

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**Міжнародна науково-методична
Інтернет-конференція
«Проблеми вищої математичної
освіти: виклики сучасності (2024)»**

20-22 червня 2024 року

Збірник матеріалів

Електронне наукове видання

Вінниця
ВНТУ
2024

Видається за рішенням Вченої ради Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Організаційний комітет конференції:

Голова – І. Ю. Єпіфанова, д.е.н., проф., проректор з наукової роботи, Вінницький національний технічний університет.

Співголова – В. М. Михалевич, д.т.н., проф., завідувач кафедри вищої математики, Вінницький національний технічний університет.

Заступники голови:

Антонюк О. П. – начальник науково-дослідної частини, Вінницький національний технічний університет.

Петрук В. А. – д.пед.н., проф. каф. вищої математики, Вінницький національний технічний університет.

Члени оргкомітету:

Ю. Ю. Буренніков - проректор з науково-педагогічної роботи, міжнародного співробітництва та молодіжної політики, ВНТУ.

В. Є. Циркун - проректор з науково-педагогічної роботи, перспективного розвитку та інфраструктури, ВНТУ.

О. Г. Сухецька – головний бухгалтер, ВНТУ.

С. А. Кирилашук – к.пед.н., доц., декан ФІТКІ, ВНТУ.

І. В. Хом'юк – д.пед.н., проф. каф. вищої математики, ВНТУ.

Т. О. Савчук – проф. каф. КН, начальник навчального відділу ВНТУ.

З. В. Бондаренко – к.пед.н., доц. каф. вищої математики, ВНТУ.

О. П. Прозор – к.пед. н., доц. каф. вищої математики, ВНТУ.

М. М. Ковтонюк - к.ф.-м.н., д.пед.н., проф., ВДПУ ім. М. Коцюбинського.

С. М. Бак - д.ф.-м.н., проф., ВДПУ ім. М. Коцюбинського.

Матеріали міжнародної науково-методичної Інтернет-конференції
М58 «Проблеми математичної освіти: виклики сучасності (2024)» : збірник матеріалів
[Електронний ресурс]. – Вінниця: ВНТУ, 2024. – (PDF, 220 с.)

ISBN 978-617-8163-15-0

Збірник містить тексти доповідей Міжнародної науково-методичної Інтернет-конференції «Проблеми вищої математичної освіти: виклики сучасності (2024)».

Конференція проходила 20-22 червня 2024 року на базі Вінницького національного технічного університету з метою вивчення досвіду, проблем та перспектив найбільш ефективного та економного навчання математики при сучасних до неї вимогах; використання нових технологій навчання, обговорення питань науково-методичного супроводу викладання математичних дисциплін; розробки і застосування інформаційно-комунікаційних та інноваційних педагогічних технологій.

