



ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.356852

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛОВИХ І ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В ПРОЦЕСАХ УДАРНОГО РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ РІЗНОЇ МІЦНОСТІ ТА РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ (стор. 6–16)

Назаренко І. І., Дєдов О. П., Міщук Є. О., Берник І. М., Онищенко А. М., Кузьмінець М. П., Черниш В. М., Нестеренко М. М.

Об'єктом дослідження є процеси ударного руйнування матеріалів різної міцності та реологічних властивостей.

Проблемою визначення силових і енергетичних параметрів залишається відсутність загальноприйнятої моделі процесів руйнування матеріалів різної міцності та їх реологічних властивостей. У більшості дробильних машин в камері дроблення руйнування матеріалів супроводжується ударними навантаженнями або в цілому є ударним (ударні дробарки).

У роботі виконані дослідження руйнування матеріалу на прикладі граніту. Здійснений аналіз моделей Джонсона-Холмквіста, за пластичною моделлю руйнування, яка призначена для моделювання поведінки крихких матеріалів, за моделлю руйнування пористих матеріалів, особливо бетонів, які піддаються великим деформаціям, високим швидкостям деформацій та високому тиску. Виявлено, що під час ударного навантаження максимальні напруження виникають на поверхні удару, а також розповсюджуються по балці до внутрішніх країв опор. Різниця між внутрішньою та кінетичною енергіями для тіла JH2 складала 9,2 Дж, у той час як для тіла JH1 – 15,3 Дж. Дослідження на маятниковому копрі дозволило оцінити енергію, яка витрачається на руйнування зразка матеріалу. Встановлено, що за умови, коли тріщина перетинає міжзернову границю внаслідок дії локальної концентрації напружень виникають нові тріщини у відповідних площинах сколу сусідніх зерен, які потребують додаткових витрат підведеної енергії до зразка. Для оцінки розсіяної енергії в процесі руйнування запропоновано ввести відповідний коефіцієнт опору. На основі експериментальних даних було встановлено значення коефіцієнту опору для різних гірських порід. Отримані результати дослідження можуть бути використані при розробці та дослідженні обладнання для подрібнення матеріалів. Значення питомої енергії руйнування можна використати для дослідження динамічних процесів у будівельних конструкціях при дії надмірних навантажень.

Ключові слова: моделювання ударного руйнування, маятниковий копер, реологічна модель Джонсона-Холмквіста, енергія ковзного контакту, ударна міцність, коефіцієнт розсіяння енергії.

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.357903

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ПОШКОДЖЕНЬ ПШЕНИЦІ ПРИ ВІЛЬНОМУ ПАДІННІ В ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЯХ (стор. 17–24)

Мірських Р. В.

Об'єктом дослідження є процес гравітаційного падіння зерна при його переміщенні типовою транспортно-технологічною лінією на підприємстві. Вирішувалася проблема відсутності комплексного аналізу експлуатаційних недоліків транспортного обладнання, що призводить до механічного пошкодження зерна. Представлено результати комплексного дослідження впливу вільного падіння зерна з різної висоти на поверхні з різними фізико-механічними властивостями. Актуальність роботи зумовлена необхідністю мінімізації післязбиральних втрат зерна, які через недосконалість обладнання можуть сягати 55–65% від загального об'єму.

Експериментально встановлено нелінійний характер зміни швидкості падіння зерна у самоплавіві: на відрізку до 10 м швидкість зростає до 12,4 м/с, після чого стабілізується в межах 13,3 м/с під впливом опору повітря. Доведено, що тип матеріалу поверхні контакту із зерном є визначальним фактором інтенсивності пошкоджень. Найвищі показники травмування (до 0,6%) зафіксовано при контакті зі сталлю Hardox 450, тоді як використання поліуретанового футерування знижує рівень пошкоджень на 12%. Найбільш травмоощадним визнано метод «зерно об зерно», що забезпечує зменшення травмування на 54–57%. Встановлено пряму кореляцію між кутом нахилу поверхні та ступенем деструкції зернівки: критичним є прямий удар (90°), що збільшує рівень макротравм у 2–2,4 рази. За допомогою методу забарвлення аніліновими барвниками ідентифіковано ієрархію вразливості структури зерна, де макротравми ендосперму виникають при будь-яких режимах падіння. Таку різницю в травмуванні можна пояснити здатністю матеріалів поглинати кінетичну енергію удару. Поява макротравм ендосперму за будь-яких режимів свідчить про крихку природу крохмальної структури зернівки.

