



ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.352967

РОЗРОБКА ПРОГНОСТИЧНОЇ ТЕПЛОВОЇ МОДЕЛІ НА ОСНОВІ ПІДХОДУ ЕКВІВАЛЕНТНИХ ДЖЕРЕЛ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ТРУБ ЗІ СТАЛІ X70 МЕТОДОМ SMAW (стор. 6–14)

Adel Chouiter, Lyes Bidi, Hadjer Bensiali, Rachid Chaib, Philippe Le Masson

Об'єктом дослідження є науковий підхід до моделювання теплових явищ під час зварювальних робіт при зварюванні трубопроводів методом SMAW (ручне дугове зварювання). Дана модель може бути використана для розрахунку змін температурних полів, а також напружень та деформацій.

Освоєння зварювальних процесів вимагає розуміння різноманітних явищ. Це вимагає проведення численних випробувань, які є дуже дорогими для виробників. Тому ідеальним рішенням було б розробити прогностичні чисельні моделі, що дозволяють аналізувати поведінку вузлів. Процес SMAW використовується для заповнення фаски між двома деталями. Тому дуже важливо визначити підведення тепла, яке може бути описане за допомогою підходу еквівалентного джерела тепла. Складність реалізації цього підходу полягає у оцінці різних параметрів моделі. З цією метою було запропоновано розробити простий та надійний підхід, який полягає у використанні методу чисельного планування експериментів (ПЕ).

У цьому дослідженні було вирішено вибрати чотири параметри моделі (r_{surf_sup} , r_{surf_inf} , r_0 і λ) та чотири цільові функції, що характеризують форму зони зрощення (L_{sup} , L_m , L_{inf} , H). Попередні результати показують хорошу відповідність між прямою моделлю та розмірами, зафіксованими на макрографічних зрізах, за винятком ширини серединної сторони зони зрощення (L_m), де спостерігається значне відхилення 11,4% між вимірюваннями та моделлю. Крім того, нерушійний контроль показує, що r_{surf_inf} є фактором, що найбільше впливає на L_m . Коригування коефіцієнта r_{surf_inf} на 0,5 від його значення в центральній точці змінює значення L_m з 3,25 мм до 3,09 мм. Це коригування оптимізує цифрову модель, покращуючи її та зменшуючи розбіжність між моделюванням та експериментом для функції L_m з 11,4% до 1,2%. Результати цього дослідження дозволяють підвищити надійність нафтопереробних об'єктів (трубопроводних вузлів). Наукова новизна цієї роботи полягає у застосуванні простого та надійного наукового підходу до оптимізації нефізичних параметрів (параметрів еквівалентного джерела тепла) при моделюванні зварювальних процесів.

Ключові слова: моделювання зварювання, чисельне проектування, SMAW зварювання, еквівалентне джерело тепла, параметри коригування.

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.353043

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИМІРЮВАНЬ ЕФЕКТИВНОЇ ПОВЕРХНІ РОЗСІЮВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В X-ДІАПАЗОНІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ В УМОВАХ БЕЗЛУННОЇ КАМЕРИ (стор. 15–22)

Попов А. В., Воробйов Ю. А., Майорова К. В., Борцова М. В.

Об'єктом дослідження є процес вимірювання ефективної поверхні розсіювання безпілотного літального апарату (БПЛА) в X-діапазоні електромагнітних хвиль у безлуній камері. Проблема, що вирішується, полягає в отриманні достовірних вихідних даних для оцінювання радіолокаційної помітності та ймовірності виявлення БПЛА на основі їх діаграм зворотного розсіювання. Робота направлена на удосконалення методу вимірювання ефективної поверхні розсіювання (ЕПР) компонентів БПЛА в X-діапазоні в умовах безлуній камери та його експериментальне випробування. У результаті дослідження сформовано технологію вимірювань кутової залежності ЕПР у X-діапазоні, що включає компенсацію фоновому сигналу, калібрування вимірювальної апаратури, визначення ЕПР об'єкта та автоматизацію процесу вимірювань. Технологія включає конструкцію безлуній камери, структуру вимірювального стенду, методику компенсації фоновому відбиття, вимірювання потужності відбитого сигналу, калібрування вимірювальної апаратури, розрахунку ЕПР. Проведені натурні експерименти дозволили отримати характеристики вторинного розсіювання компонентів БПЛА в секторі кутів $\pm 45^\circ$, при цьому похибка вимірювання статичних еталонних об'єктів не перевищувала ± 1 дБ. Порівняння експериментальних результатів із даними математичного моделювання, що базується на інтегральних рівняннях та фізичній теорії дифракції, підтвердило достовірність удосконаленого підходу. Отримані результати можуть бути використані для підвищення точності оцінювання радіолокаційної помітності малорозмірних БПЛА та вдосконалення засобів їх виявлення.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат (БПЛА), радіолокаційний поперечний переріз (РПП), ефективна поверхня розсіювання, вимірювання діаграми зворотного розсіювання, безлуна камера.

