



**Національний лісотехнічний
університет України**

НАУКОВИЙ ВІСНИК НЛТУ УКРАЇНИ

ЗБІРНИК НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ ПРАЦЬ

Засновано в 1994 р.

Випуск 26.1

Львів – 2016

ЗБІРНИК НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ ПРАЦЬ

НАУКОВИЙ ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ЛІСОТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ УКРАЇНИ : збірник науково-технічних праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2016. – Вип. 26.1. – 404 с.

Збірник публікує науково-технічні праці співробітників вищих навчальних закладів України, науковців з-за кордону, а також спеціалістів лісового і деревообробного комплексу, присвячених різним аспектам освітнянських проблем та наукових досліджень, передового досвіду і впровадження у виробництво здобутих результатів.

Призначений для наукових працівників, аспірантів, інженерів галузі, викладачів вищих навчальних закладів освіти, коледжів і технікумів, студентів старших курсів.

Рекомендовано до друку вченою радою НЛТУ України (протокол № 1 від 25.02.2016 р.). У збірнику розглядаються проблеми лісового та садово-паркового господарства, екології та довкілля, технології та устаткування лісовиробничого комплексу, економіки, планування й управління промислового виробництва, інформаційних технологій галузі, а також освітнянські проблеми вищої школи.

Науково-редакційна рада

Голова ради: Ю.Ю. Туниця, *д.е.н., проф., академік НАН України*
Заступник голови: Ю.І. Грицюк, *д.т.н., проф.*
Відповідальний секретар: Г.Г. Гриник, *д.с.-г.н., доц.*

Склад науково-технічної ради: Р.Т. Гут, *д.б.н., проф.*; В.К. Заїка, *д.б.н., проф.*; Г.Т. Криницький, *д.б.н., проф.*; В.І. Парпан, *д.б.н., проф.*; С.М. Стойко, *д.б.н., проф.*; П.Р. Третяк, *д.б.н., проф.*; М.М. Гузь, *д.с.-г.н., проф.*; Ю.М. Дебринюк, *д.с.-г.н., проф.*; І.Ф. Калущий, *д.с.-г.н., проф.*; Л.І. Копій, *д.с.-г.н., проф.*; В.П. Кучерявий, *д.с.-г.н., проф.*; С.І. Миклуш, *д.с.-г.н., проф.*; В.П. Рябчук, *д.с.-г.н., проф.*; А.М. Дейнека, *д.е.н., проф.*; Б.В. Кульчицький, *д.е.н., проф.*; І.М. Синякевич, *д.е.н., проф.*; Ю.І. Стадницький, *д.е.н., проф.*; Т.Ю. Туниця, *д.е.н., проф.*; Г.С. Шевченко, *д.е.н., проф.*; М.Г. Адамовський, *к.т.н., проф.*; В.М. Голубець, *д.т.н., проф.*; Н.І. Библик, *д.т.н., проф.*; П.В. Білей, *д.т.н., проф.*; О.А. Кійко, *д.т.н., проф.*; В.М. Максимів, *д.т.н., проф.*; Я.І. Соколовський, *д.т.н., проф.*; Станіслав Баран, *д.габ., проф.* (Польща); Анджей Возняк, *д.габ., проф.* (Польща); Лідія Суковата, *д.габ., проф.* (Польща); Альфред Тайшінгер *д.габ., проф.* (Австрія).

Відповідальний за випуск: В.С. Гураков
Літературний редактор: А.Ф. Павлишин
Англомовний редактор: Т.П. Дяк
Коректори: Я.Б. Невелюк, О.П. Лаврова

Адреса редакції:

79057, м. Львів-57, вул. Ген. Чупринки, 103, НЛТУ України
Тел.: (032) 240-23-50; **E-mail:** nauk.visnyk@gmail.com; **http://nv.nltu.edu.ua/**

УДК 538.56:519.21

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ СТАНІВ СТОХАСТИЧНОЇ ВІБРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ І ПРИНЦИПУ ШУНТУВАННЯ

