

6. Сергиенко М.П. Применение метода Прони для идентификации переходных характеристик средств измерительной техники колебательного типа / М.П. Сергиенко // Системи обробки інформації. – 2011. – Вип. 6 (96). – С. 102-106.

7. Шиманський В.М. Апроксимація експериментальних даних повзучості деревини з використанням дробово-експоненціального оператора / В.М. Шиманський // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.1. – С. 397-402.

8. Соколовський Я.І. Математичне моделювання деформаційно-релаксаційних процесів з використанням похідних дробового порядку / Я.І. Соколовський, М.В. Москвітін // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2015. – № 826. – С. 175-184.

9. Tong Liu. Creep of wood under a large span of loads in constant and varying environments / Liu Tong // Pt. 1: Experimental observations and analysis // Holz als Roh- und Werkstoff. – 1993. – Vol. 51. – Pp. 400-405.

Надіслано до редакції 22.02.2016 р.

### **Левкович М.В. Алгоритм идентификации дробно-экспоненциальных ядер ползучести по экспериментальным данным**

Рассмотрены одномерные математические модели деформационно-релаксационных процессов в средах с фрактальной структурой, для которых характерны эффекты памяти, пространственной нелокальности и самоорганизации. Учитывая, что дробные параметры фрактальных моделей позволяют полнее описывать деформационно-релаксационные процессы по сравнению с традиционными методами, предложен оптимальный метод аппроксимации – метод Прони. Этот метод позволяет свести задачу отыскания дробных параметров, входящих в структуру ядер ползучести и релаксации, к поиску решений систем линейных уравнений.

Приведен алгоритм параметрической идентификации и определены для моделей Максвелла, Фойгта и Кельвина дробно-экспоненциальные ядра ползучести по экспериментальным данным.

**Ключевые слова:** производные дробного порядка, метод Прони, ядра ползучести и релаксации, функция Mittag-Lefflera.

### **Levkovich M.V. The Algorithm of Identification of Fractional Exponential Creep Cores on Experimental Data**

One-dimensional mathematical models for deformation and relaxation processes in environments with fractal structure, which are characterized by memory effect, spatial nonlocality and self-organization, are studied. Considering the fractional parameters of fractal models allow describing the deformation and relaxation processes in comparison with traditional methods, the work presents the best approximation method such as a Prone method. This method reduces the problem of finding fractional parameters that are included in the structure of creep cores and relaxation, to finding solutions of systems of linear equations. The algorithm of parametric identification and identified for models of Maxwell, Voigt and Kelvin, fractional exponential creep cores on experimental data is suggested.

**Keywords:** derivatives of fractional order, Prone method, creep and relaxation core, Mittag-Leffler function.

## **5. ОСВІТЯНСЬКІ ПРОБЛЕМИ ВИЩОЇ ШКОЛИ**

УДК 378.1:630.97

### **ДОСВІД ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ЛІСОВОЇ ГАЛУЗІ В УНІВЕРСИТЕТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЕБЕРСВАЛЬДЕ (ФРН)**

*В.В. Лавний<sup>1</sup>, Петер Шпатгельф<sup>2</sup>*

Викладено історію створення та розвитку університету Еберсвальде, описано структуру та зміст навчального плану підготовки бакалаврів лісового господарства. Тривалість навчання становить тільки 6 семестрів, з яких один семестр – виробнича практика на лісгосподарському підприємстві. Наведено короткий опис факультетів і напрямів підготовки фахівців. Провідними тенденціями розвитку університету є висока якість та екологізація освіти, її інтернаціоналізація, впровадження положень Болонської конвенції та забезпечення сталого розвитку.

**Ключові слова:** система вищої освіти, університет сталого розвитку Еберсвальде, навчальний процес, німецький досвід, міжнародна співпраця.

