

ВІДЗИВ

офіційного опонента на дисертаційну роботу Борисенка Максима Юрійовича «Визначення динамічних характеристик вільних коливань циліндричних оболонок різних поперечних перерізів на основі чисельно-експериментальних методів», подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Актуальність теми дисертації обумовлена необхідністю вивчення механічної поведінки пружних тонких циліндричних оболонок еліптичного поперечного перерізу, які широко використовуються у сучасній техніці як елементи механізмів і конструкцій, що перебувають під дією динамічних навантажень. Для оцінки міцності і забезпечення надійного функціонування конструкцій та механізмів необхідно володіти інформацією про їхні динамічні характеристики, зокрема, про частоти та форми вільних коливань. У багатьох випадках потрібно враховувати вплив граничних умов, характеру зміни товщини та фізико-механічних параметрів матеріалу оболонок на спектр частот і форм вільних коливань. Це вимагає розробки ефективних методів дослідження малих вільних коливань, зокрема, як чисельних так і експериментальних.

Дисертаційна робота М.Ю. Борисенка є логічним продовженням циклу робіт київських та миколаївських механіків присвячених дослідженню динамічних характеристик тонкостінних елементів на основі різних підходів.

У роботі проведено розрахунок частот та форм вільних коливань некругових циліндричних оболонок, а також встановлені на цій основі залежності відповідних динамічних характеристик від форми поперечного перерізу, характеру зміни товщини, граничних умов та фізико-механічних властивостей матеріалу. Розробка підходу до розв'язання даного класу задач має теоретичний інтерес та важливе значення для прикладних досліджень.

Дослідження, що проведені в дисертаційній роботі, виконані у відповідності з науковими темами: «Дослідження малих переміщень та деформацій елементів конструкції змінної товщини при квазістатичному та віброрезонансному навантаженні» МНУ ім. В.О. Сухомлинського (№ ДР 0109U002261, 2009-2011); «Чисельне-експериментальне дослідження вільних коливань пластин та пологих оболонок змінної товщини в рамках класичної та уточненої теорії» МНУ ім. В.О. Сухомлинського (№ ДР 0112U000478, 2012-2014); «Дослідження механічної поведінки неоднорідних анізотропних елементів сучасних конструкцій складної структури за допомогою нових підходів на основі різних моделей» Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України (№ ДР 0112U000249, 2012-2016).

Аналіз розділів роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Кожний розділ представляє собою закінчене дослідження.

У вступі подається загальна характеристика роботи, зокрема

обґрутується необхідність проведення наукового пошуку, визначається актуальність теми та формулюється мета роботи, наукова новизна, практичне значення, а також приводяться дані про зв'язок дисертаційної роботи з науковими темами.

У **першому** розділі подано огляд літературних джерел, в яких містяться дослідження, присвячені визначеню динамічної характеристик циліндричних оболонок різних поперечних перерізів. Встановлено, що в сучасній науковій літературі досить повно представлені результати теоретичних та експериментальних досліджень динаміки кругових циліндричних оболонок, в порівнянні з цим проблема коливань циліндричних оболонок некругового поперечного перерізу вивчена недостатньо повно.

У **другому** розділі проведено постановку задачі про власні коливання некругових циліндричних оболонок, наведені основні положення методу скінченних елементів та методу стробоголографічної інтерферометрії.

У **третьому** розділі проведено аналіз достовірності результатів, отриманих методом скінченних елементів. Розв'язано три тестових задачі. За допомогою запропонованого чисельного підходу реалізованого на програмному засобі Femap проведено розрахунки вільних коливань кругових та некругових циліндричних оболонок з різними граничними умовами на одному торці, інший торець вільний; циліндричних оболонок еліптичного поперечного перерізу з трьох різних матеріалів; оболонок змінної товщини вздовж твірної та вздовж дуги поперечного перерізу; консольно закріплених циліндричних оболонок еліптичного поперечного перерізу з різним значенням эксцентриситету.

У **четвертому** розділі запропонована методика проведення експерименту та оптична схема установки. Наведені результати експериментального дослідження у вигляді частот та форм вільних коливань кругової циліндричної оболонки та циліндричних оболонок еліптичного поперечного перерізу сталої та змінної товщини вздовж дуги поперечного перерізу. Проведено порівняльний аналіз отриманих результатів з чисельними розрахунками.

Загальні висновки дисертаційної роботи повністю відповідають меті та поставленим завданням.