Я.П. Драган¹, Ю.І. Грицюк², Ю.Б. Паляниця³

Наведено процедуру дослідження системного аналізу математичної моделі вібраційних сигналів для стохастичних систем у вигляді періодично корельованого випадкового процесу в сенсі теорії ймовірності. Описаний як найпрозоріший логічно статистичний метод оцінювання стану таких систем за допомогою засобів теорії цієї моделі. Показано, що він адекватний ситуації, коли у процесі дослідження складних систем формування переносників даних – сигналів, що розповсюджуються у фізично різних середовищах, мають різні механізми перетворення і тому підлягають принципово різним закономірностям (як поверхневі хвилі і звукові імпульси тиску), а генератором їх є той самий заданий процес. Сформульовано так званий узагальнений принцип шунтування як механізм забезпечення додаткових даних і залучення їх як комплементарних (доповнювальних), що стосується цих станів системи. Показано, що коли маємо справу з сигналами від різних джерел, але які підлягають таким самим закономірностям, зокрема, задовольняють такі самі рівняння, то часто виявляється доцільним моделювання їх тільки принципом подібності та фізичних аналогій. При такому моделюванні використовують системи іншої, відмінної від модельованої, фізичної природи, наприклад, процеси, що протікають у гідродинамічних елементах, часто аналогічні процесам у електромагнітних елементах.

Ключові слова: стохастична вібраційна система, математична модель, періодично корельований випадковий процес, статистична оцінка, узагальнений шунт.

Вступ. Кінець минулого століття в науці позначився розповсюдженням системного мислення, започаткованого в 30-х роках загально визнаною трійкою науковців: В. Вернадський, Л. фон Берталанфі, Н. Вінер, що цілком аргументовано показано в підручнику [13] (хоч є й інші погляди, див. [15, 20]). Це мислення відійшло від канонів класичної науки, підвалини якої заклали Галілей і Ньютон (див. [21]), а ще на Фізичному конгресі 1900 р. в Парижі лорд Кельвін відстоював тезу, що "пояснити явище – значить побудувати його механічну модель". І так поступають науковці, що стоять на детерміністичних позиціях (див. [1]), хоч на Конгресі мистецтв і наук у Сент-Луїсі (США, 1904 р.) А. Пуанкаре стверджував: "Фізичний закон набуває цілком новий аспект, коли це вже не буде тільки диференціальне рівняння, а він набуде характеру статистичного закону". Запровадили статистику в фізику Дж. Гібс та Дж. Максвел, але тільки в кінетику молекул, хоч Максвел і став фундатором (разом із М. Фарадеєм та Г. Герцом) радіотехніки і радіофізики та тільки радіофізики створили теорію коливань. Переосмислюючи ідею Фур'є з теорії теплоти про подання функції часу через гармоніки, вони виробили основи – поняття й формальний математичний апарат аналізу не тільки детермінованих, але й стохастичних (з грец. *στοχαστική* – здогад) коливань, істотно доповнивши здобутки математиків за принципом фізика нашого часу Р. Фейнмана: "якщо маєте проблеми (з формалізмом), то маєте

¹ проф. Я.П. Драган, д-р фіз.-мат. наук – НУ "Львівська політехніка"

² проф. Ю.І. Грицюк, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

³ аспір. Ю.Б. Паляниця, магістр – Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

заглянути до математиків, бо а ну ж вони вже мали з цим справу. Якщо ж ні, то вам доведеться самим розбиратися, і тоді ваші результати математики занесуть у свої книги". Ця фраза досить влучно характеризує ідею системного мислення. Та тут обійдено проблему тлумачення, обмежившись тільки мовами – фізики, техніки, математики. Бо, як казав один німецький фізик, математики – то є сорт французів: говорять ніби про те, що й ти, але розуміють щось зовсім інше.

І, власне, натуралісти, як любив називати В. Вернадський [2], і передовсім фізики є першопрохідцями вивчення складних систем. Ситуація добра, коли маємо перший із згаданих варіантів, тобто є вже математичні засоби, придатні для розроблення теорії такого типу систем, як в разі задач механіки, електро-, гідро-, аеродинаміки, акустики і т.д., коли формальний опис давали моделі у вигляді диференціального рівняння чи в разі вібраційної системи – розв'язки їх у вигляді періодичних чи споріднених із ними різних типів майже періодичних функцій. Залишається тільки потреба – обґрунтувати придатність цієї моделі як засобу розв'язання конкретної задачі дослідника. Набагато цікавішою і дещо пліднішою, хоч і відповідно заплутанішою, є ситуація в разі коливної стохастичної системи.

