- возможность многократного использования и повторения;
- надежность в работе.

Особенностью метода контроля частоты собственных колебаний является то, что он позволяет возбуждать как изгибные, так и крутильные колебания объекта контроля (например, крыла, тонкостенной замкнутой оболочки, пластины) относительно оси жесткости, проходящей по оси в координатах центров жесткости сечений, без снятия (перемещения) составных элементов экспериментальной установки.

Ключевые слова: крыло, самолет, колебания, частота собственных колебаний, частотные испытания, резонансный метод, изгиб, кручение, вибрации, ось жесткости.

Література

[1] Г. Н. Микишев, Н. Д. Пронин, Ю. Ю. Швейко, и др., "Оценка эффективности некоторых экспериментальных методов определения основных динамических характеристик упругих конструкций", *Исследования по теории сооружений*, № 10, с. 85-100, 1970.

[2] А. Л. Резник, "Определение форм и частот собственных колебаний самолёта", *Труды ЦАГИ*, 1948.

[3] В. О. Комаров, та О. О. Расстригін, "Пристрій для визначення просторово-частотних характеристик коливань консольно закріплених елементів літальних апаратів при їхніх випробуваннях на утомлену міцність", *Пат. 127849, МПК (2018.01) B 64 C 3/00, G 01 M 7/00, G 01 B 11/26*, Серп. 27, 2018.

[4] В О. Комаров, А. І. Юзвенко, та Ю. О. Шпаківський, "Спосіб дослідження пружних властивостей консольно закріплених авіаційних конструкцій", *Пат. 62473, МПК 7 G 01 M 5/00*, Груд. 15, 2003.

[5] В. О. Комаров, В. А. Ткаченко, та В. І. Галушка, "Спосіб дослідження пружних властивостей тонкостінних консольно закріплених конструкцій літака", *Пат. 120388, МПК (2017) G 01 M 5/00*, Жовт. 25, 2017.

УДК 603.493

ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ З БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ, ЩО МАЮТЬ БОЙОВІ ПОШКОДЖЕННЯ КРИЛА, НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

Мітрахович М. М., Комаров В. О., Сащук С. І.
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Київ, Україна
E-mail: mmma777@gmail.com, vladimir@komarov.in.ua, svyatoslavsaschuk@ gmail.com

Основною проблемою сучасної військової авіаційної техніки Збройних Сил України є постійна загроза зниження рівня справності внаслідок недостатнього фінансування потреб на закупівлю запасних частин, паливно-мастильних і витратних матеріалів, відсутність авторського супроводу з боку конструкторських бюро розробників літальних апаратів (ЛА), недосконалості нормативно-правової бази щодо утримання озброєння та військової техніки, недосконаліть методів діагностики і контролю технічного стану.

В напряму забезпечення безпеки експлуатації авіаційного парку, особливо в умовах бойового застосування авіаційної техніки з бойовими пошкодженнями, важливим є методика оцінки впливу пошкоджень на частоту власних коливань конструкції ЛА, саме тому можливість оперативної діагностики технічного стану конструкції, що пошкоджені, встає на перший план. Вирішення зазначеного наукового завдання дозволить, з одного боку суттєво знизити ризики не використання можливостей ЛА, що пошкоджені, для виконання термінових бойових завдань, а з іншого боку – не допустити застосування ЛА, що є за межами безпечної експлуатації [1].

На всіх етапах експлуатації ЛА важко переоцінити роль теорії надійності, що забезпечує обґрунтоване прийняття рішень в процесі забезпечення і підвищення надійності ЛА. Основним завданням математичної теорії надійності є створення математичних моделей, що за можливістю більш точно відображають процеси функціонування досліджуваних реальних технічних систем. Під математичною моделлю будемо розуміти систему математичних рівнянь і логічних правил, користуючись якими можна отримати залежність обраного критерію надійності від усього різноманіття факторів, що впливають на надійність. Дослідження цих математичних моделей дозволяє зробити конкретні рекомендації щодо підвищення надійності літального апарату [2].

Таким чином, для розв'язання завдань оцінювання надійності й прогнозування працездатності об'єкта техніки, потрібно мати математичну модель, яку можна подати аналітичними виразами. Для отримання моделі потрібно провести випробування, обчислити статистичні оцінки та апроксимувати їх аналітичними функціями

Під час виконання розрахунків надійності зразків авіаційної техніки (АТ) працюють не з самим технічним виробом, наприклад, крилом літака, а з певним математичним об'єктом, що відображає найбільш істотні властивості реального виробу. Оскільки відмови техніки це випадкові події, що виникають унаслідок несприятливого розвитку випадкових явищ, математична модель надійності виробу має бути стохастичною, що відображає з достатньою точністю закономірності появи відмов у реальному виробі авіаційної техніки.

Природно, що та чи інша математична модель відображає ступінь пізнання технічної системи. Більш глибоке дослідження системи дозволяє будувати модель, яка більш відповідає реальній системі. Така модель виходить, як правило, більш складною. Але більш складна математична модель вимагає більш детальних вихідних даних, з одного боку, і більш тонких методів математичного дослідження – з іншого. Тому для більш точного вивчення досліджуваного об'єкта, виникає далеко не просте запитання про доцільність точності математичної моделі досліджуваної системи [3].

По-перше, розрахунки надійності функціонування таких складних технічних систем, який є ЛА в цілому і його складові елементи, наприклад, крило, приносять велику користь на різних етапах проектування ЛА, коли виникає питання про порівняння різних можливих варіантів і виборі

найкращого з них, а на більш пізніх етапах дозволяють перевірити правильність прийнятих рішень, знайти слабкі місця і виробити певні рекомендації щодо підвищення надійності.

