

УДК 539.3

А.Д. Легостаєв, канд..техн. наук

Н.А. Гречух

О.О. Яковенко

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ДИСКРЕТНИХ МОДЕЛЕЙ МСЕ В ЗАДАЧАХ ДИНАМІКИ ПЛАСТИНЧАТО-ОБОЛОНКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Створення скінченноелементних моделей пластинчато-оболонкових конструкцій передбачає їх опис за допомогою точкового каркасу. Рационально вважається дискретна модель регулярної структури. Задача ускладнюється, коли потрібно побудувати сітку для конструкцій нерегулярної структури у якій є ділянки ступінчастої зміни товщини, дискретні ребра, вирізи і включення чужорідного матеріалу, тобто області з особливостями.

В роботі запропоновано вписати названі нерегулярності в сіткову область дискретної моделі і присвоїти їм відповідний статус.

Викладений алгоритм щодо побудови точкових каркасів континуальних об'єктів для круглої пластини та сферичної оболонки з використанням специфічних підходів.

Аналіз результатів розрахунку пластини на власні коливання з дійсним і топологічним ребром підтвердив правомірність моделі з останнім.

Це стало підґрунтям для використання такої моделі ребра для круглої пластини і сферичної оболонки. Виконано аналіз форм і частот власних коливань останніх.

Перший етап створення дискретної моделі МСЕ пов'язаний з розбивкою області пластини чи оболонки на скінченні елементи. При цьому слід задовольнити умовам регулярності скінченно-елементної моделі (СЕМ), тобто мати можливість в доступній формі обчислювати номери вузлів сітки, номери скінченних елементів (СЕ) і простими засобами обчислювати геометричні і фізико-механічні характеристики СЕ. Задача ускладнюється, якщо конструкція має ступінчато-змінювану товщину, дискретні ребра, вирізи і ділянки із стороннього матеріалу.

Опис СЕМ конструкції з особливостями суттєво спрощується, якщо лінії сітки СЕ розташувати таким чином, щоб вони проходили по границях ребер, вирізів, включень стороннього матеріалу та лініями ступінчатої зміни товщини.

Областям з особливостями призначається статус: «ребро», «виріз», «включення». Границі таких областей визначаються сітковими координатами вузлів в локальній системі координат.

Ребро характеризується двома параметрами:

- 1) товщина – відношення висоти СЕ області ребра до висоти рядового СЕ;
- 2) ексцентриситет – відношення відстані між центрами ваги СЕ ребра і рядового СЕ до висоти рядового СЕ.

Скінченному елементу в межах вирізу, надається статус «пустий елемент» і при побудові математичної моделі дискретного об'єкта коефіцієнти матриці жорсткості таких елементів не враховуються. Для області «включення» співвідношення МСЕ обчислюються для відповідних фізико-механічних характеристик чужорідного матеріалу. Введення області «включення» дає змогу досить просто врахувати наявність приєднаних мас при обчисленні матриць інерції в задачах динаміки якщо задати відповідне значення щільності чужорідного матеріалу при збереженні інших його характеристик.

Для перевірки достовірності результатів в задачах про власні коливання пластин з ребром розглянута модель з дійсним (рис. 1, а) і топологічним ребром (рис. 1, б).

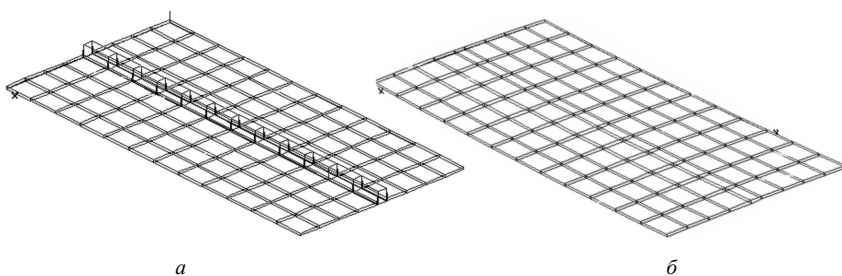


Рис. 1

Декілька частот і форм власних коливань для пластини з дійсним ребром показані на рис. 2, а для пластини з топологічним ребром на рис. 3.