Однак у жодній із відомих на сьогодні робіт не наведено особливості статистичного оцінювання станів стохастичної вібраційної системи. Також потрібно розглянути питання залучення доповняльних відомостей про вібраційні системи шляхом розширення бази даних.

Об'єкт дослідження – статистичне оцінювання станів стохастичної вібраційної системи.

Предмет дослідження – системний аналіз та моделі статистичного оцінювання станів стохастичної вібраційної системи і принципу шунтування.

Мета роботи полягає в системному аналізі та розробленні надійної системи статистичного оцінювання станів стохастичної вібраційної системи і принципу шунтування, що загалом дає змогу залучити доповняльні відомості про вібраційні системи шляхом розширення бази даних.

Для реалізації зазначеної мети потрібно виконати такі основні завдання:

- 1) відтворити особливості статистичного оцінювання станів стохастичної вібраційної системи;
- 2) розглянути питання залучення доповняльних відомостей про вібраційні системи шляхом розширення бази даних;
- 3) зробити відповідні висновки та надати рекомендації щодо використання.

1. Статистичне оцінювання станів стохастичної вібраційної системи

Із названих канонізованих фундаторів системного мислення кожен зіграв різну роль: фон Берталанфі, базуючись на проблемах біології і опираючись фактично на відому тезу Аристотеля, що її в підручнику [13] названо постулатом: "Ціле більше суми своїх частин", висунув так звану загальну теорію систем; Вернадський з його широкою діяльністю – від заснування Української академії наук, першим президентом якої був обраний, до критики діалектичного матеріалізму як еклектичної поміси матеріалізму з ідеалістичним гегельянством

і "насадженого усією силою державної влади" (див. [2]), не тільки розвинув концепцію біосфери і її переходу в ноосферу [3], а за підставу нової теорії пізнання замість гносеології діалектичного матеріалізму висунув принцип голізму (цілісності від грец. ολος – цілий, увесь; англ. holism) в стилі Аристотеля. Цей аспект обійдено "за замовчуванням" в згаданому підручнику, а посилання є тільки на працю [3]. Також згадано "праксеологію" Котарбінського, а про фундатора її Є. Слуцького, що до популяризації його та утвердження чи не найбільше спричинився якраз Котарбінський, теж ані слова. Слуцький також фундатор теорії випадкових процесів (ВП) і перших математичних моделей ритміки як стохастичних коливань [19].

Перший етап дослідження ритмічних явищ за допомогою математичних моделей характеризує використання паліативних способів (франц. palliatif – тимчасовий півзахід) типу КОСІНОР-аналізу, тобто визначення на підставі кількох замірів значень біоритму параметрів його кривої як амплітуди й акрофази заданого періоду (див. працю [12]). Використовувано й інші відомі методи статистики. Огляд статистичних методів і отримуваних результатів систематизовано в монографії [14] та вказано подальшу перспективу.

Але найважливіше, що в ній (розділи VI-VII, с. 134-180) аргументовано "необхідність вивчення загальних властивостей ритмічних явищ для розроблення статистичних методів аналізу їх". У розв'язанні цієї задачі істотну роль зіграли праці Слуцького і Вінера.

Роль Вінера для вивчення коливних систем визначає те, що він у великій за обсягом праці з узагальненого гармонічного аналізу [22] систематизував відомі тоді факти з подання детермінованих коливань через сукупності гармонік яко математичних образів найпростіших коливань. Щоб дати такий докладний розгляд він відійшов від традиції математичної фізики – подавати коливання яко розв'язки певних диференціальних рівнянь, але до аналогічного подання стохастичних коливань не дійшов, хоча в той час мав уже праці з браунового руху і фактично була уже започаткована теорія ВП (Є. Слуцький 1927 р. публікував праці у доповідях Французької академії наук). Завершили теорію стаціонарних до другого порядку за термінологією Слуцького чи стаціонарних в широкому сенсі за термінологією А. Хінчина (1935 р.) формальне строге означення таких процесів (тепер кажемо – класу їх), яке він дав, і подання коваріації такого процесу – аналога кореляційної функції, запровадженої Вінером в разі детермінованих коливань, яка дає розклад на гармоніки потужності коливання, а не його "амплітудних" значень, власне процесу зміни їх, тобто залежності їх від часу (функції часу). Таке подання досить незвичним тоді методом гільбертового простору для випадку послідовності або, як кажуть в разі дискретного часу дав А. Колмогоров, а для неперервного часу – Г. Крамер (1941 р.).

