

ВІДГУК

офіційного опонента Пошивалова Володимира Павловича
на дисертаційну роботу Лабібова Расіма Ровшановича
на тему: «ОСОБЛИВОСТІ ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ОДНО- ТА
ДВОВИМІРНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ З МАЙДАНЧИКОМ
ПЛИННОСТІ», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних
наук за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка.

Актуальність теми досліджень. Явище плинності під час пластичної локалізації не притаманне більшості будівельних матеріалів. Тим не менш, використання конструкційних елементів, що знаходяться у стані на майданчику плинності як додаткові елементи у деяких сценаріях, починає цілеспрямовано розглядатись з 90-х років минулого століття. В цей час у інженерів будівельників та проєктантів з'явився інтерес до застосування пасивних елементів, виготовлених зі спеціальних сплавів та пластиків, що застосовуються для реконструкції та запобігання ризикам руйнування. Завдяки чому такий тип конструкційних елементів знайшов подальше використання у демпфіруванні коливань у сейсмонебезпечних регіонах, підвищенні ресурсу та витривалості мостів, а також як візуальні датчики, що пов'язані з особливостями пластичної деформації.

Таким чином, є актуальними питання вивчення процесів, що відбуваються у пластичному стані, таких як виникнення явища пластичної локалізації, розповсюдження смуг пластичної локалізації, виникнення в матеріалі конструкційних елементів двох областей з різними напружено-деформованими станами, що спричиняє відмінності у поведінки матеріалу в цілому від поведінки елемента.

Опис цих явищ дозволяє розширити розуміння процесів, що можуть відбуватись у конструкціях, де використовуються елементи зі станом плинності, що, у свою чергу, дозволить розширити перспективну сферу їх застосування на практиці.

Тому можна вважати, що запропоновані в роботі моделі пластичного деформування в умовах плинності, що враховують ці явища, а також розроблені аналітичні моделі для одновимірних і чисельні моделі для двовимірних типів задач є актуальними та сприяють розвитку спеціальності 05.23.17 – будівельна механіка.

Робота має зв'язок з науковими планами та темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи виконувалися на кафедрі теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара у відповідності до плану НДР в рамках держбюджетної теми № 1-301-15 «Розробка

Вх. № 37-05/51
05.02.2026р.

методик розв'язку фундаментальних задач міцності та руйнування кусково-однорідних тіл, скомпонованих з інтелектуальних матеріалів» (№ ДР 015U002393).

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечується: строгістю математичних викладок при побудові аналітичних моделей, застосуванням обґрунтованих чисельних методів при одержанні результатів, обсягом розглянутих моделей та близькою відповідністю результатів відомим експериментальним даним.

Наукова новизна представлених автором результатів полягає в таких положеннях:

1. Вперше сформульовано теорію одновимірною пластичної течії в умовах плинності, що одночасно враховує як параметри внутрішньої структури матеріалу, такі як, наприклад, характерний розмір кристалічної структури, так і макро-параметри, такі як геометричні розміри елемента та швидкості розповсюдження повільної пластичної хвилі і швидкість звукових хвиль. Такий комплексний підхід дозволив розглянути процеси, що відбуваються в стані плинності, з використанням динамічних моделей, тим самим дозволивши оцінити втрату стійкості і міцності, а також визначення досягнення стану перед руйнуванням.

2. Вперше задачу руху лінії пластичної локалізації зведено до моделі Йоффе. Задача Йоффе описує процеси з іншого розділу механіки твердого тіла, а саме – розповсюдження тріщин у матеріалі, в якому можливе закриття тріщин (наприклад, в полімерах). Було виявлено ряд аналогій між цими процесами та розповсюдженням лінії локалізації пластичної деформації, таких як можливість обернення процесів уздовж лінії, завдяки чому матеріал в цілому залишається цілісним, та математичне представлення обох випадків як ліній розриву переміщень.

3. Вперше сформульовано модель плинності під час пластичності для знакозмінного і циклічного випадків навантаження, що дозволяє розглядати розвиток ліній локалізації і накопичення мікро-деформацій. Це дозволило провести аналіз поведінки на майданчику плинності в умовах великої кількості циклів зміни знаку навантаження та тим самим оцінити вичерпання несучої здатності. Також при розгляді оберненого навантаження було отримано, що модель описує ефект Баушингера, що дозволяє говорити про експериментальне підтвердження сформульованої моделі.

4. Вперше в рамках процесу пластичної деформації отримано зв'язок між розмірами лінії розриву переміщень (і обґрунтовано, що розмір лінії локалізації не

може фізично дорівнювати нулю, як це постулюється в математичних наближеннях), і швидкістю розповсюдження лінії. Це дозволило підтверджувати результати шляхом порівняння з експериментальними даними, опублікованими за темою дослідження.

5. Було створено двовимірну модель плинності і утворення лінії пластичної локалізації, яку було заведено в чисельний пакет з моделювання механічних процесів. Таким чином, стало можливо застосувати робочу теорію пластичності в рамках запропонованого автором програмного продукту, використовуючи моделювання і візуалізацію, що значно розширює практичне застосування описаних теорій. Таким чином було проведено аналіз розповсюдження ліній пластичної локалізації і вичерпання умов плинності на прикладі типових конструкційних елементів (полоси та труби), де можливості візуалізації у чисельному пакеті були використані для зображення динамічних процесів і утворення пластичного шарніру, що є вкрай небезпечним для будівельних конструкцій.

