

УДК (711.4+69.05):502.11-047.44

## РОЗВИТОК МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД У ПРОЕКТАХ БІОСФЕРОСУМІСНОГО БУДІВНИЦТВА

ЧЕРНИШЕВ Д. О., *канд. техн. наук, доц.*

Кафедра водопостачання та водовідведення, Київський національний університет будівництва та архітектури, пр. Повітрофлотський, 31, Київ, 03037, Україна, тел. (044) 241-55-78, ORCID ID: 0000-0002-1946-9242

**Анотація.** Стаття присвячена пошуку передових аналітичних засобів і методико-алгоритмічних прийомів організаційно-технологічного та стохастичного оцінювання, подолання ризиків та загроз під час реалізації проектів біосферосумісного будівництва. Обґрунтовано доцільність застосування теорії та методів вейвлет-аналізу під час дослідження нестационарних стохастичних коливань складних просторових конструкцій, зумовлену потребою більш точного прогнозування їх динамічної поведінки та ідентифікації характеристик конструкцій у частотно-часовому просторі.

**Ключові слова:** *wavelet-аналіз; стохастична оцінка; невизначеність середовища; будівельний проект; біосферосумісність будівництва*

## РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В ПРОЕКТАХ БИОСФЕРОСОВМЕСТИМОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ЧЕРНЫШЕВ Д. А., *канд. техн. наук, доц.*

Кафедра водоснабжения и водоотведения, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, пр. Воздухофлотский, 31, Киев, 03037, Украина, тел. (044) 241-55-78, ORCID ID: 0000-0002-1946-9242

**Аннотация.** Статья посвящена поиску передовых аналитических средств и методико-алгоритмических приемов организационно-технологического и стохастического оценивания, преодоление рисков и угроз при реализации проектов биосферосовместимого строительства. Обоснована целесообразность применения теории и методов вейвлет-анализа при исследовании нестационарных стохастических колебаний сложных пространственных конструкций, обусловленную необходимостью более точного прогнозирования их динамического поведения и идентификации характеристик конструкций в частотно-временном пространстве.

**Ключевые слова:** *wavelet-анализ; стохастическая оценка; неопределенность среды; строительный проект; биосферосовместимость строительства*

## DEVELOPMENT OF ESTIMATION METHODS OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL RELIABILITY LEVEL OF BUILDINGS AND STRUCTURES IN PROJECTS OF BIOPHER-SUPPORTING CONSTRUCTION

CHERNYSHEV D. O., *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*

Department of Water Supply and Drainage, SHHE «Kyiv National University of Construction and Architecture», Povitroflotskui ave., 31, Kyiv, 03037, Ukraine, tel. (044) 241-55-78, ORCID ID: 0000-0002-1946-9242

**Summary.** The article is devoted to the search of advanced analytical tools and methodical-algorithmic techniques of organizational and technological and stochastic evaluation, risks and threats overcoming during the implementation of biosphere construction projects. The application expediency of theory and methods of wavelet analysis in the study of non-stationary stochastic oscillations of complex spatial structures is substantiated due to the need for more accurate prediction of their dynamic behavior and identification of the structures characteristics in the frequency-time space.

**Keywords:** *wavelet analysis; stochastic estimation; environment uncertainty; construction project; biospheric compatibility of construction*

**Вступ.** У країнах Євросоюзу набувають поступового розвитку інноваційні будівельні програми та проекти забудови міських районів на принципах «біосферного сумісництва». Ключовими стратегічними детермінантами таких програм та проектів визначено:

- організацію будівництва на принципово інноваційних засадах, що в пріоритеті спрямовані на формування безпечної (та сприятливої до саморозвитку) життєдіяльності людини;
- забезпечення балансу біо-, техно-, соціосфер урбанізованих територій;

- успішне залучення влади, інституційних учасників, будівельних організацій та цільових споживачів до організації циклу «започаткування-інвестування-будівництва-експлуатація» об'єктів будівництва, що комфортно імплементуються до існуючої екосистеми територій забудови (параметри якої в умовах Євросоюзу стали об'єктом підвищеної уваги).

