

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
УКРАЇНСЬКЕ ТОВАРИСТВО З МЕХАНІКИ РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ
НАУКОВЕ ТОВАРИСТВО ІМЕНІ ШЕВЧЕНКА



16-й МІЖНАРОДНИЙ СИМПОЗИУМ УКРАЇНСЬКИХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ У ЛЬВОВІ

Матеріали симпозиуму

**16-th International Symposium
of Ukrainian Mechanical Engineers in Lviv**

Proceedings

Львів

18 – 19 травня 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
УКРАЇНСЬКЕ ТОВАРИСТВО З МЕХАНІКИ РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ
НАУКОВЕ ТОВАРИСТВО ІМЕНІ ШЕВЧЕНКА



16-й МІЖНАРОДНИЙ СИМПОЗИУМ УКРАЇНСЬКИХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ У ЛЬВОВІ

Матеріали симпозиуму

Присвячений 150-річчю Наукового товариства імені Шевченка

16-th International Symposium of Ukrainian Mechanical Engineers in Lviv

Proceedings

Dedicated to the 150-th anniversary of the Shevchenko Scientific Society

Львів

18 — 19 травня 2023 р.

УДК 531+621+669+681

16-й Міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові (м. Львів, 18 травня – 19 травня 2023 р.) : Матеріали симпозіуму. – Львів : КІНПАТРІ ЛТД, 2023. – 130 с.

Опубліковані матеріали доповідей, виголошені авторами на 16-му Міжнародному симпозіумі українських інженерів-механіків у Львові. До збірника увійшли праці, які стосуються проблем статичної та динамічної пружності і пружно-пластичних систем, міцності та надійності машин, математичних основ теорії тріщин, машинознавства, синтезу й оптимізації машинобудівних конструкцій, технології та автоматизації виробництва, функціональних і конструкційних матеріалів, поверхневого оброблення та захисту деталей машин і конструкцій, трибології, зварювального виробництва і діагностики металевих конструкцій, проектування, виготовлення, експлуатації і сервісу транспортних засобів, транспортних технологій, піднімально-транспортних машин, вібротехніки та вібраційних технологій.

Для наукових працівників, аспірантів, викладачів закладів вищої освіти, інженерів та студентів.

Редакційна колегія:

Б. Кіндрацький (голова), Р. Качмар (секретар),
Р. Кушнір, О. Ланець, Г. Никифорчин

функцією, залежною від координат базового шарніра, граничних конфігурацій ланок та коефіцієнтів тригонометричного ряду. Для розв'язання останньої використали стандартні числові процедури нелінійного програмування.

Запропонований алгоритм реалізовано у вигляді комп'ютерної програми (в програмному середовищі MS Visual C#, 2012). Проведено серію числових розрахунків (для модельного прикладу маніпулятора), які підтвердили ефективність побудованих алгоритму та програми. Аналіз числових розрахунків свідчить, що для заданої транспортної операції дволанкового маніпулятора його положення в робочій зоні та граничні конфігурації ланок суттєво впливають на енерговитрати, а тому зазначені фактори доцільно враховувати під час налаштування маніпулятора на виконання операції.

УДК 674.053

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У КРУГЛОПИЛКОВИХ ВЕРСТАТАХ

MODELING OF DYNAMIC PROCESSES IN CIRCULAR SAW MACHINES

Лідія Дзюба, Оксана Чмир

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007, Україна

The transverse vibrations of two types of cutting mechanisms of circular saw machines were investigated. Taking into account the boundary conditions at the sections of the saw shaft, the frequency equations to determine the frequencies of natural transverse oscillations were obtained and solved.

Дослідження динамічних процесів у сучасних верстатах для розпилювання деревини є актуальним та багатоступеневим завданням. Такі дослідження виконують задля: усунення аварійних режимів роботи, що можуть виникати через резонансні явища або втомне руйнування елементів конструкцій унаслідок дії змінного динамічного навантаження; для забезпечення кінематичних характеристик руху пиляльного інструмента, точність руху якого залежить від коливань та є визначальною для точності та якості пиляння.

