

ВІДЗИВ

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

Актуальність теми дисертаційної роботи. Значна кількість циліндричних оболонкових конструкцій залежно від їх функціонального призначення і умов експлуатації мають некруговий контур поперечного перерізу, змінну товщину та інші особливості. При дослідженні міцності та стійкості таких оболонкових споруд є необхідним володіти інформацією про розподіл їх динамічних характеристик. Тому тема дисертаційної роботи, присвяченої визначенню частот та форм вільних коливань циліндричних оболонок некругових поперечних перерізів, є актуальною.

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); «Чисельно-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.

В **вступі** описано сучасний стан проблеми, що розглядається в дисертаційній роботі, обґрунтовано актуальність вибраної теми, сформульовано мету та завдання дослідження, розкрито наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У **першому розділі** дисертації проведено аналіз публікацій, присвячених розв'язанню задач про вільні коливання циліндричних оболонок кругових та некругових поперечних перерізів та основі різних підходів. Встановлено, що дослідженню динамічних характеристик некругових циліндричних оболонок присвячена незначна кількість наукових робіт. В зв'язку з цим метою роботи стала розробка ефективного чисельно-експериментального методу визначення частот та форм вільних коливань некругових циліндричних оболонок, а також дослідження на цій основі закономірностей залежності відповідних динамічних характеристик від форми поперечного перерізу, характеру зміни товщини, граничних умов та фізико-механічних властивостей матеріалу.

У **другому розділі** зроблено постановку задачі про вільні коливання циліндричних оболонок з круговим та некруговим поперечним перерізом з врахуванням зміни товщини. Наведено основні положення методу скінченних елементів, який застосовується при розв'язанні задач динаміки оболонкових конструкцій. Описано основні принципи голографічної інтерферометрії, апаратура і обладнання для забезпечення експерименту.

У **третьому розділі** За допомогою методу скінченних елементів 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 ексцентриситету.

Проведено аналіз достовірності отриманих результатів на основі методу скінченних елементів, обґрунтовано вибрано вид та розмір скінченного елемента, розв'язано три тестових задачі на підставі яких зроблено висновок про ефективність та точність запропонованого чисельного методу.

У **четвертому розділі** запропоновано методику проведення експерименту для кругової циліндричної оболонки, циліндричних оболонок еліптичного поперечного перерізу сталої та змінної товщини вздовж дуги поперечного перерізу. Представлено результати проведеного експерименту у вигляді таблиць та гістограм частот, а також форм вільних коливань у вигляді інтерференційних картин. Проведено порівняння з чисельними розрахунками.

Загальні висновки дисертаційної роботи повністю відповідають меті та поставленим завданням.

Наукова новизна результатів, отриманих в дисертації. У дисертації запропоновано ефективний чисельний підхід для розрахунку частот і форм вільних коливань циліндричних оболонок некругових поперечних перерізів сталої та змінної товщини при довільних граничних умовах, який базується на розв'язку рівнянь Лагранжа II роду в дискретній формі та скінченно-елементній апроксимації методом Ланцоша, а також ефективний експериментальний підхід для визначення динамічних характеристик консольно закріплених циліндричних оболонок сталої та змінної товщини на основі безконтактного методу стробоголографічної інтерферометрії, який дає можливість в 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 запропонованих підходів були отримані частоти та форми вільних коливань некругових циліндричних оболонок, а також встановлені на основі отриманих результатів залежності динамічних характеристик від

форми поперечного перерізу, характеру зміни товщини, граничних умов та фізико-механічних властивостей матеріалу.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, достовірність результатів. Достовірність отриманих результатів забезпечується коректністю проведення експериментів та вимірювань; використанням апробованих чисельних методів і критерію практичної збіжності; узгодженням чисельних результатів з експериментальними; чисельними розв'язками тестових задач.

Практична цінність отриманих результатів. Встановлені залежності вільних коливань від характеру зміни товщини, значення ексцентриситету, граничних умов, механічних властивостей матеріалу 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.

Основні зауваження по роботі.

1. Частоти в таблицях та на графіках представлені в Гц, було б краще представити їх як безрозмірні величини.
2. Експериментально визначені тільки нижчі частоти, було б доцільним визначити вищі частоти вільних коливань розглянутих оболонок.
3. Чисельно визначені частоти циліндричних оболонок змінної товщини вздовж твірної по лінійному закону, бажано було б дослідити вільні коливання оболонок з іншим характером зміни товщини вздовж твірної.
4. Бажано було б провести експеримент для консольної циліндричної оболонки еліптичного поперечного перерізу змінної товщини вздовж твірної.

Зазначені зауваження не впливають на високу позитивну оцінку даної дисертаційної роботи і не зменшують ступеня обґрунтованості та вірогідності основних результатів та висновків.

Загальний висновок по роботі. В цілому дисертація є завершеною науковою роботою, спрямованою на вирішення наукової проблеми в галузі механіки тонкостінних конструкцій щодо дослідження вібраційних характеристик циліндричних оболонок некругового поперечного перерізу.

У дисертаційній роботі отримані нові результати, що мають значну теоретичну та практичну цінність, які доповідалися на наукових конференціях, у тому числі міжнародних. Результати досліджень достатньо повно опубліковані у виданнях, затверджених ДАК України. Кількість публікацій відповідає вимогам ДАК. Автореферат повністю і вірно відображає зміст дисертаційної роботи.

За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, новизною,

теоретичною та практичною цінністю результатів роботи М.Ю. Борисенка «Визначення динамічних характеристик вільних коливань циліндричних оболонок різних поперечних перерізів на основі чисельно-експериментальних методів» відповідає вимогам ДАК України, які ставляться до кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент,
кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри теоретичної та прикладної механіки
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка



О.В. Борисейко

Особистий підпис О. В. Борисейка засвідчую:

