

ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу Юрчука Василя Миколайовича
«Сценарії поширення хвиль початкових профілів в матеріалах, які деформуються
нелінійно пружно» подану на здобуття наукового ступеня
доктора фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла

Задачі поширення хвиль у нелінійно деформівних середовищах є одним із традиційних об'єктів теорії пружності. Це викликано як потребами в розвитку методів дослідження для задач, що все більш ускладнюються, так і практичними потребами інженерії, коли збурення попадають в області прояву нелінійного деформування. До таких задач відносяться дослідження властивостей нових матеріалів (зокрема, із різними включеннями і армуванням), поведінка неоднорідних ґрунтів та інші. Дисертаційна робота В.М. Юрчука присвячена аналізу процесу поширення пружних хвиль в нелінійному середовищі, яке описується на основі моделі Мурнагана. В основі моделі Мурнагана є використання потенціальної функції, яка включає в себе класичну модель Гука і нелінійне додавання, побудоване на основі включення всіх інваріантів тензора деформацій і виразів від них з утриманням величин до третього порядку малості. Для вивчення закономірностей поширення хвиль розглянуто серію задач про перехідні режими еволюції хвиль при початковому вібраційному чи імпульсному збуренні імпульсами різної форми. Зауважимо, що, судячи з літератури, раніше на основі моделі Мурнагана переважно досліджувалися задачі статики чи усталених коливань. В підсумку все це свідчить про **актуальність обраної теми дисертаційної роботи.**

Головною метою роботи є розробка математичних методів дослідження нелінійних задач поширення хвиль у середовищі Мурнагана із вивченням закономірностей розвинення нелінійної дисперсії профілів хвиль в процесі їх еволюції. .

Для досягнення цієї мети автором було запропоновано декілька варіантів асимптотичних методів дослідження задач. Аналітичні викладки робилися переважно на основі комп'ютерних методів символної математики. При дослідженні конкретних задач значна увага приділялася внеску величин другого і третього порядку в процес нелінійної дисперсії хвиль (zmіни її форм). Важливо відзначити, що при розгляді конкретних типів форм початкових імпульсів автору вдалося аналітично одержати розв'язки для всіх трьох наближень. Сукупність запропонованих методів має високий ступінь універсальності.

Проведені дослідження еволюції профілів хвиль свідчать про поступове підвищення внеску другої і третьої гармоніки, що надалі обумовлює виникнення дво- і три- пікових хвиль у випадку хвиль з локальним екстремумом і зміну крутизни профілів з певним горизонтальним зміщенням у випадку профілів у вигляді спадаючих функцій.

В комплексі накопичений матеріал дозволить прогнозувати поведінку нелінійних хвиль і глибше усвідомити фізичні аспекти процесів, що відбуваються.

Наукові положення дисертаційної роботи в достатній мірі обґрунтовані, висновки і рекомендації по роботі сформульовані достатньо повно і в доступній формі. За об'єктом дослідження, методами дослідження, одержаними результатами і сформульованими висновками робота повністю відповідає назві і обраній спеціальності 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Одержані результати є новими і, судячи з літератури, доповнюють існуючі дослідження по використанню моделі Мурнагана для опису пружно нелінійних середовищ при розв'язанні нестационарних задач з накопиченням практичної інформації по дослідженю нелінійної дисперсії хвиль. Тому результати дисертаційної роботи В.М. Юрчука мають світове значення, що, зокрема, підтверджується наявними публікаціями у високорейтингових журналах.

Основні результати роботи в повній мірі були висвітлені в наукових публікаціях за темою докторської дисертації, оприлюднені на представницьких міжнародних конференціях і наукових семінарах. Автореферат дисертаційної роботи в повній мірі відповідає змісту і висновкам дисертаційної роботи В.М. Юрчука. Дисертаційна робота В.М. Юрчука є продовженням робіт наукової школи відділу реології Інституту механіки імені С.П. Тимошенка НАН України під керівництвом члена-кореспондента НАН України, професора Я.Я. Рущицького, де питаннями середовищ складної структури і хвильових процесів займаються тривалий період. Стан досліджень, представлений у відомих світових джерелах, досвід наукової школи свідчать про відсутність академічного плагіату дисертаційної роботи.

Представлення наукових результатів у графічній формі, числові розрахунки і аналітичні перетворення на основі комп'ютерних методів символної математики свідчать про належний рівень владіння дисертантом сучасними комп'ютерними засобами проведення наукових досліджень.