У Німеччині та Японії претендент (забудовник), що подав на тендер пропозицію, яка включає будівельно-технологічне рішення з дотриманням вимог «біосферної сумісності», одержує суттєву перевагу над іншими конкурентами. У цих країнах біосферна сумісність за пріоритетами випереджає навіть критерій «прибутковості-раціональності кошторисних витрат».

У нашій країні дотепер відсутні як практика таких преференцій, так і дієві механізми посилення мотивації учасників будівництва до залучення принципів біосферної сумісності під час розроблення архітектурно-будівельних рішень. Така тенденція формує суперечливі вимоги і критерії оцінювання проектів щодо створення нових продуктів та сервісів. У таких умовах особливої актуальності набувають інноваційні механізми управління будівельними проектами та програмами, які базуються на модернізації інвестиційно-будівельного циклу та системи організації будівництва на принципах біосферної сумісності.

**Постановка проблеми досліджень.** Дослідження впливу численних і різноманітних випадкових параметрів виробничих факторів на процес зведення будинків можливе тільки на основі застосування ймовірно-стохастичних методів і відповідних моделей. Вплив випадкових факторів, що дестабілізують провадження робіт, проявляється у зміні параметрів часу від детермінованих значень, відхиленні в інтенсивності виробництва будівельно-монтажних робіт. До випадкових факторів можна віднести кліматичні, соціальні, технічні й ін. групи, які, як правило, проявляються не кожний окремо, а в сукупності. Урахування впливу всіх випадкових факторів на виробництво

будівельно-монтажних робіт дозволяє усунути причини відмов і підвищити надійність взаємозалежних будівельних процесів.

**Аналіз публікацій.** Разом із тим на сьогодні залишаються недостатньо дослідженими базові положення управління організаційно-технологічною надійністю як найбільш критичного показника для цих проектів. Дослідженням цього напрямку присвячені праці С. Д. Бушуєва [1], А. Ю. Гайди [2], Д. С. Нечипуренко [3], В. О. Поколенко [4] та інших науковців. У публікаціях зазначених авторів формалізовано процеси планування вартості проектів, але питання зниження ентропії організаційно-технологічної надійності ще на перших етапах життєвого циклу таких високотехнологічних проектів як біосферосумісні проекти та створення методологічних основ проектування, розрахунку та впровадження біосферосумісних об'єктів будівництва в умовах України в них розглянуті недостатньо повно.

**Мета статті** - формування методологічних та аналітичних вимог до запровадження та побудови інструментарію організації будівництва та організаційно-технологічного супроводу будівельних проектів на засадах біосферо сумісності.

**Виклад основного матеріалу.** Будівництво як основна і необхідна частина урбанізації вимагає продуманого та обґрунтованого підходу.

Донедавна основним завданням будівництва було створення штучного середовища, що забезпечує умови життєдіяльності людини. Навколишнє середовище розглядалося лише з точки зору необхідності захисту від її негативних впливів на створюване штучне середовище. Зворотний процес впливу будівельної діяльності людини на навколишнє природне середовище та штучного середовища на природне повною мірою став предметом розгляду порівняно недавно. Лише окремі аспекти цієї проблеми, в міру практичної необхідності, вивчалися і вирішувалися поверхнево (наприклад, видалення та утилізація відходів життєдіяльності, турбота про чистоту повітря в населених пунктах і т. п.)

Тим часом будівництво - це один із потужних антропогенних факторів впливу на навколишнє середовище. Антропогенний

вплив будівництва різноманітний за своїм характером і відбувається на всіх етапах будівельної діяльності – видобуток та виробництво будівельних матеріалів, спорудження об'єктів, їх експлуатація і демонтаж відпрацьованих будівель.