УДК 001

ISBN 978-617-8163-15-0

© Вінницький національний технічний університет, укладання, оформлення, 2024

Зміст

Методологічні аспекти розбудови сучасної математичної освіти

| | |
|---|----|
| <i>Тетяна Володимирівна Думанська</i> ПРИКЛАДНА СПРЯМОВАНІСТЬ КУРСУ «РІВНЯННЯ З ПАРАМЕТРАМИ» | 1 |
| <i>Ірина Володимирівна Хом'юк, Віктор Вікторович Хом'юк</i> ФОРМУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ НА ЗАНЯТТЯХ З ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ ЗАСОБАМИ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ | 3 |
| <i>Тетяна Анатоліївна Олешко, Олена Вальтерівна Каруну, Валерія Валеріївна Пахненко</i> З ДОСВІДУ ВИКЛАДАННЯ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТЕЙ АНГЛОМОВНИМ СТУДЕНТАМ | 7 |
| <i>Тетяна Володимирівна Забаштанська</i> ФОРМУВАННЯ ФІНАНСОВОЇ ГРАМОТНОСТІ СТАРШОКЛАСНИКІВ ЧЕРЕЗ ІНТЕГРОВАНЕ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ ТА ЕКОНОМІКИ | 12 |
| <i>Тетяна Геннадіївна Копеїкіна, Тетяна Геннадіївна Войтік</i> ЗНАЧЕННЯ МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ МАТЕМАТИКИ СТУДЕНТАМ ВИШІВ ДЛЯ ВИБОРУ МАЙБУТНЬОЇ ПРОФЕСІЇ | 16 |
| <i>Ірина Володимирівна Хом'юк, Віктор Вікторович Хом'юк</i> ВИКОРИСТАННЯ ТРЕНІНГОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ЗАНЯТТЯХ З ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ | 18 |
| <i>Людмила Кусік</i> ДОСТАТНІ УМОВИ ІСНУВАННЯ ОДНОГО КЛАСУ РОЗВ'ЯЗКІВ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ДРУГОГО ПОРЯДКУ | 21 |
| Теоретико-методологічні та психологічні аспекти створення і впровадження інформаційно-комунікаційних та інноваційних технологій | |
| <i>Світлана Дімова Дімітрова-Бурлаєнко, Наталія Петрівна Гиря, Вячеслав Миколайович Бурлаєнко</i> ЕВОЛЮЦІЯ ЦИФРОВИХ НАВИЧОК ВИКЛАДАЧІВ МАТЕМАТИКИ У ТЕХНІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ УКРАЇНИ | 23 |
| <i>Роман Яровий, Якуб Дук</i> ПСИХОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ | 28 |
| <i>Назар Романович Атаманюк</i> ВИКОРИСТАННЯ FIREBASE ДЛЯ РОЗРОБКИ МЕРЕЖНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЇ КОМУНІКАЦІЇ НА ПЛАТФОРМІ ANDROID | 31 |
| <i>Іван Олександрович Мельніков</i> СТВОРЕННЯ І ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТА ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ ТОРГОВОГО-РОЗВАЖАЛЬНОГО ЦЕНТРУ SKYCITY | 33 |
| <i>Георгій Горячев, Сергій Джура</i> АНАЛІЗ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ LOT-СИСТЕМ НА БАЗІ МОБІЛЬНИХ ANDROID-ПРИСТРОЇВ | 36 |
| <i>Ярослав Сергійович Мартинюк</i> ЧАТ-БОТ ДЛЯ КЛІЄНТСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ КОРИСТУВАЧІВ | 40 |
| <i>Тетяна Віталіївна Старинець, Анна Денисівна Параджанова, Ірина Юріївна Савчук, Катерина Володимирівна Левчук, Ольга Олександрівна Войцеховська</i> РОЗРОБКА ВЕБ-ЗАСТОСУНКУ ЗІ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ «ВНТУ LIVE» | 42 |

