# МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ «МЕХАНІКА: СУЧАСНІСТЬ І ПЕРСПЕКТИВИ – 2024»

# INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE “MECHANICS: CONTEMPORARY APPROACHES AND FUTURE DIRECTIONS – 2024”

Механіка
СУЧАСНІСТЬ І ПЕРСПЕКТИВИ

## МАТЕРІАЛИ ДОПОВІДЕЙ

Київ – 2024

**Організатор конференції:**
Інститут механіки імені С.П. Тимошенка НАН України

**Співорганізатор конференції:**
Національний комітет України з теоретичної і прикладної механіки

**Співголови оргкомітету:**
Академік НАН України, доктор фізико-математичних наук В.Л. Богданов,
Академік НАН України, доктор технічних наук В.М. Назаренко

**Вчений секретар:**
Кандидат фізико-математичних наук Ю.О. Чорноіван

**Співголови напрямків конференції:**

**Механіка композитних та неоднорідних середовищ:**
Член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук Я.Я. Рущицький,
Доктор фізико-математичних наук В.А. Декрет,
Доктор фізико-математичних наук Є.А. Сторожук

**Контактна механіка:**
Доктор фізико-математичних наук С.Ю. Бабич,
Доктор фізико-математичних наук В.С. Кирилюк,
Доктор фізико-математичних наук Р.М. Мартиняк

**Механіка оболонкових систем:**
Член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук О.Я. Григоренко,
Доктор технічних наук П.З. Луговий

**Механіка зв'язних полів у матеріалах та елементах конструкцій:**
Член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук Я.О. Жук,
Доктор фізико-математичних наук В.Г. Карнаухов

**Механіка руйнування та втома:**
Член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук М.Ф. Селіванов,
Доктор технічних наук В.П. Голуб

**Динаміка та стійкість руху механічних систем:**
Академік НАН України, доктор фізико-математичних наук В.Д. Кубенко,
Академік НАН України, доктор фізико-математичних наук А.А. Мартинюк

**Члени оргкомітету:**
Доктор фізико-математичних наук В.А. Максимюк,
Кандидат фізико-математичних наук Л.М. Терещенко,
Кандидат технічних наук П.В. Фернаті,
Кандидат фізико-математичних наук О.О. Хотенко