Будівництво потребує великої кількості різної сировини, будматеріалів, енергетичних, водних та інших ресурсів, отримання яких значно впливає на навколишнє середовище. Із серйозними порушеннями ландшафтів і забрудненням навколишнього середовища пов'язано ведення робіт безпосередньо на будівельному майданчику. Порушення ці починаються з розчищення території будівництва, зняття рослинного шару та виконання земляних робіт. У процесі розчищення території будівництва, яка раніше вже займалася під забудову, утворюється значна кількість відходів, що забруднюють навколишнє середовище під час спалювання, або утворюють звалища, які змінюють морфологію ділянок, погіршують гідрологічні умови, спричиняють ерозію. Ступінь впливу на природу залежить від матеріалів, із яких збирається будівля, технології зведення будівель і споруд, технологічної оснащеності будівельного виробництва, типу і якості будівельних машин, механізмів і транспортних засобів та інших факторів.

Територія будівництва стає джерелом забруднення сусідніх ділянок: вихлопи і шум двигунів машин, спалювання відходів. Вода широко використовується в будівельних процесах – як компонент розчинів, як теплоносій у теплових мережах; після використання вона скидається, забруднюючи ґрунтові води і ґрунти введеними в неї компонентами.

Однак саме будівництво – процес відносно швидкоплинний. Значно складніша справа пов'язана з впливом на природу вже побудованих об'єктів – будівель, споруд та урбанізованих територій. Їх вплив на навколишнє природне середовище ще недостатньо вивчено, тому практично всі екологічні заходи мають рекомендаційний характер. Що ж стосується нинішніх результатів, то зменшується кількість дерев, забруднюються води і ґрунт унаслідок промислових викидів та накопичення комунально-побутових відходів, відбувається запилення,

газове і теплове забруднення повітря, що викликає зміни рівня радіації, випадання опадів, зміни температур повітря, вітрового режиму, тобто створення штучних умов на урбанізованій території.

У результаті різних впливів – тимчасових, кліматичних, експлуатаційних - проявляються негативні впливи на будівлі та споруди: руйнуються кам'яні та металеві конструкції, вицвітають і руйнуються фарби, змінюють забарвлення зовнішні огорожувальні конструкції, гинуть скульптури та орнаменти пам'яток старовини, кородують дахи, ферми, мости тощо. Залежно від методів відновлення об'єктів виникають відходи виробництва ремонтних робіт – у разі поточного ремонту це можуть бути частини внутрішнього оздоблення, у разі капітального ремонту – додаються у великих обсягах дефектні деталі інженерної структури об'єктів, опалення, водопостачання, вентиляції і т.д. У випадку повної ліквідації об'єкта в сучасних умовах у будівельне сміття з великою ймовірністю потрапляють речовини, що негативно впливають на екологію – різні види пластмас, фенолів, формальдегідів тощо.

Наразі у промисловості і будівельному комплексі використовуються технології «наскрізного ресурсного циклу»: щорічно з біосфери добувається в середньому на кожного мешканця міста до 20 тонн мінерально-сировинних і паливно-енергетичних ресурсів, з яких виготовляється товарна продукція [5, с. 4]. Після втрати споживчих властивостей практично все, що здобуто, перетворюється на відходи. Екологічна ситуація навколо міст і поселень постійно погіршується.

Забруднення від будівель можна класифікувати так. Вони належать:

- до фізичних забруднень (теплове забруднення та шум);
- до хімічних забруднень (спалювання палива під час добування, виробництва будівельних матеріалів та виробів, будівництва об'єктів; їх опалення, охолодження, гаряче водопостачання, освітлення у праці експлуатації);
- до біологічних забруднень (пліснява, що утворюється внаслідок незадовільного температурно-вологісного режиму огорожувальних конструкцій);

- до естетичних забруднень (ущільнення забудови, що спричинює знищення історичних малоповерхових будівель та порушення законів відеоекології);

- до стійких забруднень (відходи від полімерних утеплювачів, металопластикових вікон, полімерних конструкційних та оздоблювальних матеріалів);

- до нестійких забруднень (стічні води, харчові відходи тощо).

Реалізація концепції біосферосумісних будинків і споруд в умовах ущільненої міської забудови передбачає здійснення формування, оцінювання, обґрунтування та вибору раціональних організаційно-технологічних рішень, необхідністю виявлення впливу перелічених еко-факторів, урахування яких дозволить нейтралізувати або локалізувати негативний вплив дестабілізуювальних чинників на техніко-економічні показники, функціональне призначення, конструктивні системи, технічні рішення, матеріал конструкцій, а також технології зведення.

