

ЛЬВОВ І.Г., МОРАЧКОВСЬКИЙ О.К., докт. техн. наук, проф.

## РОЗРОБКА ТЕОРІЇ АНІЗОТРОПНОЇ ПОВЗУЧОСТІ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Композиційними матеріалами є металеві і неметалічні матриці (основи) з розподіленими в них включеннями (волокон, дисперсних частинок і ін.), що дозволяє ефективно використовувати індивідуальні властивості складових композиції для додання необхідних властивостей матеріалам.

По механічній структурі композити діляться на основні класи: волокнисті, шаруваті, дисперсно-зміцнені, зміцнені частинками і нанокомпозити.

Об'єктом дослідження в даній роботі є волокнисті композити - матеріали, що складаються з матриці (що пов'язує) і періодично направлених в одному, або в двох, ортогональних напрямках циліндровими волокнами (включення, армування).

Добре відомо, що в мікро- і мезо - масштабі всі матеріали гетерогенні, проте багато їх властивостей можна визначити в рамках континуальної моделі із залученням принципу ефективної гомогенізації.

Згідно цьому принципу передбачається для гетерогенного середовища існування представницького об'єму з характерним розміром неоднорідності, в межах якої властивості можна усереднити. Масштаб представницького об'єму усереднювання повинен бути значно більше характерного розміру неоднорідності і малий в порівнянні з характерним розміром тіла. За цих умов гетерогенний матеріал можна ідеалізувати, розглядаючи його як еквівалентний гомогенному матеріалу з усередненими на представницькому об'ємі властивостями.

В даній роботі був розроблений метод визначення констант повзучості на основі рівнянь стану початкової анізотропної повзучості однорідних матеріалів. Матеріали волокна та матриці вважаються однорідними, їх поведінка при повзучості відповідає закону Нортона.

Рівняння стану для середньої за об'ємом напруги і деформацій у композиті в цілому були прийняті у наступному вигляді:  $\langle \dot{\epsilon} \rangle = \langle \bar{\sigma} \rangle_2^n \mathbf{B} \langle \underline{\sigma} \rangle$ .

Для визначення констант повзучості був проведений розрахунок напружено-деформованого стану при повзучості представницького об'єму композиту під дією заданих нормальних напруг у координатних напрямках, та при заданих напругах зсуву у координатних площинах.

Числові дослідження проводилися над мінімальним представницьким об'ємом в програмному комплексі ANSYS. Модель була побудована за допомогою плоского 8 вузлового елемента, що має 3 ступені свободи в кожному вузлі: переміщення у напрямі осей X, Y і Z вузлової системи координат. Для визначення константи повздовжнього зсуву використовувався тривимірний 20 вузловий елемент, також з трьома ступенями свободи у вузлі.

Для усунення незручностей що мають місце при роботі з повзучістю у програмному комплексі ANSYS, було розглянуто та використано аналогію рівнянь сталої повзучості з рівняннями нелінійної пружності.

В роботі, в якості прикладу, були визначені константи повзучості залізобетону, при одно- та двонаправленій структурі розташування армуючих волокон.