УДК 629.735:534.242

В. М. Онищенко, В. Ж. Ященок, О. П. Терещенко

МОДЕЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПОВІТРЯНОГО СУДНА ПРИ СТРІЛЬБІ З КУЛЕМЕТА

Анотація: *Сформована математична модель навантаження конструкції повітряного судна при стрільбі з артилерійського озброєння. Модель побудована на рівняннях аеропружності та співвідношень внутрішньої балістики снаряду. Розрахункова модель дозволяє оцінити можливість використання кулемета з певними параметрами стрільби в конструкції літака, визначити рівень вібрації та динамічного навантаження силових елементів планера літака, а також точність стрільби.*

Ключові слова: *внутрішня балістика; динамічна реакція; математична модель; навантаження конструкції; пружність конструкції; форми та частоти власних коливань.*

Abstract. *A mathematical model has been developed to determine the structural loads on an aircraft during the firing of its artillery armament. The model is based on aeroelasticity equations and internal ballistics relationships for the projectile. This computational model makes it possible to evaluate the feasibility of integrating a machine gun with specific firing parameters into the aircraft structure, determine vibration levels and dynamic loads on the airframe's structural elements, and assess firing accuracy.*

Keywords: *internal ballistics, dynamic response, mathematical model, structural loading, structural elasticity, natural vibration modes and frequencies.*

В умовах сучасних збройних конфліктів ефективна нейтралізація повітряних загроз під час масованих атак безпілотних літальних апаратів (БпЛА) вимагає впровадження передових інженерно-технічних рішень для підтримання боєздатності та експлуатаційної надійності повітряних суден (ПС). Особливої гостроти набуває завдання розробки дієвих методів протидії ворожим цілям.

Згідно з практичним досвідом бойових дій, перспективним напрямом є залучення легких і надлегких літаків, оснащених бортовими комплектами виявлення та ураження цілей. Інтеграція стрілецько-гарматного озброєння на борту обумовлює необхідність детального вивчення реакції конструкції на значні зусилля віддачі та аеродинамічні навантаження, що формують збурений рух літального апарата.

Окремої уваги потребує аналіз поведінки легкомоторної авіації в умовах приземного шару атмосфери на малих і гранично малих висотах, де взаємодія з підстильною поверхнею створює підвищену турбулентність. Статистика льотної експлуатації свідчить про наявність аварійних ситуацій, спровокованих турбулентними потоками повітря.

Інтенсивні вібраційні процеси чинять негативний вплив на екіпаж та бортове обладнання, а також здатні у найкоротші терміни призвести до втрати несучої здатності і втомного руйнування елементів планера.

Забезпечення експлуатаційної міцності авіаційної конструкції в бойовій обстановці базується на комплексних теоретичних розрахунках через суттєві обмеження на проведення натурних експериментів.

Фізичне випробування впливу озброєння та атмосферних збурень на ПС є затяжним, фінансово витратним та обмеженим у повному відтворенні досліджуваних фізичних явищ. Натомість математичне моделювання має низку переваг:

– дає змогу за допомогою єдиної обчислювальної системи з профільним програмним забезпеченням вирішувати широкий спектр однотипних у математичному описі завдань;

– забезпечує гнучкість під час переходу між різними розрахунковими випадками шляхом модифікації параметрів модельованого середовища;

– завдяки принципу декомпозиції дозволяє досліджувати складні системи поелементно.

Реалізація концепції випереджального розвитку обчислювального експерименту передбачає побудову адекватних моделей навантаження ПС з урахуванням пружних деформацій конструкції, що істотно мінімізує часові та фінансові витрати на етапі проектування новітніх зразків авіатехніки.

Використання бойових модулів на зовнішніх підвісках висуває жорсткі вимоги до збереження ресурсу та міцності планера. Високий рівень вібрацій під час застосування авіаційних засобів ураження ускладнює пілотування, погіршує кучність стрільби та прискорює вироблення ресурсу конструкції.