| | |
|---|----|
| <i>Софія Олегівна Гаврілова, Вікторія Юріївна Марущак, Ольга Олександрівна Войцеховська</i> РОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО ЕКО-ДОДАТКУ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ СПРЯМОВАНОГО НА ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ | 47 |
| <i>Богдан Канівець, Володимир Рубан</i> ВИКОРИСТАННЯ CAS СИСТЕМ У ПРОЦЕСІ ПРОЕКТУВАННЯ..... | 52 |
| <i>Олена Миколаївна Соя</i> ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА УЧАСНИКІВ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ У ЦИФРОВОМУ ПРОСТОРІ ЗАКЛАДУ ОСВІТИ..... | 54 |
| <i>Олена Косовець</i> ГЕЙМІФІКАЦІЯ У НАВЧАННІ ВЕБТЕХНОЛОГІЙ УЧНІВ ПРОФІЛЬНОЇ ШКОЛИ | 56 |
| Математика та математичне моделювання | |
| <i>Сніжана Іллівна Кротюк, Наталія Василівна Сачанюк-Кавецька</i> ВИКОРИСТАННЯ ПОЛЯРНИХ КООРДИНАТ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ГРАФІЧНОГО ПАРОЛЮ | 58 |
| <i>Сергій Миколайович Бак, Галина Миколаївна Ковтонюк</i> ПРО ПЕРІОДИЧНІ БІЖУЧІ ХВИЛІ В ДИСКРЕТНИХ РІВНЯННЯХ ТИПУ КЛЕЙНА-ГОРДОНА З НЕЛОКАЛЬНОЮ ВЗАЄМОДІЄЮ | 61 |
| <i>Уляна Василівна Гудима</i> УМОВИ ЕКСТРЕМАЛЬНОСТІ ДОПУСТИМОГО ЕЛЕМЕНТА ЗАДАЧІ ВІДШУКАННЯ ТОЧКИ ШТЕЙНЕРА КІЛЬКОХ ЗАМКНЕНИХ КУЛЬ ДЕЯКОГО ПОЛІНОРМОВАНОГО ПРОСТОРУ | 64 |
| <i>Дмитро Святославович Бондаренко, Злата Василівна Бондаренко, Світлана Анатоліївна Кирилашук, Віталій Іванович Клочко</i> ПРОГНОЗУВАННЯ ВИТРАТ РЕСУРСІВ ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ ЗБОРІ ДАНИХ З ЛІЧИЛЬНИКІВ | 66 |
| <i>Володимир Маркусович Михалевич, Богдан Юрійович Буняк, Богдан Віталійович Броневицький</i> ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦИФРОВКИ ГРАФІКІВ ФУНКЦІЇ | 69 |
| <i>Микола Анатолійович Колісник, Володимир Маркусович Михалевич, Андрій Анатолійович Штуць, Юрій Володимирович Добранюк</i> СПІВСТАВЛЕННЯ ЕМПІРИЧНОГО КРИТЕРІЯ РУЙНУВАННЯ З ТЕОРІЄЮ ПІДСУМОВУВАННЯ ПОШКОДЖЕНЬ | 73 |
| <i>Іван Дем'янович Денков, Євген Володимирович Назаренко</i> МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ В ЛІСАХ ЗА СУПУТНИКОВИМИ ДАНИМИ НА ПРИКЛАДІ ЛІСІВ УКРАЇНИ..... | 76 |
| <i>Володимир Дмитрович Дереч, Алла Андріївна Барковська</i> СКІНЧЕННА НАПІВГРУПА МАННА, ВСІ КОНГРУЕНЦІЇ ЯКОЇ Є КОНГРУЕНЦІЯМИ РІСА | 80 |
| <i>Максим Сергійович Дунаєвський, Дмитро Олександрович Рибачок</i> МОДЕЛІ ТА СТРАТЕГІЇ ТОРГІВЛІ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ ФІНАНСОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ | 82 |
| <i>Володимир Володимирович Задорожний, Олена Аркадіївна Смалько</i> ПЕРСПЕКТИВНІ МАТЕМАТИЧНІ КОНЦЕПЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ДАНИХ У КРИПТОБЛОКЧЕЙНАХ..... | 91 |