ISBN 978-617-95378-0-6
©IMex НАНУ

**Зміст**

**1 Механіка композитних та неоднорідних середовищ** **8**
1.1 Загальне . . . 8
1.1.1 К.А. Безручко, О.В. Приходченко, М.О. Гладка, Алгоритм визначення відносних лінійних деформацій у масиві гірських порід . . . 8
1.1.2 Беженар М.П., Романенко Я.М., Пацик А.М., Структурне конструювання надтвердих PCBN композитів BL групи . . . 11
1.1.3 Беженар М.П., Романенко Я.М., Пацик А.М., Фазовий склад та властивості полікристалів cBN – Al в залежності від умов одержання . . . 13
1.1.4 Беженар М.П., Романенко Я.М., Пацик А.М., Соколов О.М., Міграція кобальту в робочий шар PCBN композиту спечений на твердосплавній підкладці . . . 15
1.1.5 Т.С. Кагадій, А.Г. Шпорта, Метод збурень у задачах механіки композитних та неоднорідних середовищ . . . 17
1.1.6 О.Л. Кіпніс, Критичні параметри навантаження в задачі про стискання напівобмеженого тіла з покриттям вздовж міжфазної зони проковзування . . . 19
1.1.7 А.Ю. Глухов, Хвилі кручення в шаруватих композитних стисливих матеріалах з початковими напруженнями при проковзуванні шарів . . . 22
1.1.8 Л.О. Григор'єва, Усталені коливання електров'язкопружного композитного циліндра . . . 24
1.1.9 В.А. Максимюк, В.С. Ушакова, О.В. Ушаков, Про швидкість поширення ударної хвилі у циліндричному вертикальному водяному кулеуловлювачі . . . 27
1.1.10 Н.В. Сметанкіна, Моделювання деформування багатошарового скління літаків при інтенсивних ударних навантаженнях . . . 30
1.1.11 О.М. Хіміч, О.В. Попов, О.В. Чистяков, Т.В. Чистякова, В.А. Сидорук, П.С Єршов Інтелектуальна система для математичного моделювання в науці та інженерії . . . 32
1.1.12 M.V. Filipov, N.A. Ivantyshyn, Torsional strength of a transversally isotropic cylinder containing a system of healed cracks . . . 35
1.1.13 А.Б. Чорненький, М.П. Саврук, В.С. Кравець, Коефіцієнти концентрації та інтенсивності напружень у вершинах отворів у ортотропній пластині . . . 38
1.1.14 В.С. Кравець, Напружений стан анізотропного тіла з криволінійним ортотропним включенням за антиплоскої деформації . . . 41
1.1.15 В.Н. Олійник, Верифікація моделі термічної дисипації звуку в легеневій паренхімі . . . 44
1.1.16 В.М. Бурлаєнко, Т. Садовський, В.В. Веретельник, Моделювання та аналіз власних коливань балок змінного поперечного перерізу з функціонально-градієнтним армуванням вуглецевими нанотрубками . . . 46
1.1.17 Т.М. Щербак, Ю.А. Мейш, Чисельне моделювання розсівання поверхневих гравітаційних хвиль вертикальним тонким бар'єром . . . 49
1.1.18 М.А. Долгов, Дослідження розподілу дотичних напружень в деформованому покритті . . . 51
1.1.19 Б.М. Калиняк, В.А. Шевчук, Термонапружений стан циліндричних тіл з багатошаровими неоднорідними покриттями . . . 54
1.1.20 О.М. Шикула, Н.Б. Жукова, Прогнозування деформативних властивостей волокнистих матеріалів з розорієнтованими волокнами та нелінійною матрицею . . . 56
1.1.21 О.С. Романченко, Порівняння механічних характеристик та вибір оптимального композитного матеріалу для виготовлення захисних кейсів . . . 59
1.1.22 В.В. Пастернак, Г.Т. Сулим, Матричний підхід побудови фундаментальних розв'язків просторових задач мікрополярної теорії пружності анізотропних тіл . . . 62
1.1.23 В.А. Декрет, В.М. Бистров, В.С. Зеленський, Дослідження приповерхневої втрати стійкості шаруватого композитного матеріалу при стисканні на основі представницького елемента . . . 63
1.1.24 О.О. Хотенко, І.М. Хотенко, Сучасний стан та актуальність досліджень нелінійних пружних поверхневих хвиль Релея . . . 66
1.1.25 М.М. Ткачук, А.М. Ткачук, Негладке математичне програмування в механіці . . . 69
1.1.26 Є.А.Сторожук, А.В. Лисенко, Вплив виду ребристого заповнювача на динамічну поведінку тришарової циліндричної оболонки еліптичного перерізу . . . 72
1.1.27 Ю.Ю. Абросов, Ю.І. Лелюх, Розрахунок довгої циліндричної оболонки суперколового поперечного перерізу методом скінченних елементів (МСЕ) . . . 74
1.1.28 Є.А. Сторожук, О.В. Кудін, Моделювання нелінійного деформування довгих тришарових пластин з використанням неперервно-структурних теорій . . . 77
1.1.29 А.Ф. Булат, О.П. Круковський, В.В. Круковська, Дослідження стійкості підземної камери порятунку і розробка способу її кріплення в різних гірничо-геологічних умовах . . . 80
1.1.30 Я.Я. Рущицький, Гіпопружні матеріали. Лінеаризована теорія . . . 83
1.1.31 В.М. Юрчук, Опис застосування стандартної реологічної моделі до аналізу сейсмічних хвиль . . . 86
1.1.32 А.Ф. Булат, С.А. Курносов, С.Ю. Макеєв, О.П. Круковський, М.М. Стадничук, Обґрунтування хвильового опору композитних матеріалів для захисту підземних виробок від пружних коливань . . . 89
1.2 Контактна механіка . . . 91