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.353169

РОЗРОБКА АНАЛІТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТРАЕКТОРІЇ ТА РОЗСІЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ ГРАНУЛ ПЕРГИ В РОТОРНОМУ УДАРНОМУ СЕПАРАТОРІ (стор. 23–31)

Сиромятников Ю. М., Бєлих О. В., Харченко О. М.

Об'єктом дослідження є процес ударної взаємодії гранули перги з робочим елементом роторного сепаратора. Проблема полягає у відсутності аналітичних моделей, які дозволяють достовірно прогнозувати передачу енергії під час удару та подальший рух гранули, що ускладнює обґрунтований вибір маси молотка та швидкості обертання ротора та призводить до зниження ефективності сепарації та пошкодження продукту. Розроблено аналітичну модель ударної взаємодії та післяударного руху гранули у неінерціальній системі відліку, пов'язаній з ротором, з урахуванням відцентрових, коріолісових, гравітаційних сил і сил сухого тертя. Отримано аналітичні залежності, які дозволяють визначити переміщення, швидкість та траєкторію гранули як функції часу та параметрів роботи ротора. Встановлено, що післяударний рух має затухаючий характер: амплітуда переміщення зменшується більш ніж на 60% протягом перших 0,02 с і більш ніж на 80% через 0,05 с, що пояснюється значними дисипативними втратами внаслідок внутрішнього демпфування матеріалу та дії сил тертя. Визначено, що ефективність передачі енергії суттєво залежить від маси молотка та становить близько 0,7–0,8% при масі 5 г, зменшується до приблизно 0,1% при 100 г і нижче 0,05% при 200 г. Це пов'язано зі зростанням втрат енергії на нееластичну деформацію матеріалу гранули. Особливістю отриманих результатів є те, що встановлено чіткий аналітичний зв'язок між параметрами ротора, умовами ударної взаємодії та кінематикою руху гранули. Це дало змогу пояснити причини швидкого затухання її руху та закономірності стабілізації траєкторії в робочій зоні ротора. Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що запропонована модель може бути використана при проектуванні та налаштуванні роторних пристроїв. Зокрема, вона дозволяє обґрунтовано визначити раціональні конструктивні та кінематичні параметри для забезпечення ефективного відокремлення гранул перги при одночасному збереженні їх цілісності та якості.

Ключові слова: перга, гранула, ротор, механіка, інерція, енергія, траєкторія, сепарація, дисипація, ефективність.

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.353156

ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНИХ СПІВВІДНОШЕНЬ МІЖ БЕЗРОЗМІРНОЮ ОСЬОВОЮ ДОВЖИНОЮ КІЛЬЦЕВОЇ ПЕРЕДТУРБІННОЇ КАМЕРИ ЗМІШУВАННЯ ТА ЗАГАЛЬНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ОДНОРІДНОСТІ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ (стор. 32–37)

Терещенко Ю. М., Юдін І. І.

Об'єктом дослідження є кільцева камера змішування передтурбінного тракту авіаційного триконтурного газотурбінного двигуна, призначена для примусового змішування потоків різної температури в умовах обмежених осьових габаритів, з особливим акцентом на газодинамічні та теплові процеси, що в ній відбуваються. Проблема, що вирішувалася, полягала у визначенні мінімально необхідної відносної довжини камери змішування. Зазначена довжина має забезпечувати допустимий рівень температурної рівномірності на вході в турбіну без збільшення габаритів силової установки. Така умова є критичною для компактних двигунів зокрема силових установок безпілотних літальних апаратів. Виконано серію тривимірних CFD-розрахунків у середовищі ANSYS Fluent з використанням моделі турбулентності Рейнольдса (RSM). Моделювання було виконано для кільцевої камери з встановленими геометричними параметрами ($D = 1107$ мм, $d = 492$ мм) в межах відносних довжин $L^* = 0.42-2.11$. Дослідження охоплювало чотири різні робочі режими двигуна, які варіювалися за коефіцієнтом двоконтурності. В результаті дослідження виявлено ясну нелінійну залежність коефіцієнта температурної нерівномірності θ від відносної довжини камери L^* . Було зазначено, що при $L^* < 1.2$ процес змішування залишається незавершеним і супроводжується значним збільшенням температурної нерівномірності. Натомість у діапазоні $L^* = 1.2-1.7$ ситуація змінюється. Досягається майже повне вирівнювання температури ($\theta \leq 0.1$). Отримані результати можна пояснити переважанням турбулентного механізму змішування, що підтверджується низькими значеннями числа Річардсона ($R_i \ll 1$) та незначним впливом режимних параметрів порівняно з геометричними факторами. Отримані результати можна застосувати при розробці компактних камер змішування для авіаційних газотурбінних двигунів, особливо в умовах суворих обмежень на їх осьові розміри. Це стосується, зокрема, силових установок безпілотників.

