

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу **Овчарової Н.Ю.**

«Скінченно-елементний аналіз швидкісного деформування захисних елементів машинобудівних конструкцій», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.09 – динаміка та міцність машин

Актуальність теми. Конструктивні елементи авіаційно-космічної, транспортної та машинобудівної техніки, засоби індивідуального та групового захисту працюють при дії короткочасних ударних та імпульсних навантажень. При дії таких навантажень виникають процеси швидкісного деформування матеріалів та елементів конструкцій, дослідження яких пов'язано з вирішенням суттєво нелінійних задач. При цьому виникають скінченні деформації та переміщення з великими градієнтами. Тому навіть тонкостінні елементи конструкцій слід розглядати як тривимірні. Ще однією важливою особливістю таких процесів є залежність властивостей матеріалу від швидкості деформації. Далеко не завжди такі проблеми розглядають на основі тривимірних моделей, але необхідність їх вирішення слід визнати. Тому мета розглядаємої роботи, яка полягає у визначенні динамічного напружено-деформованого стану захисних елементів машинобудівних конструкцій при імпульсному та ударному навантаженні є актуальною.

Актуальність дисертації також підтверджується тим, що вона виконувалась згідно ряду бюджетних та конкурсних цільових тем і програм НАН України та МОН України.

Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків та рекомендацій, що зроблені в дисертації. Основні положення дисертації ґрунтуються на використанні сучасних досягнень теорії пружності, пластичності, динаміки та міцності машин, аналізі динамічних властивостей матеріалів, використанні чисельних методів дослідження нелінійних процесів, та методу скінчених елементів. Достовірність результатів підтверджується узгодженням чисельних результатів з експериментальними результатами інших авторів, розв'язанням тестових задач та перевіркою збіжності чисельних досліджень.

Наукова новизна. В роботі з достатньою глибиною розглянуті фізичні основи швидкісного деформування матеріалів і елементів конструкцій в тривимірній постановці з урахування динамічних властивостей матеріалів. Наочно представлена тривимірна схема залежності інтенсивностей напружень від інтенсивностей деформацій та швидкостей деформацій на всіх етапах процесу деформування.

Вперше сформована скінченно-елементна модель процесів швидкісного пружно-пластичного деформування елементів конструкцій з урахуванням динамічних властивостей матеріалів.

На основі цієї моделі виявлені нові особливості швидкісного пружно-пластичного деформування плоских, пологих та циліндричних елементів конструкцій при різних швидкостях ударника.

Виявлені нові особливості поведінки дво- і тришарових захисних елементів при різних швидкостях ударників та показана їх перевага над одношаровими.

Практичне значення результатів дисертації полягає у виявленні умов динамічної міцності захисних елементів корпусів газотурбінних двигунів, корпусів транспортних засобів, елементів двошарових металополімерних коліс силових хвильових передач та багатошарових захисних елементів. Результати досліджень знайшли впровадження на передових підприємствах ДП НВКГ «Зоря»-«Машпроект» та ДП «Івченко-Прогрес» ім. академіка О.Г. Івченко, де були використані для підвищення динамічної міцності елементів корпусів ГТД, що підтверджується документально.

Повнота викладення наукових положень, висновків результатів та рекомендацій. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 151 сторінок, з них 76 рисунків по тексту; 5 таблиць по тексту; список з 150 найменувань використаних джерел на 17 сторінках, 2 додатки на 11 сторінках. Автореферат та публікації повністю розкривають основний зміст дисертації.

Оцінка змісту дисертації.

У вступі надається мета, предмет та об'єкт дослідження та основні характеристики дисертації.

У першому розділі надано досить повний огляд методів та результатів досліджень у галузі дисертації. Проведено огляд загальних проблем динаміки елементів конструкцій при ударних та імпульсних навантаженнях та сучасні напрямки досліджень в цих галузях. Окремо проведено огляд експериментальних досліджень в напрямку визначення динамічних властивостей матеріалів та засобів їх опису, а також результатів експериментальних досліджень елементів різних конструкцій при ударних та імпульсних навантаженнях.

Розглянуті теоретичні, аналітичні та чисельні методи процесів швидкісного деформування з використанням різних уявлень та теорій щодо поведінки деформування на різних стадіях. Приділено достатньо уваги теоріям та критеріям міцності для різних матеріалів. На основі аналізу досвіду досліджень швидкісного деформування матеріалів та елементів конструкцій зроблено висновки про актуальність поставленої задачі та напрямки її вирішення.

Другий розділ присвячено деформуванню елементів конструкцій в тривимірній постановці. Розглянуті основні особливості процесу, що досліджується. Побудована наочна схема процесів швидкісного деформування в координатах інтенсивності напружень, деформацій та швидкостей деформацій та виділені різні етапи деформування. Така схема

сприяє більш ясному уявленню про такі процеси. Наведені основні рівняння швидкісного деформування тривимірних тіл з урахуванням динамічних властивостей матеріалів та скінченних переміщень і деформацій в декартовій і циліндричній системах координат.

Сформована скінченно-елементна модель швидкісного деформування та показано особливості її використання з допомогою програмних продуктів.

В третьому розділі проведено чисельний аналіз швидкісного деформування плоских та пологих елементів конструкцій. Вирішено тестову задачу визначення напружено-деформованого стану циліндричного ударника при різних швидкостях контакту з жорсткою перешкодою. Розглянуто швидкісне деформування плоских елементів, які показують, що динамічне напруження змінюється по товщині елемента. Це підтверджує необхідність використання тривимірних моделей.

