

ПРОГНОЗУВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ ДЕФОРМАТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОСТОРОВО АРМОВАНИХ ВОЛОКНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ

Олена Шидула¹, Наталія Жукова²

^{1,2}Інститут механіки ім. С.П.Тимошенка НАН України, м. Київ,
¹Державний університет інформаційно-телекомунікаційних технологій, м. Київ,
esh@ukr.net, zzhukova_n@ukr.net

Метою дослідження є побудова моделі для прогнозування нелінійних деформативних властивостей та напружено-деформованого стану просторово армованих волокнистих матеріалів з лінійними трансверсально-ізотропними волокнами та фізично нелінійною ізотропною матрицею. Розглянуто армований волокнистий матеріал стохастичною структури як сукупність підсистем, кожна з яких є односпрямованим волокнистим матеріалом з волокнами, орієнтованими певним чином відносно загальної системи координат та пов'язаних матрицею. Матеріал волокон вважаємо трансверсально-ізотропним з відносною симетрії уздовж волокон, а матеріал матриці – ізотропний фізично нелінійний.

Визначення ефективних деформативних характеристик матеріалу виконано в два етапи. На першому етапі визначаються ефективні властивості підсистеми, що є односпрямованим волокнистим матеріалом, утвореним волокнами певного напрямку і частиною матриці з об'ємним вмістом, пропорційним об'ємному вмісту волокон цього напрямку. Розв'язання задачі першого етапу базується на стохастичних диференціальних рівняннях фізично нелінійної теорії пружності та моделі [1 – 3]. На другому етапі за обчисленими властивостями підсистем визначаються ефективні властивості всієї системи. Розв'язок задачі другого етапу будується на основі схеми Фойхта. У випадку фізичної нелінійності матриці, оскільки деформативні характеристики матриці є функціями середніх в матриці деформацій, ефективні деформативні характеристики просторово армованого волокнистого матеріалу також є функціями середніх в матриці деформацій. Тому для визначення ефективних деформативних властивостей просторово армованого матеріалу потрібно встановити співвідношення між середніми деформаціями в матриці та макродеформаціями, що задаються.

Розглядається декілька випадків просторового армування волокнистих матеріалів для волокон, розташованих паралельно до координатних осей, по діагоналях куба, у площині x_1x_2 уздовж сторін рівностороннього трикутника і по нормалі до площини x_1x_2 .

На рис. 1, 2 наведено залежності осьових та зсувних макронапружень від макродеформацій при різних об'ємних концентраціях волокон, розташованих паралельно до координатних осей. На рис. 3, 4 наведено залежності осьових та зсувних макронапружень від макродеформацій при різних об'ємних концентраціях волокон, розташованих по діагоналях куба.

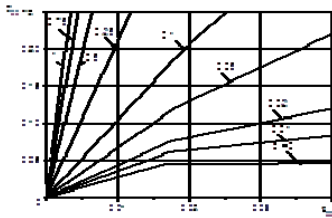


Рис. 1

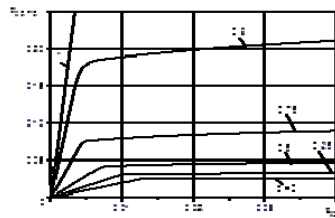


Рис. 2

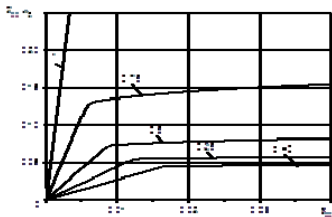


Рис. 3

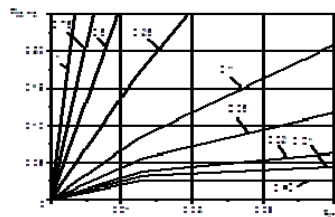


Рис. 4

У випадку армування волокнами паралельно до координатних осей нелінійність деформування композиту найбільше проявляється при зсувних навантаженнях, тому такий тип деформування слід застосовувати при високих осьових навантаженнях. При армуванні волокнами по діагоналях куба нелінійність є найбільш суттєва при осьових навантаженнях, тому такий випадок армування краще працює при високих зсувних навантаженнях

1. Гузь А.Н., Хорошун Л.П., Михайлова М.И., Бабич Д.В., Шикун Е.Н. Механика композитов: В 12 т. / под общ. ред. А.Н.Гузя / Т. 12: Прикладные исследования. – Киев: «А.С.К.», 2003. – 398 с.
2. Хорошун Л.П., Шикун Е.Н. Деформирование физически нелинейных стохастических композитных материалов. Деформирование и кратковременная повреждаемость физически нелинейных стохастических композитных материалов / Успехи механики: В 6-ти томах / под редакцией А.Н.Гузя. / Том 6 (книга 2). – Киев: Литера ЛТД, 2011. – 832 с. – С. 161–191, 436–463.
3. Khoroshun L.P., Shikun E.N. Deformation and damage of composite materials of stochastic structures: physically nonlinear problems // International Applied Mechanics. – 2012. – 48, No. 4. – P. 359–413.

PREDICTION OF NONLINEAR DEFORMATIVE PROPERTIES OF SPATIALLY REINFORCED FIBROUS MATERIALS

A model of nonlinear deformation of spatially reinforced fibrous materials with a physically nonlinear matrix was constructed. Determination of the effective deformative properties and stress-strain state of the material is based on stochastic differential equations of the physically nonlinear theory of elasticity. To solve the problem, the method of conditional moments is used.