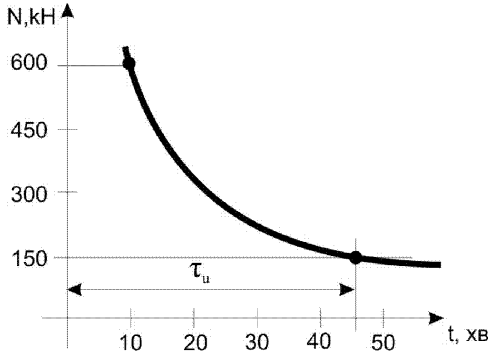


***Рис. Залежність несної здатності металевої колони від часу нагріву***

***Табл. 2. Тривалість втрати несної здатності металевої колони***

| Металева колона, двотавр № 24 | Межа вогнестійкості, хв |
|---|---|
| Металева колона, захищена вогнезахисною речовиною на основі наповненого поліалюмосилоксану товщиною 0,6 мм, склад № 4 | 46 |
| Не захищена металева колона | 17 |

Межа вогнестійкості для захищеної металевої колони, виготовленої із двотавра № 24, становить 46 хв (див. табл. 2), що у 3 рази більше, ніж у не захищеної металевої колони.

**Висновки:** Встановлено, що під час нагрівання вихідних композицій на основі наповненого $Al_2O_3$, $ZiO_2$, каоліном, та каоліновим волокном поліалюмосилоксану у складі покриття утворюються температуро- і вогнестійкі силіманітомулітова та цирконова фази. Введення до складу покриття 1-3 мас. % $TiO_2$ сприяє синтезу наведених вище фаз та знижує температуру їх утворення на 50-60 °. Розроблені склади композицій можна використовувати як вогнезахисні покриття для металевих конструкцій. При цьому, згідно з проведеними розрахунками, межа вогнестійкості колони, обробленої розробленою вогнезахисною речовиною товщиною покриття 0,6 мм, збільшується в 3 рази.

## Література

1. Гивлюд М.М. Високотемпературні захисні покриття поверхонь металів на основі наповнених поліалюмосилоксанів / М.М. Гивлюд, В.В. Артеменко // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – Львів, 2009. – № 15. – С. 46-50.

2. Артеменко В.В. Склади та аналіз властивостей захисних покриттів на основі наповнених поліалюмосилоксанів / В.В. Артеменко // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – Львів, 2010. – № 16. – С. 59-64.

3. Гивлюд М.М. Вогнезахист будівельних конструкцій речовинами на основі наповнених силіційорганічних сполук / М.М. Гивлюд, В.В. Артеменко, В.Б. Лоїк, Я.Й. Коцій // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – Львів, 2012. – № 21. – С. 32-38.

***Артеменко В.В., Яковчук Р.С., Харчук А.И., Миллер О.В.*** **Повышение предела огнестойкости металлических конструкций огнезащитными веществами**

Исследована проблема повышения огнестойкости и долговечности металлических конструкций в условиях высокотемпературного нагрева путем нанесения на их поверхность защитных покрытий. Разработаны исходные составы для защитных покрытий при условии получения при высоких температурах максимального содержания температуростойких силикатов алюминия и циркония. Введение в состав покрытия 1-3 масс. % $TiO_2$ способствует синтезу вышеупомянутых фаз и понижает температуру их образования на 50-50 °. Выполнен расчет предела огнестойкости металлической колонны, изготовленной из двутавра № 24, защищенного разработанным огнезащитным составом.

***Ключевые слова:*** предел огнестойкости, огнестойкость, температура, огнезащитные покрытия, фазообразование, композиция, защитный шар.





***Artemenko V.V., Yakovchuk R.S., Kharchuk A.I., Miller O.V.*** **Increasing Fire Resistance by Fire Protective Substances of Metal Structures**

The work is dedicated to increasing fire resistance and durability of metal structures in conditions of high heat by drawing on their surface protective coatings. The original compositions for protective coverings received in high temperatures of maximum contents of temperature stable aluminium and zirconium silicates are developed. An insertion of 1-3 % $TiO_2$ will facilitate a synthesis of cited above phases and reduce the temperature of their formation on 50-60 degrees. The calculation of fire resistance limits of metal column made of beam № 24 protected by elaborated fire protective substance is made. Fire limit of the centrally compressed protected column is defined to be 3 times higher than that of unprotected one.

***Keywords:*** fire-resistance limit, temperature, fire-protective coverings, phase creation, composition, protective layer.