| | |
|---|-----|
| <i>Василь Михайлович Горбачук, Дмитро Іванович Ніколенко, Михайло Михайлович Пустовойт</i> СУЧАСНЕ МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ І ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ | 94 |
| <i>Катерина Григорівна Геселева</i> ПОБУДОВА МЕТОДОМ КОЛОКАЦІЇ НАБЛИЖЕНОГО РОЗВ'ЯЗКУ ОДНОГО ТИПУ ІНТЕГРО- ФУНКЦІОНАЛЬНИХ РІВНЯНЬ З МАЛОЮ НЕЛІНІЙНІСТЮ | 104 |
| Використання систем комп'ютерної математики в наукових дослідженнях та освіті | |
| <i>Юрій Володимирович Добранюк, Аліна Богданівна Кукленко, Альона Володимирівна Лихогляд</i> ЗАСТОСУВАННЯ СКМ MAPLE ДЛЯ ПОБУДОВИ 2D ОБЛАСТІ В ЗАДАЧІ ОБЧИСЛЕННЯ ПЛОЩІ ФІГУРИ, ОБМЕЖЕНОЇ ВІССЮ ОРДИНАТ ТА КУБІЧНИМИ ФУНКЦІЯМИ СИНУСА ТА КОСИНУСА..... | 106 |
| <i>Юрій Володимирович Добранюк, Ярослав Олегович Усенко</i> ЗНАХОДЖЕННЯ НАЙБІЛЬШОГО ТА НАЙМЕНШОГО ЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІЇ ДВОХ ЗМІННИХ В ПРЯМОКУТНІЙ ОБЛАСТІ D БЕЗ ВИКОРИСТАННЯ ПАКЕТА ОПТИМІЗАЦІЇ СКМ MAPLE | 111 |
| <i>Юрій Анатолійович Горчук, Марія Сергіївна Юхимчук</i> ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ..... | 117 |
| <i>Галина Яківна Тулученко</i> МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ АНАЛІЗУ ЗАГАЛЬНИХ РОЗВ'ЯЗКІВ ЛІНІЙНИХ НЕОДНОРІДНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ЗІ СТАЛИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ..... | 128 |
| <i>Тетяна Адальбертівна Немченко</i> ЕВРИСТИЧНІ ПРИЙОМИ У ВИКЛАДАННІ ТЕМИ «ТЕОРІЯ ПОЛЯ» | 122 |
| <i>Дар'я Тінькова</i> ВИКОРИСТАННЯ ОНЛАЙН-СЕРЕДОВИЩА МАТЛАВ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ СТУДЕНТАМИ ЧИСЛОВИХ МЕТОДІВ | 124 |
| <i>Михайло Миколайович Сахно, Надія Борисівна Дубова</i> ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕГРАЛА ДО РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ФІЗИЧНОГО ЗМІСТУ..... | 128 |
| <i>Артем Юрійович Білінський, Роман Анатолійович Савченко, Надія Борисівна Дубова</i> ПОБУДОВА ЛЕМНІСКАТ БЕРНУЛЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ C++ | 132 |
| <i>Олександр Васильович Самсонюк, Надія Борисівна Дубова</i> ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ РІЗНИХ ЧИСЕЛЬНИХ МЕТОДІВ ОБЧИСЛЕННЯ ВИЗНАЧЕНОГО ІНТЕГРАЛУ ПРОГРАМНИМИ ЗАСОБАМИ ТА ЇХ ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА..... | 135 |
| <i>Сергій Вікторович Коваль, Надія Борисівна Дубова</i> СФЕРИ ВИКОРИСТАННЯ КРИВИХ ДРУГОГО ПОРЯДКУ | 140 |
| <i>Владислав Олександрович Безруков, Альона Анатоліївна Коломієць</i> ПРИКЛАДНІ ЗАДАЧІ В ОБЛАСТІ ФІЗИКИ ТА МАТЕМАТИКИ | 146 |
| <i>Оксана Іванівна Тютюнник, Богдан Віталійович Гончар</i> ПРАКТИЧНА ІНТЕГРАЦІЯ СУЧАСНИХ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У МАТЕМАТИЧНУ ОСВІТУ | 150 |
| <i>Миколайович Миколайович Дземчик, Андрій Васильович Крилатий, Олена Петрівна Прозор</i> ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИКИ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ..... | 154 |
| <i>Юрій Володимирович Добранюк, Єлизавета Вікторівна Удуденко</i> ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРИКЛАДУ З ТИПОВОГО РОЗРАХУНКУ ПО ТЕМІ “ІНТЕГРУВАННЯ ЧАСТИНАМИ” | 156 |

Інноваційні технології формування професійної компетентності та її складових у майбутніх випускників ЗВО