По роботі є такі зауваження.

1. В цілому робота оформлена добре але

- а) недоречно використовується термін поодинока хвиля для початкового імпульсу збурення хвиль;
- б) представлений формулою (2.1) загальний розв'язок хвильового рівняння є неточним, насправді має бути $u_{01} = u_{02}$;
- в) на сторінці 216 вказується що функція Бесселя J_1 є спадною; взагалі-то вона осцилююча, а на тому проміжку, де її поведінка обговорюється (в околі нуля) вона є зростаючою;
- г). в розділі про крутильні коливання стверджується що при певному виборі параметрів спостерігається парадоксальний результат, коли на поверхні циліндра хвилі немає, але вона є всередині циліндра; проте ніякого парадоксу немає, просто поверхня циліндра стала сукупністю вузлових точок, що може проявлятися для будь-яких систем із стоячими хвильами.

2. Із змісту роботи не зрозуміло чому перевагу надано складним іменним функціям (Макдональда, Уіттекера та інш.) при розгляді початкових профілів хвиль. Подальше дослідження показує що важливим є в основному є дві ознаки: функція з локальним максимумом і спадна функція. Відповідно проста синусоїда і експонентна функція призвели б до такого ж результату.

3. Не робилося порівняння з лінійною моделлю і іншими нелінійними моделями пружності і не досліджувався вплив окремих параметрів потенціалу Мурнагана на розвинення процесів нелінійної дисперсії. Для оцінки вірогідності одержаних результатів цікавим було б провести порівняння з розв'язками, побудованими без застосування асимптотичних методів.

4. В роботі прийнято приблизно однакову тривалість всіх початкових імпульсів, хоча безумовно важливим є і встановлення залежності поведінки системи від тривалості початкового імпульсу, оскільки це надалі впливає на частотну характеристику початкового збурення, на можливість потрапляння в зону, коли збурення вносить в систему швидкості які перевершують фазову швидкість хвилі.

5. На жаль автором при побудові асимптотичних розв'язків не передбачено відому для нелінійних систем залежність частоти і хвильового числа від амплітуди. Це в підсумку призвело до прояву в другому і третьому наближенні секулярних членів, які містять як спів множники час і поздовжню координату. Відомо, що такі члени не є фізично виправданими і існує багато методів нелінійної механіки для їх виключення. В підсумку це призвело до того, що, як це видно з графіків, внесок другого і третього наближень зростає з часом і відстанню проходження хвилі, в поведінці розв'язку неочікувано проявився систематичний дрейф середнього значення. Згідно з оцінок з робіт Ю.О. Митропольського це неврахування залежності частоти і хвильового числа від амплітуди в цілому

припустиме, хоча в підсумку призводить до значного скорочення інтервалу збіжності асимптотичних методів з вимоги $\varepsilon \ll 1$ (для відповідно належним чином пронормованого рівняння) до сукупності обмежень $\varepsilon t \ll 1$ і $\varepsilon x_1 \ll 1$. Тобто результати є вірогідними лише для малих інтервалів часу і малих відстанях проходження хвилі.

Вказані зауваження не знижують наукової цінності і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи В.М. Юрчува, яку виконано на високому науковому рівні. .

Загальний висновок.

У цілому дисертаційна робота В.М. Юрчука «Сценарії поширення хвиль початкових профілів в матеріалах, які деформуються нелінійно пружно» є завершеною науковою працею, виконаною на високому рівні, містить нові науково обґрунтовані результати, які в сукупності є суттєвими для розвинення методів дослідження проходження нелінійних хвиль в складних пружних середовищах.

Вважаю, що дисертаційна робота «Сценарії поширення хвиль початкових профілів в матеріалах, які деформуються нелінійно пружно» відповідає всім вимогам постанови Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197 «Порядок присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук» для докторських дисертацій, а її автор, Юрчук Василь Миколайович за розробку комплексного підходу до вивчення задач дисперсії хвиль у нелінійно пружних середовищах заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент

завідувач кафедри комп'ютерних методів механіки і процесів керування
Київського національного університету імені Тараса Шевченка,
доктор технічних наук, професор

Олег ЛИМАРЧЕНКО



Лимарченко О. засвідчує
проектант з наукової роботи
Ганна ЮЛІСАНОВА

05.08.2025