



МЕХАНІКА

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.323751

**СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОМПОЗИТНИХ БІОМЕХАНІЧНИХ СТРУКТУР:
АНАЛІЗ ПОПЕРЕКОВО-ТАЗОВОГО ТА КРАНІО-МАКСИЛОФАЦІАЛЬНОГО КОМПЛЕКСІВ** (стор. 6–14)

Кондратьєв А. В.

Об'єктом дослідження є біомеханічні системи людини у нормі та при патологічних змінах, включаючи хребетно-тазовий та краніофасціальний комплекси, з урахуванням реставраційних структур, таких як мініпластини, гвинти та дентальні імплантати. Військові дії, які спричинені російською агресією проти України, спонукають до розробки більш ефективних методів лікування та реабілітації травм.

Запропоновано нові методи цифрового моделювання біомеханічних систем, що враховують індивідуальні механічні властивості біологічних тканин, а також комплексний аналіз напружено-деформованого стану в нормі, при патологіях і після реконструктивних втручань. У дослідженні використовуються скінченно-елементний аналіз та комп'ютерне моделювання, що інтегруються з даними КТ та МРТ, забезпечуючи високу точність прогнозування функціонування біологічних тканин. Проведено аналіз домінуючих біомеханічних факторів, які сприяють уникненню механічного перевантаження тканин і мінімізації ризиків ускладнень. Досліджено кінематичний ланцюг «поперековий відділ хребта – крижово-klubовий суглоб – таз» для оцінки впливу патологічних змін (варіацій поперекового лордозу та кута нахилу крижів). Для краніофасціального комплексу виконано аналіз умов успішної остеоінтеграції мініпластин, гвинтів та імплантатів за реконструкції щелепи.

Практичне застосування отриманих результатів включає ортопедію, травматологію, стоматологію та реабілітаційну медицину. Запропоновані методи сприятимуть підвищенню точності хірургічного планування, оптимізації реабілітаційних процедур і розробці довговічних імплантатів, адаптованих до анатомічних особливостей пацієнтів. Це дозволить знизити ризик ускладнень і прискорити процес одужання.

Ключові слова: моделювання біомеханічних систем, скінченно-елементний аналіз, цифрова симуляція, напружено-деформований стан, остеоінтеграція, кінематичний аналіз, комп'ютерна механіка біологічних тканин.

ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.323779

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНФІГУРАЦІЇ ПАЗІВ СТАТОРА ТА ДІАМЕТРА ОБМОТКИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ
І СТАБІЛЬНІСТЬ РОБОТИ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ** (стор. 15–20)

Sugeng Hadi Susilo, Eko Yudiyanto, Fatkhur Rohman, Wirawan, Satworo Adiwidodo, Muhammad Arif Nur Huda, Bakti Indra Kurniawan, Dwi Pebrianti, Mohammad Fadhil Bin Abas

Об'єктом дослідження є асинхронний двигун постійного струму (BLDC), який широко використовується в електромобілях і промислових установках завдяки своїй компактній конструкції та високому ККД. Однією з найбільш проблемних областей є оптимізація конфігурації пазів статора та діаметра обмотки для підвищення ефективності та стабільності роботи. Попередні дослідження показують, що ці параметри суттєво впливають на розподіл магнітного поля, втрати та загальну продуктивність. Однак систематичні дослідження все ще необхідні. Тому це дослідження направлене на визначення оптимальних параметрів для підвищення ефективності та стабільності роботи двигуна BLDC.

У ході дослідження було використано експериментальну установку з двигуном BLDC, контролером, джерелом живлення та вимірювальними інструментами. Двигун тестувався з різними пазами статора (12 і 24) і діаметрами котушок (0,2 мм, 0,5 мм, 0,7 мм). Вимірювання включали потужність, струм, швидкість і температуру. Аналіз даних дозволив оцінити вплив на ефективність і стабільність, що було підкріплено числовим моделюванням для перевірки та оптимізації.

Отримані результати показують, що збільшення кількості пазів статора з 12 до 24 покращує розподіл магнітного поля та ефективність двигуна, при цьому вихідна потужність досягає 3060 Вт в оптимальній конфігурації. Це пов'язано з запропонованою варіацією пазів статора, яка зменшує магнітні втрати та підвищує теплову ефективність. Зокрема, двигуни з 24 пазами та діаметром котушки 0,5 мм досягли найвищої ефективності, тоді як котушка 0,7 мм призвела до зниження продуктивності через збільшення опору. Отримані результати підкреслюють необхідність оптимального балансу між діаметром котушки та конфігурацією пазів статора для стабільної та ефективної роботи.