| | |
|---|-----|
| <i>Тетяна Вікторівна Поліщук</i> EXSEL ЯК ЗАСІБ КОМПЛЕКСНОГО РОЗВИТКУ МАТЕМАТИЧНОЇ ТА ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ МАЙБУТНІХ ПСИХОЛОГІВ..... | 161 |
| <i>Віра Андріївна Петрук, Олена Володимирівна Гречановська, Ірина Анатоліївна Клеона</i> ДО ПИТАННЯ ТРАНСФОРМАЦІЇ ІНТЕРАКТИВНИХ МЕТОДІВ НАВЧАННЯ В УМОВАХ ДЕННОЇ ЗМІШАНОЇ ФОРМИ ОСВІТИ В УКРАЇНІ..... | 163 |
| <i>Юлія Петрівна Юхимчук</i> ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ЗАНЯТТЯХ З ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ..... | 165 |
| <i>Галина Григорівна Кашиканова</i> ПІДВИЩЕННЯ МОТИВАЦІЇ ВИВЧЕННЯ КУРСУ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ ІННОВАЦІЙНИМИ МЕТОДАМИ..... | 169 |
| <i>Світлана Анатоліївна Кирилашук, Злата Василівна Бондаренко, Віталій Іванович Клочко</i> ВІЗУАЛЬНЕ МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ПРОФЕСІЙНОМУ ІНФОРМАЦІЙНОМУ ПРОСТОРІ..... | 172 |
| <i>Ірина Миколаївна Кобилянська, Ростислав Миколайович Сливка</i> ПОПЕРЕДЖЕННЯ АВАРІЙ НА ОБ'ЄКТАХ З ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ..... | 176 |
| <i>Майя Борисівна Ковальчук</i> УТНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ СПРЯМОВАНОСТІ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ В КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ..... | 180 |
| <i>Олена Валеріївна Слободянюк, Яніна Германівна Скорюкова</i> ОРГАНІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ СТУДЕНТІВ ДИСТАНЦІЙНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ..... | 183 |
| <i>Мар'яна Михайлівна Ковтонюк</i> ВІЗУАЛІЗАЦІЯ У НАВЧАЛЬНИХ ПОСІБНИКАХ ЯК ЕЛЕМЕНТ ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ КУЛЬТУРИ БАКАЛАВРА МАТЕМАТИКИ..... | 188 |
| <i>Віктор Васильович Годлюк</i> ОСВІТА ТА ФОНДОВІ РИНКИ: ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ..... | 193 |
| <i>Марина Олександрівна Мясковська, Віктор Самуїлович Щирба</i> СТРАТЕГІЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ АНАЛІЗУ ДАНИХ..... | 197 |
| <i>Олександр Володимирович Лефтеров</i> МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА У ШИРОКОМУ КОНТЕКСТІ..... | 200 |
| <i>Дмитро Борисович Мехед, Катерина Миколаївна Мехед, Олександр Петрович Дрозд</i> ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ НАВИЧОК У СТУДЕНТІВ НЕКОМП'ЮТЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЗВО..... | 203 |
| <i>Olga Борисівна Mekhed</i> ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ЗНАТЬ МАЙБУТНІМИ ФАХІВЦЯМИ ГАЛУЗЕЙ БІОЛОГІЇ ТА ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я У ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ..... | 208 |
| <i>Тетяна Михайлівна Пилипюк</i> ЦИФРОВА ТЕХНОЛОГІЯ СКРІНКАСТИНГУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ВІДЕОМАТЕРІАЛІВ..... | 212 |

СПІВСТАВЛЕННЯ ЕМПІРИЧНОГО КРИТЕРІЯ РУЙНУВАННЯ З ТЕОРІЄЮ ПІДСУМОВУВАННЯ ПОШКОДЖЕНЬ

Вінницький національний аграрний університет¹, Вінницький національний технічний університет²

Анотація

Розглянуто відомий емпіричний критерій руйнування макрочастинок матеріалу вільної бічної поверхні циліндричного зразка під час його торцевого стиснення. Показано, що за умов пластичного деформування з бочкоутворенням існує точка досягнення граничного стану - точка перетину траєкторії деформацій в координатах осьової та колової деформацій з прямою, що відображає емпіричний критерій руйнування. Обґрунтовано доцільність аналітичного та числового дослідження за теорією підсумовування пошкоджень у порівнянні з емпіричним критерієм руйнування.

Ключові слова: осьова та колова компоненти пластичної деформації, диференціальне рівняння, вільна бічна поверхня, теорія підсумовування пошкоджень, емпіричний критерій.

Abstract

The known empirical criterion for the destruction of macroparticles of the material of the free side surface of a cylindrical sample during its end compression is considered. It is shown that under the conditions of plastic deformation with barrel formation, there is a point of reaching the limit state - the point of intersection of the trajectory of deformations in the coordinates of axial and circular deformations with a straight line, which reflects the empirical criterion of destruction. The expediency of the analytical and numerical research based on the theory of damage summation in comparison with the empirical criterion of destruction is substantiated.

Keywords: axial and circular components of plastic deformation, differential equation, free lateral surface, damage summation theory, empirical criterion.

Вступ

В [1] на основі даних Kudo Н, Aoi К. та власних експериментальних досліджень підтверджується емпіричний критерій руйнування

$$\varepsilon_{z^*} = -2 \cdot \varepsilon_{\varphi^*} + C, \quad C > 0, \quad (1)$$

де ε_z , ε_φ - осьова та колова компоненти пластичної деформації на вільній бічній поверхні циліндричного зразка під час його торцевого стиснення; C - матеріальна стала.