4.15 А.О. Камінський, Є.Є. Курчаков, Ю.О. Чорноіван, Чисельне дослідження крайових ефектів в нелінійному ортотропному тілі з тріщиною . . . 251
4.16 М.Ф. Селіванов, П.В. Фернаті, Л.М. Терещенко, Визначення траєкторії розвитку тріщини з використанням адаптивної розбивки із регулярною частиною . . . 254
4.17 В.П.Голуб, П.Ю. Кобзар, Метод чисельної ідентифікації графічних експериментальних даних . . . 257
4.18 О.С. Богданова, М.В. Дудик, А.О. Камінський, Ю.В. Решітник, Поворот міжфазної тріщини у квазікрихкий матеріал біматеріального тіла у кутовій точці ламаної межі поділу . . . 259
4.19 Є.В. Воробйов, Т.В. Анпілогова, Міцність та низькотемпературна стрибкоподібна деформація сплавів з огляду на вид запасу потенційної енергії у системі навантаження . . . 261
4.20 М.В. Дудик, Т.В. Поліщук, Про відгалуження міжфазної зсувної тріщини у кутовій точці ламаної межі поділу . . . 264
4.21 Писаренко Г.Г., Войналович О.В., Бялонович А.В., Майло А.М., Характеристика пошкодженості конструкційної сталі за багатоциклової втоми на межі непружного деформування . . . 265
4.22 М.О. Єфімов, В.А. Гончарук, В.В. Купрін, Н.П. Захарова, Концентраційна залежність зміцнюючого ефекту в композитах Al – $AlB_{12}$ . . . 268
4.23 В.Г. Сидяченко, Дослідження впливу попереднього термомеханічного навантаження на тріщиностійкість реакторної сталі при змішаних модах деформування . . . 271
4.24 А.В. Кравчук, Є.О. Кондряков, О.М. Масло, Н.М. Лобода, Руденко О.М., Експериментально-розрахункові дослідження з визначення межі міцності при зсуві клейових з'єднань . . . 274
4.25 П.О. Булах, В.П. Швець, О.М. Масло, Вплив рівня розсіяних пошкоджень на фізико-механічні властивості сталей в умовах плоского напруженого стану . . . 277
4.26 О.С. Богданова, Вплив двовісності навантаження на граничний стан ортотропної пластини з періодичною системою колінеарних тріщин . . . 280
4.27 А.В. Кравчук, Г.В. Чижик, О.М. Полярус, Р.В. Кравчук, Ю.О. Вронська, Г.В. Приходько, Методика оцінки механічних характеристик нових сплавів на основі нітридів металів (TiN, ZrN, NbN, $Cr_2N$, AlN) та інтерметалідів, NiAl, NiTi, $Ni_3Ti$, що застосовуються для отримання метало-матричних композитів . . . 283
4.28 В.Л. Богданов, О.І. Лесик, Коефіцієнти інтенсивності напружень в попередньо напруженій півплощині з приповерхневою тріщиною нормального відриву . . . 286
4.29 І.Ю. Подільчук, Ефект Баушінгера у ортотропних матеріалах з ізотропно-кінематичним зміцненням . . . 289
4.30 Я.В. Павлюк, Визначення релаксації напружень в тонкостінних трубчастих елементах із лінійно-в'язкопружних матеріалів за умов розтягу та кручення . . . 292
4.31 І.С. Скородинський, В'язкопружний шар на жорсткій основі під дією рівномірно розподіленого циклічного навантаження . . . 295