Надано науково обґрунтовані рекомендації щодо обмеження висоти вільного падіння до 4 метрів та впровадження зернових гравітаційно-гальмових пристроїв для збереження якості зерна.

Ключові слова: механічне травмування зерна, вплив вільного падіння, швидкість витання пшениці, дослід, кут удару.

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.359283

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ ДЕФЕКТУВАЛЬНИХ РОБІТ ПРИ РЕМОНТІ РОЗПОДІЛЬНОГО ВАЛУ (стор. 25–31)

Шепеленко І. В., Красота А. М., Красота М. В., Василенко І. Ф., Солових А. Є.

Об'єктом дослідження є процес дефектування розподільного валу двигунів внутрішнього згорання в умовах авторемонтного виробництва. Оскільки проведення дефектування розподільного валу має значну трудомісткість через необхідність вимірювання великої кількості його елементів, гостро постає питання підвищення ефективності проведення дефектувальних робіт.

Запропоновано підхід щодо виконання дефектування деталей із декількома зношеними поверхнями, що полягає у визначенні зносу однієї поверхні та розрахунку значення зносу іншої за допомогою регресійної моделі, яка встановлює кількісний зв'язок між зносами окремих поверхонь. Це дозволяє значно скоротити трудомісткість дефектувальних робіт без втрати достовірності контролю технічного стану деталі. Зазначений підхід реалізовано на прикладі дефектації розподільного валу двигуна вантажного автомобіля КамАЗ.

Розглянуто ієрархічну схему структури розподільного валу як системи, де окремі його елементи є підсистемами. Відмічено, що серед поверхонь розподільного валу найбільш інтенсивному зношуванню піддаються кулачки та опорні шийки. Побудована статистична модель зносу розподільного валу у вигляді лінійного рівняння регресії, що встановлює кількісний взаємозв'язок між зносами опорних шийок та кулачків.

Практичне значення запропонованого підходу полягає у підвищенні ефективності проведення дефектувальних робіт за рахунок скорочення об'єму вимірювання у 2,6 разів, що забезпечує зменшення трудомісткості дефектування на 40%. При дефектуванні партії зі 100 розподільних валів економія становить 3200 вимірювань або понад 36 годин.

Отримані результати дослідження мають прикладне значення та є важливими для авторемонтних підприємств, що займаються ремонтом деталей двигунів внутрішнього згорання.

Ключові слова: розподільний вал, дефектування, вимірювання зносу, статистична модель, рівняння регресії, кількісний взаємозв'язок.

МЕТАЛУРГІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.357430

РОЗРОБКА ГІБРИДНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ МОДЕЛЬНОЇ ОСНАСТКИ ДЛЯ РОБОЧИХ КОЛІС НАСОСІВ (стор. 32–37)

Шелепко П. В., Пономаренко О. І.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виготовлення модельного оснащення для робочих коліс насосів, які мають криволінійні лопатки. Модельне оснащення є ключовим елементом ливарного виробництва, оскільки саме воно визначає геометрію майбутнього виливка та її якість.

У роботі розглянуто проблему забезпечення точності розмірів та якості модельного оснащення для робочих коліс насосів. Показано, що можливості триосної ЧПУ-обробки обмежені при виготовленні криволінійних лопаток. Тоді як застосування п'ятиосьових обробних центрів супроводжується значними затратами та вимогами до кваліфікації персоналу. У цих умовах обґрунтованим стає перехід до гібридних технологічних схем, у яких тривісна ЧПУ-фрезерна обробка раціонально поєднується з адитивними технологіями 3D-друку.