***УДК 004.896*** ***Аспір. І.О. Вербенко*[1] *– НУ "Львівська політехніка"***

## СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ КОЛИВАННЯМ ВАНТАЖУ КРАНА НА БАЗІ НЕЙРОНЕЧІТКОГО КОНТРОЛЕРА

Проаналізовано особливості систем нечіткого виведення Мамдані, Сунего і Т-контролер, їх переваги та недоліки та обрано систему Т-контролер для подальшого її використання у розробленні автоматизованої системи управління крановими установками. Розроблено систему управління коливаннями вантажу крана на базі нейронечіткого контролера T-Controller. Управління здійснюється за допомогою нечітких правил, які розробляли на основі знань та досвіду оператора крана. Процес управління полягає у контролі параметрів кута та відстані вантажу, що дає змогу визначити необхідну потужність, яку потрібно надати крана в певний момент часу.

***Ключові слова:*** кранова установка, портальний кран, система нечіткого виведення, нейронечіткий контролер, рівняння руху крана.

**Вступ та аналіз літературних джерел**. Сучасні логістичні системи широко використовують кранові установки для підіймання та переміщення великих і важких вантажів у межах певної зони обслуговування. На сьогодні більшість кранів є неавтоматизованими або напівавтоматизованими, і робота таких кранових установок залежить від оператора крана, який ними керує. Причиною цього є проблема коливання вантажу крана під час його переміщення, яке збільшує час транспортування та впливає на надійність, що може призвести до аварійних ситуацій. Таким чином, актуальним є розроблення методів та засобів для контролю коливань вантажу під час його транспортування.

Більшість рішень для вирішення проблем, пов'язаних з управлінням подібними системами, ґрунтуються на традиційній теорії управління. Проте традиційна теорія управління може бути застосована у разі, коли відомі модель керо-

[1] Наук. керівник: проф. Р.О. Ткаченко, д-р техн. наук

ваної системи, її цільова функція, сформульована в точних термінах та є вирішення відповідної задачі математичного моделювання. Якщо ж одну з цих умов неможливо виконати, тоді традиційна методологія не може бути застосована **[1]**.

У випадку системи управління крановими установками модель керованої системи є невідомою, тому неможливо точно описати її модель. У цьому випадку для розроблення системи управління можуть бути використані знання оператора-експерта в цій галузі, який успішно керує краном. Тому найкращим буде використання нечіткої методології управління, яка дасть змогу використати знання та досвід оператора під час розроблення системи управління крановими установками.

**Мета дослідження**. Основним завданням роботи є аналіз систем нечіткого виведення та вибір однієї з них для подальшого розроблення автоматизованої системи управління крановими установками. Метою роботи є моделювання роботи автоматизованої системи управління коливанням вантажу крана на базі нейронечіткого контролера.

**Постановка проблеми**. Роботу вантажопідіймальних кранів виконують за такими етапами: 1) прикріплення вантажу; 2) підіймання вантажу; 3) переміщення вантажу від точки до точки; 4) опускання вантажу; 5) відчеплення вантажу. Ідеальний варіант здійснення цих п'ятьох етапів – це повна автоматизація всіх процесів, без участі людини. Проте більшість кранових установок на сьогодні й надалі є неавтоматизованими або напівавтоматизованими, тому що переміщення вантажу від точки до точки є найбільш трудомістким етапом у цьому процесі, і вимагає вмілого оператора для її виконання. Тому проблема переміщення вантажу крана від точки до точки зі забезпеченням контролю коливання вантажу є в центрі уваги багатьох сучасних досліджень.

**Системи нечіткого виведення**. Серед алгоритмів нечіткого виведення найбільш відомими і популярними є Мамдані (E. Mamdani) і Сугено (M. Sugeno). Перевагами методу Мамдані є відсутність стандартів у побудові правил та виборі методу нечіткої логіки на основі експериментів і розширення експертних знань. Це дає змогу описати досвід більш зрозумілим, подібним до людського чином. Тим не менше, недоліком варто вважати неоднозначність процедури дефазифікації та істотні обчислювальні витрати.

Особливістю методу Сугено є його застосування за умови достатньої кількості основних числових даних. Цей метод ефективний в обчисленні, добре працює з оптимізацією та адаптивними методами, що робить його широко використовуваним у завданнях управління. Якщо ж параметри моделі змінюються залежно від конфігурації, характеру чи величини навантаження, то використання цього методу є недоцільним тому, що потрібно створювати окремі моделі для кожної з ділянок області розбиття для формування відповідних керуючих впливів, що може істотно впливати на швидкодію системи **[2]**.