Новизна отриманих в роботі результатів полягає у розробці двох підходів до розрахунку частот і форм вільних коливань циліндричних оболонок довільного поперечного перерізу сталої та змінної товщини при довільних граничних умовах. Чисельний підхід базується на розв'язку рівнянь Лагранжа II роду в дискретній формі та скінченно-елементній апроксимації методом Ланцоша. Експериментальний підхід базується на основі безконтактного методу стробоголографічної інтерферометрії, який дає можливість у реальному часі спостерігати інтерференційні картини коливань поверхні оболонок, точно встановлювати момент виникнення резонансу, вибирати необхідний режим віброзбудження, з достатнім ступенем достовірності досліджувати спектр частот і форм вільних коливань.

На основі запропонованого чисельного підходу отримано частоти та

форми вільних коливання некругових циліндричних оболонок з еліптичним поперечним перерізом та досліджено залежність динамічних характеристик відповідних оболонок від геометричних і механічних параметрів, граничних умов. На основі експериментального методу для деяких консольно закріплених циліндричних оболонок сталої та змінної товщини отримані частоти та форми вільних коливань у вигляді інтерференційних картин, проведено порівняльний аналіз з чисельно отриманими результатами.

Сформульовані у дисертаційній роботі наукові положення, висновки і рекомендації є достатньо обґрунтованими та у повній мірі викладені в опублікованих у фахових журналах статтях, а також у матеріалах та тезах конференцій. Їх достовірність забезпечується коректністю проведення експериментів та вимірювань; використанням апробованих чисельних методів і критерію практичної збіжності; узгодженням результатів, отриманих чисельно, з експериментальними та чисельними розв'язками тестових задач.

Отримані у роботі результати на основі розробленої методики розв'язування задач про вільні коливання циліндричних оболонок еліптичного поперечного перерізу змінної товщини є **новими, науково обґрунтованими результатами в механіці деформівного твердого тіла**.

Проведений детальний аналіз чисельно отриманих результатів дозволив з'ясувати, що підбором геометричних і механічних характеристик циліндричних оболонок еліптичного поперечного перерізу, а також типу закріплення контурів можна в досить широких межах керувати як окремими частотами вільних коливань, так і цілим спектром частот і форм. Ці та низка інших результатів мають важливе прикладне спрямування, частина з них може знайти застосування в авіаційній, будівельній та машинобудівній промисловості. Отримані в роботі результати можуть зацікавити науковців і працівників інженерно-конструкторських підрозділів ряду науково-дослідних установ і вузів України, зокрема, Інституту механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України, Інституту проблем міцності НАН України, Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, класичних та технічних університетів Києва, Львова, Миколаєва, Одеси і Харкова.

В той же час по даній дисертаційній роботі слід зробити такі **зауваження**:

1. В роботі є деякі стилістичні та граматичні неточності.
 2. На оптичній схемі голографічної установки (рис. 4.5) не вказано положення віброзбуджувача коливань оболонки.
 3. У роботі при експериментальному досліженні розглядаються тільки консольно закріплені циліндричні оболонки, в той час коли при чисельних розрахунках розглянуто оболонки з іншими граничними умовами на одному торці.
 4. При подальшому розв'язанні класу задач, які розглядаються в дисертації, є необхідним розглянути інші типи граничних умов.
- Зазначені зауваження не впливають на високу позитивну оцінку даної

дисертаційної роботи і не зменшують ступеня обґрунтованості та вірогідності основних результатів та висновків.

В цілому дисертаційна робота М.Ю. Борисенка є завершеним науковим дослідженням, зміст автореферату повністю відповідає змісту роботи та є ідентичним основним її положенням. Тексти дисертації та автореферату викладені на належному науковому рівні, їх оформлення здійснено згідно з відповідними вимогами. Загальні висновки дисертаційної роботи повністю відповідають її меті. Тема дисертації відповідає спеціальності 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла. Робота достатньо апробована, що підтверджують публікації, а також виступи на наукових конференціях. За об'ємом, актуальністю і новизною отриманих результатів дисертаційна робота задоволяє вимоги ДАК України до кандидатських дисертацій, зокрема п.13 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань».

Вважаю, що **Борисенко Максим Юрійович** за розроблену методику із застосуванням методу – скінчених елементів та стробоголографічної інтерферометрії для дослідження вільних коливань циліндричних оболонок еліптичного поперечного перерізу сталої та змінної товщини при різних умовах закріплення, а також за отримані нові науково важливі результати **заслуговує присвоєння наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук** за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри теоретичної та прикладної механіки
Національного транспортного університету,
докт. фіз.-мат. наук, професор

I.A. Лоза

Підпис I.A. Лози засвідчує

Вчений секретар
Національного транспортного
університету,
канд. техн. наук, професор



O.I. Мельниченко