

Висновки:

1. Розроблено метод оцінювання організаційного ризику для пожежно-рятувальних підрозділів міста, який дає змогу проводити аудит готовності пожежно-рятувальних підрозділів міста для виконання захисту об'єктів міста від пожеж і цим самим на підставі прогнозу впроваджувати необхідні заходи для забезпечення пожежної безпеки міста.
2. За умови виконання аудиту пожежно-рятувальних підрозділів міста для оцінки організаційного ризику процесу ліквідації пожеж у місті необхідно обов'язково проводити практичні перевірки знань і навичок кожного відділення частини з порівнянням результатів даних наведеного методу. Найбільша відносна похибка отриманих результатів не повинна перевищувати 15 %, що дасть змогу зробити висновок про достатню організаційну підготовку особового складу підрозділу.
3. Необхідна подальша робота з метою удосконалення та спрощення методу прогнозування організаційного ризику процесу ліквідації пожеж у місті з метою нагромадження та розширення бази даних для його вдосконалення.

Література

1. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.infoural.ru/ai/2004/13.html>.
2. Essentials of fire fighting. – Oklahoma: Fire protection publications, 1983. – 410 p.
3. Firehouse. – U.S.A. : A Cygnus publication, 1999. – December. – № 12. – 110 p.
4. Диллон Б. Инженерные методы обеспечения надежности систем / Б. Диллон, Ч. Сингх. – М. : Изд-во "Мир", 1984. – 318 с.
5. Решетов Д.Н. Надежность машин / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев. – М. : Изд-во "Высш. шк.", 1988. – 238 с.
6. Нормативи по пожежно-стройовій підготовці. – К. : УДПО МВС України, 1995. – 14 с.
7. Наказ МВС України № 325 від 01.07. 1993.
8. Войтович Д.П. Підвищення ефективності функціонування пожежно-рятувальних підрозділів в процесі ліквідації пожеж у містах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. – Львів : Вид-во ЛДУ БЖД, 2011. – 20 с.
9. ДСТУ 3286-95 Пожежна техніка. Автомобілі гасіння. Загальні технічні умови. – Взамін ГОСТ 26938-95; Чинний 01.01.1997. – К. : Держстандарт України, 2000. – 22 с.
10. Мовчан І.О. Визначення прогнозованого часу гасіння пожежі на промислових підприємствах / І.О. Мовчан, Е.М. Гуліда, Д.П. Войтович // Проблеми пожежної безпеки. – Харків : УЦЗ України. – 2008. – Вип. 23. – С. 241-247.

Гуліда Э.Н., Мовчан И.А. Оценка организационного риска процесса ликвидации пожара в городе

На основании анализа основных положений теории надежности были получены зависимости для определения количественной величины организационного риска процесса ликвидации пожара. Полученные зависимости позволяют прогнозировать значение организационных рисков для реализации пожарной безопасности объектов защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей, что является очень важным для процесса ликвидации пожара в городе.

Ключевые слова: пожарный риск, пожар, частота возникновения пожара, интенсивность отказов, вероятность безотказной работы, вероятность отказа.

Hulida E.M., Movchan I.O. Assessment of organizing risk of forest extinguishment process in city

On the basis of analysis of the basic regulations of reliability theory dependences for determining of cardinal quantity of organizing risk of fires liquidation process were received. Received dependences may prognosticate the value of organizing risks for realization

of fire safety of objects and their results for peoples and material value important in forest extinguishment in city.

Keywords: fire risk, fire, fire existence frequency, refusal intensity, probability of un-failing work, probability of refusal.

УДК 004.383.8.032.26

Проф. Р.О. Ткаченко, д-р техн. наук;

здобувач О.Р. Ткаченко; проф. І.Г. Цмоць, д-р техн. наук;

аспір. І.Є. Ваврук – НУ "Львівська політехніка"

**ВИКОРИСТАННЯ СИМУЛЯТОРА НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ
ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ
РОБОТОТЕХНІЧНОЮ СИСТЕМОЮ**

Розроблено структуру інтелектуальних засобів керування рухом мобільної робототехнічної системи з використанням контролера нечіткої логіки. Визначено лінгвістичні змінні, функції належності та сформовано базу правил для керування мобільною робототехнічною системою при об'їзді перешкоди. Здійснено моделювання і візуалізацію руху мобільної робототехнічної системи з використанням середовища TControllerWorkshop.

