

# НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ТА МІЦНІСТЬ ШАРУВАТИХ КОМПОЗИТНИХ ПЛАСТИКІВ ІЗ НАВАНТАЖЕНИМИ ОТВОРАМИ

Киркач О.Б., Конохов В.І.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Шаруваті багатоспрямовано-армовані полімерні композити – ламінати (від англ. Fibre Reinforced Plastic Laminates), – є перспективними композиційними матеріалами, що у порівнянні з металами пропонують відмінну специфічну жорсткість та міцність. Водночас вони демонструють якісно набагато складнішу механічну поведінку, зокрема при руйнуванні, що виникає внаслідок багаторівневої неоднорідності побудови цих матеріалів із істотною анізотропією фізико-механічних властивостей та переважно крихким характером руйнування на всіх рівнях. В першу чергу це стосується конструкцій із концентраторами напружень, поблизу яких напружено-деформований стан (НДС) шарів ламінату стає істотно тривісним і не може бути адекватно описаний на основі класичної пластинчастої теорії, що обумовлює необхідність вирішення тривимірних крайових задач за допомогою чисельних методів, найбільш поширеним з яких наразі є метод скінчених елементів (МСЕ).

Доповідь презентує результати чисельних досліджень НДС та міцності високоякісних несучих ламінатів на основі препрег-вуглепластиків із концентраторами напружень у вигляді навантажених отворів, що виникають в механічних з'єднаннях ламінатів з оточуючими конструктивними елементами. Розрахунки проводилися в рамках єдиної методики, що містить наступні основні елементи:

- визначення НДС в шарах ламінату на основі розв'язання тривимірної задачі контактної взаємодії композита із кріпінням вздовж границі отвору із урахуванням реальних умов роботи з'єднання (зазору, тертя, монтажного затягування) за допомогою МСЕ на базі ПК Ansys;
- оцінку міцності (визначення стану руйнування) ламінату на основі аналізу полів напружень в кожному шарі, отриманих у його природній (прив'язаній до кута армування шару) системі координат, за допомогою сучасних інженерних критеріїв в напруженнях, що дозволяють визначення типу мікро-руйнування (тріщина в матриці, руйнування волокон, деламінація) та його орієнтації;
- аналіз (симуляцію) процесу прогресивного руйнування шарів композиту від навантаження в рамках єдиного APDL-алгоритму із урахуванням істотного впливу напрямку армування шарів на механізми їх пошкодження за допомогою спеціальної скінчено-елементної дискретизації ламінату в межах зони отвору.

Обговорення отриманих результатів проводиться на основі їх порівняння з експериментальними даними, відомими для даного матеріалу.