Це забезпечує розробку високопродуктивних двигунів BLDC з підвищеною ефективністю та стабільністю. Порівняно з аналогічними конфігураціями, вони забезпечують вищу вихідну потужність, менші магнітні втрати та краще терморегулювання. Ці результати підтримують розвиток надійних, енергоефективних двигунів BLDC для електромобілів і промисловості, а майбутні дослідження будуть зосереджені на передових матеріалах і технологіях виробництва для подальшої оптимізації.

Ключові слова: двигун постійного струму, конфігурація пазів статора, діаметр обмотки, стабільність роботи, продуктивність двигуна, швидкість обертання.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.323745

**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КІЛЬКОСТІ ПРОФІЛЬНИХ ОТВОРІВ НА ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОЧИХ
КОЛЕС ОБРУШУВАЧІВ НАСІННЯ КОНОПЕЛЬ** (стор. 21–28)

Шейченко В. О., Петраченко Д. О., Литвиненко А. В., Біловод О. І., Шейченко Д. В., Бродович Ю. Р., Шевчук В. В., Шевчук М. В.

Об'єктом дослідження є технологічні процеси, насіння та ядра промислових конопель, відцентрові обрушувачі, робочі колеса обрушувача.

Дослідження направлено на підвищення ефективності відцентрового обрушування насіння промислових конопель завдяки визначенню впливу кількості профільних отворів у робочих колесах.

Розроблено та випробувано два варіанти конструкції робочого колеса: з чотирма та шістьма профільними отворами. Дослідження проводили на насінні сорту «Глесья» за стабільних умов обробки, включаючи оптимальну вологість (8,4 %) і стандартизовані параметри обертання колеса (6000±200 об/хв). За результатами досліджень встановлено:

– робоче колесо з чотирма профільними отворами за п'ять циклів обрушування уможливило загальний вихід ядер на рівні 34,81 %. За таких умов основну частину насіння обрушували на перших трьох циклах;

– робоче колесо з шістьма профільними отворами уможливило за три цикли обрушування забезпечити загальний вихід ядер на рівні 34,48 %. За таких умов значну частину ядер виділили на перших двох циклах.

За результатами аналізу показників обрушування відзначено:

– за перші два цикли колесом з шістьма отворами виділено до 29,71 % ядер, а колесом з чотирма отворами — до 22,02 %;

– використання конструкції колеса із шістьма отворами зменшило залишки недорученого насіння після третього циклу до 4,24 % початкової маси, в той час як колесо на чотири отвори – до 16,23 %.

Відзначено переваги відцентрового методу обрушування, в основу якого покладено принцип перетворення кінетичної енергії в удар. Зазначене уможливило реалізувати відокремлення оболонок від ядер без попереднього калібрування насіння промислових конопель.

Результати досліджень засвідчили переваги вдосконаленої конструкції, що містить робоче колесо з шістьма профільними отворами, та перспективність її використання з метою підвищення продуктивності обрушування насіння промислових конопель.

Ключові слова: насіння конопель, ядра насіння, відцентрове обрушування, робоче колесо, профільні отвори робочих колес, ефективність обрушування.

МЕТАЛУРГІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.322458

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТЕМПЕРАТУРИ У ВАГРАНЦІ НА ОСНОВІ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ «СКЛАД ШЛАКУ – В'ЯЗКІСТЬ ШЛАКУ» (стор. 29–33)

Ніколаєв Д. А., Селівьорстов В. Ю., Доценко Ю. В., Дзєвочко О. М., Переверзева А. М., Дзєвочко А. І.

Об'єктом дослідження у роботі є температурний режим плавки у вагранці.

Існуюча проблема полягає у тому, що через агресивне високотемпературне середовище неперервне вимірювання параметрів внутрішнього середовища в робочому просторі вагранки надто складне. Навіть за реалізації такої можливості можуть виникати похибки першого та другого роду. Це викликає необхідність непрямого контролю температурного режиму, який міг би забезпечити рішення задачі ідентифікації – чи дійсно система контролю працює у штатному режимі та забезпечує задачі вимоги точності, чи має місце параметрична відмова з відповідного контуру контролю.

Наявність зазначеної проблеми потребує рішень, що стосуються визначення критеріїв оцінювання температурного режиму, за яким можна було б переконатись у надійному функціонуванні системи керування плавкою.