Беручи до уваги недоліки наведених вище систем нечіткого виведення, виникає потреба в застосуванні іншої системи, котра їх компенсуватиме. Система нечіткого виведення T-Controller має такі переваги порівняно з традиційними системами Мамдані та Сугено:

- об'єднання в єдиний крок логічного виведення і композиції;





- висока швидкість геометричного методу нечіткої логіки з нульовою систематичною помилкою;
- кількість правил зумовлена особливостями тільки вихідних змінних;
- процедура побудови правил є інтуїтивно зрозумілою для фахівців з аналізу можливих ситуацій для вихідної змінної.

Основними перевагами цього методу вважаються його швидкість та простоту **[3]**.

**Модель портального крана**. Для моделювання роботи системи управління крановою установкою використано одинарний маятник як спрощену модель портального крана.

Спрощену модель портального крана зображено на рис., де $x_c$ – це положення вантажу відносно початкової точки, $x_p$ і $y_p$ – положення центру мас, $M_c$ – маса вантажу, $M_p$ – маса крана, $\alpha$ – кут нахилу вантажу та $F_c$ – зовнішня сила прикладена до вантажу **[4, 5]**.

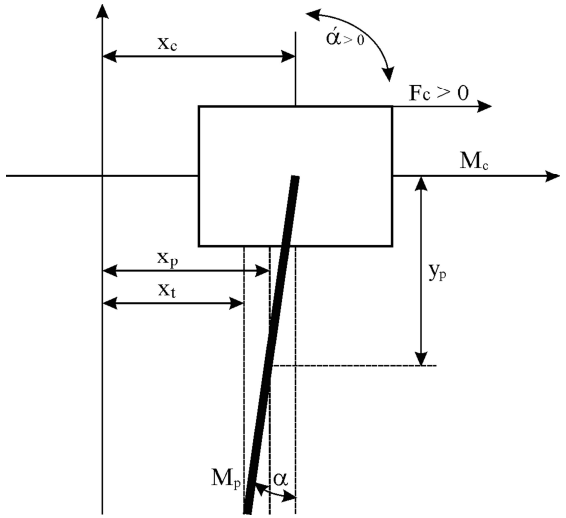


***Рис. Спрощена модель портального крана***

**Системи управління коливанням вантажу крана**. Після аналізу систем нечіткого виведення та інших досліджень розроблено автоматизовану систему управління коливанням вантажу крана на базі нейронечіткого контролера T-Controller. Управління коливанням вантажу реалізоване на основі застосування знань і правил, які використовує оператор крана під час роботи. Управління здійснюється за допомогою контролю двох параметрів, кута та відстані вантажу, які дають змогу визначити необхідну потужність, яку потрібно надати крана в певний момент часу. Система нечіткого виведення T-Controller використовує правила нечіткої логіки для визначення необхідної потужності, що подається на вхід портального крана.

**Висновки**. Кранові установки використовують на виробництвах для швидкого та якісного транспортування вантажу в межах заданої траєкторії.

Проте проблемою під час транспортування вантажів є їх коливання, що можуть спричинити шкоду як самому виробництву, так і людям, що там працюють. З цієї причини кранові установки й досі є неавтоматизованими й управляють ними оператори, котрі стежать за процесом транспортування.

Для автоматизації процесу управління такої системи як кранова установка, найкраще застосувати нечітку логіку, яка зможе використати знання оператора-експерта цієї галузі для управління коливанням вантажу під час його переміщення.

З-поміж наявних системи нечіткого виведення обрано систему T-Controller для подальшого розроблення на її базі автоматизованої системи управління крановими установками. Процес управління здійснюється на основі контролю кута та відстані вантажу, за допомогою яких, використовуючи нечіткі правила. розроблені у системі T-Controller, можна визначити необхідну потужність, що потрібно надати крана у відповідний момент часу.

## Література

1. John Wiley, Fuzzy Sets and Applications: Selected Papers by L.A. Zadeh, ed. R.R. Yager et al. New York, 1987.

2. Kaur Ar. Comparison of Mamdani-Type and Sugeno-Type Fuzzy Inference Systems for Air Conditioning System International Journal of Soft Computing and Engineering. – Vol. 2, Issue 2, May 2012. – Pp. 231-237.

3. About T-controller. **[**Electronic resource**]**. – Mode of access http://tkatchenko.com/t-controller/about-t-controller/

4. 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.

5. Burul I. The control system design of a gantry crane based on $H_\infty$ control theory / I. Burul, F. Kolonić, J. Matuško // MIPRO 2010. – Croatia. – Pp. 183-188.

