методы нелинейной механики. В совокупности указанное позволило получить: для невозмущенного движения – соотношения, описывающие параметры волн как функции основных характеристик трубчатого тела и сплошного потока среды; для возмущенного движения – обыкновенные дифференциальные уравнения, которые определяют законы изменения амплитуды и частоты колебаний динамического процесса системы трубчатое тело – сплошной поток колебаний среды в зависимости от нелинейных сил системы.

Ключевые слова: нелинейные колебания, дисперсионное соотношение, волновое число, частота.

Sokil M.B. Nonlinear Oscillations of Flexible Tubular Bodies with a Continuous Flow Environment Moving Along

The method study of nonlinear oscillations along the tubular body which moves with a constant speed continuous flow homogeneous environment is designed. It is based on the combination of the wave theory of motion and asymptotic methods of nonlinear mechanics. It made it possible to obtain the following: for undisturbed movement – value that describes the parameters of the waves as a function of the main characteristics of the tubular body and a continuous flow; for perturbed motion – ordinary differential equations that define the laws of change of amplitude and frequency fluctuations of the dynamic processes of the body tubed – continuous flow oscillations environment depending on the nonlinear power system.

Key words: nonlinear oscillations, dispersion relations, wave number, frequency.

УДК [004.451]:338.48(477.8) Вкл. М.Ю. Грицюк, магістр – Львівський ДУ БЖД

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА МОДЕЛЬ ЗАДАЧІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СФЕРІ УПРАВЛІННЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНИМИ КОНФЛІКТАМИ

Розроблено багатокритеріальну модель задачі прийняття рішень у сфері управління потенційними природно-ресурсними конфліктами, для реалізації якої використано адаптований варіант "гри проти природи". Встановлено, що врахування результатів дослідження при прийнятті управлінських рішень дає змогу більш збалансовано підходити до забезпечення сталого розвитку на територіальному рівні.

На конкретних прикладах показано доцільність використання математичного апарату теорії ігор, зокрема – гри проти природи як економіко-математичного методу прогнозування появи екологічних конфліктів і оцінювання їх наслідків. Розроблена модель дає змогу врахувати в одній системі економічні, соціальні, природні та екологічні чинники розвитку конкретної території, а також забезпечує взаємозв'язок природно-ресурсного потенціалу з конфліктними ситуаціями, які часто pojawiaються.

Ключові слова: багатокритеріальна модель задачі прийняття рішень, критерії прийняття рішень, апарат теорії ігор, ігри проти природи, природно-ресурсні конфлікти.

Вступ. Соціально-економічні "ігри проти природи" – це модель задачі прийняття рішень, яка дає змогу вирішити як внутрішні, так і зовнішні проблеми попередження чи ліквідації потенційно-небезпечних ситуацій, які часто виникають як в Україні, так і за її межами. З розвитком НТП спостерігається пара-

докс відносин у системі "економіка → суспільство → довкілля". Замість логічної співпраці та взаємодії цих трьох глобальних суб'єктів наразі, навпаки, відбуваються дивні "ігри проти природи" з непередбачуваними наслідками. Наприклад, навіть незначне збільшення випуску продукції сприяє забрудненню довкілля відходами підприємств, прагнення людей покращити свій побут та інфраструктуру призводить до нищення природних ресурсів, водночас як більшість з нас хоче бачити природне середовище у його первісному вигляді. Така безвідповідальність пояснюється тим, що суб'єкти (тобто люди) соціально-економічної діяльності протиставляють себе природі, є зарозумілими, не відчувають себе частиною природного середовища. Тим не менше, такі техногенні катастрофи, як радіаційна аварія на Чорнобильській АЕС (1986 р.) чи аварія на АЕС у префектурі Фокусіма (2011 р.), свідчать про те, що люди мають діяти не проти природи, а співіснувати з нею.

Наукові дослідження, у яких розглядаються питання застосування теорії ігор проти природи для вирішення проблем попередження чи ліквідації потенційно-небезпечних ситуацій в соціальній та еколого-економічній сферах, здійснюються як за кордоном (С. Йоргенсен, М. Квінкемпуа, Т.Л. Вінсент, С.Г. Андертон, Дж.Р. Картер, Р. Хармс, Л.Г. Лабскер) [9], так і вітчизняними вченими (В.А. Алексєєв, А.О. Завірюха [4], О. Шиманська, О.Є. Чорна, Ф.Ф. Доценко та ін.) [10]. При цьому протягом останнього десятиліття з'явилася значна кількість робіт, у яких вирішуються питання побудови моделей задач прийняття рішень у сфері управління природно-ресурсними конфліктами з використанням теорії ігор (С. Ермон, Дж. Конрад, К. Гомес, Б. Селман, К. Вік, Е. Балт) [10].

Поряд із дослідженнями соціально-економічних чинників, які впливають на процес зародження, формування та перебіг природно-ресурсних конфліктів, а також присутні у відповідних моделях задач прийняття рішень з використанням теорії ігор [12], застосування саме гри проти природи (як специфічного підходу до моделювання відповідних конфліктів) потребує значного доопрацювання, розвитку та удосконалення [8].

Мета роботи полягає в розробленні багатокритеріальної моделі задачі прийняття рішень у сфері управління природно-ресурсними конфліктами, основою якої є гра проти природи.

У роботі спробуємо оцінити потенційні природно-ресурсні конфлікти як проблему порушення сталого розвитку на деякій території України [11]. Результати такого оцінювання є основою для вироблення, обґрунтування та прийняття рішень у сфері управління екологічними конфліктами [7]. Специфіка розглянутого нижче підходу дає змогу врахувати в одній системі економічні, соціальні, природні та екологічні чинники розвитку конкретної території, а також взаємозв'язок природно-ресурсного потенціалу території з конфліктними ситуаціями [2].

Викладення основного матеріалу. Теорія ігор, як економіко-математична модель задачі прийняття рішень, спрямована на аналітичний аналіз конфліктних ситуацій. У грі проти природи свідомо діє тільки один із гравців, який претендує на максимальний вииграш $v_i(z_j)$ залежно від стану природи z_j . Інший гравець (природа) може приймати один зі своїх станів і не претендує на отри-