

ти особливості взаємопов'язаних процесів перенесення у різних фазах і враховувати фізичну нелінійність цих процесів, зумовлену залежністю фізичних властивостей деревини від температури і вологості.

### Висновки:

1. Побудовано математичну модель реологічної поведінки деревини як трифазного середовища з урахуванням анізотропії тепломеханічних характеристик, яка дає змогу враховувати пружні і в'язкопружні та залишкові деформації деревини залежно від зміни капілярно-пористої структури матеріалу. Розроблено прикладне програмне забезпечення для чисельної реалізації математичних моделей на основі адаптації методу скінченних елементів для в'язкопружної області деформування багатофазного середовища зі змінними вологісними полями.

2. Розв'язано важливу для процесу сушіння задачу визначення в'язкопружного деформування деревини як трифазної системи з урахуванням анізотропії тепломеханічних характеристик. Встановлено закономірності впливу технологічних параметрів сушіння на процеси в'язкопружного деформування і тепломасоперенесення у твердій, рідкій і паровій фазах для деревини.

### Література

- Акулич А.В. Моделирование тепломасопереноса в капиллярно-пористых материалах / А.В. Акулич, Н.Н. Гринчик // Инженерно-физический журнал : сб. науч. тр. – 1998. – Т. 71, № 2. – С. 225-233.
- Білей П.В. Теоретичні основи теплового оброблення і сушіння деревини : монографія / П.В. Білей. – Коломия : Вид-во "Вік", 2005. – 364 с.
- Бурак Я.І. Континуально-термодинамічні моделі механіки твердих розчинів / Я.І. Бурак, С.Я. Чапля, О.Ю. Чернуха. – К. : Вид-во "Наук. думка", 2006. – 272 с.
- Вінтонів І.С. Деревинознавство : навч. посібн. / І.С. Вінтонів, І.М. Сопушинський, А. Тайшінгер. – Львів : Вид-во ТзОВ "Апріорі", 2007. – 312 с.
- Гороховский А.Г. Повышение эффективности управления процессом сушки пиломатериалов / А.Г. Гороховский. – Екатеринбург : Изд-во УГЛТУ, 2008. – 128 с.
- Гринчик Н.Н. Процессы переноса в пористых средах, электролитах и мембранах / Н.Н. Гринчик. – Минск : Изд-во Ин-ту тепло- и массообмена АН Беларуси, 1991. – 251 с.
- Дорняк О.Р. Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем лесного комплекса / О.Р. Дорняк // Межведомственный сборник научных трудов ВГЛТА. – Воронеж, 2001. – С. 132-139.
- Дульнев Г.Н. Применение ЭВМ для решения задач теплообмена / Г.Н. Дульнев, В.Г. Парфенов, А.В. Сигалов. – М. : Изд-во "Выш. шк.", 1990. – 207 с.
- Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М. : Изд-во "Энергия", 1968. – 472 с.
- Лыков А.В. Тепломассообмен : справочник / А.В. Лыков. – М. : Изд-во "Энергия", 1971. – 560 с.
- Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред / Р.И. Нигматулин. – М. : Изд-во "Наука", 1987. – 462 с.
- Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд. – М. : Изд-во "Мир", 1979. – 378 с.
- Серговский П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1981. – 304 с.
- Bodic J. Mechanics of Wood and Composites / J. Bodic, A. Jayne. – New York : Van Nostrand Reinhold, 1982. – 712 p.
- Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения : учебник [для лесотехн. ВУЗов] / Б.Н. Уголев; М-во образования Рос. Федерации, Моск. гос. ун-т леса. – Изд. 3-е, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во МГУЛ, 2002. – 340 с.
- Соколовський Я.І. Об'єктно-орієнтована реалізація методу скінчених елементів для розрахунку в'язкопружного стану капілярно-пористих матеріалів / Я.І. Соколовський, О.В. Мокрицька // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2011. – № 710. – С. 181-188.
- Соколовський Я.І. Чисельне моделювання в'язкопружного деформування капілярно-пористого матеріалу / Я.І. Соколовський, О.В. Мокрицька // Вісник Національного університету

"Львівська політехніка". – Сер.: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2011. – № 719. – С. 184-190.