Механізмом різання круглопилкового верстата є пилковий вал з розміщеною на ньому круглою пилкою, діаметр якої набагато перевищує діаметр вала. Зазвичай цей вал водночас є валом електродвигуна. Як відомо, критична частота обертання вала дорівнює частоті його поперечних коливань. Для дослідження поперечних коливань механізму різання круглопилкового верстату використано розрахункову схему, в якій вал подано стержнем круглого поперечного перерізу з масою та осьовим моментом інерції. Стержень спирається на дві шарнірні опори. Розглянуто два випадки розміщення круглої пилки на валу. У разі розміщення круглої пилки на консольному кінці вала розрахунковою схемою є стержень з двома ділянками різної довжини. Довжини ділянок відповідають відстані між опорами та відстані від опори до місця встановлення круглої пилки, яка має відповідно масу та осьовий момент інерції. У разі розміщення круглої пилки на валу між опорами, стержень теж містить дві ділянки, довжини яких загалом можуть бути різними. Поперечні коливання механізму різання відповідно до розрахункових схем описано диференціальним рівнянням четвертого порядку в частинних похідних. Відповідно до кожної розрахункової схеми для розв'язування диференціального рівняння вільних поперечних коливань механізму різання записано вісім крайових умов, що відповідають умовам з'єднання ділянок вала.

Розв'язування диференціального рівняння поперечних коливань з урахуванням крайових умов виконано методом розділення змінних з використанням математичного середовища Maple. Отримано трансцендентні рівняння частот поперечних коливань двох типів механізмів різання та визначено

величини частотних коефіцієнтів залежно від довжин ділянок. Досліджено вплив на частоти власних поперечних коливань механізмів різання маси та моменту інерції круглої пилки.

Порівняння частот обертання пилкових валів круглопилкових верстатів та їх нижчих власних частот поперечних коливань показало, що частоти обертання валів лежать в докритичній зоні, тобто під час розбігу та гальмуванні рух валів є стійким.

УДК 532.526.2

МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТІНКОВОГО ПОГРАНИЧНОГО ШАРУ НА ПОВЕРХНІ ОБТІКАННЯ

PARAMETERS MODELING OF THE WALL BOUNDARY LAYER ON THE FAIRING SURFACE

Тарас Дмитрів

*Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна*

The paper presents the development of an analytical model of tangential stresses that are created on streamlined surfaces in a dynamic laminar boundary layer. The flow environment is adopted by Newtonian. For the universality of results of modeling of speed over a height of a laminar boundary layer and tangential stresses on a streamlined surface, it is carried out in relative parameters..

Для вирішення задач проектування систем, що працюють в Ньютонівських середовищах в режимі обтікання поверхонь, необхідно знати характеристики руху середовищ на поверхнях обтікання. Це дозволить розрахувати втрати енергії на транспортування середовищ та силові характеристик переміщення об'єктів таких середовищах. Такі систем характеризуються процесами, на параметри яких одночасно впливають декілька факторів, що характеризують технологічний процес. Обтікання поверхні ньютонівським середовищем із швидкістю, змінною в часі, на поверхні обтікання утворюється динамічний пограничний шар. В межах цього динамічного пограничного шару швидкість потоку змінюється від нуля на поверхні тіла обтікання до швидкості невимушеного потоку. В роботі розглянуто вплив параметрів транспортування ньютонівських середовищ і їх характеристик на динамічні параметри пограничного шару за ламінарного режимів руху. Для динамічної характеристики і якісних параметрів процесу (передачі енергії, теплопровідності і ін.) необхідно знати характеристику дотичних напружень у пограничному шарі, його товщину і інших динамічних параметрів.

Дослідження характеристик пограничного шару на поверхнях обтікання, які підпорядковуються законам Ньютона (Ньютонівські середовища) є актуальним завданням для приладобудування та задач прикладної механіки. Критерієм оцінки є дотичні напруження і розподіл швидкості в пограничному шарі, що безпосередньо впливає на втрати енергії (тиску) за руху об'єкту в середовищі.

Швидкість у пограничному шарі, товщина, впливають на дотичні напруження, які виникають у процесі потоку середовища, та коефіцієнт тертя, який характеризує втрати тиску. Квазістаціонарне напруження зсуву у пограничному шарі біля стінки визначають шляхом обчислення коефіцієнта тертя. Дотичні напруження зсуву залежать від товщини пограничного шару, а також від характеру руху, що не є однозначним за турбулентного і пульсуючого (вимушена турбулентність) режимів руху.

Для універсальності результатів моделювання швидкості по товщині ламінарного пограничного шару і дотичних напружень на поверхні обтікання, проведено у відносних параметрах.