Для підвищення якості освіти і науки в НЛТУ України важливе значення має поглиблення міжнародної співпраці з відомими навчальними закладами світу. Вона сприятиме повноцінній інтеграції України у глобальний освітньо-науковий простір. Недавно стартував спільний навчально-науковий проект між НЛТУ України та університетом сталого розвитку Еберсвальде, тому коротко представимо нашого німецького партнера.

Історія розвитку університету. Університет сталого розвитку Еберсвальде (УСР Еберсвальде) було засновано ще в 1830 р. Він розташований на північному сході Німеччини у федеральній землі Бранденбург, за 40 км від Берліна. В оригіналі на німецькій мові має таку назву: Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, скорочено HNEE. Логотип університету зображено на рис. 1.



*Рис. 1. Логотип УСР Еберсвальде [3]*

Свої витоки теперішній УСР Еберсвальде бере з Берліна. Основоположником лісової освіти в цьому місті був Георг-Людвіг Гартіг, на вимогу якого в Берлінському університеті в 1821 р. було створено Вищу лісову школу. Першим директором цього освітнього закладу в Берліні було призначено Вільгельма Пфайля (Friedrich Wilhelm Leopold Pfeil, 1783-1859). Основним завданням

<sup>1</sup> доц. В.В. Лавний, д-р с.-г. наук – НЛТУ України, м. Львів;

<sup>2</sup> проф., д-р Петер Шпатгельф – УСР Еберсвальде

Вищої лісової школи була підготовка фахівців керівної ланки для лісового господарства тодішньої Пруссії.

У 1830 р. Вищу лісову школу було переведено в м. Еберсвальде, поближче до лісових масивів різних деревних порід, щоб студенти менше часу витрачали на переїзд до об'єктів навчання. На той час вона містилася тільки в одному будинку, який зберігся дотепер (рис. 2). З Берліна в Еберсвальде переїхало 25 студентів і з 01.05.1830 р. для них продовжились заняття вже в Еберсвальде. На той час лекції читали тільки 3 професори – Вільгельм Пфайль, Фрідріх Шнайдер і Юліус Рацебург.



**Рис. 2. Найстаріший корпус університету Еберсвальде було збудовано ще в 1793 р. У 1892 р. тут було засновано IUFRO**

У 1866 р. Вищу лісову школу було перейменовано в Лісову академію. Велика заслуга в її подальшому розвитку належить доктору Бернхарду Данкельману, який її очолював 36 років (1866-1901). У 1871 р. Бернхард Данкельман заснував і очолив ще й науково-дослідний інститут лісового господарства Пруссії з місцем розташування також в м. Еберсвальде. У 1876 р. було побудовано новий навчальний корпус університету в стилі неоренесансу. Варто наголосити, що в Еберсвальде в 1892 р. було засновано IUFRO (міжнародну спілку лісових дослідницьких організацій), про що свідчить меморіальна дошка на вході до старого корпусу (рис. 3). Крім цього, Бернхард Данкельман в 1899 р. заснував і був обраний головою товариства лісівників Німеччини [2].

У 1921 р. Лісову академію було перейменовано у лісовий університет під керівництвом ректора. Університету було надано право готувати докторів лісових наук. Першим диплом доктора лісових наук отримав у червні 1924 р. Йоганн-Альбрехт фон Монрой. У 1946 р. лісовий університет Еберсвальде об'єднали з Гумбольдт-університетом Берліна з наданням йому статусу лісгосподарського факультету з подальшим місцерозташуванням у м. Еберсвальде. Однак з політичних міркувань у 1963 р. його було закрито. Відтоді вищу лісову освіту в колишній НДР можна було здобути тільки в м. Тарандт біля Дрездена.

Після об'єднання НДР з ФРН лісовий університет в м. Еберсвальде було відновлено в 1992 р. Спочатку в ньому готували тільки інженерів лісового гос-

подарства, але незабаром створили ще 3 факультети, де зараз готують бакалаврів за 8 спеціальностями та магістрів – за дев'ятьма. Зокрема, крім факультету лісу і довкілля, ще є такі три факультети: використання ландшафтів і охорони природи, деревооброблення та сталої економіки.