Ключові слова: мобільна робототехнічна система, нечітка логіка, ультразвуковий давач, контролер нечіткої логіки.

Постановка проблеми. На сьогодні досить поширене використання інтелектуальних засобів для керування робототехнічними системами (РТС). Створення інтелектуальних засобів може здійснюватись з використанням експертних систем, штучних нейронних мереж, нечіткої логіки, еволюційних методів та генетичних алгоритмів або поєднанням декількох з них [1].

Основними перевагами використання нечіткої логіки для моделювання керування мобільними РТС є забезпечення більш високої стійкості порівняно з іншими методами; використання неоднозначно заданих вхідних значень, що особливо важливо, якщо мобільна РТС функціонує у невизначених умовах; зменшення часу проектування тощо. Нечітка логіка використовується у випадках, коли важко або неможливо описати систему традиційними методами. Особливістю штучних нейромереж є їх висока швидкодія, надійність та відмовостійкість [13].

Система керування рухом мобільної РТС повинна забезпечувати взаємодію з зовнішнім середовищем і на основі цього здійснювати побудову маршруту, керувати параметрами руху тощо. Мобільні РТС поділяють на: наземні, плаваючі, літаючі тощо. Наземні мобільні РТС поділяють, своєю чергою, на колісні, крокуючі та гібридні. На цей час найбільший практичний інтерес викликають наземні колісні РТС, оскільки вони прості в розробленні та моделюванні.

Отже, актуальною задачею є використання інтелектуальних засобів на основі нечіткої логіки та нейромереж для керування мобільними колісними РТС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз останніх досліджень і публікацій засвідчив, що існуючі інтелектуальні засоби на базі нечіткої логіки мають такі недоліки [1-7]: невисока точність; невисока швидкодія; залежність результатів від методу дефазифікації. Для подолання зазначених

недоліків запропоновано використовувати нейронечітку модель Т-контролера, що реалізована в середовищі T-Controller Workshop [3-6]. При цьому забезпечується збільшення швидкості та точності завдяки використанню високошвидкісного нейромережевого методу дефазифікації з нульовою методичною похибкою перетворення.

Завдання і мета дослідження. Мета дослідження полягає в здійсненні моделювання і візуалізації руху мобільної колісної РТС при об'їзді перешкоди. Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язуються такі задачі: розроблення структури інтелектуальних засобів керування рухом мобільної колісної РТС з використанням нечіткої логіки та нейромереж, визначення лінгвістичних змінних, функцій належності та побудови бази правил для керування рухом мобільної РТС.

Виклад основного матеріалу. Структура інтелектуальних засобів керування рухом мобільної РТС. Запропоновано побудову структури інтелектуальних засобів керування рухом мобільної РТС здійснювати за модульним принципом. Основними компонентами структури інтелектуальних засобів керування рухом мобільної РТС є: мобільна РТС, модуль збирання та оброблення даних і програмний контролер нечіткої логіки [7].

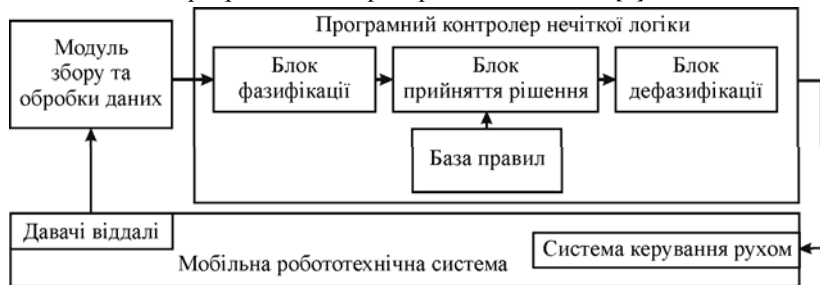


Рис. 1. Структура інтелектуальних засобів керування рухом мобільної РТС

Зміна траєкторії руху здійснюється на основі інформації, що надходить з давачів віддалі платформи РТС. Можуть використовуватись різноманітні давачі віддалі, але найчастіше для задач керування рухом використовуються ультразвукові [8, 9, 11, 12]. Запропоновано використовувати три давачі. Приклад їх розміщення наведено на рис. 2, де L_1 - L_3 давачі віддалі.