Авторами [1] зауважується, що залежність між осьовою та коловою компонентами пластичної деформації визначається початковим відношенням висоти циліндричного зразка до його діаметра, а також умовами тертя на торцях зразка. Стверджується, що експерименти на різних матеріалах свідчать: граничний стан матеріалу досягається за умови (1), незалежно від початкового відношення висоти циліндричного зразка до його діаметра, а також умов тертя на торцях зразка.

Авторами [2, 3, 4] показано, що залежність між осьовою ε_z та коловою ε_φ компонентами пластичної деформації

$$\varepsilon_z = f(\varepsilon_\varphi) \quad (2)$$

може бути описана різними аналітичними співвідношеннями. Одно- та двапараметричні співвідношення такого типу побудовані на основі конструювання диференціальних рівнянь першого порядку. Ефективність використання диференціальних рівнянь обумовлюється зручністю врахування низки умов механіки пластичного деформування, що дає можливість зменшити кількість параметрів відповідного аналітичного співвідношення без втрати, або, навіть, з підвищенням точності визначення напружено-деформованого стану матеріалу заготовки за відомими методиками. Параметри залежності (2) визначаються на основі експериментальних даних і суттєво залежать від початкового відношення висоти циліндричного зразка до його діаметра, а також умов тертя на торцях зразка.

Метою роботи є співставлення емпіричного критерію руйнування з теорією підсумовування пошкоджень.

Результати дослідження

Процес пластичного деформування супроводжується монотонним збільшенням величин осьової ε_z та колової ε_φ компонент пластичної деформації, отже використання співвідношення (1) для прогнозування граничного стану матеріалу вільної бічної поверхні циліндричного зразка під час його торцевого стиснення є вельми простим: руйнування відбувається в момент перетину траєкторією (2) прямої (1), що проілюстровано на рис. 1.

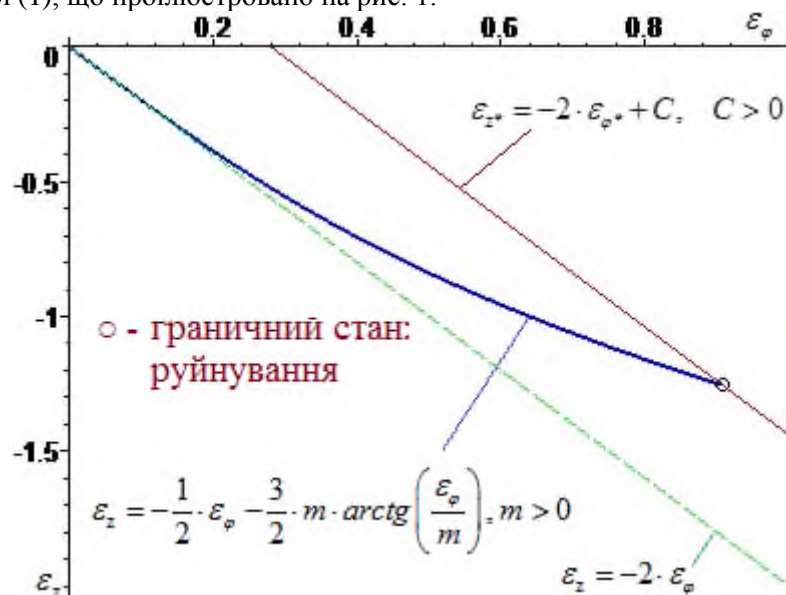


Рис. 1. Емпіричний критерій граничного стану та траєкторія деформацій макрочастинок матеріалу вільної бічної поверхні циліндричного зразка під час його торцевого стиснення до руйнування

Ефективним аналітичним представленням траєкторії деформацій макрочастинок матеріалу вільної бічної поверхні циліндричного зразка під час його торцевого стиснення є вираз, що отриманий на основі диференціального рівняння [2, 3]

$$\varepsilon_z = -\frac{1}{2} \cdot \varepsilon_\varphi - \frac{3}{2} \cdot m \cdot \arctg\left(\frac{\varepsilon_\varphi}{m}\right), m > 0, \quad (3)$$

При $m \rightarrow \infty$ співвідношення (3) вироджується в пряму паралельну до емпіричного критерію (1), отже, очевидно, що для будь-яких траєкторій деформацій, що описуються виразом (3) з додатним скінченним значенням параметра m , існує точка досягнення граничного стану - точка перетину з прямою (1). Зменшення значення параметра m , відображує умови більш інтенсивного бочкоутворення під час торцевого стиснення циліндричних зразків.