**5 Динаміка та стійкість руху механічних систем** **298**
5.1 Ю.М. Кононов, Про стійкість обертання у середовищі з опором вільного пружного твердого тіла з рідиною . . . 298
5.2 P.P. Lizunov, O.S. Pogorelova, T.G. Postnikova, Efficiency and dynamics of a double-sided vibro-impact damper compared to a single-sided one . . . 300
5.3 Я.О. Жук, О.П. Жук, О.М. Багно, SH-хвилі в пружному шарі з початковими напруженнями . . . 303
5.4 К.О. Семенович, Прояви нелінійних ефектів при кутовому русі системи співосний резервуар-рідина . . . 306
5.5 В.З. Грищак, Асимптотичний розв'язок проблеми коливань конструкцій при наявності локалізованого збурення . . . 307
5.6 Н.В. Жоголева, В.Ф. Щербак, Ідентифікація параметрів зовнішньої періодичної сили . . . 309
5.7 Д.В. Пошивач, Дослідження динамічної стійкості пружних систем при стохастичному параметричному навантаженні методом Монте-Карло . . . 312
5.8 І.В. Янчевський, О.Х. Остос, «Резонансні» явища при збудженні сферичного сегмента в напівнескінченній циліндричній порожнині з ідеальною стисливою рідиною . . . 314
5.9 І.В. Янчевський, Т.В. Гетьман, Розробка надбудови в ANSYS для розв'язання обернених граничних задач механіки на основі АСТ . . . 316
5.10 Ю.Г. Серьожкін, В.П. Кислий, В.А. Мороженко, Є.А. Соловйов, В.М. Настич, Л.В. Борковська, Лазерно-акустичний метод виявлення прихованих об'єктів шляхом реєстрації коливань ґрунту . . . 318
5.11 Фесенко Г.О. Динамічна задача для пружного чверть простору . . . 321
5.12 Ю.П. Глухов, Дві моделі захисного покриття для пружної основи з початковими напруженнями . . . 322
5.13 М.О. Вабіщевич, І.К. Фесун, Дослідження динамічного деформування сталевих конструкцій при раптовому обваленні з урахуванням фізичної нелінійності . . . 324
5.14 В.Д. Кубенко, Осесиметрична задача для шару стисливої рідини при нестаціонарному поверхневому збудженні . . . 327
5.15 Ю.П. Глухов, Шаруватий півпростір з початковими напруженнями під дією рухомого навантаження . . . 328
5.16 Б.М. Кіфоренко, Я.В. Ткаченко, Вибір опорної орбіти для розв'язання задачі оптимізації переходів між близькими еліптичними орбітами . . . 330
5.17 Н.Є. Ткаченко, Розсіювання дрібнодисперсної суміші на шершавій поверхні . . . 331
5.18 А.С. Хорошун, Дослідження якісних властивостей механічної моделі супутника із подвійним обертанням при врахуванні нелінійності пружних елементів . . . 333
5.19 Є.С. Лапшин, О.І. Шевченко, Ефективність гашення коливань механічної системи з кульовим гасителем . . . 335
5.20 М.В. Демидюк, В.М. Демидюк, Параметрична оптимізація транспортних операцій нелінійних маніпуляційних систем 338
5.21 І.Л. Іванов, Синхронізація неідентичних енергосистем при імпульсних збуреннях . . . 341

**О.С. Богданова[1], М.В. Дудик[2], А.О. Камінський[1], Ю.В. Решітник[2]**

## ПОВОРОТ МІЖФАЗНОЇ ТРІЩИНИ У КВАЗІКРИХКИЙ МАТЕРІАЛ БІМАТЕРІАЛЬНОГО ТІЛА У КУТОВІЙ ТОЧЦІ ЛАМАНОЇ МЕЖІ ПОДІЛУ

*[1]Інститут механіки імені С.П.Тимошенка НАН України,*
*вул. П.Нестерова, 3, 03057, Київ, Україна;*
*[2]Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини,*
*вул. Садова, 2, 20300, Умань, Україна;*
*e-mail: o.bogdanova@i.ua, dudik_m@hotmail.com, dfm11@ukr.net,*
*dikhtiarenko_iu@udpu.edu.ua*

В умовах плоскої деформації розглядається початковий етап повороту міжфазної тріщини у кутовій точці ламаної межі розділу двох різних однорідних ізотропних матеріалів, який полягає в утворенні маломасштабної зони передруйнування у менш тріщиностійкому матеріалі з квазікрихким характером руйнування. Зона передруйнування моделюється лінією розриву переміщення довжини $l$ (рис. 1), на якій виконується квадратичний критерій міцності типу Мізеса – Хілла $\left(\sigma_\theta / \sigma_1\right)^2 + \left(\tau_{r\theta} / \tau_1\right)^2 = 1$ з граничними значеннями $\sigma_1$ нормального і $\tau_1$ дотичного напружень у квазікрихкому матеріалі в якості критеріальних параметрів. Зовнішнє навантаження враховується шляхом формулювання умови на нескінченості у формі вимоги зшивання шуканого розв'язку з асимптотикою відомого розв'язку аналогічної задачі без зони передруйнування.