18. Соколовський Я.І. Математичне моделювання та аналіз деформаційно-релаксаційного стану в деревині у процесі сушіння / Я.І. Соколовський, А.В. Бакалець, О.В. Мокрицька // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2011. – № 711. – С. 82-90.

19. Соколовський Я.І. Математична модель в'язкопружного деформування капілярно-пористих матеріалів / Я.І. Соколовський, О.В. Мокрицька // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.2. – С. 320-328.

### Соколовский Я.И., Криштанович В.И., Мокрицькая О.В. Математическое моделирование вязкоупругого состояния древесины в процессе сушения как многофазной системы

Решена важная для процесса сушения задача определения вязкоупругого деформирования древесины как трехфазной системы с учетом анизотропии тепломеханических характеристик.

Сформулирована математическая модель тепломасопереноса для периодов постоянной и ниспадающей скорости сушения капиллярно-пористых материалов. Построена математическая модель реологического поведения древесины как трехфазной среды с учетом анизотропии тепломеханических характеристик. Разработано прикладное программное обеспечение для численной реализации математических моделей на основе адаптации метода конечных элементов. Установлены закономерности влияния технологических параметров сушения на процессы вязкоупругого деформирования и тепломасопереноса в твердой, жидкой и паровой фазах для древесины.

**Ключевые слова:** математическая модель, вязкоупругое деформирование, тепломасоперенос, многофазная система, метод конечных элементов, объектно-ориентированное программирование, сушение древесины.

### Sokolovskyy Ya.I., Kryshchapovich V.I., Mokrytska O.V. Mathematical simulation of viscoelastic state of wood during drying as a multiphase system

An important task of defining visco-elastic deformation of wood as a three-phase system, taking into account the anisotropy of mechanical properties, is solved. Mathematical model of heat and mass transport for periods of constant and falling drying rate of capillary-porous materials is formulated. Mathematical model of the rheological behavior of wood as a three-phase environment, taking into account the anisotropy of heat and mechanical properties, is developed. Applied software for numerical implementation of mathematical models based on adaptation of finite element method is developed. New regularities for influence of technological parameters on visco-elastic deformation and heat and mass transfer in solid, liquid and vapor phases in the process of drying wood were found out.

**Keywords:** mathematical model, viscoelastic state, heat and mass transfer, multiphase system, finite element method, object-oriented programming, drying wood.

УДК 004.[832.34+896]

Проф. Р.О. Ткаченко, д-р техн. наук;  
аспир. І.О. Вербенко – НУ "Львівська політехніка"

### ЛІНГВІСТИЧНА СТРАТЕГІЯ УПРАВЛІННЯ КРАНОВИМИ УСТАНОВКАМИ

Проаналізовано традиційні моделі управління такими крановими установками: на основі ПІД регуляторів; на основі використання математичної моделі крану в основі моделі контролера; на основі нечіткої логіки. Досліджено, що класичні методи управління добре працюють за повністю описаного і визначеного об'єкта управління і знаного середовища, а для систем, таких як кранові установки, з неповною інформацією та високою складністю об'єкта керування, оптимальними є нечіткі методи управління. Проаналізовано використання лінгвістичних змінних для створення лінгвістичної стратегії управління

портальними кранами на основі знань та досвіду оператора крана, що використовуватиметься у розробленні продукційних правил. Отримані результати застосовують у розробленні автоматизованої системи нечіткого управління крановими установками для контролю коливання вантажу під час його перевезення.

**Ключові слова:** кранова установка, портальний кран, ПІД регулятори, нечітка логіка, нечіткі системи управління, нечіткі правила, лінгвістична змінна, лінгвістична стратегія управління.