По-друге, розрахункові методи (з проведення профілактичного обслуговування щодо організації контролю справності авіаційної техніки) можуть забезпечити найбільш оптимальний режим експлуатації АТ та бути незамінними, а часом і єдино можливими при необхідності діагностування технічного стану літальних апаратів.

Слід особливо підкреслити, що з ускладненням АТ використання математичних розрахункових методів буде більш ефективним на всіх етапах її експлуатації.

Система експлуатації авіаційної техніки за технічним станом обов'язковою умовою передбачає активне застосування засобів неруйнівного контролю для її діагностики. Тому з розвитком авіації суттєвих змін зазнали й методи і форми технічного обслуговування літальних апаратів (ЛА). У теперішній час технічне обслуговування бойових літаків розвивається в напрямах більш гнучких форм, щоб уникнути зайвих дорогих зупинок експлуатації техніки, особливо при веденні бойових дій, й гарантувати виявлення виниклих схованих дефектів, розвиток яких може привести до виходу ЛА з ладу. Можливість переходу до прогресивної системи обслуговування ЛА за технічним станом багато в чому визначається рівнем розвитку неруйнівних методів контролю [4].

Загальний ефект від використання неруйнівних методів контролю при технічному обслуговуванні авіаційної техніки (АТ) складається з переваг, отриманих в основному в результаті скорочення часу простою АТ при виконанні на ній регламентних робіт, пов'язаних із повною або частковим розбиранням через пошук дефектів і несправностей, і одержання більш об'єктивних відомостей про технічний стан конструкції.

Зазвичай профілактичний контроль пов'язаний з повним або частковим розбиранням АТ для доступу до систем і агрегатів, що цікавлять. Це суттєво підвищує вартість контролю, збільшує трудовитрати. Профілактичні контрольні операції на новій АТ призначаються, як правило, у великому об'ємі й більш частіше, ніж це дійсно необхідно, із залученням великого числа обслуговуючого персоналу. Забезпечення надійності таким шляхом стає усе більш затратним.

Ефективним засобом зниження вартості технічного обслуговування літаків можна вважати широке застосування для діагностики технічного стану ЛА методу контролю частот власних коливань (ЧВК) [5]. Метод контролю ЧВК повинен суттєво доповнити спектр методів, що широко застосовуються у цей час, такі як контроль за допомогою випромінювань, що проникають (рентгено й гаммаграфії), тому, що метод контролю ЧВК не вимагає узгодження з виконанням іншого виду регламентних робіт на літаку і може застосовуватися безпосередньо на аеродромі базування при веденні бойових дій.

Ключові слова: літальний апарат, надійність, неруйнівний контроль, діагностика, частота власних коливань, математична модель.

Література

[1] О. І. Щепотьєв, та В. В. Щепетов, *Надійність авіаційної техніки*. Київ, Україна: НАУ, 2009.

[2] А. Н. Сажин, "Методика и математические модели для обоснования требований к боевому самолёту с учётом обеспечения его живучести и повреждаемости при воздействии средств поражения", *Вестник Самарского университета. Аэрокосм. техн., технол. и машиностр*, т. 17, № 3, с. 116-126, 2018.

[3] В. Хейлен, С. Ламменс, и П. Сас, *Модальный анализ: теория и испытания*. Москва, Россия: ООО "Новатест", 2010.

[4] В. О. Комаров, "Методи прогнозування технічного стану бойових авіаційних комплексів", на *Всеукр. наук.-практ. конф. Проблеми бойового та логістичного забезпечення складових сектору безпеки і оборони України*, Харків, 2020, с. 107-108.

[5] В. О. Комаров, "Информационно-диагностическая система неразрушающего контроля для проверки технического состояния планера летательного апарата" на *X Междун. науч.-практ. конф. Dynamics of the development of world science*, Ванкувер, 2020, с. 511-517.

УДК 629.07.015

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ КОНТРОЛЯ ЧАСТОТИ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ І КОНТРОЛЮ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ПОКАЗНИКІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В УМОВАХ ОСОБЛИВОГО ПЕРІОДУ

Мітрахович М. М., Комаров В. О., Сащук С. І.
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Київ, Україна
E-mail: mmma777@gmail.com, vladimir@komarov.in.ua, svyatoslavsaschuk@ gmail.com

В умовах ведення бойових дій прийняття рішення на випуск у політ ушкодженого літака повинне здійснюватися в мінімальний термін і з мінімальними працевитратами на ремонт. Це означає, що для кожного ушкодженого літака необхідно визначити фактичний запас міцності (залишкову міцність) і на підставі отриманих результатів діагностичного контролю зробити висновок про можливість його подальшої експлуатації - можливості виконання бойових вильотів з обмеженнями по ТТХ. Визначивши методами неруйнівного контролю (МНК), а саме, методом контролю частоти власних коливань, фактичну міцність конструкції, можна призначити й комплекс необхідних операцій з відновлення її міцності. Визначення при цьому обсягу робіт з відновлення характеристик міцності конструкції на кожному конкретному літаку, дозволить перерозподілити особовий склад ремонтних підрозділів на більш трудомісткі ділянки робіт [1].

Загальний ефект від використання МНК при технічному обслуговуванні авіаційної техніки (АТ) складається з переваг, отриманих в основному в