Ключові слова: газотурбінний двигун, камера змішування, температурна нерівномірність, турбулентне змішування, CFD-моделювання.

МЕХАНІКА

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.353063

РОЗРОБКА УНІВЕРСАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРКУВАЛЬНИХ МІСЦЬ У СКЛАДНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ КОНФІГУРАЦІЯХ (стор. 38–43)

Митко М. В., Бурака С. А., Антонюк О. П., Бондар А. В., Дацюк Д. О.

Об'єктом дослідження є процес проектування та оптимізації паркувальних зон у складних геометричних конфігураціях в умовах щільної забудови.

Основною проблемою є вирішення використання площ складної геометричної конфігурації під паркувальні зони. Крім того, на даний час немає універсальних моделей та методик для відповідного розрахунку та оптимізації.

Результатом роботи стало отримання універсальної математичної моделі, за допомогою якої можна визначити кількість паркомісць, виходячи з геометричних розмірів та площі ділянки. Особливістю є можливість розрахунку для складних геометричних конфігурацій (багатокутників). Для цього використовується формула Гауса та мова програмування JavaScript. Вихідними даними є геодезичні виміри, а похибка при такому розрахунку складає менше 2%.

Практичним значенням стала розробка коду JavaScript на базі Shoelace formula. Експериментальним об'єктом став житловий район «Вишенька» у м. Вінниця (Україна). Обрана ділянка має площу 1350 м^2 з вихідною кількістю паркомісць до оптимізації – 50, після – 59. В загальному значення ефективності використання площі зростає з 70% до 88%. Крім того, відмічається зменшення аварійності на 22%, що вказує на значну ефективність моделі та мінімальну похибку розрахунків.

Особливістю запропонованого рішення також є те, що враховуються не лише лінійні розміри але й рельєф, об'єкти інфраструктури та початкова форма ділянки. Також є можливість інтеграції у веб-додатки, та програми САД для одночасно планування та будівництва, що дозволяє отримати підвищення кількості паркомісць до 20% без розширення території.

Результати моделювання можуть використовувати інженери та будівельники для покращення благоустрою житлових зон, де немає можливості для розширення території, програмісти – інтегруючи модель у веб-додатки та бізнес.

Ключові слова: Shoelace formula, площа полігону, обчислювальна геометрія, збільшення пропускну здатності, коефіцієнт ефективності, міське паркування.

МЕТАЛУРГІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.353175

ВИЯВЛЕННЯ ВПЛИВУ СПОСОБУ ВВЕДЕННЯ ФУЛЕРЕНІВ C_{60} ТА ФУНКЦІОНАЛІЗОВАНИХ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК НА ФОРМУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ (стор. 44–49)

Треньов М. С., Пономаренко О. І.

Об'єктом дослідження є мікроструктура та властивості алюмінієвого сплаву АК12, після модифікування вуглецевими нанотрубками та фуллеренами C_{60} .

Проблема, що вирішується, – це недостатня ефективність існуючих модифікаторів, які забезпечують стабільну глобуляризацію кремнію в структурі силумінів, а також відсутність простих та ефективних методів вводу вуглецевих наноматеріалів.

У ході роботи розроблено два методи вводу вуглецевих наночасток в алюмінієвий сплав. Досягнуто покращення глобуляризації кремнію, механічних та фізичних властивостей. Зменшено товщину дендритної осі кремнію майже до 20–25 мкм, зменшено розмір кремнієвих включень від 2–10 мкм, збільшено мікротвердість майже в два рази, в залежності від метода. Покращення властивостей пов'язані з тим, що наночастки стають центрами зародження кристалів і не дають їм збільшуватись, що призводить до більш дрібної, однорідної структури сплаву. Попередня обробка наноматеріалів дозволяє їм рівномірно розподілитися в сплаві, а додавання магнію покращити властивості змочування.

Особливості та відмінні риси отриманих результатів полягають в тому, що запропоновано два технологічно-простих метода вводу наночасток в рідкий сплав АК12, без застосування ультразвуку. Досягнуто значного покращення механічних та фізичних властивостей сплаву порівняно з еталонним

зразком АК12. Забезпечено контрольоване подрібнення структури кремнію. Використано доступні матеріали та устаткування, яке доступне в Україні та придатне до масштабування в промислових об'єктах. Модифікований сплав АК12 дозволяє застосовувати його для виготовлення відливок відповідального значення, таких як поршні, механізми трансмісії, корпуси двигунів.