**Вступ та аналіз літературних джерел.** Під час розроблення інтелектуальних систем знання про конкретну предметну область, для якої створюється система, рідко бувають повними й абсолютно достовірними. Інформацію, якою заповнюються експертні системи, отримують за результатами опитування експертів, думки яких є суб'єктивними і можуть розходитися. Під час оброблення знань із застосуванням механізмів формальної логіки виникає суперечність між нечіткими знаннями і чіткими методами логічного виведення. Розв'язати цю суперечність можна шляхом подолання нечіткості знань, коли це можливо, або використанням спеціальних методів подання й оброблення нечітких знань. За останні роки проектувальники систем зіткнулися з досить спірним обговоренням нової технології під назвою "Fuzzy Logic". Нечітку логіку вважають одним з багатьох інструментів, необхідних для створення системних рішень у швидкій, економічно ефективній та прозорій формах [3].

Нечітка логіка може бути використана для швидкого створення автоматизованих систем керування, для яких неможливо вивести відповідну математичну модель. Однією з таких систем є автоматизована система керування крановими установками, де досвід оператора може бути описаний нечіткою логікою і використаний у процесі управління розгойдуванням вантажу крана.

**Мета дослідження.** Основним завданням роботи є аналіз різних моделей управління крановими установками дослідження лінгвістичних змінних та їх використання для створення лінгвістичної стратегії управління, а також подальшого її застосування у розробленні системи автоматизованого управління крановими установками на основі нечіткої логіки. Метою роботи є розроблення продукційних правил для автоматизованої системи управління портальними кранами на основі створеної лінгвістичної стратегії.

**Альтернативні моделі управління краном.** Багато інженерів намагалися автоматизувати цю задачу управління краном в останні роки. Вони досліджували управління на основі ПІД регуляторів, управління на основі моделі, управління на основі нечіткої логіки.

**Використання ПІД** – пропорційно-інтегрально-диференціальних регуляторів не було успішним тому, що управління по своїй суті завдання нелінійне. Наприклад, мінімізація розгойдування важлива тільки тоді, коли контейнер знаходиться близько до місця призначення. Інші намагалися вивести математичну модель крана, використовуючи її в основі моделі контролера. Вони прийшли до п'ятого ступеня диференціального рівняння, що описує механічну поведінку. Хоча в теорії контролер, розроблений на основі цієї моделі, має працювати, насправді це не так [3]. Причинами цього є:

- вага контейнера, яка є невідомою;
- поведінка двигуна крана далеко не лінійна, як передбачалося в моделі, і потрібно враховувати сповільнення коробки передач;

- "голова" крана переміщується тільки з тертям і кабелі включають еластичність;
- порушення, такі як пориви вітру, не можуть бути включені в модель.

Отже, класичні методи управління добре працюють за повністю описаного і визначеного об'єкта управління і знаного середовища, а для систем з неповною інформацією та високою складністю об'єкта керування оптимальними є нечіткі методи управління [1, 2].

**Лінгвістична стратегія управління.** Нечітка логіка заснована на використанні таких виразів природної мови, як "далеко", "близько", "холодно", "тепло". Діапазон її застосування дуже широкий, від побутових приладів до управління складними промисловими процесами, наприклад керування крановими установками. Проблема управління кранами не може бути просто вирішена за допомогою класичних методів через складність математичної моделі крана [4].

Проте людина-оператор здатна управляти краном без диференціальних рівнянь. Оператор навіть не використовує давач довжини кабелю. Оператор підіймає контейнер за допомогою крана, надає крану середню потужність двигуна, щоб побачити, наскільки розхитається контейнер. Залежно від реакції, він регулює потужність двигуна, щоб втримати контейнер трохи позаду "голови" крана. У цьому положенні максимальна швидкість може бути досягнута з мінімальним впливом. Близьче до кінцевої позиції оператор знижує потужність двигуна. Таким чином, контейнер стає трохи вперед "голови" крана і майже досягає потрібного місця. Потім потужність двигуна збільшуємо так, щоб "голова" крана знаходилася над об'єктом і при цьому розхитування було наближене до нуля. У цьому випадку немає диференціальних рівнянь, необхідних для реалізації цього, а різного роду порушення та нелінійність компенсується спостереженням оператора за позицією контейнера та регулюванням ним швидкості переміщення вантажу [2].