Запропоновано критерій оцінювання температурного режиму плавки по в'язкості шлаку, як функції його складу, який дозволяє ідентифікувати температурний режим плавки з точністю 96 %. Такий результат обумовлений запропонованою двоетапною процедурою, в якій першим етапом є побудова математичних моделей, що описують вплив складу шлаку на в'язкість, а другим – побудова критерію на основі розподілу щільності дискримінантної функції для обох температурних режимів. Використання отриманого критерію дає також змогу визначити області хімічних складів, за якими теж можна ідентифікувати температурний режим. Взаємозв'язки між змінними для процедури ідентифікації представлені у вигляді структурної діаграми. Запропоновані рішення дозволять визначати якість функціонування контуру контролю температури у системі керування плавкою на основі періодичного контролю.

Представлене дослідження буде корисним для машинобудівних підприємств, що мають у своїй структурі ливарні цехи, де виплавляють чавун для виготовлення виливків.

Ключові слова: ваграночна плавка, склад шлаку, температурний режим у вагранці, в'язкість шлаку, контур контролю температури у вагранці.

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.322887

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВМІСТУ ТЕРМОСТАБІЛІЗАТОРА НА ПРОЦЕС ЦИКЛІЧНОГО ПЕРЕРОБЛЕННЯ ПОЛІВІНІЛХЛОРИДУ (стор. 34–40)

Савчук А. П., Федорів Т. Р.

Об'єктом дослідження є процес циклічної переробки полівінілхлориду (ПВХ). Основною проблемою багаторазової переробки полівінілхлориду є погана термостабільність. Дана проблема пов'язана з недостатньою стабілізацією полівінілхлориду на етапі виготовлення початкової продукції. Зазвичай таку продукцію повторно переробити складно, оскільки вміст добавок в полівінілхлориді розрахований на одноразове виготовлення виробів та не передбачає повторну циклічну переробку. Крім того, може виникнути необхідність модифікувати склад ПВХ, щоб отримати характеристики, необхідні для нового застосування. Термостабільність полівінілхлориду можна покращити різноманітними способами фізичної модифікації. Одним із ключових способів є введення стабілізатора у раціональній кількості.

Для вирішення поставлених задач в роботі виготовляли ПВХ композити з регульованим вмістом стабілізатору від 2 до 5 масових частин. Виготовлені композити повторно переробляли до 5 разів. На кожному циклі переробки ПВХ композитів визначали термостабільність та температуру плавлення за допомогою пластографа RM-200C Hapro rheometer (Harbin University of Science and Technology Harbin Hapro Electrich Technology Co., Ltd, Китай). Також визначали механічні властивості на розривній машині за ISO 527-2:2012, ударну міцність за Шарпі згідно стандарту ISO 179 та ASTM D256 та показник течії розплаву згідно ISO 1133:199.

У ході дослідження встановлено, що при збільшенні вмісту стабілізатору всього на 1–2 масові частини від його базової концентрації – 3 масові частини, збільшується час життя ПВХ композиту у 1,5–2 рази. Вміст стабілізатору 4–5 масових частин дозволяє підтримувати достатньо сталі фізико-механічні характеристики ПВХ композиту впродовж 5 циклів переробки.

У результаті проведеного дослідження запропоновано рецептурний склад ПВХ композиції, придатної для циклічної переробки, що досягається шляхом введення 4–5 масових частини стабілізатору на етапі первинного виготовлення ПВХ. Це дозволяє зберігати механічні характеристики матеріалу, цінні для кінцевого застосування в продовж багаторазової переробки порівняно з типовими ПВХ композитами, що використовуються на ринку для виготовлення віконного профілю.

Ключові слова: термодеструкція, реометричний аналіз, пластограма, міцність на розрив, ударна міцність, показник течії розплаву, екструзія.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.323845

ВСТАНОВЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕРМІЧНОЇ ДЕСТРУКЦІЇ ВОГНЕЗАХИЩЕНОЇ ДЕРЕВИНИ (стор. 41–47)**Цапко Ю. В., Пушкарьова К. К., Цапко О. Ю., Бердник О. Ю., Бондаренко О. П.**