Значення праць Слуцького для теорії подання ВП високо оцінив Колмогоров [16], вказавши на пов'язання з фільтрами і на фактичне запровадження Слуцьким не тільки гармонічного подання, а й подання за допомогою формівного фільтру і процесу (що його тепер називають лінійним випадковим) та тільки стаціонарного. У свій час О. Коронкевич використав для запровадження класу періодично корельованих випадкових процесів (ПКВП, 1957 р.) цю ідею, зас-

тосувавши її до традиційного для Львівської школи механіків типу задач – розрахунок дії сили, але вже випадкової [17].

Поєднання теорії стаціонарних процесів і теорії ПКВП, яка у своїй структурі суміщує періодичність характеристик із випадковістю значень процесу, створило можливість "зведення" проблем статистичного оцінювання ймовірнісних характеристик цього класу ВП до докладно розробленої статистики стаціонарних (див. [8, 9]), де проілюстрована загальна ідея Слуцького, дано узагальнення концепції Коронкевича і наведено найприродніший спосіб зведення до стаціонарності, названий синфазним).

Глибокі корені і сенс зведення до стаціонарності, пошук якого зумовлений був історично (див. [14]) потребою обґрунтування, а фактично ще й вироблення статистичних методів аналізу ритмічних природних процесів, що було ефективно здійснено [5, 11], опираючись на ймовірнісну модель у вигляді ПКВП. Придався тут і досвід сумісного розгляду сигналів і систем як об'єктів класів варіантності, означуваних операторами узагальненого зсуву (ОУЗ) \mathbf{T} , запровадженими Ж. Дельзартом, а фактично їхніми ортонормованими базисами. Ці оператори формально узагальнюють звичайний оператор трансляції (зсуву), а відповідний йому \mathbf{T} -клас творять інваріантні, тобто зі сталими параметрами в часі, оператори і стаціонарні ВП.

З подання періодичного періоду T оператора (тепер тут T -число) $\mathbf{A}(t)$ через інваріантні \mathbf{A}_k , $k \in Z$, де Z – множина цілих чисел, у вигляді операторного ряду Фур'є

$$\mathbf{A}(t) = \sum_{k \in Z} e^{ik\lambda t} \mathbf{A}_k,$$

де $\lambda = 2\pi/T$ – базова частота, для лінійного ПКВП $\xi(t)$ матимемо подання

$$\xi(t) = \sum_{k \in Z} e^{ik\lambda t} \eta_k(t)$$

через стаціонарні компоненти $\eta_k(t) = \mathbf{A}_k \mathbf{v}(t)$, $k \in Z$, де $\mathbf{v}(t)$ – білий шум, а кожна компонента яко лінійний перетвір його інваріантним оператором є стаціонарний ВП. Звідси вже легко зрозуміти за аналогією з відповідними фактами з теорії стаціонарних ВП, що мало б існувати таке саме подання і в загальному випадку, тобто для необов'язково лінійного ПКВП.

Тепер стає зрозумілою метафізика синфазного зведення до стаціонарності: співвідношення $e^{ik\lambda(t_0+pT)} = e^{ik\lambda t_0}$, $k, p \in Z$ як вираз періодичності комплексної експоненти аргументує факт, що послідовності $\Xi(t_0) = \{\xi(t_0 + pT), p \in Z\}$ відліків значень ПКВП через його період корельованості T при всякому $t_0 \in [0, T)$ – фазі відліку є стаціонарними, а при різних t_0 , t_0 – стаціонарно пов'язаними.

Хоч це й не є з погляду ригористів-математиків формальним доведенням, але воно дуже помічне для осмислення ситуації, маючи на увазі знаний афоризм: фізика – не формули, але тлумачення їх. А повне коректне доведення цього факту вимагало залучення нових засобів для цього – не гільбертових просторів типу L^2 чи B^2 звичайних функцій, а загальніших варіантів таких просторів: так званих гільбертових просторів над гільбертовими просторами та ос-

нащених гільбертових просторів. Ця обставина і стримувала розвиток теорії ПКВП (докладніше про це в [7, 11]).