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНІ ЗАСІДАННЯ.....	3
Кіндрачук М., Духота О., Харченко В., Науменко Н. Зносостійкість газотермічних покриттів в умовах фретинг-корозії.....	3
Задорожна Х., Погрелюк І., Студент М., Труш В. Фрикційні властивості титану після комбінованого оброблення.....	4
Звірко О., Никифорчин Г., Венгринюк О., Цирульник О., Олійник О. Вплив розмірів та орієнтації зразка на властивості конструкційної сталі за розтягу з урахуванням її експлуатаційної деградації	5
Гачкевич О., Гачкевич М., Гуменчук О., Тріщ Б. Оптимізація режимів термообробки електровакуумних приладів з допомогою електромагнітного випромінювання.....	6
Ткачук М. М., Грабовський А., Ткачук М. А., Сериков В., Вейлер В. Високооборотові елементи танкових двигунів: проблеми міцності та стійкості руху.....	7
Андрейків О., Долінська І., Настасяк С., Свірчевський О. Математичні моделі визначення довговічності фібробетонних елементів конструкцій за довготривалого навантаження і локальної повзучості	8
Katica R. (Stevanović) Nedrih. Про відцентрові сили у східчастій зубчастій передачі та кінетичні контактні сили в радіальних кулькових підшипниках	9
Костьян Н., Матейчик В. Параметричний опис транспортної системи як основа оцінювання енергоефективності транспортних засобів	10
Устиненко О., Бондаренко О., Левін Н., Черельов С., Протасов Р. Оптимальне проектування зубчастих передач з підвищеною контактною міцністю	11
Клімов Е., Солтус А., Черниш А. Особливості кочення еластичного колеса з нахилом до дороги	12
Марчук М., Дробенко Б., Пакош В., Харченко В., Хом'як М. Основи методології проектного розрахунку зарядів твердого палива, міцноскріпленого з корпусом ракетного двигуна	14
Uścińowicz Robert. Визначення пружних властивостей Al/Cu біметалевого листа.....	15
Пастернак Я., Сулим Г. Метод граничних елементів для аналізу усталених коливань анізотропних тіл з просторовими тріщинами	16
Силованюк В., Івантишин Н., Філіпов М. Міцність тіла із залікованою тріщиною за поздовжнього зсуву	17
Секція 1. МЕХАНІКА РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ І МІЦНІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ	19
Баль О., Бондаренко І. Неприйнятність використання для залізничної колії принципу гранично-деформованого стану матеріалу в точці	19
Васильєв К., Сулим Г. Пружна рівновага анізотропного біматеріального клина з міжфазною тріщиною за поздовжнього зсуву	20
Вовк О., Кушнір Р. Аналітично-числовий підхід до визначення термпружного стану термочутливої трибосистеми за складного теплообміну	21
Войтович М., Лампіка Р. Термпружні поля і термпружна рівновага гинів трубопроводів	22
Гачкевич О., Козакевич Т., Волчаньски Т. Моделювання залишкових фазового та напруженого станів у сталевих тілах за високотемпературного нагріву рухомими розподіленими джерелами тепла	23
Гембара О., Чепіль О., Сапужак Я. Прогнозування довговічності елементів конструкцій в умовах високотемпературної повзучості.....	24
Дмитрів В., Дмитрів І. Аналітичне моделювання пружно-демпферних систем для задач механіки.....	26
Квіт Р. Про деякі ймовірнісні характеристики міцності ортотропних композитних матеріалів з орієнтованою структурою	28
Марченко Г., Рудавська І., Дацишин О., Кравчук О. До питання про руйнування поверхонь кочення залізничних коліс.....	29
Нестеров О. Опір корозійно-втомному росту тріщин як показник експлуатаційної деградації металоконструкцій морського портового перевантажувального обладнання	30
Онишкевич В., Барабаш Г. Модель «третього тіла» в нестационарній контактній задачі термпружності з теплоутворенням від тертя	31
П'янило Я., Лопух Н., Торський А. Похідні дробових порядків у математичних моделях масопереносу	32
Рудавська І., Глазов А., Марченко Г., Дацишин О. Гранична рівновага кругового диска з радіальною внутрішньою тріщиною під дією модельного контактного навантаження	33