Дослідження було направлено на розробку та обґрунтування гібридної технологічної схеми виготовлення модельної оснастки. Схема заснована на раціональному поділі операцій: базові поверхні – виготовляються методом ЧПУ-фрезерування. Елементи складної геометрії: відемні лопатки – виготовляються з використанням 3D друку та цифрового контролю. У роботі застосовано CAD/CAM проектування, триосьову ЧПУ-обробку, адитивні та вимірювальні методи. Проведено порівняльний аналіз традиційних і гібридних підходів. Показано, що гібридна технологія дозволяє забезпечити відхилення геометрії базових поверхонь у межах 0,1–0,3 мм, а лопаткових елементів, виготовлених адитивно, 0,1–0,15 мм. За рахунок раціонального поєднання ЧПУ-фрезерування та 3D-друку технологічний маршрут скорочується на 30–40%, а собівартість виготовлення модельного оснащення знижується на 20–30% порівняно з варіантами, що ґрунтуються на п'яти-осьовій обробці.

Запропонована схема може бути реалізована на підприємствах, оснащених триосним ЧПУ-обладнанням та адитивними установками, без використання дорогих п'яти-осьових центрів.

Ключові слова: модельна оснастка, робочі колеса, ЧПУ-фрезерування, адитивні технології, цифровий контроль.

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.359181

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН ШЛЯХОМ КОМПЛЕКСНОГО МОДИФІКУВАННЯ ПОКРИТТІВ (стор. 38–45)

Рибалко І. М., Захаров А. В., Тіхонов О. В.

Об'єктом дослідження є зносостійкі електрошлакові покриття, сформовані на робочих органах ґрунтообробних машин у струмопідвідному кристалізаторі.

Проведені у роботі дослідження зосереджені на усуненні швидкого зносу лемешів та лап культиватора, який спостерігається, коли вони піддаються впливу абразивного стирання та ударного зносу. Фермери повинні часто замінювати свої лемеші та лапи культиватора через пошкодження, що призводить до більших витрат на власний капітал фермера під час його польових робіт.

Для збільшення терміну служби лемешів і лап культиватора в роботі використовувались сталь 65Г і 45 у різних експериментах, а також застосовувалися різні методи, включаючи рентгенофазовий аналіз і вимірювання твердості за допомогою HV10. Результати показують, що структура покриття змінилася. Лабораторні випробування показали, що матриця була подрібнена на 35–40%, зі збільшенням кількості дрібного карбідів на 25%. Ця зміна призвела до приблизно 20% збільшення мікротвердості, що призвело до значного зниження інтенсивності зношування з початкової точки 0,73 до 0,79. Польові звіти показують, що модифікована деталь служить на 40% довше, ніж серійна деталь, а найкращий зразок служить на 100% довше, ніж серійна деталь. Цей результат демонструє, що стабільність забезпечується дрібнозернистою структурою та рівномірним розподілом карбідів, що запобігає процесу розшарування.

Запропонований підхід поєднує товстошарове електрошлакове наплавлення з комплексним модифікуванням порошкового дроту. Технологія може бути використана на ремонтних підприємствах аграрного профілю та дає змогу зменшити сукупні витрати на ремонт і технічне обслуговування машин на 35–40%.

Отримані результати рекомендовано для відновлення плужних лемешів, культиваторних лап та інших робочих органів ґрунтообробних сільськогосподарських машин, що працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування.

Ключові слова: електрошлакове наплавлення, зносостійкість, мікротвердість, карбідів, мікроструктура, лемеші, абразивне зношування, ресурс.

ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.354467

ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГІЇ НАДВИСОКОЧАСТОТНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ПІДГОТОВКИ ГАЗУ В УМОВАХ ГІДРАТОУТВОРЕННЯ (стор. 46–54)

Подоляк Т. М., Дмитренко В. І.

Ефективна робота сучасних газових систем вимагає нових підходів до боротьби з гідратними пробками, які обмежують рух потоку та спричиняють аварійні зупинки. Об'єктом дослідження є процес утворення та руйнування газових гідратів у промислових трубопроводах під

дією мікрохвильового випромінювання. Дослідження спрямоване на розв'язання проблеми надмірного використання метанолу для боротьби з гідратами. Цей реагент дуже токсичний та дорогий, а його реальні витрати на родовищах України часто на 15–20% вищі за норму через застарілі методи дозування.