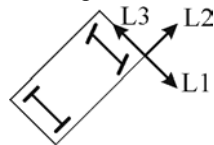


Рис. 2. Розміщення ультразвукових давачів на мобільній РТС

Принцип роботи ультразвукових давачів полягає у випромінюванні короткого ультразвукового імпульсу, що відбивається від об'єкта і приймається давачем. При цьому виявлення об'єктів залежить від властивостей поверхні та кута падіння на об'єкт [8, 9]. Основною характеристикою ультразвукових давачів є зона виявлення (рис. 3). Довжина "сліпої зони", в

якій давач не може знайти об'єкт, залежить від довжини імпульсу та часу затухання коливань [9].

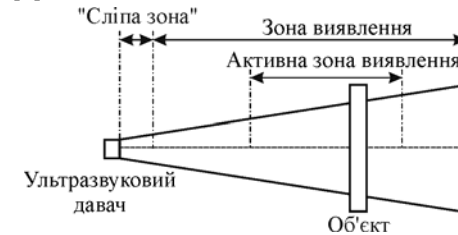


Рис. 3. Зона виявлення ультразвукового давача

Вхідні дані отримують з давачів мобільної РТС та через модуль збирання та оброблення даних надходять у програмний контролер нечіткої логіки (Т-контролер). У ньому відбувається перетворення параметрів, що отримуються з давачів у процесі функціонування мобільної РТС в параметри, за допомогою яких здійснюється керування мобільною РТС. Контролер нечіткої логіки оперує нечіткими величинами, до яких відносять нечіткі множини, нечіткі змінні та лінгвістичні змінні [5-7, 10].

Нечітка множина A в деякому просторі X задається множиною пар $A = \{x, \mu_A(x)\}$; $x \in X$, де $\mu_A(x)$ – функція належності, що показує ступінь належності кожного елемента x до нечіткої множини A [7]. Максимальне значення функції належності – 1, що означає повну належність елемента до нечіткої множини. Нечітка змінна задається набором $\langle \alpha, X, A \rangle$, де α – назва нечіткої змінної; X – область її визначення; A – нечітка множина, що містить можливі значення, які може приймати нечітка змінна α [10].

Лінгвістична змінна задається набором $\langle \beta, T, X, G, M \rangle$, де β – назва лінгвістичної змінної; T – множина значень лінгвістичної змінної (терм-множина); X – область визначення нечітких змінних; G – синтаксична процедура, що дає змогу генерувати нові терми (значення), використовуючи елементи T -множини; M – семантична процедура, що дає змогу поставити у відповідність новому значенню лінгвістичної змінної, що отримана з допомогою процедури G відповідну нечітку множину [10].

Контролер нечіткої логіки функціонує за таким принципом: вхідні дані перетворюються з чітких величин в нечіткі в блоці фазифікації обробляються в блоці прийняття рішень та перетворюються з нечітких величин у чіткі в блоці дефазифікації.

Блок фазифікації призначений для перетворення конкретних чітких величин $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ у нечіткі за рахунок зіставлення конкретного значення вхідної величини та значення функції належності $\mu(x)$ відповідного терму вхідної лінгвістичної змінної. Основна складність цього етапу полягає у формуванні функцій належності та визначенні кількості термів лінгвістичної змінної. Наприклад, для розв'язання задачі об'їзду перешкод мобільною РТС може використовуватись вхідна лінгвістична змінна – "відстань до перешкоди", що отримується з давачів віддалі. Її відповідними термами можуть бути: $T = \{\text{"мала"}, \text{"середня"}, \text{"велика"}\}$.

База правил містить множину нечітких правил. Складність реалізації цього блоку полягає в забезпеченні достатньої кількості та несуперечності нечітких правил, щоб вони повністю охоплювали всі можливі випадки при розв'язанні поставленої задачі та адекватно відображали ціль управління. Для нейронечіткої моделі Т-контролера правила записуються в такій формі [3-5]:

$$R_k(B): (X_1 \text{ is } A_{1k} \text{ and... and } X_n \text{ is } A_{nk}) \text{ or... or } (X_1 \text{ is } A_{1m} \text{ and... and } X_n \text{ is } A_{nm})$$

де X_i – вхідні змінні, R_k – правило, A_{ik}, A_{im}, B_k – терми лінгвістичних змінних.