**Рис. 3. Меморіальна дошка з нагоди 100-річчя створення IUFRO на вході до старого корпусу**



**Рис. 4. Президент університету, професор Фарзон робить свій внесок в екологічний спосіб життя [3]**

Керує університетом президент, з 1.01.1998 р. ним є Вільгельм-Гюнтер Фэрзон (Wilhelm-Günther Fahrson, рис. 4). Гасло університету звучить так: "З 1830 р. дослідження і навчання з природою для людини".

Станом на 1.01. 2015 р., в університеті навчалось 2083 студентів і працювало 270 співробітників, з них 56 професорів. Звання професора отримують лектори навчальних дисциплін, переважно кандидати наук. Надання титулу професора є прерогативою університету і не потребує затвердження міністерством освіти федеральної землі. Річний бюджет університету за 2014 р. становив 13,8 млн євро, з них 5,6 млн євро було отримано із зовнішніх проектів.

Напрями підготовки фахівців і навчальні плани підготовки студентів із самого початку відновлення університету в 1992 р. були зорієнтовані на забезпечення сталого розвитку та охорону природи. Університет Еберсвальде швидко став провідним вузом Німеччини в царині "зеленої економіки", за що отримав ряд відзнак ООН і в 2010 р. університет Еберсвальде було перейменовано в університет сталого розвитку Еберсвальде.

УСР Еберсвальде значну роль приділяє міжнародній співпраці, тому має підписані угоди і договори про співробітництво з понад 70-ма закордонними університетами та науковими установами. Бібліотека університету випикує 232 періодичних журнали з багатьох країн та має доступ до ще 34 міжнародних електронних журналів.

УСР Еберсвальде має один з найстаріших в Німеччині ботанічний сад та метеостанцію. Крім цього, ще є центральна екологічна лабораторія, обладнана сучасними вимірювальними приладами та препаратами. У ній проводять аналізи студенти, аспіранти і співробітники університету. Щороку там роблять ана-

лізи близько 1000 проб води, 1500 рослинних і 3500 ґрунтових зразків. На факультеті лісу і доквілля працює 42 співробітники, з них 17 штатні професори і 3 – почесні професори (ім університет не платить за заняття), 21 – доценти, старші викладачі і асистенти, два секретарі деканату та два завідувачі лабораторіями (ботаніки і ґрунтознавства).

**Структура та зміст навчальних планів на факультеті лісу і доквілля.** Навчання для отримання диплому бакалавра лісового господарства триває тільки 6 семестрів. Навчальний план містить 20 обов'язкових і 37 вибіркових навчальних дисциплін [1].

Із вибіркових дисциплін потрібно здати щонайменше 9 дисциплін за вибором студента. Причому навчальну дисципліну за вибором студента обирає не вся група, а кожен студент індивідуально. Дисципліна читається тільки тоді, коли на неї запишуться 5 і більше осіб. Якщо бажуючих є менше, то вони змушені вибрати іншу вибірку дисципліни. Для вибору дисциплін, викладу лекційного матеріалу і літератури з кожної навчальної дисципліни та обліку успішності студентів є спеціальна комп'ютерна програма "Емма". У ній можна зразу відправляти листи електронною поштою будь-якому студенту. Оцінки студентам виставляють із заокругленням до десятих, з такою градацією: 1,0-1,3-1,7-2,0-2,3-2,7-3,0-3,3-3,7-4,0-5,0. Найвищою є оцінка 1,0, а прохідною для отримання заліку чи здачі іспиту – 4,0.