Проблема застосування деревини полягає у забезпеченні стійкості до дії високотемпературного полум'я та технології нанесення. Тому об'єктом досліджень була зміна параметрів термічної деструкції деревини за вогнезахисту просоченням і спучуючим покриттям. Доведено, що для деревини, обробленої просоченням, процеси деструкції уповільнюються, так втрата маси в 3–5 разів зменшується, процес в області вищих температур зі значним коксовим залишком збільшується. Щодо деревини, обробленої спучуючим покриттям, у діапазоні температур 200–300 °C починає розкладатися пентаерітрил з утворенням альдегідів і зароджується осередок пінококсу. Початок інтенсивних втрат маси збігається з температурою 320–330 °C, на який накладається сублімаційний пік меламіну, що починається за температури 330 °C, який завершується за температури понад 420 °C. Отримана енергія активації деревини складає 30,03 кДж/моль, оброблення деревини просочувальними засобами підвищує енергію активації за її термічного розкладу понад двічі, а обробка спучуючим покриттям понад 4,4 рази. Після піролізу деревини, обробленої вогнезахисними засобами, суміші продуктів деструкції суттєво відрізняються за вмістом діоксиду вуглецю, азоту та кількістю горючих газів. Так, для деревини, обробленої композицією ДСА-1, кількість азоту збільшилась більше, ніж у 46 разів, а кількість горючих газів знизилась у понад 3 рази. Ще більшу різницю зафіксовано під час оброблення деревини спучуючим покриттям. Зокрема, виявлено, що кількість горючих газів знизилась у понад 4 рази, а кількість азоту підвищилась у понад 56 разів. Практичне значення полягає у тому, що отримані результати враховано у ході розроблення реактивного покриття. Таким чином, є підстави стверджувати про можливість спрямованого регулювання процесу захисту деревини завдяки застосуванню покриттів, здатних утворювати на поверхні захисний шар.

Ключові слова: захисні засоби, вогнестійкість, леткі продукти, втрата маси, оброблення поверхні, ефективність захисту.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.323965

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ СТАБІЛЬНОСТІ ЕТРИНГІТОВОЇ ФАЗИ НАНОМОДИФІКОВАНИХ ЦЕМЕНТНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ ДІЇ РІЗНИХ ФАКТОРІВ (стор. 48–57)**Гришко Г. М.**

Об'єктом дослідження є стабілізація етрингітової фази в цементних системах, що містять гіпсогіноземистий цемент та наночастки. Одним з найбільш проблемних місць є нестабільність етрингітової фази, що впливає на довговічність і механічні характеристики матеріалів. Основні проблеми полягають у недостатньому врахуванні переходів між макро-, мікро- та нанорівнями при формуванні структури тверднучої системи. По існуючим моделям не можна розраховувати багатокомпонентні суміші, оскільки не враховується значна кількість першопочаткових параметрів та характеристик. Не враховується перехід систем з одного рівня на інший, а саме перехід систем з макро- в мікро- і на нанорівень. В ході дослідження використовувалися наномодифікація цементних систем на основі гіпсогіноземистого цементу шляхом введення до твердуючої матриці синтетизованих композитів (вуглецеві наночастинки). Досліджено вплив компонентів сировинної суміші на виправлення чинників нестабільності етрингітової фази, процеси структуроутворення, що дозволяє в перспективі усунути дані недоліки та управляти структуроутворенням на різних рівнях твердуючої системи-матриці. Отримано оптимальну величину сульфату кальцію для утворення етрингіту – 30–40 % від маси композиції. Це пов'язано з тим, що запропонований склад ГЦ-40/Г – 70/30 % має значну кількість гідроалюмінатів кальцію в процесі гідратації, міцність на стиск і згин становить, відповідно, 14 і 10 МПа. Зокрема, утворюється стійке до розшарування дисперсне середовище, водовиділення якого стабілізується протягом 3 год. Отримання таких значень забезпечується завдяки тому, що етрингіт утворюється в перші терміни твердіння та з високою швидкістю забезпечує ріст міцності каменю. У порівнянні з аналогічними відомими гіпсогіноземистими цементами це забезпечує переваги при формуванні високоосновного етрингіту. Отримані результати рекомендуються використовувати при зведенні тунелів, відновленні гідротехнічних споруд та транспортної інфраструктури.

Ключові слова: вяжуче, розчин, етрингіт, стабілізація етрингіту, алюмінатні цементи, сульфалюмінатні цементи.