Приведені результати підтверджують правомірність моделі з топологічним ребром – результати розрахунку для обох варіантів моделі ребра практично співпали.

Стосовно побудови сіткової області СЕМ конструкцій можна сказати, що алгоритми реалізації цієї задачі, особливо для неканонічних поверхонь бувають досить громіздкими.

Без проблем виконується побудова точкового каркасу поверхонь квадратних і прямокутних пластин за допомогою генератора сітки, створеного на основі інтерполяційних алгоритмів з використанням незначного числа опорних вузлів.

Пропонується прийом побудови регулярної сітки СЕ для круглої пластини, що у якійсь мірі проблематично. Спочатку створюємо сітку для квадратної пластини. Наступним кроком є статичний розрахунок цієї пластини на змушені переміщення вузлів на її контурі, таким чином, щоб вони вписалися в границі круглої пластини (рис. 4).

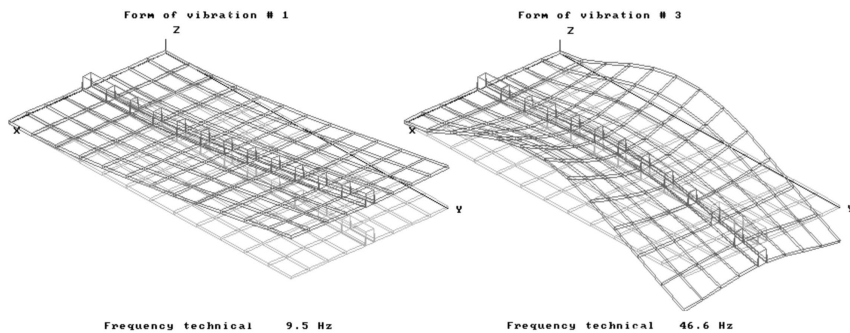


Рис. 2

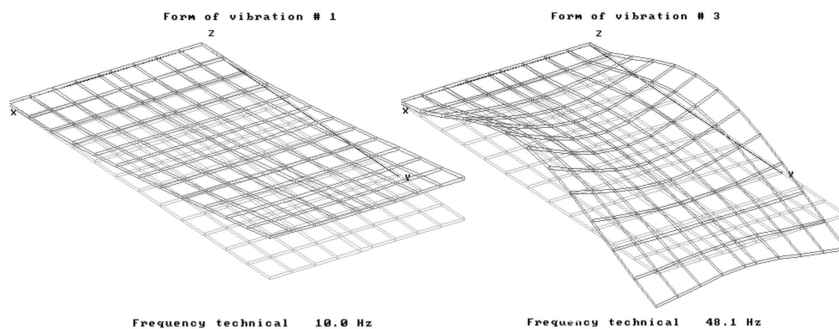


Рис.3

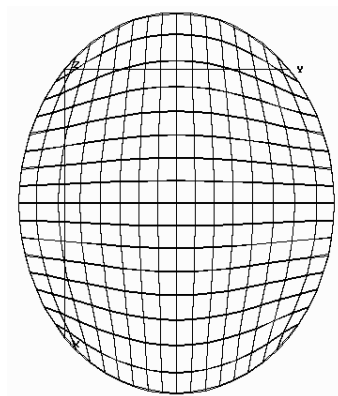
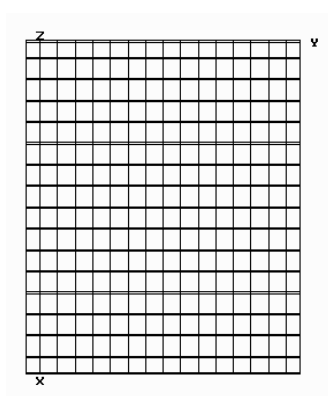


Рис. 4

Проведено розрахунок частот і форм власних коливань круглої пластини без ребра і з ребром. Ребро розташоване по контуру пластини.