Цей хід думок привів до конечності (чи по-іншому, необхідності) розширення як теоретичної, так і формальної математичної бази теорії, що знайшло втілення в енергетичній теорії стохастичних сигналів (ЕТСС), яка завершує, а навіть, як кажуть дотепники, значно перевершує кореляційну [5, 7]. Застосування до визначення стану вібраційної системи накреслено у праці [5], а подальший розвиток цього напрямку мислення – [6].

Важливість і математичну коректність його засвідчує факт: зміст тез доповіді, поданої на Вільнюську конференцію з теорії ймовірностей і математичної статистики 1977 р., представив як статтю [8] у Доповіді АН України відомий наш імовірністик В.С. Королюк.

Ще раз підкреслимо, що теорія ПКВП – природний засіб дослідження ритміки як стохастичних коливань забезпечує зведення до стаціонарності, а обґрунтування цього забезпечує ЕТСС.

2. Залучення доповняльних відомостей про вібраційні системи шляхом розширення бази даних

У процесі дослідження складних систем часто виявляється доцільним моделювання їх за принципом подібності та фізичних аналогій. При такому моделюванні використовують системи іншої, відмінної від модельованої, фізичної природи, наприклад, процеси, що протікають у гідравлічних елементах, часто аналогічні процесам в електромагнітних елементах. Свого часу писали, що проєктанти Дніпрогесу користувались такими аналогіями, а пізніше навіть були створені так звані аналогові обчислювальні засоби і дотепер живучий термін "аналоговий сигнал" для сигналів неперервного часу, хоч багато-хто вже не знає його сенсу.

А ще ефективніше допомагає тоді дослідженню перехід до формального математичного опису закономірностей структури й функціонування системи, тобто побудова й обґрунтування придатності відповідних математичних об'єктів – математичної моделі досліджуваного, що є обов'язком системного аналізу – обґрунтувати адекватність моделі розв'язуваній щодо досліджуваного об'єкту задачі: саме вона тут є законодавцем, але й вона "діє" в межах СЦЕК-системи ознак (структуровність, цілісність, емерджентність, когнітивність) [6].

Праці з математичних методів економіки [4], ритміки природних явищ [14], зокрема, океанологічних [10], показують потребу, крім започаткованої у працях [8, 9, 14], розвинутої у працях [5, 7, 11] теорії стохастичних коливань, опертої на ПКВП-моделі, і відповідних їй статистичних методів, залучення, в разі можливості, фізично різних каналів (і відповідних їм сигналів) для отримання доповняльних даних про додаткові аспекти стохастичних коливань систем. І, водночас, вони стимулюють потребу певної структуризації системного мислення чи навіть науки – системології (є публікації, що автором цього терміну є В.Т. Кулик – організатор ряду конференцій під таким "прапором" і навіть у Славську): чітко виділяється теорія систем з ідеєю епістемологічних рівнів за Дж. Кліром та розпрацьованою рецептурою для цих рівнів. Дещо осторонь сто-

їть системний аналіз, який за своєю суттю споріднений з криптографією (перехоплення та дешифрування), розвід-аналізом в океанографії і т.п. Він динамічний, лабільний, адаптивний, має "видати" у висліді адекватну задачі модель. Правда, доцільно доповнити його системометрикою за аналогією до біометрики та економетрики, але дещо специфічною, виходячи з факту, що в сучасних системах трубчастого транспорту (нафто- і газопроводів) для контролю застосовують відведення за давньою традицією контролю рівня рідини в котлах, баках і т.п. за допомогою мірних трубок [18]. Такий принцип заслуговує на окрему назву. Щоб не винаходити велосипед, досить пригадати давній факт з історії залізничного транспорту: будували спершу одну рейкову колію та відтак виникла проблема – як уникнути зіткнень зустрічних потягів. Знаменитий винахідник Т. Едісон свого часу запатентував був використати радіосигнал (до речі, реалізатор радіотелеграфної телекомунікації і засновник фірми з виготовлення, впровадження й обслуговування відповідної апаратури Г. Марконі при патентуванні її змушений був викупити цей патент). А що б зреалізувати рух потягів у два боки по цій самій колії, почали будувати спеціальні "відстійники" – відгалуження (англ. shunt) для зустрічного потягу. Потім у електромірництві та судинній хірургії термін шунт набув дещо іншого значення.