Аналіз дій оператора показує, що оператор використовує деякі "правила великого пальця" у своїй стратегії управління:

- почніть зі середньої потужності;
- якщо ви все ще далекі від точки призначення, то регулювати потужність двигуна так, щоб контейнер став трохи далі за "голову" крана;
- якщо ви перебуваєте близько до точки призначення, то потрібно знизити швидкість так, щоб контейнер став трохи вперед "голови" крана;
- коли контейнер знаходиться дуже близько до точки призначення, надайте мінімальну потужність двигуну;
- коли контейнер досягнув точки призначення і розгойдування дорівнює нулю, вимкніть двигун.

Для автоматизації управління цього крана застосовано давачі для визначення положення крана "Відстань" і кута його нахилу "Кут". Використовуючи ці входи, можна описати правила у "ЯКЦО-ТО" форматі для визначення правильного значення швидкості:

ЯКЦО Відстань = далеко І Кут = нуль, ТО Швидкість = позитивна середня.

"ЯКЦО-ТО" правила завжди описують реакцію на певну ситуацію як:

ЯКЦО <умова> ТО <дія>.

У разі управління контейнером крана, кожна ситуація визначається двома умовами. Перша умова описує значення відстані, друга – значення кута. Умови об'єднані оператором І, що свідчить про те, що обидві умови мають обов'язково виконуватись для відповідної ситуації [5]. Кількість правил є необмеженою, то-

му за потреби можна додати більше правил, які будуть детальніше описувати роботу системи та дії, що вона має виконувати у конкретних ситуаціях.

**Висновки.** Дослідивши альтернативні моделі управління крановими установками, встановлено, що використання нечітких систем управління є найкращим способом реалізації такої складної системи, як кранові установки. Нечіткі системи управління використовують нечіткі правила, які базуються на лінгвістичних змінних.

Використання лінгвістичних змінних у багатьох застосуваннях зменшує загальну складність обчислень програми, що є особливо корисним у складних нелінійних застосуваннях. Таким чином, природною мовою можна описати ті операції та дії, які виконує оператор крана під час управління крановою установкою. Можна використати досвід та знання оператора крана в автоматизованому процесі управління краном для забезпечення якісного та безпечного перевезення вантажу без його розгойдування.

### Література

1. Popadic T. A fuzzy control scheme for the gantry crane position and load swing control / T. Popadic, F. Kolonic, A. Poljugan // University of Zagreb. – 6 p.
2. Burul I. The control system design of a gantry crane based on  $H_\infty$  control theory / I. Burul, F. Kolonic, J. Matuško // MIPRO 2010. – Croatia. – 183-188 p.
3. Practical Fuzzy Logic Design. [Electronic resource]. – Mode of access [http://www.fuzzytech.com/e/e\\_a\\_pfd.html](http://www.fuzzytech.com/e/e_a_pfd.html)
4. Banks W. Linguistic Variables: Clear Thinking with Fuzzy Logic / W. Banks. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.phaedsys.com/principals/bytecraft/bytecraftdata/Linguistic Variables .pdf>.
5. Zadeh L.A. The concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning – I / L.A. Zadeh. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.cs.berkeley.edu/~zadeh/papers/The Concept of a Linguistic Variable and its Applications to Approximate Reasoning I-1975.pdf>.

### **Ткаченко Р.А., Вербенко И.О. Лингвистическая стратегия управления крановыми установками**

Проведен анализ традиционных моделей управления такими крановыми установками: на основе ПИД регуляторов; на основе использования математической модели крана в основе модели контроллера; на основе нечеткой логики. Исследовано, что классические методы управления хорошо работают при полностью описанном и определенном объекте управления и известной среде, а для систем, таких как крановые установки, с неполной информацией и высокой сложностью объекта управления, оптимальными являются нечеткие методы управления. Проанализировано использование лингвистических переменных для создания лингвистической стратегии управления портальными кранами на основе знаний и опыта оператора крана, которая будет использоваться в разработке производственных правил. Полученные результаты применяются в разработке автоматизированной системы нечеткого управления крановыми установками для контроля колебания груза при его перевозке.