***Вербенко И.О.*** **Система управления колебаниями груза крана на основе нейронечеткого контроллера**

Проанализированы особенности систем нечеткого вывода Мамдани, Сунего и Т-контроллер, их преимущества и недостатки, и выбрана система Т-контроллер для дальнейшего ее использования в разработке автоматизированной системы управления крановыми установками. Разработана система управления колебаниями груза крана на базе нейронечеткого контроллера T-Controller. Управление осуществляется с помощью нечетких правил, которые разрабатывались на основе знаний и опыта оператора крана. Процесс управления заключается в контроле параметров угла и расстояния груза, что позволяет определить необходимую мощность, которую нужно предоставить крана в определенный момент времени.

***Ключевые слова:*** крановая установка, портальный кран, система нечеткого вывода, нейронечеткий контроллер, уравнения движения крана.

***Verbenko I.O.*** **Crane load swing control system based on neuro-fuzzy controller**

The features, advantages and disadvantages of fuzzy inference systems as Mamdani, Sugeno and T-Controller was analyzed. As a result, T-controller system was selected for its further usage in developing automated crane control system. The system of carne load swing control based on neuro-fuzzy T-Controller controller was developed. Management is carried out using fuzzy rules which were developed based on the knowledge and experience of crane operator. Management process consists in controlling of load angle and distance parameters which allow to determine the necessary power that should be set in appropriate time.

***Keywords:*** crane system, gantry crane, fuzzy inference system, neuro-fuzzy controller, equation of crane motion.





*УДК 614.841* *Доц. М.З. Пелешко, канд. техн. наук – Львівський ДУ БЖД*

# ВПЛИВ ЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ НА ТЕМПЕРАТУРО- ТА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Досліджено, що застосування вогнезахисних покриттів для залізобетонних конструкцій є досить ефективним способом запобігання його руйнуванню під час пожежі. Визначено умови формування вогнезахисного покриття на основі наповнених полісилоксанів для підвищення вогнестійкості залізобетонних будівельних конструкцій в умовах реальної пожежі. Запроектовано склади вихідних композицій захисних покриттів та вивчено їх вплив на деформаційні властивості залізобетонних будівельних конструкцій. Запроектовано склади захисних покриттів для підвищення довговічності залізобетонних конструкцій в умовах високотемпературного нагрівання та умов пожежі.

***Ключові слова:*** високотемпературне та вогнезахисне покриття, вихідна композиція, межа міцності та вогнестійкості залізобетонних конструкцій, модуль пружності та довговічність.

**Постановка проблеми.** Нормативними документами України визначено, що межа вогнестійкості залізобетонних будівельних конструкцій визначається шляхом проведення вогневих випробувань, яка має становити, залежно від матеріалу конструкції, не менше 45 хв. З урахуванням сучасних технологій будівництва, а саме зменшення перерізу основних будівельних залізобетонних конструкцій для збільшення необхідної межі вогнестійкості, доцільно використовувати вогнезахисні покриття.

Застосування вогнезахисних покриттів є досить ефективним способом запобігання його руйнуванню в разі пожежі, що забезпечує нормовану межу їх вогнестійкості. Для захисту поверхні залізобетону від вогневого впливу перспективними є захисні покриття на основі органічних і мінеральних в'яжучих, які здатні у процесі пожежі спучуватися. Але при цьому органічні в'яжучі у процесі нагрівання утворюють захисне покриття з високою адгезією на поверхні матеріалу, яке руйнується тепловими газовими потоками. Доцільним є використання вогнестійких покриттів на основі мінеральних в'яжучих, які спучуються під час нагрівання з утворенням теплоізоляційного захисного шару.

Тому актуальним з теоретичного та практичного погляду є розроблення складів атмосферостійких та вогнезахисних покриттів з покращеними фізико-механічними властивостями, що сприятиме підвищенню ефективності вогнезахисту залізобетонних конструкцій. Перспективним напрямком розроблення нових складів вогнезахисних покриттів є використання в їх рецептурах наповненого поліметилфенілсилоксану, що зумовило актуальність проведення досліджень, та встановлення закономірностей впливу компонент на ефективність вогнезахисту залізобетонних конструкцій.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій**. Перспективним способом захисту є нанесення на їх поверхню покриттів, які мають довготривало і надійно працювати в умовах різких коливань температур та дії високотемпературних агресивних середовищ. Захист будівельних конструкцій різноманітними покриттями, які завдяки високим показникам температуро, термо- і вогнестійкості не тільки збільшують термін експлуатації, але й під час регулювання фазового складу та структури у сукупності забезпечують необхідний комплекс цінних фізико-механічних і хімічних властивостей **[**1**]**.