Рудавський Д., Долінська І., Канюк Ю. Оцінювання залишкового ресурсу залізничної рейки з поверхневою тріщиною	34
Саврук М., Кравець В., Чорненький А. Метод сингулярних інтегральних рівнянь у двовимірних задачах теорії пружності квазіізоаніotropного тіла з отворами та включеннями	35
Середницька Х. Поздовжня і поперечна теплопровідність міжфазної щілини у різномірному біматеріалі.....	36
Твардовська С. Дослідження параметрів коливань пористого насиченого розчином електроліту середовища під дією зовнішнього електричного поля	37
Токовий Ю. Побудова аналітичних розв'язків задач теорії пружності та термопружності для багатопарових циліндрів	38
Секція 2. МОДЕЛЮВАННЯ, СИНТЕЗ І ОПТИМІЗАЦІЯ МАШИНОБУДІВНИХ КОНСТРУКЦІЙ ..40	
Бондаренко О., Устиненко О., Ключков І., Андрієнко С. Метафора – ідеологічна сутність опису та подання метаевристичних алгоритмів	40
Васильєв А., Ткачук Г., Грабовський А., Ткачук М., Голтвяниця О. Обґрунтування проєктно-технологічних рішень елементів вітчизняних легкоброньованих машин	41
Демидюк М., Демидюк В. Оптимізація розміщення дволанкового маніпулятора в робочій зоні	42
Дзюба Л., Чмир О. Моделювання динамічних процесів у круглопилкових верстатах	43
Дмитрів Т. Моделювання параметрів пристінкового пограничного шару на поверхні обтікання.....	44
Ірза Є. Оптимізація режимів термообробки елементів машинобудівних конструкцій	45
Майструк В. Дослідження впливу конструкції вхідного патрубку на гідравлічний опір циклону за допомогою CFD - програм	46
Мартинюк А., Стечишин М., Білик Ю. Установка для прямого фторування полімерних матеріалів ..47	
Мусій Р., Мельник Н., Моринь С., Торський А. Математичне моделювання термомеханічної поведінки електропровідних сферичних елементів при імпульсній електромагнітній обробці	48
Пасіка В., Гелетій В., Данило Я. Синтезування важільних механізмів	49
Пасіка В., Ланець О., Паращин О. Синтез корбово-поковзневих механізмів з метою зменшення кінетичної потужності	50
Саган О. Багатокомпонентний дозатор-змішувач дисперсних матеріалів	52
Ткачук М. А., Зінченко О., Гречка І., Льозний О., Ткачук М. М. Високоінтенсивні пластичні деформації у технологічних операціях виготовлення елементів систем підресорювання військових машин.....	53
Секція 3. НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ У МАШИНОБУДУВАННІ. СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ, ПОВЕРХНЕВЕ ОБРОБЛЕННЯ ТА ЗАХИСТ ДЕТАЛЕЙ МАШИН І КОНСТРУКЦІЙ	54
Білобородченко В. Технологічна зварність конструкційних сплавів молібдену. Частина 1. Дослідження тріщиностійкості сплавів	54
Веселівська Г., Погрелюк І., Проскурняк Р., Купрін О. Адгезійна міцність покриттів tin, осаджених на титані з різним станом поверхні.....	55
Гвоздецький В., Студент М., Задорожна Х., Веселівська Галина, Дзюба Ю. Зносостійкість імпульсно-анодованих алюмінієвих сплавів.....	56
Гвоздецький В., Студент М., Погрелюк І., Задорожна Х., Веселівська Г. Вплив термічної обробки на структуру та абразивну зносостійкість анодних шарів на алюмінієвому сплаві АД0	57
Гупка А., Лещук Р., Ярема І. Параметрична модель фрикційного контакту	58
Дзюбик А., Дзюбик Л. Тензометрування різнотовщинних зварних стиків надземних ділянок магістральних трубопроводів	59
Кіндрачук М., Леусенко Д. Визначення зносостійкості та втомної міцності деталей машин деякими стандартними методами оцінки показників якості мастильних матеріалів	60
Кіндрачук М., Вольченко Д., Бекіш І., Малик В., Малик Л., Журавльов Д. Стан надпровідності в парах тертя гальм	61
Колесніков В. Деякі підходи щодо врахування впливу неметалевих включень та карбідів на робочі та експлуатаційні властивості енергетичного обладнання	63
Лук'янюк М., Стечишин М., Олександренко В., Стечишина Н. Застосування циклічно комутованого тліючого розряду для азотування деталей складної конфігурації.....	64
Носко П., Башта О., Бойко Г., Мельник В. Тертя ковзання в зубчастій парі.....	65
Проданчук О. Автоматизація процесу вторинної переробки відходів виробництва полімерної продукції шляхом вдосконалення комплексу лиття під тиском	66