**Ключевые слова:** крановая установка, порталный кран, ПИД регуляторы, нечеткая логика, нечеткие системы управления, нечеткие правила, лингвистическая переменная, лингвистическая стратегия управления.

### **Tkachenko R.O., Verbenko I.O. Linguistic Strategy for Managing Crane Systems**

Traditional models for managing crane systems such as a model based on the use of PID controllers, a model based on the use of mathematical model in the crane model-based controller, and a model based on fuzzy logic were analyzed. It was investigated that classical management methods work well when the object is fully described and defined and the environment is known. However, for managing systems such as crane installation with incomplete information

and high complexity of management object the best way is to use fuzzy logic. The use of linguistic variables for creating gantry cranes linguistic strategy based on knowledge and experience of crane operator and its further usage for the development of production rules was analyzed. The results obtained are used in designing the automated fuzzy crane management system to control load position during its transporting.

**Keywords:** crane system, gantry crane, PID controllers, fuzzy logic, fuzzy control systems, fuzzy rules, linguistic variable, linguistic management strategy.

УДК 34.03:004.056.5

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

### **ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРИНЦИПУ РОЗУМНОЇ ДОСТАТНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ НА ПІДПРИЄМСТВІ**

Розглядаються питання обґрунтування особливостей реалізації принципу розумної достатності та економічної ефективності функціонування комплексної системи захисту інформації (КСЗІ) на підприємстві, які дають змогу встановити його номінальні величини, а також оцінювати якість роботи системи захисту та здійснювати налаштування параметрів експлуатації. Виявлено, що на сьогодні розробити і впровадити абсолютно неперехресну КСЗІ принципово неможливо. При достатньому обсягу часу і наявності сучасних програмно-технічних засобів можна подолати будь-який опір системи захисту. Тому йдеться про достатній рівень якості роботи КСЗІ, при якому фінансові витрати на її побудову та експлуатацію, ризик успішної реалізації інформаційних атак і розмір можливого збитку від них будуть співвимірними між собою та прийнятними для підприємства.

**Ключові слова:** інформаційна безпека (ІБ), комплексна система захисту інформації (КСЗІ), інформаційні ресурси (ІР), організаційна та математична модель ІБ підприємства.

**Вступ.** Відомо, що інформаційні ресурси (ІР) будь-якого підприємства є одним з головних джерел його ефективної економічної діяльності [4]. Фактично існує тенденція, коли всі сфери діяльності підприємства стають залежними від інформаційного розвитку, в процесі якого вони самі породжують інформацію та самі ж її споживають [17]. Тому використання ефективної системи зберігання, накопичення та використання ІР є самостійною складовою загальної діяльності підприємства, значення якої з кожним роком зростає [9].

Стрімкий розвиток ІТ призводить до різкого накопичення ІР підприємства [1, 16], які постійно піддаються різним інформаційним атакам з боку конкурентів, зловмисників чи просто хакерів [5]. Наслідками успішного проведення таких атак можуть стати компрометація конфіденційної або спотворення цілісної інформації, нав'язування керівництву помилкової інформації, порушення встановленого регламенту доступу до достовірної інформації, а також відмови і збої в роботі програмно-технічних систем [2]. Все це також пов'язано з навмисними і випадковими діями як з боку працівників підприємства [13, 14, 19, 23, 30], так і з боку потенційних конкурентів чи злочинних організацій [32]. Реалії ж сьогодення свідчать про те, що кількість зловмисних дій стосовно певного виду інформації не тільки не зменшується, але й має достатньо стійку тенденцію до зростання [8, 18, 28]. Розуміючи це, керівники підприємств вимушені запроваджувати різні організаційні та програмно-технічні заходи щодо захисту ІР, важливих для них [7, 11, 17].