Для моделювання стаціонарних і нестаціонарних стохастичних впливів усе частіше застосовуються методи вейвлет-аналізу. Це пов'язано з гострою потребою отримати адекватні математичні моделі як зовнішніх впливів, так і стохастичних коливань споруд з якісними характеристиками їх стану в частотно-часовому просторі, які дозволять прогнозувати стохастичну поведінку споруд.

Поява вейвлет-аналізу - одна з важливих подій, які відбулися в математиці за останні десятиліття і стрімко проникли в природничі науки, багато галузей техніки, економіку, фінанси. Вчені й інженери несподівано отримали можливість без особливих зусиль поглянути на предмет своїх досліджень абсолютно по-новому. Концепція вейвлетів виникла у праці вивчення частотно-часового аналізу сигналів, поширення хвиль і дискретизації сигналів. Концепція вейвлетів (eng. "Wavelet", fr. "Ondelette" – маленька хвиля) стала з'являтися в літературі тільки на початку 1980-х років.

Доречність упровадження вейвлет-аналізу визначається тим, що такий аналіз дозволяє розкрити локальні особливості досліджуваних часових рядів за рахунок декомпозиції вхідних даних на два ряди даних, один з яких визначається набором апроксимуючих коефіцієнтів, а інший – деталізуючих коефіцієнтів [6; 7]. При цьому апроксимуючі коефіцієнти узагальнюють трендові ознаки досліджуваного часового ряду, а деталізуючі коефіцієнти розкривають наявні особливості досліджуваного часового ряду. Таким чином, вейвлет-перетворення як складова проведення вейвлет-аналізу дозволяє визначити ієрархічну структуру вхідного досліджуваного часового ряду, що розширює можливості проведення більш детального аналізу для часового ряду, який досліджується.

У свою чергу, вейвлет-перетворення дозволяє розглядати вхідний ряд як часово-частотну сукупність даних, де відмічені коефіцієнти локалізують можливі місця неоднорідностей та перепадів вхідного часового ряду, а спеціальні методи дозволяють визначити змістовність досліджуваного об'єкта. Серед спеціальних методів вейвлет-аналізу для розкриття взаємності між досліджуваними часовими рядами можна виділити [8, с. 562]:

- узагальнення часово-частотного відображення досліджуваних часових рядів, яке сприяє більш повному співставленню аналізованих рядів даних та виявленню присутності неоднорідностей в динаміці таких рядів;

- застосування оцінок вейвлет-когерентності у вигляді часово-частотного відображення перетину аналізованих рядів даних, що загалом визначає змінність значень кореляції між обраними для дослідження рядами відносно окремих часових інтервалів з обраного періоду часу в цілому.

Вейвлет-перетворення одновимірного сигналу - це представлення його у вигляді узагальненого ряду із системою базисних функцій

$$\psi_{ab}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad (1)$$

який містить материнський вейвлет  $\psi(t) \in L^2(\mathbb{R})$  з параметром часового масштабу  $a$  та зсуву в часі  $b$ .

Як базисні функції можна застосовувати широкий набір вейвлетів, які обов'язково повинні мати основні властивості:

1. *Обмеженість*. Квадрат норми функції повинен бути кінцевим:

$$\|\psi\|^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} |\psi(t)|^2 dt < \infty. \quad (2)$$

2. *Локалізація*. Вейвлет-перетворення застосовує локалізовану базисну функцію по часу та по частоті:

$$|\psi(t)| \leq C(1+|t|)^{1-\varepsilon}. \quad (3)$$

3. *Нульове середнє*. Графік базисної функції повинен осцилювати та мати нульову площину:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(t) dt = 0. \quad (4)$$

4. *Самоподібність (автомодельність)*. Усі вейвлети конкретного сімейства мають те ж число осциляцій, що і материнський вейвлет, бо отримані з нього масштабним перетворенням  $a$  та зсувом  $b$ .