При побудові бази правил спочатку необхідно виділити в кожній вихідній лінгвістичній змінній певні терми і задати їх функції належності. Потім для кожного терму вихідної лінгвістичної змінної необхідно задати правило, використовуючи кон'юнкцію (операція "AND") та диз'юнкцію (операція "OR"). Наприклад, вихідною лінгвістичною змінною може бути "кут повороту". Її термами можуть бути: $T = \{\text{"направо", "прямо", "наліво"}\}$. Тоді правило для терму "направо" може бути представлено у вигляді:

Правило 1 ("направо"): ("відстань до перешкоди першого давача" is "велика" and "відстань до перешкоди другого давача" is "велика" and "відстань до перешкоди третього давача" is "мала") or... or ("відстань до перешкоди першого давача" is "середня" and... and "відстань до перешкоди третього давача" is "середня").

Блок прийняття рішень призначений для перетворення вхідної нечіткої множини у вихідну нечітку множину з використанням правил, що містяться в базі правил $R_k = M_k \rightarrow N_k$, де R_k – правило, M_k, N_k – нечіткі множини.

Блок дефазифікації призначений для перетворення нечітких множин, що надходять з блоку прийняття рішень у чітку величину u , що подається в систему керування рухом мобільної РТС. Особливістю алгоритму Т-контролера є нейромеревий метод дефазифікації, що здійснюється за допомогою каскаду двох нейромеревих моделей геометричних перетворень та дає змогу отримати нульову методичну похибку перетворення [3-5].

Для керування рухом використовується значення вихідної змінної u , що надходить з блоку дефазифікації. У загальному випадку колісні мобільні РТС поділяють на РТС танкового типу та РТС з системою рульового управління. У РТС танкового типу колеса є фіксованими відносно платформи. РТС з системою рульового управління оснащені спеціальними поворотними механізмами і можуть здійснювати поворот коліс відносно платформи.

Моделювання руху мобільної РТС при об'їзді перешкоди. Для моделювання руху мобільної РТС використовується нейронечітка модель Т-контролера, що реалізована в програмному середовищі TControllerWorkshop [5, 6]. Основні переваги цього середовища полягають у забезпеченні високої швидкодії і точності. Екранну форму середовища TControllerWorkshop наведено на рис. 4.

Вхідними параметрами є віддаль до перешкоди, що отримується з давачів віддалі. Для опису вхідних параметрів використовуються лінгвістичні змінні L_1-L_3 , що відповідають віддалі до перешкоди отриманої з трьох давачів віддалі. У програмному середовищі TControllerWorkshop передбачена мож-

ливість вводити значення вхідних даних вручну або зчитувати з файлу. Для кожної вхідної змінної необхідно задати множину значень (термів) $T = \{\text{"Small", "Average", "High"}\}$, що позначають малу, середню і велику відстань до перешкоди відповідно. Функції належності кожного терму задаються парами чисел, перше з яких вказує на значення відстані до перешкоди (значення лінгвістичної змінної L_i , де i – номер ультразвукового давача), а друге – на значення функції належності при певному значенні лінгвістичної змінної [6].

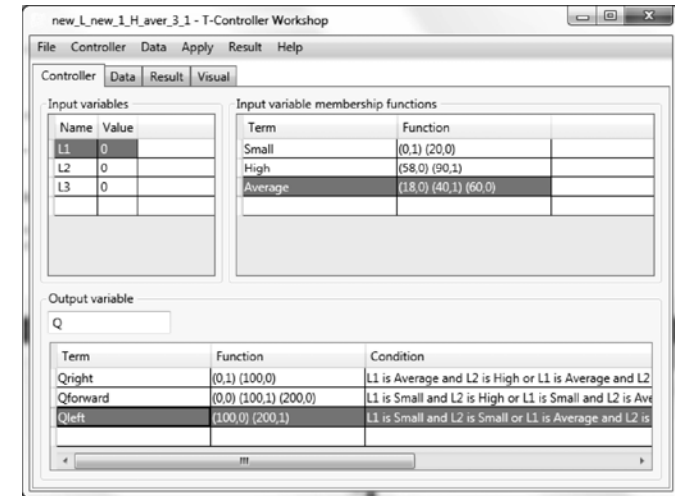


Рис. 4. Екранна форма середовища TControllerWorkshop

Результатом опрацювання є кут повороту мобільної РТС, що описується лінгвістичною змінною Q з трьома термами $T = \{\text{"Qright", "Qforward", "Qleft"}\}$, що означають рух прямо, поворот направо та поворот наліво відповідно. Для кожного з термів задаються функції належності. Відповідні функції належності вхідних лінгвістичних змінних і вихідної наведено на рис. 5.

