

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПОШКОДЖЕННЯ ОБТІЧНИКА ЛІТАКА ПРИ ЗІТКНЕННІ З ПТАХАМИ

Наталія Сметанкіна

Інститут енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного НАН України, м. Харків, [nsmetankina@ukr.net](mailto:nsmetankina@ukr.net)

Підвищення вимог щодо безпеки польотів літаків висуває на передній план комплекс нових проблем, пов'язаних із забезпеченням міцності планера конструкції. Зокрема, серед різноманітних впливів на літальний апарат останнім часом став актуальним клас так званих ударних навантажень. Природа цих впливів може бути різною: вибух у салоні, зіткнення зі сторонніми предметами в польоті та при наземній експлуатації. Типовою характеристикою ударів є вплив локальних навантажень протягом короткого проміжку часу. Удар призводить до різкого стрибка напружень та деформацій у локальній зоні конструкції літального апарата. До таких впливів слід віднести зіткнення літального апарату в польоті з птахами [1].

Обтічник літака це стійка до атмосферних впливів конструкція, яка захищає, наприклад, радарну антену. Основною функцією обтічника є створення захисного покриття між антеною та навколишнім середовищем з мінімальним впливом на електричні характеристики антени. Обтічники можуть мати кілька форм (сферична, у вигляді пластина або конуса тощо) залежно від конкретного застосування з використанням різних конструкційних матеріалів (скловолокна, тканини зі спеціальним покриттям тощо). Існує велика різноманітність типів обтічників, і їх можна розмістити на різних частинах літака, тому для кожного випадку розробляють їх різні конструкції.

Розглянуто зіткнення птаха з обтічником, який виготовлено з легкої сендвіч-композитної конструкції, що складається з кевларового волокна (обшивки) та стільникового внутрішнього шару з полімерного матеріалу. Для дослідження цієї шаруватої композитної структури використано оболонкову теорію [3]. Для оцінки міцності конструкції застосовано критерій міцності Цая-Бу [2]. Розроблену гідродинамічну модель птаха на основі методу SPH (метод гідродинаміки згладжених частинок). Для моделювання матеріалу птаха використано «нульовий» матеріал з низькою міцністю.

При виборі моделі птаха враховувалося, що вода є основною частиною справжніх птахів. Таким чином, в аналізі впливу птахів гідродинамічна поведінка типу води може бути дійсним наближенням для базової моделі. Крім того, всередині частин тіла птаха є кілька пустот, таких як легені, кістки і повітряні мішки. Тому в сукупності усі ці фактори знижують середню густину птаха. Для моделювання птахів можна використовувати однорідний

матеріал з густиною  $900-950 \text{ кг/м}^3$ , а удар птаха можна розглядати як гідродинамічний удар, оскільки при дуже високих швидкостях удару птах діє як рідина.

Валідація була виконана шляхом проведення розрахунків ударів птахів по перешкоді з використанням моделі птиха та порівнянням даних розрахунків з наявними експериментальними даними натурних досліджень ударів птахів [4]. Як перешкода розглядалася сталевіа плита, що деформується. В результаті валідації визначено, що модель птаха здатна адекватно відтворювати ударні навантаження, що діють при ударі реального птаха. Комп'ютерну реалізацію процесу зіткнення обтічника з птахом виконано в скінченноелементному комплексі. Змодельовано зону кріплення обтічника до фюзеляжу літака, щоб його можна було кріпити до обтічника через болти. Зовнішню форму обтічника описано поворотом навколо осі, яка задовольняє співвідношення поліноміальної функції. Місце зіткнення обтічника з птахом у розрахунковому дослідженні обрано так, щоб завдати обтічнику найбільшого руйнування. За результатами аналізу результатів розрахунку досліджено пошкодження обтічника. Підтверджено, що тенденція змінення тиску під час зіткнення відповідає раніше отриманим результатам, що забезпечило надійність моделі чисельного аналізу.

*Результати цієї роботи отримано у рамках виконання НДР за Цільовою науковотехнічною програмою оборонних досліджень НАН України на 2020–2024 рр., код програмної класифікації видатків (КПКВК) 6541230 (прикладні дослідження).*

1. *El-Sayed A.F.* Bird strike in aviation: statistics, analysis and management. – New Jersey: John Wiley and Sons, 2019. – 368 p.
2. *Smetankina N.V.* Non-stationary deformation, thermal elasticity and optimisation of laminated plates and cylindrical shells. – Kharkiv: Miskdruk Publishers, 2011. – 376 p.
3. *Smetankina N., Merkulova A., Merkulov D., Postnyi O.* Dynamic response of laminate composite shells with complex shape under low-velocity impact // Lecture Notes in Networks and Systems. Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering-2020. – 2021. – **188**. – P. 267-276.
4. *Smetankina N., Malykhina A., Merkulov D.* Simulating of bird strike on aircraft laminated glazing // MATEC Web of Conferences. – 2019. – **304**. – P. 01010-01016.

#### **MATHEMATICAL MODELING OF DAMAGE PROCESSES OF AIRCRAFT FAIRING IN COLLISION WITH BIRDS**

*The main objective of the study is to model the damage processes of an aircraft fairing in a collision with birds. The fairing consists of a composite laminate and a sandwich structure. A bird model was created using the SPH method. The adequacy of the numerical analysis model is confirmed by a good agreement between the calculation results and experimental data.*