Базисні вейвлет-функції широко представлені в працях [6-9]. Вони можуть бути дискретними або неперервними, дійсними або комплексними. Існують базисні вейвлети, які описуються аналітично у вигляді формул. Наприклад, Мхат-вейвлет (mexican hat) є дійсним неперервним базисом. Його аналітичний запис має вигляд:

$$\psi(t) = (1 - t^2) \exp(-t^2/2), \quad (5)$$

спектральна щільність

$$\Psi(\omega) = (i\omega)\sqrt{2\pi} \exp(-\omega^2/2). \quad (6)$$

Існують також вейвлет-функції, які задаються ітераційними виразами, що легко обчислюються комп'ютерами. Наприклад, вейвлет Добеші (Daubechies), що реалізовано в програмі Mathcad. Вибір конкретного типу вейвлету залежить від поставленої задачі та характеристик сигналу (впливу).

*Неперервне вейвлет-перетворення сигналу* (НВП) (continuous wavelet transform (CWT)). Вейвлет-спектр (wavelet spectrum, time-scale-spectrum) є функцією двох аргументів: часового масштабу  $a$ , який обернений до частоти, та зсуву сигналу по часу  $b$ :

$$W(a,b) = (S(t), \psi_{ab}(t)) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} S(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt, \quad (7)$$

де  $S(t)$  – сигнал;

$$S(t) = \frac{1}{C_\psi} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} W_s(a,b) \psi_{ab}(t) \frac{dadb}{a^2}, \quad (8)$$

$C_\psi$  – нормувальний коефіцієнт

$$C_\psi = \int_{-\infty}^{+\infty} |\Psi(\omega)|^2 |\omega|^{-1} d\omega < \infty, \quad (9)$$

$\Psi(\omega)$  – Фур'є-перетворення вейвлета  $\psi(t)$ . Для ортонормованих вейвлетів  $C_\psi = 1$ .

Способи візуалізації вейвлет-спектра можуть бути різними. Найбільш широко застосовується візуалізація у вигляді площини  $ab$  з локалізацією екстремумів коефіцієнтів (skeleton) або у вигляді поверхні в тривимірному просторі.

*Дискретне вейвлет-перетворення сигналу*

1. Діадне (dyadic) вейвлет-перетворення. Виконується дискретизація параметрів  $a$  та  $b$  через степені двійки:

$$a=2^m, b=k \cdot 2^m, \psi_{mk} = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) = \frac{1}{\sqrt{2^m}} \psi(2^{-m}t-k), \quad (10)$$

де  $m$  і  $k$  – цілі числа.

2. Дискретне на основі теореми Котельнакова. Спектр сигналу не містить частот більших за  $f_m$  і повністю визначається дискретною послідовністю своїх миттєвих значень:

$$S(t) = \{S\}_i = \sum_{i=1}^{N-1} S(i\Delta t) \delta(t - i\Delta t), \quad (11)$$

де  $N = 2^{n_0}$  – число відліків,  $\Delta t = 1/2f_m$  – крок по часу,

$f_{\Delta} = 1/\Delta t = 2f_m$  – частота дискретизації,  
 $\delta(t - i\Delta t)$  – дельта-функція.

3. Швидке вейвлет-перетворення сигналу (кратномасштабний аналіз (КМА)). Сигнал  $S(t)$  подається у вигляді сукупності послідовних наближень грубої (апроксимуючої)  $A_m(t)$  та уточнювальної (деталізуючої)  $D_j(t)$  складової:

$$S(t) = A_m(t) + \sum_{j=1}^m D_j(t) = \sum_k a_{mk} \varphi_{mk}(t) + \sum_k d_{mk} \psi_{mk}(t), \quad (k=1,2,\dots,N), \quad (12)$$