Прив'язка його виконується за допомогою сіткових координат, що визначають «початок ребра» і «кінець ребра». Модель ребра, яке вписується в лінії сітки СЕМ характеризується параметрами: висота ребра і ексцентриситет ребра. Топологія сіткової області відповідає умовам її регулярності.

Власні коливання круглої пластини, що має три точкові опори без контурного ребра наведені на рис. 5. а, б.

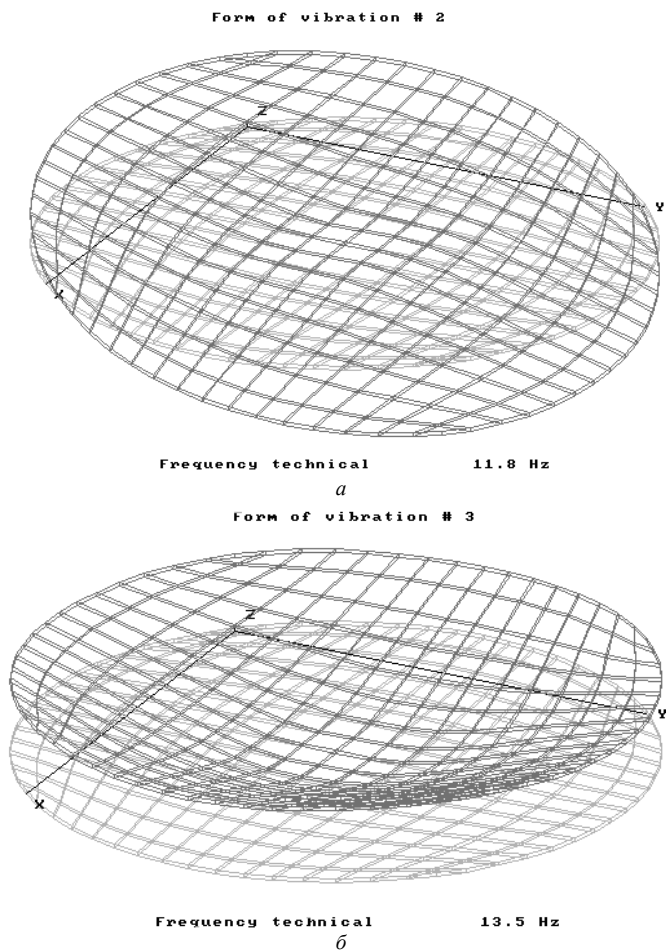


Рис. 5

Результати розрахунку власних коливань пластини з ребром по контуру наведені на рис.6, а, б.