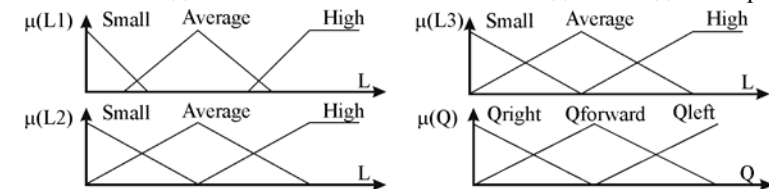


Рис. 5. Графічне представлення функцій належності

Формування бази правил здійснюється для кожного терму вихідної лінгвістичної змінної з використанням вхідних лінгвістичних змінних, їх термів та операцій кон'юнкції і диз'юнкції [6].

На рис. 6 наведено графічне подання процесу моделювання руху мобільної РТС при об'їзді перешкоди в середовищі TControllerWorkshop на основі розроблених правил. При цьому задаються такі функції належності для

термів лінгвістичної змінної L_1 : "Small" – (0,1)(20,0), "Average" – (18,0) (40,1) (60,0), "High" – (58,0)(90,1); для термів лінгвістичних змінних L_2 та L_3 : "Small" – (0,1)(40,0), "Average" – (0,0)(40,1)(90,0), "High" – (40,0)(90,1). При зміні значень функцій належності буде змінюватись траєкторія змодельованого руху мобільної РТС.

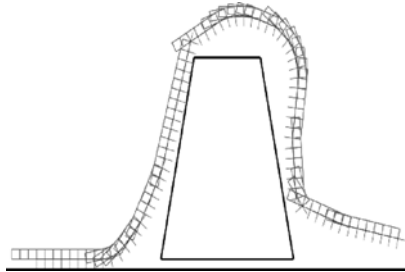


Рис. 6. Графічне моделювання руху мобільної РТС при об'їзді перешкоди

Висновки:

1. Використання інтелектуальних засобів керування мобільною РТС на базі нейронечіткої моделі Т-контролера, що реалізована в середовищі T-Controller Workshop, забезпечує збільшення швидкодії та точності завдяки високошвидкісному нейромережевому методу дефазифікації.
2. Здійснено побудову і опис структури інтелектуальних засобів керування рухом мобільної РТС. Запропоновано використовувати ультразвукові датчі віддалі для керування рухом мобільної РТС при об'їзді перешкоди.
3. Використання розробленої бази правил, визначених лінгвістичних змінних та відповідних функцій належності забезпечує здійснення управління мобільною РТС при об'їзді перешкоди.

Література

1. Апостолок В.О. Інтелектуальні системи керування: конспект лекцій/В.О. Апостолок, О.С. Апостолок. – К.: Вид-во НТУУ "КПІ", 2008. – 88 с.
2. Назаров Х.Н. Робототехнические системы и комплексы: учебн. пособ. / Х.Н. Назаров. – Ташкент: Изд-во Ташкентского ГТУ, 2004. – 101 с.
3. Ткаченко Р.О. Модель нейронних мереж // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології. – Львів: Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 1998. – № 349. – С. 83-86.
4. Грицик В.В. Нові підходи до навчання штучних нейромереж / В.В. Грицик, Р.О. Ткаченко // Доповіді Національної академії наук України. – 2002. – № 11. – С. 59-65.
5. Tkatchenko O. Rule-based Fuzzy System of Improved Accuracy / O. Tkatchenko, R. Tkachenko, Yu. Hirniak, O. Ivakhiv, P. Mushnyk // Proceedings of the 56-th International Colloquium: Innovation in Mechanical Engineering – Shaping the Future. – Imenau University of Technology, 2011. – Pp. 1-6.
6. Tkatchenko Olexij. T-Controller Workshop User Manual: Sapienware Corporation / Olexij Tkatchenko, 2011. – 16 с.
7. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 452 с.
8. Zou Yi (2000) Multi-ultrasonic sensor fusion for autonomous mobile robots, Sensor Fusion: Architectures / Zou Yi, Ho Yeong Khing, Chua Chin Seng, Zhou Xiao Wei // Algorithms and Applications IV; Proceedings of SPIE4051. – Pp. 314-321.
9. Жданкин В. Ультразвуковые датчики для систем управления / В. Жданкин // Современные технологии автоматизации: журнал. – 2003. – № 4. – С. 48-62.