Нижче наводимо навчальний план підготовки бакалавра лісового господарства:

1-й семестр: *обов'язкові* дисципліни – основи зоології та біології диких звірів (4 год аудиторних занять на тиждень/4 кредити ECTS), прикладна лісова ентомологія (2/2), ґрунтознавство (2/2), лісознавство (2/2), вступ у лісову політику (2/2), основи економіки (2/2), охорона природи (2/2), основи сталого розвитку (2/2), ботаніка (4/4), дендрологія (1/2), біометрія (2/2); дисципліни *за вибором* – ділова англійська мова I (3/3), історія лісівництва (3/3), альтернативні види лісокористування (3/3), мисливствознавство I (4/4), сучасні стратегії мисливства (3/3);

2-й семестр: *обов'язкові* дисципліни – ботаніка (2/2), дендрологія (2/2), менеджмент баз даних (2/2), ГІС (2/2), екологія лісу (5/6), лісова таксація I (2/2), основи наукових досліджень I (2/2), лісова педагогіка (3/3), лісоексплуатація (2/2); дисципліни *за вибором* – ділова англійська мова II (3/3), навчальна практика з лісознавства (3/3), діагностичний аналіз екосистем і охорона природи (3/3), дендроекологія (3/3), біологія диких звірів (3/3), навчальна практика з менеджменту диких звірів (3/3), мисливствознавство II (2/2), мисливська практика (3/3);

3-й семестр: *обов'язкові* дисципліни – лісова таксація II (2/2), технологія лісозаготівель (2/2), робота з громадськістю (3/3), лісові дороги (2/2), лісівництво (4/4), лісове товарознавство (3/3), ріст лісу (2/2), правознавство I (3/3); дисципліни *за вибором* – навчальна практика з ґрунтознавства (2/3), спеціалізація I (6/6), діагностика пошкоджень лісу (3/3), фітопатологія і моніторинг доквілля (3/3), вирощування деревної біомаси (2/3);

4-й семестр: *обов'язкові* дисципліни – лісовпорядкування (2/2), використання деревини (2/2), транспортування деревини (1/1), правознавство II (3/3), лісівництво (6/6), прикладна лісова економіка (3/3), ринок і маркетинг дере-

вини (1/1), захист лісу (4/4), визначення видів (лісова ентомологія) (2/2); дисципліни *за вибором* – недеревні продукти лісу на прикладі бджільництва (2/3), прикладна екологія (3/3), спеціалізація II (6/6); практичні заняття з лісівництва – тижнева екскурсія по лісах (3/3), практичні заняття з лісової економіки (3/3), практичні заняття з ГІС (2/3), прикладна лісова фітопатологія (3/3), практичні заняття з лісоексплуатації (3/3), практичні заняття з будівництва лісових доріг (3/3).

5-й семестр: *практика на лісогосподарському підприємстві* (30/30);

6-й семестр: *обов'язкові* дисципліни – наукові роботи II (2/2), моделювання росту лісу (1/1), менеджмент лісогосподарських підприємств (3/3), написання бакалаврської роботи (12/12); дисципліни *за вибором* – поради приватним лісовласникам (2/3), підприємницьке право (2/3), спеціальний лісозахист (3/3), інформаційні системи (3/3), рекреаційне користування лісом та ландшафтами (3/3), природоохоронне право (2/3), екологічні експертизи (2/3), сертифікація лісів (2/3).

Для практичного 5-го семестру студент має право вибрати будь-яке лісогосподарське підприємство чи природоохоронну установу як в Німеччині, так і за кордоном. Триває він 20 тижнів.

Дипломна робота бакалавра має обсяг основного тексту 40-50 стор. і складається, зазвичай, з таких розділів: постановка проблеми (літературний огляд), програма, методика і об'єкти досліджень, результати досліджень та їх обговорення, висновки, список використаних джерел і додатки. У кінці роботи дається розписка, що дипломну роботу виконав особисто автор з використанням тільки цитованих літературних джерел і матеріалів. Дипломні роботи захищає не вся випускна група разом, а кожен дипломник окремо. Державної екзаменаційної комісії не існує, на захисті присутній тільки керівник і рецензент, вони разом виставляють оцінку за дипломну роботу, яка вказується у виданому дипломі бакалавра. На захист випускник запрошує зазвичай своїх друзів чи родичів. Тривалість виступу дипломника становить 15 хв і ще 15 хв дається на обговорення і запитання та відповіді на них.