Отримані результати роботи базуються на моделюванні технологічних процесів Мачухського родовища (Україна) в програмі Aspen HYSYS. Було виявлено найбільш небезпечну зону гідратуутворення на 20-метровій ділянці одразу після дроселя при падінні температури газу до $-30,11^{\circ}\text{C}$. Для захисту цього вузла розроблено нову конструкцію змінної вставки з магнетроном, що забезпечує термодинамічний розклад кристалогідратів шляхом безпосередньої передачі енергії мікрохвильового поля молекулам води в об'ємі потоку.

Відмінною рисою розробки є створення резонансної зони між дроселем та діафрагмою, що дозволяє сконцентрувати поле та прискорити дисоціацію гідратів у 1,5–3 рази порівняно з термічним нагрівом. Оптимізована геометрія діафрагми забезпечує високе відбиття хвиль без суттєвого зростання гідродинамічного опору газового потоку.

Практична цінність роботи полягає в можливості інтеграції розробленої конструкції пристрою надвисокочастотного електромагнітного випромінювання у вузли низькотемпературної сепарації газу та системи збору вуглеводнів зі складним температурним режимом. Впровадження пристрою дозволяє підтримувати стабільний безгідратний режим експлуатації трубопроводів, зменшити споживання хімічних реагентів та підвищити екологічну безпеку видобутку газу на родовищах України за рахунок мінімізації використання токсичного метанолу.

Ключові слова: гідрати, низькотемпературна сепарація, мікрохвильове випромінювання, інгібітори, метанол, підготовка газу, енергоефективність.

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ПРОМИСЛОВА ЕЛЕКТРОНІКА

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.356688

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ РЕАКТИВНОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ НА ОСНОВІ ПЕРЕТОКІВ ЕНЕРГІЇ В МЕЖАХ ОДНОГО ПЕРІОДУ НАПРУГИ (стор. 55–63)

Гапон Д. А., Дем'яненко Р. І., Солодовник А. О., Светелік О. О.

Об'єктом дослідження є процес оцінки реактивного опору та компенсації реактивної потужності в однофазних електричних мережах, що містять як лінійні, так і нелінійні навантаження.

Проблематика дослідження полягає в обмеженості класичних визначень реактивної потужності за основною гармонікою в умовах спотворення форми кривої струму нелінійними навантаженнями, що ускладнює коректну оцінку реактивної потужності та керування її компенсацією.

Запропоновано енергетичний підхід для оцінки реактивності навантаження. Метод вводить безрозмірний коефіцієнт реактивності, що визначається як відношення величини енергії за один період напруги до загальної площі складових перетоків миттєвої енергії, пов'язаних із двостороннім енергообміном між джерелом і навантаженням. Для синусоїдальних умов отримано аналітичну залежність між цим коефіцієнтом і кутом зсуву фаз між напругою та струмом. Ця залежність дозволяє відновлювати значення кута зсуву фаз на основі дискретних вимірювань напруги та струму за допомогою ітераційного методу Ньютона.

Для перевірки методу в середовищі Simulink було розроблено імітаційну модель однофазної електричної мережі з лінійними та нелійними навантаженнями. Моделювання проводилося для лінійного, нелінійного та змішаного режимів роботи з різними співвідношеннями активної та реактивної потужності.

Результати показують, що за домінування нелінійного навантаження або за малих значень ємнісної реактивної складової лінійного навантаження, компенсація на основі запропонованого методу дозволяє отримати вищі значення коефіцієнта потужності, ніж класичний підхід за реактивною потужністю. Для навантажень із значною індуктивною складовою класичний метод залишається ефективнішим. Запропонований удосконалений метод може бути застосований у системах моніторингу якості електроенергії та пристроях адаптивної компенсації реактивної потужності для мереж із нелійними навантаженнями.

Ключові слова: реактивна потужність, коефіцієнт потужності, гармоніка, переток енергії, електрична мережа, енергосистема.

