ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Фатєєвої Ю.О. ***"Нелінійна динаміка конструкцій із функціонально-градієнтних матеріалів з параметрами, залежними від часу "***,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла

Актуальність теми дисертації. Значна кількість задач статики і динаміки конструкцій нової техніки з параметрами, залежними від координат і часу, або які знаходяться під дією змінного за координатами та часом зовнішнього навантаження, зводиться до розв'язання нелінійних неоднорідних диференціальних рівнянь зі змінними коефіцієнтами та їх систем сингулярного типу, що вміщують малий параметр при старшій похідній. Подібні рівняння, як правило, не можуть бути розв'язані точно. Тому на практиці використовуються різні наближені методи: при малих значеннях параметра – асимптотичні підходи, за межами малості – числові методи. При цьому, як правило, інтервал зміни параметра, на якому можливе застосовування асимптотичного або числового методу, залишається невизначеним. У механіці деформівного твердого тіла недостатньо вивченими є проблеми, що пов'язані з дослідженням нелінійної динаміки конструкцій із функціонально-градієнтних матеріалів, особливо з параметрами, які залежать від часу. Як показали дослідження останніх років, гібридні асимптотичні методи, зокрема метод збурення та ВКБ-Гальоркін (ВКБ-Г), дозволяє будувати досить точне наближення незалежно від величини параметра при старшій похідній і отримати надійний наближений аналітичний розв'язок прикладних задач на широкому інтервалі зміни параметра з урахуванням залежності властивостей конструкції і зовнішнього навантаження за координатами та часом, крайових і початкових умов. У цьому зв'язку дослідження нелінійних динамічних процесів у пологих оболонках із функціонально-градієнтних матеріалів за умови залежності

ВІДДІЛ ДІЛОВОДСТВА, АРХІВУ ТА РЕЖИМНОЇ РОБОТИ ЗНУ
«18» 10 2017 р.
ВХ.№ 2811/01-22

товщини оболонки від часу на основі подальшої розробки і застосуванню гібридних аналітико-числових підходів із застосуванням сучасних комп'ютерних технологій і програм **є безумовно актуальною проблемою, яка має важливе наукове теоретичне та прикладне значення з точки зору механіки деформівного твердого тіла.**

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась відповідно до держбюджетної теми Міністерства освіти і науки України 3/15 «Математичне моделювання конструкцій неоднорідної структури на базі сучасних інформаційних технологій» №ДР 0115Г000761, а також відповідно до «Тематичного плану науково-дослідних робіт Запорізького національного університету» на 2016-2017 роки за темою «Гібридні аналітико-числові методи розв'язку актуальних задач неоднорідного середовища» № ДР 0114U002656.

Дисертаційна робота складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, 5 додатків з актами впровадження результатів дослідження.

У вступі до дисертаційної роботи обговорено актуальність проблеми, зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами, мета і основні задачі дослідження, предмет та методи дослідження, наукова новизна отриманих результатів, формулюються положення про вірогідність одержаних результатів, теоретичне та практичне значення роботи, надаються публікації і особистий внесок автора та апробація дисертаційної роботи.

Перший розділ присвячено аналізу сучасного стану проблеми, яка вирішується у дисертаційній роботі, аналітичному огляду застосування асимптотичних методів, обгрунтуванню доцільності досліджень. Огляд теоретичних досліджень як за об'єктами, так і за методами є досить повним і докладним, охоплює роботи, виконані в різних вітчизняних та закордонних наукових школах. Основна увага приділена застосуванню гібридних асимптотичних підходів. Наведений огляд сучасного стану проблеми нелінійних коливань пологих ФГМ оболонок свідчить про те, що з точки

зору аналітичних методів дослідження не достатньо повно освітлені підходи, пов'язані із асимптотичним аналізом, особливо для конструкцій, параметри яких залежать від часу. Тут необхідні застосування і вдосконалення існуючих асимптотичних, зокрема гібридних, методів розв'язку нелінійних задач стосовно ФГМ конструкцій оболонкового типу з параметрами, залежними від часу.

У другому розділі застосовується асимптотичний підхід до розв'язку задачі нелінійної динаміки конструкцій із суттєвою нелінійністю, зокрема у випадку, коли нелінійна складова у базовому сингулярному диференціальному рівнянні задачі може бути як у цілій, так і дробовій степені. Зазначається, що значна кількість нелінійних задач динаміки систем із змінними у часі параметрами може бути отримана наближеними аналітичними розв'язками на базі гібридних асимптотичних підходів і служити в якості еталонних для подальшого ефективного впровадження числових методів. Формулюється алгоритм наближеного аналітичного розв'язку початкового рівняння із застосуванням системи комп'ютерної алгебри. Надано порівняння наближених аналітичних розв'язків із прямим числовим інтегруванням нелінійного неоднорідного диференціального рівняння із змінними коефіцієнтами та аналізується вплив степеня нелінійності основного рівняння задачі.

Наближений аналітичний розв'язок нелінійної задачі динаміки пологої оболонки із функціонально-градієнтного матеріалу (ФГМ) на основі запропонованого підходу, пов'язаного із застосуванням методу збурень і ВКБ - наближенням розглядається **у третьому розділі дисертації**. Надано оцінку впливу властивостей матеріалу, який характеризується об'ємними складовими за напрямком товщини у відповідності до розподілу за степеневим законом. Нелінійні залежності деформації – переміщення базуються на теорії Кармана. Досліджувана проблема зводиться до необхідності розв'язку сингулярного нелінійного диференціального рівняння другого порядку із змінними за часом коефіцієнтами. Передбачається, що

оболонка шарнірно закріплена на кінцях, знаходиться під дією зовнішнього тиску, залежного від часу, і стискаючих зусиль у площині серединної поверхні . При цьому вважається, що модуль пружності і масова щільність змінюються по товщині, коефіцієнт Пуассона є величиною постійною, а товщина оболонки є функцією часу. На базі запропонованого наближеного аналітичного розв'язку із застосуванням програмного комплексу «Mathematica» надано числовий аналіз впливу властивостей матеріалу «метал-кераміка» на характер динамічного процесу. Відносна похибка аналітичного розв'язку із застосуванням ВКБ - наближень (за двома членами розвинення) складає до 5 відсотків у порівнянні із прямим числовим розв'язком основного рівняння задачі.