Навчальний план постійно актуалізується, він тісно пов'язаний з виробництвом. Так, останніми роками в ньому з'явилися такі дисципліни як робота з громадськістю, транспортування деревини, ГІС та лісова педагогіка. Тобто, під час навчання значну увагу приділяють розширенню соціальних компетенцій майбутніх випускників. Студенти отримують багато виробничого досвіду. Цьому сприяє значна кількість практичних занять, проектів та екскурсій. Тому гасло факультету лісу і доквілля є таким: "у лісу вчитися – для лісу вчити, досліджувати та діяти".

Зважаючи на якісну підготовку фахівців, спеціальність "бакалавр лісового господарства" користується значним попитом. Щороку є близько 180 бажуючих навчатися на цій бакалаврській спеціальності, а зарахувати на перший курс дозволено тільки 50 осіб. Вступних іспитів у них немає, тому що це вимагало б додаткових фінансових затрат на оплату праці екзаменаторів. Для відбору першокурсників деканат враховує середній бал шкільного атестата. Крім цього, випускники-бакалаври лісового господарства з 2011/2012 навчального року можуть отримати ще спеціалізацію "лісова педагогіка". Для цього створе-

но спеціальні федеральні стандарти освіти й організовано спільну екзаменаційну комісію із представників університету та земельного управління лісового господарства.

Близько 40 % випускників після отримання диплому бакалавра йде працювати на лісгосподарські підприємства різних федеральних земель Німеччини, як у державні, так і в комунальні та приватні. Але, щоб стати лісничим, їм потрібно впродовж 18-24 місяців (залежно від федеральної землі) ще пройти практику на виробництві і скласти комплексний іспит перед комісією. Близько 35 % бакалаврів поступає вчитися на магістра як в університеті Еберсвальде, так і в інші виші, наприклад, у Берлін, Гьоттінген чи Фрайбург. Решту, приблизно 25 % випускників, починають зразу працювати. Вони влаштовуються у приватні фірми, пов'язані з лісовим господарством (лісовий консалтинг, лісовпорядкування, лісозаготівля), або в споріднених сферах – учителями в лісових профтехучилищах, працівниками лісових готелів, національних парків і т. ін. [1].

Навчання на бакалавра за спеціальністю "міжнародний менеджмент лісових екосистем" було започатковано у 1998 р., воно також триває 6 семестрів, враховуючи один семестр на виробництві. На цю бакалаврську спеціальність зараховують кожного року також 50 осіб. Викладання здійснюють двома мовами – німецькою та англійською (їхнє співвідношення 50 на 50 %, тобто, половину дисциплін читають німецькою мовою, а половину – англійською). Це пов'язано не тільки з тим, що за цією спеціальністю навчається багато іноземних студентів, але й із майбутнім працевлаштуванням випускників переважно за кордоном Німеччини. Ця спеціальність є унікальною для Німеччини, її можна здобути тільки в Еберсвальде. Випускники цього бакалаврського курсу працюють у національних і міжнародних компаніях, що спеціалізуються на менеджменті природних ресурсів. Вони повинні експлуатувати лісові екосистеми нашої планети на основі принципів сталого розвитку та оберігати місцеву природу. Студенти цієї спеціальності під час літніх семестрів проводять тривалі екскурсії у різні країни світу, зокрема і в праліси Українських Карпат. Практичний досвід студенти здобувають завдяки тісній співпраці університету Еберсвальде з міжнародними фондами та організаціями.

Практичний 5-й семестр студенти спеціальності "міжнародний менеджмент лісових екосистем", що є громадянами ФРН, зобов'язані провести за кордоном, вони самі вибирають країну і тематику практики. Найчастіше вони їдуть в Азію, Південну Америку або в скандинавські країни Європи. Випускники цієї спеціальності працюють у Товаристві міжнародної співпраці Німеччини (GIZ), працівниками природоохоронних установ та неурядових громадських організацій. Частина випускників продовжує навчання на магістра за різними спеціальностями як в Еберсвальде, так і в інших містах та країнах.