Для визначення граничного стану або ж граничної пластичної деформації за допомогою теорії підсумовування пошкоджень, необхідно використати модель деформованості, що в свою чергу складається з моделі підсумовування пошкоджень, моделі граничних деформацій під час стаціонарного деформування та моделі траєкторії деформацій.

Численні варіанти подібних моделей побудовано в [2, 3, 4, 5]. Зауважимо, що в [1], як і в інших численних та високоцитованих працях вказаних авторів, наведено лише окремі компоненти моделей деформованості.

Можна припустити, що аналітичні та числові дослідження моделей деформованості нададуть можливість з'ясувати умови, за яких прогнозування граничного стану за емпіричним критерієм співпадає з аналогічними результатами за теорією підсумовування пошкоджень.

Висновки

Результати співставлення теорії підсумовування пошкоджень з емпіричним критерієм руйнування матеріалу вільної бічної поверхні циліндричного зразка під час його торцевого стиснення показали простоту використання емпіричного критерію. Додаткові аналітичні та числові дослідження моделей деформованості нададуть можливість визначити межі застосування емпіричного критерію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bao Y., Wierzbicki T.: On the cut-off value of negative triaxiality for fracture. *Engineering Fracture Mechanics* 72, 2005, 1049–1069, <https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2004.07.011>.
2. Mikhalevich V. M., Lebedev A. A., Dobranyuk Yu. V.: Modeling of plastic deformation in a cylindrical specimen under edge compression. *Strength of Materials Volume 43, Number 6, 2011*, 591–603, DOI: 10.1007/s11223-011-9332-7.
3. Михалевич В. М. Моделювання напружено-деформованого та граничного станів поверхні циліндричних зразків при торцевому стисненні: монографія / В. М. Михалевич, Ю. В. Добранюк. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 180 с. ISBN 978-966-641-532-8.
4. Михалевич В. М. Дослідження процесів штампування обкочуванням за рахунок аналізу моделювання деформованості матеріалу заготовок / В. М. Михалевич, А. А. Штуць, М. А. Колісник// *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. – Вінниця: ВНАУ – 2023. № 3 (122). С. 22-34. DOI: 10.37128/2520-6168-2023-3-3
5. Михалевич В. М. Тензорні моделі накопичення пошкоджень. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця. 1998. 195 с.

Колісник Микола Анатолійович — асистент кафедри «Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки», Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kolisnik30@gmail.com

Михалевич Володимир Маркусович— д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри вищої математики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mykhalevych@vntu.edu.ua

Штуць Андрій Анатолійович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри «Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» Вінницького національного аграрного університету, email: shtuts1989@gmail.com

Добранюк Юрій Володимирович — кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри вищої математики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: dobranyuk@vntu.edu.ua.

Kolisnyk Mykola A. — Assistant Professor, Department of Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, e-mail: kolisnik30@gmail.com

Mykhalevych Volodymyr M. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair for Higher Mathematics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mykhalevych@vntu.edu.ua

Shtuts Andrii A.— Ph.D., senior teacher, Department of Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, Vinnitsa National Agrarian University, email: shtuts1989@gmail.com.

Dobranyuk Yurii V. — Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of Department of Mathematics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: dobranyuk@vntu.edu.ua.

Електронне наукове видання

Міжнародна науково-методична Інтернет-конференція
Проблеми вищої математичної освіти:
виклики сучасності (2024)
20-22 червня 2024 року

Збірник матеріалів

Матеріали подаються в авторській редакції

Підписано до видання 28.06.2024 р.
Гарнітура Times New Roman.
Зам. № P2024-129

Видавець та виготовлювач -
Вінницький національний технічний університет,
Редакційно-видавничий відділ.

ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.
press.vntu.edu.ua,
Email: irvc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.