Четвертий розділ дисертації присвячений знаходженню наближеного аналітичного розв'язку задачі про вплив температурного навантаження на нелінійні коливання сферичних пологих оболонок з функціонально градієнтних матеріалів (ФГМ) з товщиною, що залежить від часу. Дається порівняння результатів прямого числового інтегрування основного рівняння проблеми із запропонованим наближеним аналітичним розв'язком, яке вказує на достатню кореляцію числових даних.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень та висновків сформульованих у дисертації, забезпечується:

- використанням класичних теорій, строгих наукових методів та коректністю постановок задач;
- відповідністю одержаних нових результатів фізичним міркуванням та існуючим уявленням динамічну поведінку ФГМ оболонкових конструкцій з параметрами і зовнішнім навантаженням, залежними від часу;
- порівнянням результатів роботи з числовими та аналітичними розв'язками інших авторів.

Наукова новизна отриманих результатів визначається наступним:

- на базі гібридного асимптотичного підходу надано нові наближені аналітичні розв'язки прикладних задач нелінійної динаміки пологих оболонкових конструкцій із функціонально-градієнтних матеріалів і змінною за часом товщиною, які описуються сингулярними диференціальними рівняннями зі змінними коефіцієнтами та їх системами;
- дістала подальший розвиток ідея поєднання запропонованих наближених аналітичних розв'язків на базі асимптотичних підходів із існуючими програмними комплексами;
- одержані нові і удосконалені відомі аналітичні розв'язки досліджених задач механіки деформівного твердого тіла стосовно характеру зміни параметрів конструкцій і зовнішнього навантаження від часу;
- запропонований асимптотичний підхід і здобуті наближені аналітичні розв'язки можуть бути застосовані в інших напрямах механіки деформівного твердого тіла.

Практична значимість і цінність одержаних результатів полягає у тому, що запропоновані нові наближені аналітичні розв'язки актуальних задач нелінійної динаміки ФГМ пологих оболонок із змінними за часом товщиною і зовнішнім навантаженням на базі співставлення результатів розрахунку із прямими числовими методами, можуть бути рекомендовані для практичного використання при проектуванні конструкцій нової техніки. Результати дослідження використані при виконанні робіт за держбюджетною темою Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, впроваджені у практику державного підприємства «Конструкторське бюро «Південне» (м. Дніпро) та навчальний процес Запорізького національного університету.

Робота достатньо повно викладена в опублікованих працях і пройшла апробацію на міжнародних конференціях, у провідних установах. За результатами виконаних досліджень опубліковано 9 робіт, в яких відображено основний зміст дисертаційної роботи. З них: 1 англомовна

монографія, 5 статей (4 у наукових фахових виданнях, 1 у міжнародному періодичному виданні), 1 робота у виданні, яке включено до міжнародної бази даних SCOPUS, 3 тези доповідей на міжнародних конференціях.

Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації. Дисертація і автореферат викладені в логічній послідовності, добре оформлені.

В якості зауважень до дисертаційної роботи слід зазначити:

1. У дисертаційній роботі і в авторефераті відсутні посилання на достовірність та обґрунтування отриманих результатів.
2. Порівняння здобутих наближених аналітичних залежностей із фізичними експериментальними даними досліджуваних у роботі конструкцій і характеру зовнішнього навантаження надало б можливість чіткіше встановити рамки застосування запропонованих розв'язків.
3. У висновках до дисертаційної роботи було б доцільно вказати, для яких законів зовнішнього навантаження за часом застосовані асимптотичні підходи є більш ефективними у порівнянні із прямими числовими розв'язками при дослідженні задач нелінійної динаміки пологих оболонок із змінними у часі параметрами.
4. В роботі отримані наближені рішення порівнюються з результатами прямого числового інтегрування початкових сингулярних нелінійних рівнянь із змінними у часі коефіцієнтами, але те яким чином вони отримані не вказано.
5. В тексті дисертації зустрічаються невдалі визначення, наприклад, на стор. 37 - «нелінійна функція степені m».

Наведені зауваження не впливають на **загальну позитивну оцінку** дисертаційної роботи. Вважаю, що розглянута дисертація в цілому є закінченим науковим дослідженням, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати в напрямку механіки деформівного твердого тіла, що забезпечують розв'язання проблем нелінійної динаміки конструкцій зі

змінними за часом параметрами, сприяє подальшому розвитку теорії асимптотичних методів. Дослідження виконані на сучасному науковому рівні і мають практичне значення. Робота відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України до кандидатських дисертацій, а її автор **Фатєєва Юлія Олександрівна заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.**

Офіційний опонент

професор кафедри теоретичної
та комп'ютерної механіки
Дніпровського національного університету
ім. Олеся Гончара,
доктор фізико-математичних наук, професор Черняков Ю.А.

Підпис Чернякова Ю. А. засвідчую:

Вчений секретар
Дніпровського національного університету
ім. Олеся Гончара, к. ф.-м. наук, доц. Ходонен Т.В.