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ПРОМИСЛОВА ЕЛЕКТРОНІКА

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.323117

ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ТЕПЛОВИМИ ПРОЦЕСАМИ В ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЯХ (стор. 58–74)**Яцків О. Ю., Коман Б. П.**

Об'єктом цього дослідження є можливості використання методів штучного інтелекту (ШІ) і машинного навчання (МН) для управління тепловими процесами в електронних пристроях. Однією з найбільш критичних проблем є забезпечення продуктивності, надійності та енергоефективності у різних системах, зокрема в напівпровідникових пристроях, дата-центрах і споживчій електроніці. У рамках дослідження було використано методологію PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) для систематичного аналізу 150 наукових праць. Розглянуті дослідження охоплюють різні підходи, зокрема прогнозне моделювання, алгоритми оптимізації та системи управління у реальному часі.

Наші результати свідчать, що використання ШІ для управління тепловими процесами може зменшити споживання енергії до 81,81 %, залежно від методу охолодження та підходу до оптимізації. Керування HVAC на основі навчання з підкріпленням забезпечує 17,4 % економії енергії, тоді як МН-оптимізоване керування живленням у багатоядерних системах знижує енергоспоживання на 30 % і температуру чипа на 17 °C. Нейронні мережі для прогнозування температури досягають похибки менше 1 %, що суттєво покращує точність прогнозування. Крім того, моделі LSTM демонструють 3,45 % відносної похибки прогнозу, перевершуючи традиційні регресійні методи.

Ці результати підкреслюють потенціал ШІ в оптимізації теплових процесів у дата-центрах, розумних будівлях і багатоядерних чіпах. Водночас виявлено ключові обмеження, серед яких недостатня доступність даних, складність інтерпретації моделей та інтеграція з існуючими системами. Дослідження пропонує дорожню карту для масштабованого управління тепловими процесами на основі ШІ. Перспективні напрями включають фізично-обґрунтовані моделі МН та інтеграцію передових технологій охолодження, що відкриває нові можливості для інновацій. Порівняно з традиційними методами, ці досягнення забезпечують очевидні переваги в адаптивності та сталому розвитку.

Ключові слова: штучний інтелект (ШІ), машинне навчання (МН), управління тепловими процесами, тепловідвід напівпровідників, прогнозне моделювання, енергоефективні обчислення.

ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.322457

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВЕРСТАТА-ГОЙДАЛКИ З УРАХУВАННЯМ ДЕБІТУ ПЛАСТА (стор. 75–78)

Маляр А. В., Маляр М. А.

Об'єктом дослідження є процеси в електроприводах штангових глибиннопомпових установок, які використовуються для видобування нафти механічним способом.

Під час проектування нафтовидобувних установок однією з проблем є синтез систем керування електроприводів верстатів-гойдалок. Важливим під час синтезу системи керування є врахування якомога більшої кількості факторів, які впливають на продуктивність свердловини та її обладнання. Під час синтезу критерію оптимальної роботи системи потрібно враховувати зміну технічного стану нафтовидобувної установки та умов функціонування пласта. Це здійснюється за допомогою системи керування, яка змінює швидкість електроприводу відповідно до реальних умов експлуатації свердловини. Такий підхід дає змогу покращити продуктивність нафтовидобувної установки та збільшити її економічну ефективність.

Основний акцент у дослідженні зроблено на синтезі системи керування електроприводом верстата-гойдалки, яка дає змогу збалансувати інтенсивність притоку рідини у свердловину та її відбір. Пропонується критерій оптимізації, який враховує різні значення притоку рідини, і тим самим адаптує роботу електроприводу верстата-гойдалки до умов роботи конкретної свердловини.

У ході дослідження використано теорію класичного варіаційного числення. Для знаходження мінімуму функціоналу, а отже й оптимальних параметрів системи керування, використано квадратичну форму, яка є функцією Ляпунова.

У результаті проведених досліджень отримано залежності для розрахунку ключових параметрів роботи електроприводу верстата-гойдалки. Синтезовано критерій оптимізації, який пов'язує продуктивність установки з такими параметрами, як кількість обертів кривошипа, коефіцієнт подачі штангової помпи та момент навантаження привідного двигуна.

На практиці запропонований критерій оптимізації роботи електроприводу дасть змогу підвищити ефективність нафтовидобувної установки завдяки раціональному вибору швидкості та моменту привідного двигуна. Це у свою чергу призведе до покращення умов експлуатації свердловини та подовження терміну її роботи.

Ключові слова: глибиннопомпова установка, критерій оптимізації, система керування, верстат-гойдалка, електропривід, свердловина, функціонал.