З вересня 2005 р. УСР Еберсвальде перейшов на Болонську систему освіти з підготовкою бакалаврів та магістрів. Крім описаних вище двох бакалаврських програм, на факультеті лісу і доквілля ще готують магістрів за двома спеціальностями: "менеджмент глобальних змін" та "лісові інформаційні технології". Щороку на них зараховують по 25 студентів. Тривалість навчання становить 4 семестри, з них один семестр – виробнича практика. Викладання ведуть

тільки англійською мовою, тому охочі тут навчатися мають надати сертифікат про добре знання англійської мови.

На інших факультетах усі бакалаврські та магістерські спеціальності викладають німецькою мовою. На факультеті використання ландшафтів і охорони природи готують бакалаврів за двома спеціальностями: "використання ландшафтів і охорони природи" та "екологічне землеробство і маркетинг". Навчання триває 6 семестрів. Магістрів на цьому факультеті готують за спеціальностями "екологічний аграрний менеджмент" (4 семестри), "регіональний розвиток і охорона природи" (4 семестри) та "стратегічний менеджмент сталого розвитку" (4 семестри). Навчання на останній спеціальності є платним у вигляді другої вищої освіти, коштує 2750 євро за семестр. На факультеті використання ландшафтів і охорони природи працює понад 60 працівників, з них 18 професорів.

На факультеті деревооброблення готують бакалаврів упродовж 7 семестрів за двома спеціальностями: "деревооброблення" та "деревооброблення II" (отримують поряд з дипломом бакалавра деревооброблення ще й диплом майстра з деревооброблення, що дає змогу самостійно працювати як підприємець). Магістра готують тільки за спеціальністю "деревооброблення" упродовж 3 семестрів. На цьому факультеті працює понад 30 співробітників, з них 13 професорів.

На факультеті сталої економіки бакалаврів готують 6 семестрів за трьома спеціальностями: "менеджмент фінансів", "регіональний менеджмент" та "менеджмент підприємств". Магістрів готують також за трьома спеціальностями – "комунальне господарство" (3 семестри), "менеджмент сталого туризму" (4 семестри) і "стале адміністрування" (4 семестри). Штат факультету сталої економіки становить 25 осіб, з них 16 професорів. Університет має два кампуси: міський та лісовий. Міський розташований у центрі міста, там базуються факультет використання ландшафтів і охорони природи та факультет сталої економіки. У лісовому кампусі на околиці міста розміщуються факультети лісу і доквілля та деревообробка.

Офіційно осінній семестр починається з 1 вересня, але фактично лекції і практичні заняття проводять з 23-24 вересня (останнього тижня вересня) кожного року. Навчання у федеральній землі Бранденбург переважно безкоштовне, студенти оплачують тільки внесок у студентські організації та проїзний квиток по території всієї федеральної землі – разом це коштує 220 євро за семестр. Студенти мають своє самоврядування і студентське підприємство. Воно займається організацією харчування студентів (їдальнями), студентськими гуртожитками, організацією дозвілля та занять спортом, створенням належних умов для студентів з дітьми (у кожній їдальні є організований куток для дітей, а в туалетних кімнатах є столи для повивання маленьких дітей). Кімнати у гуртожитку блокового типу – на три кімнати площею 16 м<sup>2</sup> кожна, в яких мешкає по одному студенту, є спільна кухня та ванна кімната.

Щороку в першу неділю червня всі факультети університету організовують День відкритих дверей для майбутніх абітурієнтів. Охочі навчатися в університеті подають документи через інтернет (онлайн), громадяни Німеччини з 1 червня по 15 липня, а іноземці – до 1 травня кожного року. Університет має

важливе значення для міста Еберсвальде. Це добре розуміє міська рада, тому чимало вулиць м. Еберсвальде названо прізвищами відомих лісівників – Пфайля, Швапахха, Відемана, Данкельмана та Мьоллера. У цьому ж місті знаходяться їхні могили, до яких часто навідуються студенти і викладачі університету.