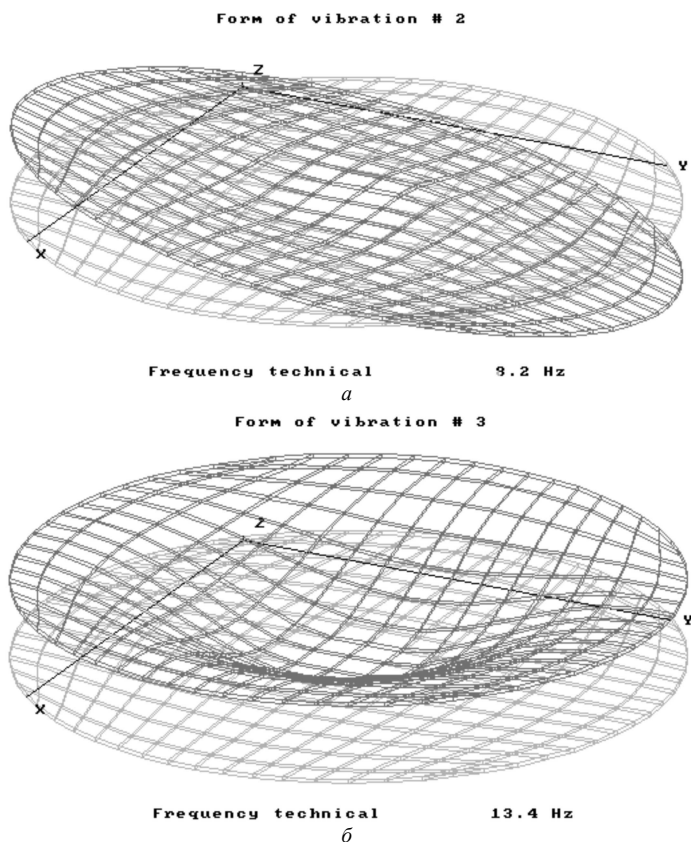


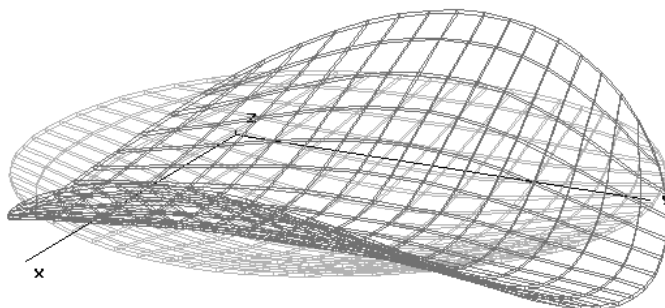
Рис. 6

Зменшення першої частоти власних коливань пластини з ребром у порівнянні з результатом розрахунку без ребра є наслідком збільшення її маси за рахунок ребра.

Аналіз форм власних коливань круглої пластини підказав використати стоячу хвилю, що відповідає третій формі коливань, у якості точкового каркасу оболонки-парасольки, яка схожа за формою на тарілчасту антену супутникового TV.

Частоти і форми власних коливань оболонки без ребра наведені на рис. 7, а, б, а для оболонки з ребром – на рис. 8, а, б.

Form of vibration # 1

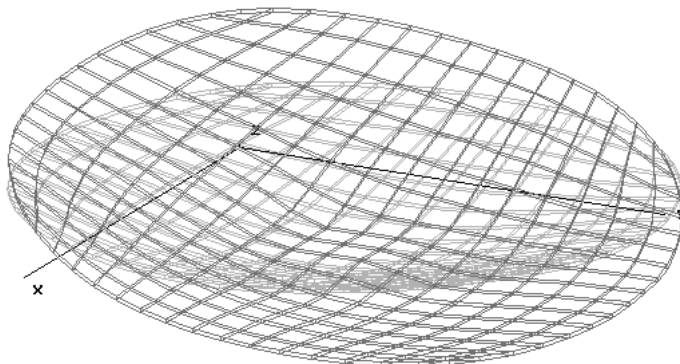


Frequency technical

20.8 Hz

a

Form of vibration # 3



Frequency technical

42.3 Hz

б

Рис. 7

Наведенні результати розрахунку оболонки з ребром і без ребра показують, що частоти власних коливань для оболонки з ребром більші ніж частоти оболонки без ребра. Таким чином збільшення маси оболонки за рахунок ребра менш суттєво впливає на частоти власних коливань ніж збільшення її жорсткості.