10. Круглов В.В. Нечёткая логика и искусственные нейронные сети / В.В. Круглов, М.И. Дли, Р.Ю. Голунов. – М.: Изд-во "Физматлит", 2001. – 221 с.
11. Ткаченко О.Р. Управление рухом мобільної робототехнічної системи / О.Р. Ткаченко, І.Є. Ваврук, Я.П. Кісь // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: матер. Міжнар. наук. конф. ISDMCF2012. – Херсон: Вид-во ХНТУ, 2012. – С. 206-207.
12. Цмоць І.Г. Архітектура мобільної робототехнічної системи / І.Г. Цмоць, Б.Я. Шулак, О.В. Скорохода // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: матер. Міжнар. наук. конф. ISDMCF2012. – Херсон: Вид-во ХНТУ, 2012. – С. 210-211.
13. Цмоць І.Г. Принципи побудови та способи НВІС-реалізації нейромереж реального часу / І.Г. Цмоць, О.В. Скорохода, І.Є. Ваврук // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів: ПВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.06. – С. 292-300.

Ткаченко Р.А., Ткаченко А.Р., Цмоць І.Г., Ваврук І.Є. Использование симулятора нечеткой логики для моделирования процесса управления робототехнической системой

Разработана структура интеллектуальных средств управления движением мобильной робототехнической системы с использованием контролера нечеткой логики. Определены лингвистические переменные, функции принадлежности и сформирована база правил для управления мобильной робототехнической системой при объезде препятствия. Смоделировано и визуально показано движение мобильной робототехнической системы с использованием среды TControllerWorkshop.

Ключевые слова: мобильная робототехническая система, нечеткая логика, ультразвуковой датчик, контролер нечеткой логики.

Tkatchenko R.A., Tkatchenko A.R., Tsmots I.G., Vavruk I.Ye. Using simulator of fuzzy logic for modelling the control robotic systems

The structure of intelligent tools for traffic control mobile robotic systems with the usage of fuzzylogic controller are developed. The linguistic variables, membership functions and rule base are formed for by pass obstacles of mobile robotic systems. The modeling and visualization of mobile robotic systems motion using software TControllerWorkshop are made.

Keywords: mobile robotic systems, fuzzylogic, ultrasonic sensor, fuzzylogic controller.

УДК 674.09:51-74:519.87:004.942 Доц. В.О. Маєвський, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів; доц. А.Я. Вус, канд. фіз.-мат. наук – Львівський НУ ім. Івана Франка

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПИЛЮВАННЯ КОЛОДИ СЕКТОРНИМ СПОСОБОМ НА ТАНГЕНЦІАЛЬНІ ПИЛОМАТЕРІАЛИ З УРАХУВАННЯМ ЇЇ РЕАЛЬНОЇ ФОРМИ

Розроблено математичну модель розпилювання колоди паралельно лінійній регресійній осі секторним способом на тангенціальні пиломатеріали. Математична модель ураховує форму поверхні реальної колоди, отриманої за результатами сканування форми поверхню її поперечних перетинів. Обґрунтовано особливості математичної моделі розрахунку схем розпилювання колоди (секторів) з урахуванням обертання (повороту) колоди або схеми розпилювання навколо осі колоди на заданий кут за розрізання (розпилювання) вертикальними і горизонтальними січними площинами.

Ключові слова: колода, сектор, розпилювання, секторний спосіб, моделювання, математична модель, постав (схема розпилювання), лінійна регресійна вісь (ЛРВ), пиломатеріал тангенціального розпилювання (тангенціальний пиломатеріал), обертання колоди.