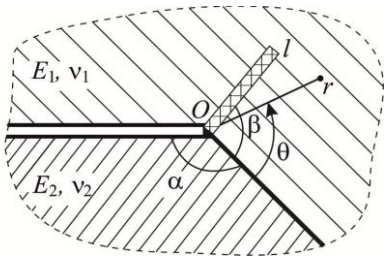



Рис. 1

За допомогою інтегрального перетворення Мелліна задачу про розрахунок параметрів зони передруйнування зведено до векторного функціонального рівняння відносно трансформант компонентів напружень і градієнтів переміщень. Для його розв'язання використано наближений метод [1], який базується на поетапному розщепленні вихідного векторного рівняння на пару незалежних скалярних функціональних рівнянь, що розв'язуються за допомогою методу Вінера – Гопфа. Розщеплення векторного рівняння у нульовому наближенні здійснено завдяки нехтуванню недіагональними елементами його матричного коефіцієнта. Отриманий на цьому етапі розв'язок використовувався у наступному наближенні шляхом заміни ним розшукуваних функцій при недіагональних компонентах матричного коефіцієнта вихідного рівняння, що також приводило до пари скалярних функціональних рівнянь з доступним подальшим розв'язанням.

Зі знайденого наближеного розв'язку функціонального рівняння задачі виведено

замкнуту систему трансцендентних рівнянь і співвідношень для розрахунку довжини зони, фазового кута навантаження і величини дисипації енергії в зоні. З умови максимуму величини дисипації енергії визначався кут нахилу зони відносно межі розділу матеріалів.

Отримано вирази для швидкості вивільнення енергії в зоні та розкриття тріщини в її вершині, які забезпечують застосування енергетичного і деформаційного критеріїв оцінки граничних навантажень, що передують зрушенню тріщини у напрямку, визначеному орієнтацією зони передруйнування в момент зрушення. Здійснено числовий аналіз залежності параметрів зони передруйнування від величини навантаження, механічних характеристик з'єднаних матеріалів та кута зламу межі розділу матеріалів. Виявлено суттєвий вплив на досліджувані параметри конфігурації зовнішнього навантаження і відношення опору відриву до опору зсуву матеріалу, в якому розвивається зона передруйнування. Встановлено існування стрімкого переходу матеріалу від крихкого механізму руйнування до пластичного при зміні відношення опорів відриву і зсуву у достатньо вузькому інтервалі його значень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ламана межа розділу, міжфазна тріщина, зона передруйнування, умова міцності Мізеса – Хілла, векторне рівняння Вінера – Гопфа, поворот тріщини.

1. Kaminsky A., Dudyk M., Reshitnyk Yu., Chornoivan Yu. An analytical method of modeling the process zone near the tip of an interface crack due to its kinking from the interface of quasi-elastic materials. // Int. J. Solids Struct. – 2023. – **267** (112117).

**O.S. Bogdanova[1], M.V. Dudyk[2], A.O. Kaminsky[1], Y.V. Reshitnyk[2]**

**INTERFACE CRACK KINKING INTO A QUASI-BRITTLE MATERIAL OF A BI-MATERIAL BODY AT THE CORNER POINT OF A BROKEN INTERFACE**

*[1] S.P. Timoshenko Institute of Mechanics of the National Academy of Sciences,*
*P. Nesterov Str., 3, 03057, Kyiv, Ukraine;*
*[2]Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University,*
*Sadova Str., 2, 20300, Uman, Ukraine;*
*e-mail: o.bogdanova@i.ua, dudik_m@hotmail.com, dfm11@ukr.net, dikhtiarenko_iu@udpu.edu.ua*

A mathematical model of the process zone, which under plane strain conditions is formed in a material with a quasi-brittle fracture mechanism near the tip of an interfacial crack at the corner point of a broken interface, has been developed. The process zone is modeled by the displacement discontinuity line, on which the Mises–Hill strength condition is satisfied. The equation for calculating the length and orientation of the process zone, the phase angle of stresses and the amount of energy dissipation in the zone is derived.