Проведено дослідження дії ударника на облицювання транспортних засобів як плоских, так і пологих при різних кутах удару. Показано як впливає на результати розрахунків використання різних засобів опису динамічних властивостей матеріалів. Проведено дослідження динамічних напружень в пластині з різних матеріалів для порівняння їх міцнісних та вагових властивостей.

Проведено порівняння чисельних результатів з експериментальними представленими в літературі при дії імпульсного навантаження на прямокутну плиту зі склопластику з розрізом. Показано добре узгодження результатів.

В четвертому розділі проведено аналіз поведінки деформації циліндричних конструкцій. Проведено дослідження дії ударників різної маси з різними швидкостями на циліндричну конструкцію. Показано добре узгодження чисельних та експериментальних результатів. Доведено, що при зростанні швидкості удару до 150 м/с область інтенсивних напружень є обмеженою і визначається залежність $R \leq (10 - 12) r$, де r радіус зони навантаження. Це дозволяє в подальшому розглядати не всю конструкцію а лише необхідну обмежену зону з більшою густиною сітки.

Розглянуті практичні задачі динамічної міцності корпусів газотурбінних двигунів с захисними елементами при ударній дії фрагментами лопаток та сторонніми предметами. Показано розвиток динамічних напружень в різні моменти часу та виникнення залишкових напружень. Показано, що двошарові захисні елементи мають більшу ефективність ніж одношарові, навіть при меншій сумарній товщині. Розглянуто також задачу НДС двошарового металополімерного колеса силової хвильової передачі, що має практичне значення.

В п'ятому розділі розглянуто швидкісне деформування тришарового захисного елемента при ударному навантаженні. Елемент має два тонких шару з титанового сплаву та середній керамічний шар. При зростанні швидкості удару виникають пластичні деформації верхнього шару у вигляді кратеру. В керамічному шарі поширюються деформації з більш низьким

рівнем завдяки чому гаситься енергія удару. Третій шар сприяє обмеженню області деформації і підвищує ефективність захисних властивостей елемента.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. Не зовсім вдало обрано назву дисертації. Без зазначення виду і конкретного способу навантаження назва «Скінченно-елементний аналіз швидкісного деформування...» є не визначеною. Крім того, коли у дисертації розглядаються різні захисні перешкоди, більш правильним і точним є порівняння не напружено-деформованих, а граничних станів конструкцій.

2. Об'єкт і предмет дослідження, на нашу думку, визначено дуже загально, без конкретизації меж зміни досліджуваних параметрів процесу.

3. Не зважаючи на достатній обсяг розглянутого матеріалу у літературному обзорі він зроблений дуже конспективно і містить у собі мало цифрових та графічних даних.

4. В роботі розроблено математичну модель процесів швидкісного деформування, але не враховується зміна температури, що може відбуватися в наслідок інтенсивних пластичних деформацій.

5. В другому розділі наведено різні залежності для урахування динамічних властивостей матеріалу, тому в третьому розділі можна було б розглянути і інші закони при розв'язанні тестових задач, наприклад залежність Джонсона-Кука.

6. В третьому розділі наводяться результати чисельних розрахунків, але зовсім не говориться за допомогою якого програмного комплексу вони отримані. Крім того там же йдеться про розподіл еквівалентних напружень, а самі вони не конкретизуються.

7. В п'ятому розділі при аналізі ударного навантаження на елемент легко броньованої техніки стверджується, що в середньому шарі тришарового елемента відбувається розсіяння енергії, але ніяких енергетичних залежностей не наведено. Слід зауважити, що даний висновок є дещо декларативним, обґрунтування якого потребує окремого аналізу енергетичних залежностей.

8. Достовірність розрахункових моделей перевіряється в дисертації багато разів при вирішенні різноманітних тестових задач, які наведено в різних розділах, що ускладнює аналіз дисертації. Доцільно було б звести всі порівняння експериментальних і чисельних досліджень в один розділ.

9. В п'ятому розділі на рисунках наведено розподіл деформацій та напружень, але не наведено кількісних величин напружень, які виникають в елементі та ударнику. Рис. 5.6 зовсім нечитабельний.

10. Стосовно оформлення дисертації слід відмітити, що незважаючи на досить добру якість ілюстрованого кольорового матеріалу підписуночі надписи на жаль є малоінформативні.

Висновок

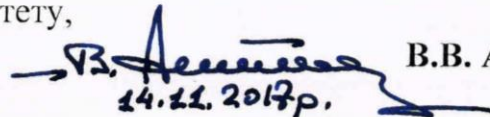
Незважаючи на зауваження слід відмітити що робота викликає позитивне враження і виконана на достатньому науковому рівні. Дисертація має значну наукову і практичну цінність і заслуговує високої оцінки.

Дисертаційна робота Овчарової Наталії Юріївни відповідає вимогам до кандидатських дисертацій у відповідності до п.п. 9, 11 і 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, відповідає паспорту спеціальності 05.02.09 – динаміка та міцність машин. Вона містить результати проведених автором досліджень та отримані науково обгрунтовані висновки, які в сукупності розв'язують конкретну науково-практичну задачу в галузі технічних наук – визначення тривимірного динамічного НДС захисних елементів машин при ударі для забезпечення їх міцності та ефективного використання.

На основі вище зазначеного можна зробити висновок про те, що за актуальністю, науковою новизною та практичним значенням отриманих результатів, поставлених мети та задач дисертаційна робота Овчарової Наталії Юріївни «Скінченно-елементний аналіз швидкісного деформування захисних елементів машинобудівних конструкцій» є завершеною і виконана на сучасному науково-технічному рівні, а її автор заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.09 – динаміка та міцність машин.

Офіційний опонент

Завідувач кафедри механіки
Національного авіаційного університету,
доктор технічних наук, професор


14.11.2017р. В.В. Астанін