Керівництво вишу враховує і втілює в життя принципи сталого розвитку як у навчальному процесі, наукових дослідженнях, так і в соціальному житті колективу. У 2013 р. вчена рада університету затвердила принципи сталого розвитку УСР Еберсвальде, які розробили разом студенти і співробітники. Студентам всіх спеціальностей кожного семестру читають лекцію про суть сталого розвитку. Організують круглі столи для практичного втілення принципів сталого розвитку в життя університету. Щороку УСР Еберсвальде публікує річний звіт про забезпечення університетом сталого розвитку.

Зараз університет орієнтується на нові ринки, зокрема, на відновну енергетику, сталий туризм, регіональний менеджмент, охорону природи та екологічне землеробство. Підсумовуючи зазначимо, що університет сталого розвитку Еберсвальде відповідає на виклики часу, постійно розвивається та орієнтується на кращі європейські стандарти функціонування вищих навчальних закладів.

### Література

1. Guericke M. Der Bachelor am Fachbereich Wald und Umwelt – die Studiengänge Forstwirtschaft und International Forest Ecosystem Management / M. Guericke, P. Spathelf // AFZ. – 2012. – № 17. – S. 8-10.
2. Milnik A. Geschichte der forstlichen Lehre und Forschung in Eberswalde. Ausstellungen in der Alten Forstakademie Eberswalde, Heft 1. ABM-Projektgruppe 2264/91. – Eberswalde, 1993. – 52 s.
3. [Electronic resource. – Mode of access <http://www.hnee.de>.

Надіслано до редакції 16.02.2016 р.

### **Лавный В.В., Шпатгельф П. Опыт подготовки специалистов лесной отрасли в университете устойчивого развития Эберсвальде (Германия)**

Изложена история создания и развития университета Эберсвальде, описаны структура и содержание учебного плана подготовки бакалавров лесного хозяйства. Продолжительность обучения составляет всего 6 семестров, из них один семестр студенты полностью проводят на производстве. Приведено краткое описание факультетов и направлений подготовки специалистов. Ведущими тенденциями развития университета является высокое качество и экологизация образования, его интернационализация, внедрение положений Болонской конвенции и обеспечения устойчивого развития.

**Ключевые слова:** система высшего образования, университет устойчивого развития Эберсвальде, учебный процесс, немецкий опыт, международное сотрудничество.

### **Lavnyy V.V., Spathelf Peter. Experience in the Forestry Study Programme at Eberswalde University for Sustainable Development (Germany)**

The history and development of Eberswalde University for Sustainable Development is presented, special emphasis being made on the structure and content of the current Bachelor's degree programme in forestry. The duration of the degree programme is only 6 semesters, including a 1-semester practical internship in a forest enterprise or nature conservation agency. Furthermore, a brief description of the other faculties and study programmes of HNEE is given. The university has a strong profile in sustainable development and green economy.

**Keywords:** higher education, University for Sustainable Development of Eberswalde, Bachelor's Degree programme in forestry, German experience, international cooperation.

УДК 538.56:519.21

## **СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ СТАНІВ СТОХАСТИЧНОЇ ВІБРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ І ПРИНЦИПУ ШУНТУВАННЯ**

**Я.П. Драган<sup>1</sup>, Ю.І. Грицюк<sup>2</sup>, Ю.Б. Паляниця<sup>3</sup>**

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 набуває характеру статистичного закону". Запровадили статистику в фізику Дж. Гібс та Дж. Максвелл, але тільки в кінетику молекул, хоч Максвелл 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. *стохастик* – здогад) коливань, істотно доповнивши здобутки математиків за принципом фізики нашого часу Р. Фейнмана: "якщо маєте проблеми (з формалізмом), то маєте

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

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

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