де коефіцієнти  $a_{mk}$  і  $d_{mk}$  залежать від базисних функцій  $\varphi(t)$  та  $\psi(t)$ . Ці функції однозначно визначаються коефіцієнтами  $h_n$  ( $n$  – степінь вейвлету):

$$\varphi(t) = 2 \sum_n h_n \varphi(2t - n); \quad \psi(t) = 2 \sum_n g_n \varphi(2t - n); \quad (13)$$

$$h_n = (\varphi(t), \varphi(2t - 1)); \quad g_n = (-1)^n h_{2k-1-n}.$$

Результати аналізу таких сигналів повинні містити не тільки загальну частотну характеристику (розподіл енергії сигналу по частотних складових), а й відомості про певні локальні координати, на яких виявляють себе ті чи інші групи частотних складових або відбуваються швидкі зміни частотних складових сигналу. На відміну від перетворень Фур'є, вейвлет-перетворення одновимірних сигналів забезпечує

двовимірну розгортку, при цьому частота і координата розглядаються як незалежні змінні, що дозволяє аналізувати сигнали відразу в двох просторах.

**Висновки.** Стан сучасного розвитку науки дозволяє висунути гіпотезу про доцільність застосування теорії і методів вейвлет-аналізу до моделювання стаціонарних і нестаціонарних стохастичних впливів, в тому числі факторів біосумісності будівництва, та дослідження динамічних характеристик складних просторових конструкцій в частотно-часовому просторі. Це дозволить отримати адекватні математичні моделі стохастичних коливань складних будівельних систем, якісні характеристики їх стану та прогнозувати їх подальшу динамічну поведінку.

Основні етапи вейвлет-перетворення - це декомпозиція, тобто представлення впливу через базисні вейвлет-функції та коефіцієнти перетворення, аналіз впливу в частотно-часовому просторі (вейвлет-спектрограма) та синтез (реконструкція) впливу для оцінювання ефективності застосування конкретної базисної вейвлет-функції.

У подальших дослідженнях буде застосовано дискретне вейвлет-перетворення гармонічного, нелінійного та стохастичного впливів із застосуванням базисних вейвлет-функцій Добеші, які реалізовані у програмному комплексі Mathcad.

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бушуев С. Д. Системна інтеграція підходів в управлінні будівельними проектами / С. Д. Бушуев, О. О. Бойко // Управління розвитком складних систем : зб. наук. пр. / Київ. нац. ун-ту буд-ва і архітектури. – Київ, 2016. – Вип. 26. – С. 43–48.
2. Гайда А. Ю. Механізми ефективного управління проектами в організаційних системах с нечітко вираженими состояниями / А. Ю. Гайда, Т. А. Фарионова, М. В. Ворона // Управління розвитком складних систем : зб. наук. пр. / Київ. нац. ун-ту буд-ва і архітектури. – Київ, 2016. – Вип. 28. – С. 116–122.
3. Нечепуренко Д. С. Систематизація організаційно-технологічних факторів, які впливають на тривалість та вартість реалізації енергозберігаючих проектів комплексної реконструкції житлової забудови / Д. С. Нечепуренко // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2014. – Вип. 74 : Стародубовские чтения. – С. 120–126. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmssc\\_2014\\_74\\_25](http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmssc_2014_74_25).
4. Поколенко В. О. Запровадження інструментарію вибору альтернатив реалізації будівельних проектів за функціонально-технічною надійністю організацій-виконавців / Поколенко В. О., Рижаківа Г. М., Приходько Д. О. // Управління розвитком складних систем : зб. наук. пр. / Київ. нац. ун-ту буд-ва і архітектури. – Київ, 2014. – Вип. 19. – С. 104–108.

5. Моделирование и анализ закономерностей динамики изменения состояния биосферосовместимых урбанизированных территорий / Ильичев В. А., Емельянов С. Г., Колчунов В. И., Бакаева Н. В., Кобелева С. А. // Жилищное строительство. – 2015. – № 3. – С. 3–9.
6. Fan Y. Unit root tests with wavelets / Yanqin Fan, Ramazan Gençay // *Econometric Theory*. – 2010. – Vol. 26, iss. 5. – P. 1305–1331.
7. Jammazi R. A wavelet-based nonlinear ARDL model for assessing the exchange rate pass-through to crude oil prices / Rania Jammazi, Amine Lahiani, Duc Khuong Nguyen // *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*. – 2015. – Vol. 34. – P. 173–187.
8. Grinsted A. Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series / A. Grinsted, J. C. Moore, S. Jevrejeva // *Nonlinear processes in geophysics*. – 2004. – Vol. 11, iss. 5/6. – P. 561–566.
9. Torrence C. Interdecadal changes in the ENSO-monsoon system / C. Torrence, P. J. Webster // *Journal of Climate*. – 1999. – Vol. 12, iss. 8. – P. 2679–2690.