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.356937

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСІВ УСЕРЕДИНІ ПОРОЖНИСТОГО КАТОДА РАДІОЧАСТОТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З УРАХУВАННЯМ В'ЯЗКОСТІ В ДИНАМІЦІ ЕЛЕКТРОНІВ (стор. 64–69)

Shahram Roshanpour

Об'єктом дослідження є високочастотні порожнисті катода як джерела електронів у плазмо-іонних двигунах та двигунах на ефекті Холла з відносно низькою потужністю.

У публікаціях, присвячених високочастотним (геліконним) двигунам, як механізми поглинання електромагнітної енергії розглядаються хвилі Трівелпіса-Гудда, геліконні хвилі, а також іонно-циклотронний та електронно-циклотронний резонанси. У цьому випадку розсіювання електронів атомами та іонами в каналі двигуна розглядається як фактор термалізації плазми. Умови розряду та розміри камери катода низької потужності практично виключають виникнення цих ефектів, водночас значно посилюючи релаксацію імпульсу електронів завдяки недзеркальному відбиттю від потенційного бар'єру в прикордонному біполярному шарі. Параметрами, що описують результати цього відбиття в об'ємі камери, є осьово-азимутальні та радіально-азимутальні складові тензора електронної в'язкості, які відповідають потоку імпульсу електронів у напрямку нульового масового потоку.

Показано, що в'язкий перенос імпульсу електронів сприяє проникненню магнітного поля в плазму глибше, ніж це передбачається класичною теорією поверхневого шару, яка враховує релаксацію руху електронів лише внаслідок зіткнень у об'ємі.

Визначено умови, за яких можливий резонанс обертання-циклотрон.

Показано вплив в'язкості на процес термалізації електронів.

Отримані в роботі результати можуть бути використані для прогнозування робочих параметрів та звуження діапазону варіацій параметрів при роботі лабораторних моделей.

Ключові слова: високочастотний катод, тензор в'язкості, потенційний бар'єр, поверхневий шар, біполярний шар.

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.358421

РОЗРОБКА МЕТОДІВ ПОДОЛАННЯ АВТОКОЛИВАЛЬНИХ РЕЖИМІВ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ З ТИРИСТОРНИМ РЕГУЛЯТОРОМ НАПРУГИ (стор. 70–80)

Бушер В. В., Барановський В. Д., Громовий О. А., Valeriy Druzhipin, Мельнікова А. В., Ткачук А. Г., Романець А. О., Підтиченко О. В., Гуменюк А. А., Колисниченко І. Ю.

Об'єктом дослідження є процеси електромагнітного перетворення у потужних асинхронних електроприводах в процесі керованого пуску з використанням тиристорного регулятора напруги.

Проблема, на вирішення якої спрямовано дослідження, полягає в подоланні автоколивальних режимів потужних високовольтних асинхронних електроприводів в процесі керованого пуску в області номінального ковзання.

Конструктивною особливістю потужних високовольтних асинхронних двигунів у порівнянні з двигунами загальнопромислового призначення є невелике значення (до 1%) номінального ковзання. Також такі електродвигуни мають відносно невелике значення власного моменту інерції. Ці особливості створюють умови для виникнення автоколивань при виході в усталений режим роботи.

Розроблено математичну модель асинхронного двигуна з урахуванням впливу явища витіснення струму ротора для дослідження режимів керованого пуску асинхронного електропривода промислового механізму з урахуванням впливу розподільчої мережі підприємства.

Асинхронний двигун з точки зору живлячої мережі є нелінійним активно-індуктивним опором, фазовий кут якого може швидко змінюватися у широких межах в околиці номінального ковзання. Розкрито механізм виникнення автоколивань при керованому пуску високовольтних асинхронних двигунів від тиристорного регулятора напруги. Автоколивання виникають в області номінального ковзання через перехід тиристорного регулятора напруги в некерований режим роботи, коли фазовий кут навантаження стає більшим за кут керування тиристорами, в тому числі в квазігенераторний режим роботи.

Для запобігання появі автоколивальних режимів запропоновано використання керованого компенсатора реактивної потужності між двигуном та тиристорним регулятором напруги, який стабілізує сумарний фазовий кут навантаження, що сприяє покращенню керованості електропривода.

Ключові слова: пускові пристрої, автоколивальні режими, керований реакторний компенсатор, симуляційне моделювання.