Попередні етапи досліджень охоплювали комп'ютерний аналіз прямої та оберненої задач внутрішньої балістики на базі термодинамічних і механічних закономірностей. Це дозволило розрахувати ключові балістичні характеристики пострілу: час руху, швидкість снаряда, тиск і температуру порохових газів, а також отримати піродинамічні криві зміни сили віддачі.

Сучасні методи математичного моделювання динаміки ПС на основі рівнянь аеропружності та збуреного руху надають можливість із високою точністю визначати відгук конструкції на зовнішні силові фактори.

Одержані результати розрахунків інформаційно забезпечують процес експлуатації авіації даними щодо доцільності застосування конкретних варіантів озброєння та оптимальних параметрів стрільби під час виконання бойових завдань зі знищення БпЛА.

Зокрема, проведений аналіз показників збуреного руху виявив, що кутова швидкість літака за тривалості черги 0,5 с досягає 0,02 рад/с, а перевантаження на кінці крила у разі поєднання вогневого впливу та висхідного пориву вітру 15 м/с перевищує дві одиниці. Наведені дані слугують надійною основою для оцінки міцності, рівня змінних напружень та прогнозування темпів вичерпання ресурсу конструкції.

Список використаних джерел:

1. Єрилкін А. Г., Гур’єв Д. О., Карлов Д. В., Коробецький О. В., Шевченко Ю. А. Огляд та аналіз світового досвіду боротьби з ударною безпілотною авіацією. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2022. № 4(49).С. 15–22. https://doi.org/10.30748/nitps.2022.49.02.

2. Звигляныч С. М., Романов М. О., Линник М. Ф., Позовна Т. А. Оцінка можливостей комплексу озброєння в ході планування ураження виявлених об’єктів. Системи озброєння і військова техніка. 2021. № 4(68). С. 21–25. https://doi.org/10.30748/soivt.2021.68.03./

3. Bisplinghoff R. L., Ashley H., Halfman R. L. Aeroelasticy. New York : Dover Publications. Inc, 1996, 880 c.

4. Онищенко В. М., Ященок В. Ж.. Використання математичних моделей аеропружності та бортових інформацій-них систем для оцінки навантаження планера повітряного судна і ресурсу конструкції. Збірник наукових праць Держав-ного науково-дослідного інституту авіації. 2022. № 18(25). С. 91–97. https://doi.org/10.54858/dndia.2022-18-14.

5. Онищенко В., Спіркін Є., Ященок В., Отрешко Н. Математичне моделювання навантаження пружного БпЛА на посадці. Повітряна міць України. 2024. № 2(7). С. 18–23. https://doi.org/10.33099/2786-7714-2024-2-7-18-23.

Онищенко Володимир Михайлович *– кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри конструкції та міцності літальних апаратів та двигунів інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,*

м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: vladimironisenko83@gmail.com, ORCID https:// orcid.org/0000-0002-0413-6365

Vladimir Mikhailovich Onishchenko – PhD in Engineering, Associate Professor of the department of Design and Strength of Aircraft and Engines of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, St., Sumskaya 77/79, Ind. 61023, e-mail: vladimironisenko83@gmail.com, ORCID https:// orcid.org/0000-0002-0413-6365

***Яценок Володимир Жоржович** – кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри конструкції та міцності літальних апаратів та двигунів інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: zhorzhevich71@ukr.net, ORCID https://orcid.org/0000-0002-7806-8078*

Volodymyr Жоржович Yachenok – PhD in Engineering, head of the epartment of Design and Strength of Aircraft and Engines of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, St., Sumskaya 77/79, Ind. 61023, e-mail: zhorzhevich71@ukr.net, ORCID https://orcid.org/0000-0002-7806-8078

***Терещенко Олексій Павлович** – старший викладач кафедри конструкції та міцності літальних апаратів та двигунів інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: alex.tereshenko030576@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0000-0002-5790-740X*

Oleksii Pavlovich Tereshchenko, Master, Senior Lecturer of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, St., Sumskaya 77/79, Ind. 61023,

e-mail: alex.tereshenko030576@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0000-0002-5790-740X