## REFERENCES

1. Bushuev S.D. and Boiko O.O. *Systemna integratsiia pidkhodiv v upravlinni budivelnymy proektamy* [Approaches integration system in the management of construction projects]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system* [Managing of the complex systems development]. Kyiv. nats. un-tu bud-va i arkhitektury [Kyiv National University of Construction and Architecture]. Kyiv, 2016, iss. 26, pp. 43–48. (in Ukrainian).
2. Gajda A.Yu., Farionova T.A. and Vorona M.V. *Mexanizmy effektivnogo upravleniya proektami v organizacionnykh sistemax s nechetko vyrazhennymi sostoyaniyami* [Mechanisms of effective project management in organizational systems with indistinct states]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system* [Managing of the complex systems development]. Kyiv. nats. un-tu bud-va i arkhitektury [Kyiv National University of Construction and Architecture]. Kyiv, 2016, iss. 28, pp. 116–122. (in Russian).
3. Nechepurenko D.S. *Systematizatsiia orhanizatsiino-tehnologichnykh faktoriv, yaki vplyvaiut na tryvalist ta vartist realizacii energozberigaiuchykh proektiv kompleksnoi rekonstruksii zhytlovoi zabudovy* [Systematization of organizational and technological factors that affect the duration and cost of implementing energy-saving projects for the comprehensive reconstruction of residential development]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, Materials Science, Mechanical Engineering]. Pridnopr. gos. akad. str-va i arkhitektury [Prydniprov's'ka State Akademy of Civil Engineering and Architecture]. Dnepropetrovsk, 2014, iss. 74, pp. 120–126. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmssc\\_2014\\_74\\_25](http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmssc_2014_74_25). (in Ukrainian).
4. Pokolenko V.O., Ryzhakova G.M. and Prykhodko D.O. *Zaprovadzhennia instrumentariiu vyboru alternatyv realizatsii budivelnnykh proektiv za funktsionalno-tekhnichnoi nadiinistiu organizacii-vykonavtsiv* [Implementation of tools for choosing alternatives for implementing construction projects according to the functional and technical reliability of implementing organizations]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system* [Managing of the complex systems development]. Kyiv. nats. un-tu bud-va i arkhitektury [Kyiv National University of Construction and Architecture]. Kyiv, 2014, iss. 19, pp. 104–108. (in Ukrainian).
5. Il'ichev V.A., Emel'yanov S.G., Kolchunov V.I., Bakaeva N.V. and Kobleva S.A. *Modelirovanie i analiz zakonomernostej dinamiki izmeneniya sostoyaniya biosferosovmestimykh urbanizirovannykh territorij* [Modeling and analysis of the dynamics changes regularities in the state of biosphere-compatible urbanized territories]. *Zhylishhnoe stroitel'stvo* [Housing construction]. 2015, no. 3, pp. 3–9. (in Russian).
6. Fan Y. and Gençay R. *Unit root tests with wavelets*. *Econometric Theory*. 2010, vol. 26, iss. 5, pp. 1305–1331.
7. Jammazi R., Lahiani A. and Nguyen D.Kh. *A wavelet-based nonlinear ARDL model for assessing the exchange rate pass-through to crude oil prices*. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*. 2015, vol. 34, pp. 173–187.
8. Grinsted A., Moore J.C. and Jevrejeva S. *Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series*. *Nonlinear processes in geophysics*. 2004, vol. 11, iss. 5/6, pp. 561–566.
9. Torrence C. and Webster P.J. *Interdecadal changes in the ENSO-monsoon system*. *Journal of Climate*. 1999, vol. 12, iss. 8, pp. 2679–2690.

Рецензент: Савицький М. В. д-р техн. наук, проф.

Надійшла до редколегії: 12.05.2017 р. Прийнята до друку: 25.05.2017 р.