Тут узагальнений принцип шунтування трактуємо як неінвазивний засіб збільшення когнітивності стохастичної вібраційної системи. Зокрема, у разі керованої синусовим нервовим вузлом серцево-судинної системи організму людини, що є гемодинамічним транспортним засобом забезпечення його життєдіяльності шляхом донесення потрібних речовин до середовища клітин, органів і тканин, а виведення непотрібних. Тому, якщо для розв'язання задачі визначення стану цієї системи на підставі обстеження досить даних, що їх дає сигнал однієї фізичної природи, наприклад, на підставі електрокардіограми, то це забезпечує статистика ПКВП–моделі, а якщо ж цього недосить, то слід використати результати опрацювання сигналів виниклих і розповсюджуваних як процеси в фізично різних середовищах у результаті розділення енергії збудження, що можна трактувати як узагальнене природне шунтування, що їх виражають фоно-, балісто- чи сфігмограма, бо в них той самий водій серцевого ритму. Це дасть доповняльні дані для системного аналізу стану системи і діагнозу.

Висновки

Опираючись на вислід системного аналізу ідей, засобів і можливостей дослідження коливань, підкреслено ті аспекти, що їх відкриває ЕТСС для обґрунтування адекватних математичних моделей сигналів, зареєстрованих від стохастичних коливних систем, і, зокрема, залучення узагальненого шунтування для отримання доповняльних даних шляхом опрацювання сигналів, виниклих як процеси в фізично різних середовищах внаслідок розділення енергії збудження. Цей факт можна тому трактувати яко природне шунтування фізично різних сигналів – носіїв відомостей про характеристики таких систем і джерела даних для статистичного визначення стану цих систем (особливо в разі того самого водія ритму).

Література

1. Боголюбов Н.Н. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний / А.А. Боголюбов, Ю.А. Митропольский. – М. : Изд-во "Наука", 1974. – 503 с.
2. Вернадский В.И. Научная мысль как планетное явление / В.И. Вернадский. – М. : Изд-во "Наука", 1991. – 271 с.
3. Вернадский В.И. Учение о биосфере и постепенном переходе в ноосферу / В.И. Вернадский. – Изд. 3-е, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во "Наука", 1978. – 326 с.
4. Гренджер К. Спектральный анализ временных рядов в экономике / К. Гренджер, М. Хатанака. – М. : Изд-во "Статистика", 1972. – 312 с.
5. Драган Я. Статистичне оцінювання станів стохастичної коливної системи: інформативність її сигнальної моделі та кондиційність статистичних даних / Я. Драган // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2011. – № 694. – С. 418-424.
6. Драган Я. Системний аналіз – засіб обґрунтування математичної моделі досліджуваного об'єкта як системи / Я. Драган, Ю. Грицюк, Ю. Паляниця // Advanced Information and Communication Technologies-2015 : Proceedings of 1st International Conference (AICT'2015), October 29 – November 1, 2015, Lviv, Ukraine. – Lviv : Lviv Polytechnic National University, 2015. – Pp. 159-161.
7. Драган Я.П. Енергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів / Я.П. Драган. – Львів : Вид-во "Центр стратег. досл. еко-біо-техн. систем", 1997. – XVI + 333 с.
8. Драган Я.П. Гармонізованість і спектральний розклад випадкових процесів зі скінченною середньою потужністю / Я.П. Драган // Доповіді АН УРСР. – Сер. А. – 1978. – No. 8. – С. 679-684.
9. Драган Я.П. О периодически коррелированных случайных процессах и системах с периодически изменяющимися параметрами / Я.П. Драган // Отбор и передача информации : сб. науч. тр. – 1969. – Вып. 22. – С. 27-33.
10. Драган Я.П. Методы вероятностного анализа ритмики океанологических явлений / Я.П. Драган, В.А. Рожков, И.Н. Яворский. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – 319 с.
11. Драган Я.П. Системний аналіз стану та обґрунтування сучасної теорії стохастичних сигналів: енергетична концепція, математичний субстрат, фізичне тлумачення : монографія / Я.П. Драган, Л.С. Сікора, Б.І. Яворський. – Львів : НВФ "Українські технології" 2014. – 240 с.
12. Емельянов И.П. Формы колебаний в биоритмологии / И.П. Емельянов. – Новосибирск : Изд-во "Наука" (сиб. отд.), 1976. – 127 с.
13. Згуровський М.З. Основи системного аналізу : підручник [для студ. ВНЗ] / М.З. Згуровський, Н.Д. Панкратова; за заг. ред. М. З. Згуровського. – К. : Вид. група ВНУ, 2007. – 544 с.
14. Информационные связи био-гемо-геофизических явлений и элементы их прогноза / К.С. Войчишин, Я.П. Драган, В.И. Куксенко, В.Н. Михайловский. – К. : Изд-во "Наук. думка", 1974. – 208 с.
15. Катренко А.В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації / А.В. Катренко. – Львів : Вид-во "Новий світ – 2000", 2003. – 424 с.
16. Колмогоров А.Н. Статистическая теория колебаний с непрерывным спектром / А.Н. Колмогоров // Юбилейный сборник АН СССР. – М. : Изд-во АН СССР, 1947. – Ч. 1. – С. 1-40.
17. Коронкевич О.І. Лінійні динамічні системи під дією випадкових сил / О.І. Коронкевич // Наукові записки Львівського університету. – 1957. – Вып. 44, № 8. – С. 175-183.
18. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем / Д.Н. Попов. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1987. – 464 с.
19. Слуцький Є. Визнання. Творча спадщина з погляду сучасності / Є. Слуцький; за ред. В.Р. Базилевича. – К. : Вид-во "Знання", 2007. – 919 с.
20. Сурмин Ю.П. Теория систем и системный анализ : учеб. пособ. / Ю.П. Сурмин. – К. : Вид-во "Вища шк.", 1977. – 255 с.
21. Whitehead A.L. Science and the modern world / A.L. Whitehead. – New-York : The McMillanCo, 1947. – 304 p.
22. Wiener N. Generalized harmonic analysis / N. Wiener // Acta math. – 1930. – No. 55. – Pp. 117-258.

