

ОЦІНЮВАННЯ РЕСУРСУ ЕЛЕМЕНТІВ АВІАЦІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З КОНЦЕНТРАТОРАМИ НАПРУЖЕНЬ

¹Національний університет «Львівська політехніка»

²Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України

Анотація. *Актуальним завданням в сучасній і складній інженерній практиці є розроблення достовірних методик щодо прогнозування довговічності та встановлення залишкового ресурсу елементів конструкцій з концентраторами напружень, що працюють в умовах втомних навантажень. Для цього слід удосконалювати шляхи адекватного опису напружено-деформованого стану біля концентратора напружень чи вершини тріщини із врахуванням геометрії тіла, умов навантаження, особливостей матеріалу та інших факторів, що можуть вплинути на процеси формування тріщин та їх поширення в матеріалі конструкції.*

Ключові слова: втома, зона передруйнування, концентратор напружень, локальні напруження, циклічна тріщиностійкість, макротріщина

На даний час одним із найважливіших завдань сучасної механіки руйнування матеріалів є визначення втомної довговічності тіл з концентраторами напружень (вирізами, отворами, різкими геометричними переходами, включеннями, непроварами тощо), оскільки саме там, за дії циклічних навантажень, в більшості випадків починається процес накопичення структурних пошкоджень матеріалу та руйнування елементів конструкцій в цілому. Великих успіхів у вирішенні цієї проблеми зробили: Черепанов, Трощенко, Панасюк, Остап, Глінка, Плювінаж, Райс, Тейлор та інші. Однак, незважаючи на величезну кількість поставлених експериментів та написаних праць, на сьогоднішній день, поки що відсутні універсальні підходи, за якими можна однозначно встановлювати опірність матеріалу формуванню та подальшому поширенню в ньому втомних тріщин залежно від геометрії конструкції (в тому числі і концентратора) та умов навантаження. Основною причиною цього є складність вибору параметрів, які б адекватно описували напружено-деформований стан в околі вершини як концентратора, так і тріщини.

В таких дослідженнях заслуговує на увагу підхід уніфікованої моделі втомного руйнування, запропонованої в роботах Остапа і Панасюка [1], яка базується на структурно-механічному параметрі матеріалів – втомній зоні передруйнування, розмір (d^*) якої за заданих умов випробувань визначає напружено-деформований стан в околі концентраторів напружень і тріщини. Слід зауважити, що подібні параметри, а також різні способи визначення їх величини в світовій літературі відомі [2-4], вони являють собою основу так званої «критичної відстані», однак є емпіричними і на відміну від параметра (d^*) [5] фізично не обґрунтованими.

Мета нашої праці – для реального авіаційного матеріалу, взятого з обшивки крила літака проаналізувати особливості формування напружено-деформованого стану в місцях концентрації напружень (отвори під заклепки з'єднання), а також експериментально перевірити застосовність відомих модельних залежностей для побудови кривих втоми зразків різної геометрії, на основі чого запропонувати рекомендації щодо оцінки ресурсу в умовах дії циклічних навантажень.

За результатами теоретичних та експериментальних досліджень, проаналізовано особливості формування напружено-деформованого стану в околі концентраторів напружень та закономірності формування втомної зони передруйнування на зразках різної геометрії авіаційного матеріалу. Встановлено, що традиційне прогнозування кривих втоми тіл з концентраторами напружень за результатами випробувань гладких зразків є недостовірним,

оскільки в околі вершини концентратора утворюється специфічний напружено-деформований стан матеріалу. Показано, що на основі базової кривої втоми, побудованої на стандартних компактних зразках з концентраторами напружень за значенням ефективного коефіцієнта концентрації напружень, отриманого в рамках уніфікованої моделі втомного руйнування Осташа-Панасюка, можна прогнозувати довговічність на стадії зародження тріщини тіл довільної геометрії.

Представлена в роботі методика оцінки напружено-деформованого стану матеріалу в околі концентратора напружень може служити основою практичних рекомендацій щодо визначення довговічності та прогнозування ресурсу елементів авіаційної техніки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Ostasch O.P.* Fatigue process zone at notches / O.P. Ostasch, V.V. Panasyuk // Int. J. Fatigue. – 2001. – 23, № 7. – P. 627–636.
2. *Neuber H.* Kerbspannungslehre. – Berlin: Springer, 1945 (Trans. Theory of Notch Stress., U.S. Office of Technical Services, 1961).
3. *Angot G.* About notch fracture mechanics / G. Angot, G. Pluvinage // Proc. 2th Copernicus Workshop Influence of Local Stress and Strain Concentrators on the Reliability and Safety of Structures, 1996. – P. 37–47.
4. Taylor D. Prediction of fatigue failure location on a component using a critical distance method / D. Taylor, P. Bolonga, K. Bel Knani // Int. J. Fatigue. – 2000. – 22. – P.735–742.
5. *Осташ О.П.* Патент України № 69067, МПК G01N 21/00. Спосіб визначення розміру втомної зони передруйнування / О.П. Осташ, Р.В. Чепіль, І.М. Андрейко, В.В. Віра, В.І. Прокопеч. Опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8.

Віра Володимир Володимирович¹, к. т. н., доцент кафедри опору матеріалів та будівельної механіки, Національний університет “Львівська політехніка,” Львів, e-mail: viravolodymyr@gmail.com

Харченко Євген Валентинович¹, д. т. н., завідувач кафедри опору матеріалів та будівельної механіки, Національний університет “Львівська політехніка,” Львів, e-mail: kharchen@wp.pl

Гембара Оксана Володимирівна^{1,2}, д. т. н., ст. н. с. Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України; доцент кафедри опору матеріалів та будівельної механіки, Національний університет “Львівська політехніка,” Львів, e-mail: oksana.v.hembara@lpnu.ua

Райчук Наталія¹, студентка інституту будівництва та інженерних систем, Національний університет “Львівська політехніка,” Львів, e-mail: nataliia.rainchuk.bd.2020@lpnu.ua

THE ASSESSMENT OF THE RESOURCE OF AVIATION ELEMENTS WITH STRESS CONCENTRATORS

Abstract. *An urgent task in modern and complex engineering practice is to develop reliable methods for predicting the durability and establishing the residual life of structural elements with stress concentrators operating under fatigue loads. To do this, improve the ways of adequate description of the stress-strain state near the stress concentrator or crack tip, taking into account the geometry of the body, load conditions, material characteristics and other factors that may affect the formation of cracks and their distribution in the material.*

Keywords: fatigue, process zone, stress concentrator, local stress, cyclic crack resistance, macrocrack

Vira Volodymyr¹, Ph.D., Associate Professor of the Department of Strength of Materials and Structural Mechanics, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: viravolodymyr@gmail.com

Kharchenko Yevhen¹, Dr. Sc., Professor of the Department of Strength of Materials and Structural Mechanics, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: kharchen@wp.pl

Hembara Oksana^{1,2}, Dr. Sc., Associate Professor of Karpenko Physico-Mechanical Institute of National Academy of Sciences of Ukraine; Associate Professor of the Department of Strength of Materials and Structural Mechanics, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: oksana.v.hembara@lpnu.ua

Rainchuk Nataliia¹, student of Institute of Civil Engineering and Building Systems, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine e-mail: nataliia.rainchuk.bd.2020@lpnu.ua