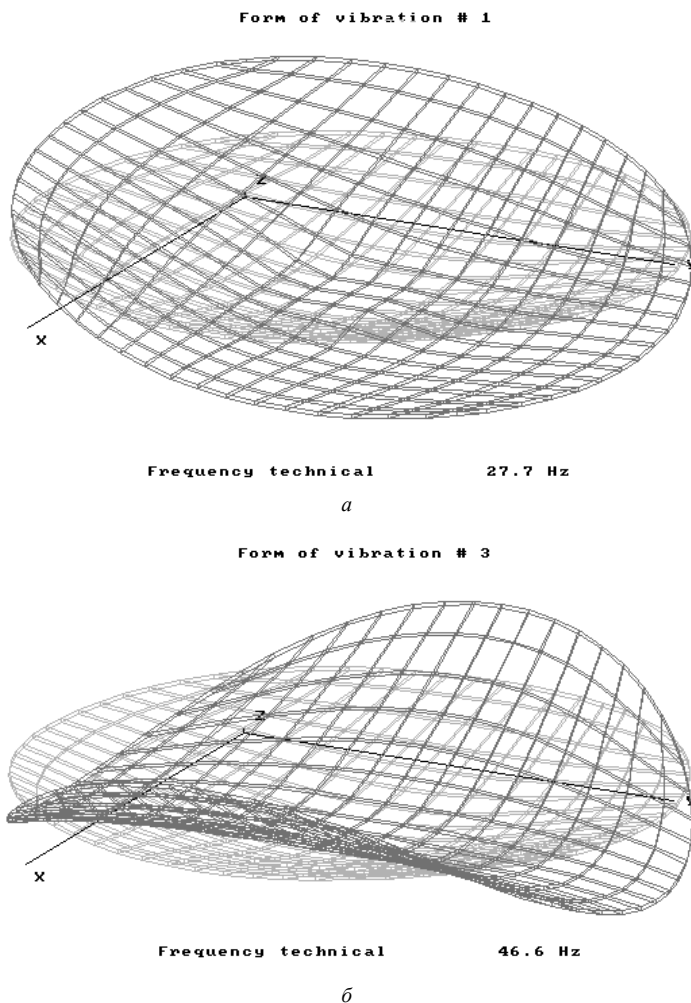


Рис. 8

Розв'язок наведених задач виконано в середовищі ДІСТОС (динаміка і статика оболонкових систем) створеному в НДІ будівельної механіки КНУБА. Співвідношення МСЕ побудовані на основі положень тривимірної теорії пружності. Алгоритм задачі про власні коливання континуальних об'єктів реалізує ітераційний процес в підпросторі скінченноелементної моделі конструкції [1].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Клаф Р., Пензиен Дж.* Динамика сооружений. Пер.с англ.- М.: Стройиздат, 1979. -320с.

Отримано 23.08.10

Легостаев А.Д., Гречух Н.А., Яковенко О.О.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ МСЕ В ЗАДАЧАХ ДИНАМИКИ ПЛАСТИНЧАТО-ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Построение конечноэлементных моделей пластинчато-оболочечных конструкций предусматривает описание их поверхностей точечным каркасом. Рациональной считается дискретная модель регулярной структуры. Задача усложняется, когда конструкция имеет дискретные ребра, вырезы и включения инородного материала – т.е. области с особенностями. В работе предлагается вписать названные нерегулярности в сеточную область, проводя линии сетки по контуру ребер, вырезов и включений и присваивая им соответствующий статус.

Изложен алгоритм построения сетки конечных элементов для круглой пластины и сферической оболочки с использованием специфических подходов.

Приведен анализ результатов расчета пластины на собственные колебания для моделей с действительным и топологическим ребром, который подтвердил правомерность динамичной модели с последним. Это стало основанием использовать такую модель ребра в задачах динамики круглой пластины и оболочки. Приведен анализ вычисленных частот и форм собственных колебаний.

Legostaev A.D., Grechukh N.A., Iakovenko O.O.

SOME FEATURES OF CONSTRUCTION OF DISCRETE MODELS OF FEM IN TASKS OF DYNAMICS OF PLATE-SHELL STRUCTURES

Creation of finite elements models of plate-shell structures foresees their description by means of point framework. Rational the discrete model of regular structure is considered.

A task becomes complicated, when it is needed to build a net for the constructions of irregular structure, which have areas of step change of thickness, discrete ribs, cuts and includings of foreign material, id est areas with features. In this article is suggested to enter mentioned irregularities in the net area of discrete model and to appropriate corresponding status to them.

Algorithm in relation to the construction of point frameworks of continual objects for a round plate and spherical shell using specific approaches is expounded.

The analysis of results of calculation of plate on own vibrations with an actual and topological rib confirmed model legitimacy with the last. It became soil for the use of such model of rib for a round plate and spherical shell. An analysis is executed for forms and frequencies of own vibrations of last above-mentioned.