Надіслано до редакції 22.02.2016 р.

Драган Я.П., Грыцюк Ю.И., Паляница Ю.Б. Системный анализ статистической оценки состояний стохастической вибрационной системы и принципа шунтирования

Приведена процедура исследования системного анализа математической модели вибрационных сигналов для стохастических систем в виде периодически коррелированного случайного процесса как теории вероятности. Описаны логически самый прозрачный статистический метод оценки состояния таких систем с помощью средств теории этой модели. Показано, что он адекватен ситуации, когда в процессе исследования сложных систем формирования переносчиков данных – сигналов, распространяющихся в физически различных средах, имеют различные механизмы преобразования и поэтому подлежат принципиально различным закономерностям (как поверхностные волны и звуковые импульсы давления), а генератором их является тот же заданный процесс. Сформулирован так называемый обобщенный принцип шунтирования как механизм обеспечения дополнительных данных и привлечения их в качестве комплементарных (дополняющих), что касается этих состояний системы. Показано, если имеем дело с сигналами от различных источников, но подлежащих таким же закономерностям (например, удовлетворяют такие же уравнения), то часто оказывается целесообразным моделирование их только принципом подобия и физических аналогий. При таком моделировании используют системы другой, отличной от моделируемой, физической природы, например, процессы, протекающие в гидродинамических элементах, часто аналогичные процессам в электромагнитных элементах.

Ключевые слова: стохастическая вибрационная система, математическая модель, периодически коррелированный случайный процесс, статистическая оценка, обобщенный шунт.

Dragan Ya.P., Gryciuk Yu.I., Palyanytsya Yu.B. System analysis of the statistical evaluation of the state of the stochastic vibration system and the principle of shunting

Research shows the procedure of the system analysis of the mathematical model of vibration signals for stochastic systems in the form of periodically correlated random process as the theory of probability. We describe logically the most transparent statistical method for assessing the state of such systems by means of the theory of this model. It has been shown that it is adequate to the situation where, during the study of complex formation vectors of these systems – signals propagating in a physically different environments have different conversion mechanisms and, therefore, subject to fundamentally different rules (like surface waves and sound pressure pulses) and their generator is the predetermined process. Formulated the so-called generalized principle of grafting as a mechanism to provide additional data and to bring them as complementary (complementary) with regard to these states of the system. Shown when dealing with signals from various sources, but are subject to the same laws (for example, satisfy the same equation), it is often useful to modeling their only principle of similarity and physical analogies. In this simulation system is used other than the simulated, the physical nature, for example, processes in the hydrodynamic elements are often similar processes in the electromagnetic components.

Keywords: stochastic vibration system, mathematical model, periodically correlated random process, statistical estimation, generalized shunt.