Ключові слова: алюмінієвий сплав АК12, фулерен C_{60} , вуглецеві нанотрубки, наномодифікування, мікроструктура, твердість.

ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.353157

РОЗРОБЛЕННЯ ІМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЖИВУЧОСТІ МЕРЕЖІ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ (стор. 50–56)

Літвінов В. В., Стецюра О. С., Єрофєєва А. А.

Об'єктом дослідження є режими роботи та шляхи підвищення живучості мережі власних потреб електростанції в умовах дії зовнішніх аварійних збурень.

Електроенергетична система України на сьогоднішній день функціонує в надскладних умовах. Це є наслідком того, що до існуючих проблем, пов'язаних із застарілим обладнанням додався зовнішній деструктивний вплив внаслідок геополітичних подій. Ці фактори викликають зниження структурної та режимної надійності електричних мереж. За таких умов особливої важливості набуває живучість електростанцій та їхніх систем власних потреб. Задача підвищення живучості мережі власних потреб станцій належить до числа багатокритеріальних задач з великою кількістю невизначеностей. Для її вирішення доцільно застосувати імовірно-статистичний підхід, який враховує наявні випадкові чинники та дає можливість приймати ефективні рішення. У ході дослідження розроблено підхід до оцінювання живучості мережі власних потреб електростанції із використанням генератора випадкових чисел, визначено ефективність заходів з її підвищення.

Цей підхід дозволяє виконувати кількісну оцінку живучості мережі власних потреб станцій в умовах невизначеностей, пов'язаних з режимами мережі та оточуючої енергосистеми. Підхід також враховує імовірність відмови обладнання на інтервалі часу та наслідки геополітичного впливу на електроенергетичну систему України. В якості кількісного критерію оцінки живучості прийнято ризик виникнення аварійної ситуації в мережі власних потреб станції. Розроблений підхід та алгоритм його реалізації дозволяють здійснювати порівняльний аналіз ефективності заходів підвищення живучості мережі власних потреб електростанцій та обирати серед них найбільш ефективні. За результатами імовірно-статистичного моделювання мережі власних потреб ГЕС визначено, що при використанні заходів підвищення живучості, ризик виникнення аварійної ситуації знижується на 32%.

Ключові слова: живучість, електростанція, мережа власних потреб, технічний стан, аварійна ситуація, імовірно-статистичний підхід, ризик.

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ПРОМИСЛОВА ЕЛЕКТРОНІКА

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.353162

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПУСКОВИХ ПРИСТРОЇВ ПОТУЖНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ (стор. 57–64)

Громовий О. А., Arailym Smail, Karshiga Smagulova, Mirkomil Melikuziev, Барановська М. А., Романець А. О., Новицький І. В., Гуменюк А. А., Колисниченко І. Ю., Бідухін А. С.

Об'єктом дослідження є процеси електромагнітного перетворення у потужних асинхронних електроприводах в процесі керованого пуску та їх вплив на показники якості електроенергії живлячої мережі. Розглядаються розподільчі мережі промислових підприємств, які мають значні динамічні навантаження під час запуску потужних машин.

Проблема, на вирішення якої направлено дослідження, полягає в забезпеченні належної якості електроенергії в розподільчих мережах промислових підприємств при виконанні керованого пуску потужних асинхронних електроприводів від софтстартерів на базі тиристорного регулятора напруги.

Кількісні показники впливу пускових пристроїв на параметри якості електроенергії розраховано за допомогою комп'ютерного моделювання в середовищі MATLAB/Simulink. Плавний пуск з використанням тиристорного регулятора, хоча й обмежує пусковий струм, але негативно впливає на якість електроенергії в розподільчій мережі. Зростає споживання реактивної потужності, що викликає падіння напруги. Для випадку запуску асинхронного двигуна потужністю 3500 кВт у мережі агломераційної фабрики було виявлено, що прямий пуск викликає падіння напруги близько 350 В. Також з'являються гармонійні спотворення напруги з коефіцієнтом спотворень до 6%. Силові активні фільтри дозволяють підвищити якість електроенергії шляхом введення протифазних струмів, що доведено застосуванням теоретичних методів електротехніки.

Отримані результати застосовні при проектуванні систем електроприводу потужних механізмів під час модернізації енергопостачання промислових підприємств, при розрахунку засобів компенсації реактивної потужності та при розробці стандартів якості енергії. Це значною мірою сприятиме підвищенню надійності технологічного обладнання, зменшенню втрат енергії, а також збільшенню терміну служби електрообладнання на підприємстві.

Ключові слова: пускові пристрої, якість електроенергії, керований реакторний компенсатор, симуляційне моделювання розподільчої мережі.