Практичне значення результатів роботи. Результати дисертаційної роботи були впроваджені у навчальний процес кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, а також у виробничий процес ДП «Дніпровський проектний інститут».

Повнота викладених результатів досліджень в опублікованих працях. Основні результати дисертації висвітлені у 11 наукових працях з них 1 стаття у виданні, що входить до наукометричних баз даних Scopus та Web of Science (з квантилем Q2), 5 статей – у фахових виданнях України з технічних наук.

Оцінка змісту дисертаційної роботи.

Дисертація логічно структурована і містить 146 сторінок, у тому числі 45 рисунків та 2 таблиці.

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету роботи, викладено наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів, а також представлені дані щодо апробації результатів дисертаційної роботи.

У **першому розділі** проаналізовано літературні дані щодо механіки пластичності, утворення ліній локалізації пластичної деформації, формування фронту пластичної хвилі в найпростіших конструкційних елементах, таких як полоси та стрижні при основних умовах навантаження. Сформульовано задачі дослідження.

У **другому розділі** розглянуто основні макроскопічні процеси під час пластичної деформації в умовах плинності, а саме утворення ліній ковзання і

виникнення повільних хвиль пластичності. Ці процеси важливі для оцінки вичерпання стійкості та цілісності.

Третій розділ присвячений вивченню динаміки локалізації пластичної деформації на майданчику плинності у вигляді смуг за допомогою задачі Йоффе. Встановлено, що в даних умовах можливо провести аналогії між умовами у моделі Йоффе для тріщин у полімерах і лінією пластичної локалізації. Обидва явища мають характерну швидкість, розмір полоси і можливість оберненого процесу. Завдяки цьому виявлено залежність швидкості розповсюдження області локалізації від швидкості звуку у матеріалі і розміру області локалізації.

Четвертий розділ присвячений вивченню особливостей пластичного деформування на майданчику плинності в умовах циклічного і знакозмінного навантажень. Завдяки сформульованій моделі накопичення деформацій на майданчику плинності при зміні знаку навантаження було встановлено, що така модель включає ефект Баушингера, тобто має експериментальне підтвердження.

Сформульовану модель пластичної деформації було введено у чисельний пакет для розгляду двовимірних задач, проведено аналіз динамічного навантаження типових конструкційних елементів: полоси від дією згинального моменту і труби під дією внутрішнього тиску, подано візуалізацію розповсюдження смуг пластичної локалізації, що дозволяє провести оцінку вичерпання стану плинності і утворення пластичного шарніру – процесів, що передують втраті стійкості і руйнуванню.

Висновки та додатки відповідають змісту роботи.

Реферат містить усі основні положення й висновки дисертаційної роботи, є ідентичним основним положенням дисертації і відповідає встановленим вимогам.

Академічна доброчесність. Дисертація Р.Р.Лабібова виконана з дотриманням принципів академічної доброчесності. Текст є оригінальним, посилення на джерела – коректними.

Зауваження по дисертаційній роботі та автореферату.

З огляду матеріалів дисертаційної роботи та автореферату можна зробити такі зауваження.

1. В розділах 1 та 2 згадується модель матеріалу з піком-зубом на діаграмі напружень деформацій. Але крім загального опису процесу цей ефект більше ніде не використовується і не згадується, хоча наявність піку-зубу має свій вплив на початку розвитку пластичного стану.
2. В чисельних експериментах в розділі 4 показано фінальні результати моделювання, але відсутній опис таких кроків, як ущільнення сітки та вибір розміру скінченного елемента. Не зрозуміло чи може існувати якийсь

розмір елемента, більше якого вже не будуть проявлятися заведені в модель ефекти пластичної поведінки.

3. В розділі 2 математичний вираз функції Гевісайда подається в тексті два рази. Достатньо було б ввести такі загальні функції один раз.
4. Серед ефектів, що проявляються в процесі розвитку пластичної деформації, зазначено, що пластичну область можна відрізнити та спостерігати в оптичному діапазоні. Це явище використовується для отримання необхідних даних про матеріал з відомих експериментів, але не загострюється увага на практичному значенні цього ефекту, який дає змогу оцінювати стан втрати стійкості.

Зазначені зауваження не мають принципового характеру та не впливають на загальну якість роботи.

Загальний висновок по дисертаційній роботі.

Дисертація Лабібова Расіма Ровшановича «Особливості пластичного деформування одно- та двовимірних конструкційних елементів з майданчиком плинності» є завершеним науковим дослідженням, в якому розв'язано актуальну науково-технічну задачу з встановлення механізмів плинності та виявлення взаємозв'язку між властивостями матеріалів та динамічними процесами у конструкційних елементах.

Наукова і практична цінність розробок, новизна представлених рішень і значимість висновків дають підстави вважати, що дисертація Лабібова Р. Р. відповідає рівню чинних вимог, що ставляться до кандидатських дисертацій. Логічна цілісність матеріалу та його зміст дозволяють зробити висновок, що дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.23.17 – будівельна механіка, а також положенням «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р., відповідно до п. 2 постанови Кабінету Міністрів України «Деякі питання присудження (позбавлення) наукових ступенів» від 17 листопада 2021 р. № 1197 та листа МОН України щодо застосування законодавства з питань присудження наукових ступенів №1-2136 від 08.02.2022 р., а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка.

Офіційний опонент:

член-кореспондент НАН України,
д.т.н., професор,
директор Інституту
технічної механіки НАН України
і ДКА України



Володимир ПОШИВАЛОВ