

## ПОРІВНЯННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ МЕТОДІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ВІЯВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ У СИЛОВИХ ЕЛЕМЕНТАХ КОНСОЛЬНО ЗАКРІПЛЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПЛАНЕРА ЛІТАКА

*У статті розглядається економічний ефект від застосування методу контролю частоти власних коливань при технічному обслуговуванні авіаційної техніки та порівняння ефективності виявлення тріщин методами: рентгенографічним, візуальним і контролю частоти власних коливань.*

*Метод контролю ЧВК досить простий у експлуатації. Він відрізняється від інших МНК незначним терміном перевірки, великою точністю одержання результатів. Цей метод повинен суттєво доповнити спектр методів неруйнівного контролю, що широко застосовуються у цей час, таких як контроль за допомогою проникаючих випромінювань (рентгено й гаммаграфії). Метод контролю ЧВК, що пропонується, не вимагає узгодження з виконанням іншого виду регламентних робіт на літаку. Необхідно виконання лише деяких умов: об'єкт контролю не повинен бути підданим зовнішнім впливам (не допускається ходіння по об'єкту контролю, збільшення його маси сторонніми предметами). Таким чином метод контролю ЧВК, забезпечуючи отримання об'єктивної інформації про стан закритих обшивкою елементів конструкції, при значному виграші в часі, що витрачається на контроль, дає значний економічний ефект при його використанні.*

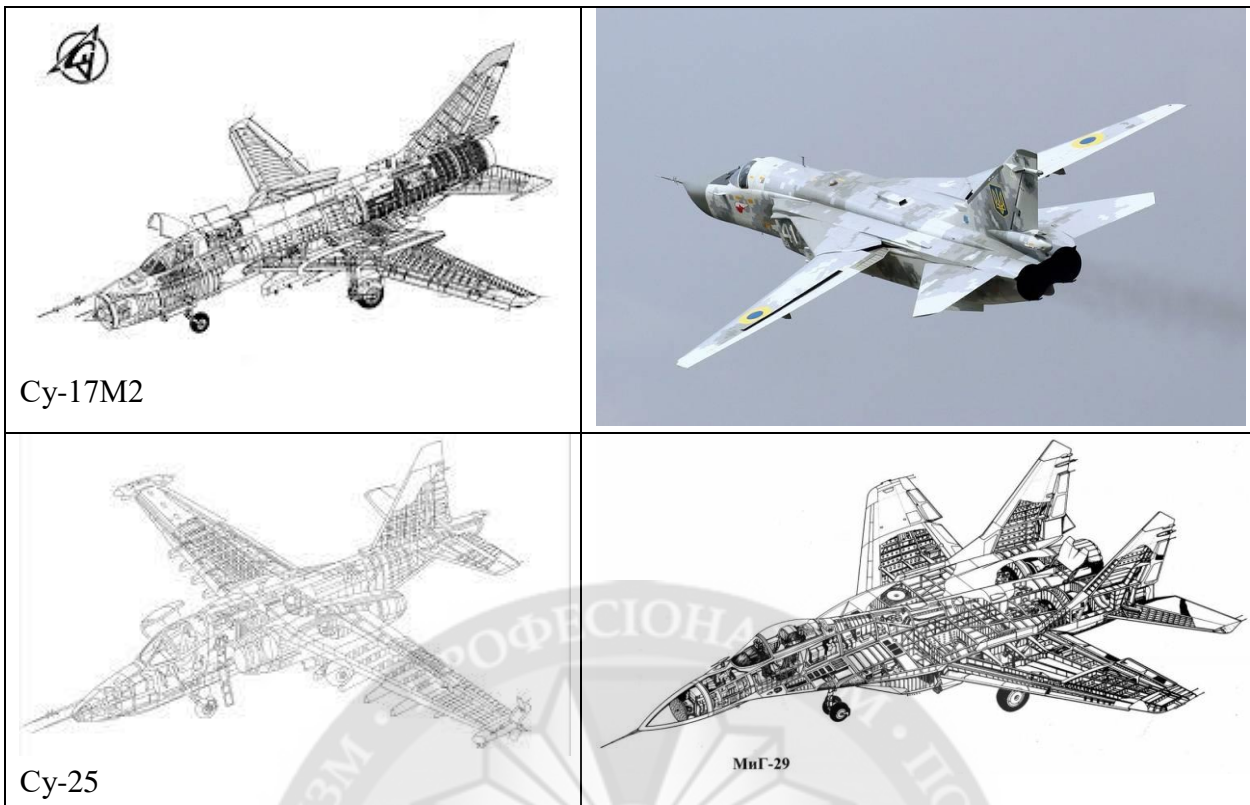
*Метод контролю ЧВК, забезпечуючи одержання об'єктивної інформації про стан закритих елементів конструкції, при значному виграші в часі, що витрачається на контроль, дає значний економічний ефект при використанні порівняно дешевої контрольно-записуючої та діагностичної апаратури. Правильна оцінка надійності і якості ЛА з урахуванням інформації, отриманої при діагностичному контролі, має велике значення як з точки зору економічної доцільності їх використання в подальшій експлуатації, так і, як наслідок, для забезпечення безпеки польотів.*

*Ключові слова: метод контролю, дефектоскопія, неруйнівний контроль, дефекти, частота власних коливань*

**Вступ.** З розвитком авіації та при переході системи експлуатації за технічним станом суттєвих змін зазнали й методи та форми технічного обслуговування літальних апаратів (ЛА). У теперішній час, технічне обслуговування літаків розвивається в напрямках більш гнучких форм, щоб уникнути зайвих дорогих зупинок експлуатації техніки й гарантувати виявлення виниклих схованих дефектів, розвиток яких може привести до виходу ЛА з ладу. Можливість переходу до прогресивної системи обслуговування за технічним станом багато в чому визначається рівнем розвитку неруйнівних методів контролю (НМК) [1].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Силова конструкція літаків типу Су-17, Су-24, Су-25, МіГ-29 та інших, що знаходяться на озброєнні Збройних Сил України, досить надійна навіть при наявності експлуатаційних та бойових уражень основних силових елементів планера літака.

Планер зазначених типів літаків є достатньо ремонтпридатним, тобто пристосованим до усунення наслідків щодо появи експлуатаційних чи бойових пошкоджень, що підтверджено досвідом виконання ремонту.



Su-17M2

Su-25

МиГ-29

Але ремонт після отримання бойових пошкоджень спрямований лише на відновлення пошкодженої ділянки і не враховує наявності втомленої пошкодженої елементів, яку накопичено за весь термін служби планера. Крім того, виконання ремонту бойового пошкодження конструктивного елементу не передбачає оцінку технічного стану сполучених силових елементів конструкції. Ці особливості на сучасному етапі експлуатації ЛА необхідно враховувати при ремонті експлуатаційних й бойових пошкоджень [2]. Тому для забезпечення умов безпечної експлуатації сигової конструкції з експлуатаційними й бойовими ураженнями необхідно здійснювати контроль їх технічного стану. В експлуатації авіаційної техніки використовуються різні системи контролю у залежності від прийнятих методів експлуатації - по ресурсу, за технічним станом і суміщений.

**Основна частина.** При експлуатації за встановленим ресурсом контроль конструкцій виконується після досягнення обмежень їх ресурсу, але разом з тим перевірки можуть проводитися вибірково там, де вони можливі та ефективні. Такі початкові інтервали контролю встановлюються виробником техніки.

При експлуатації за технічним станом плануються періодичні контрольно-перевірочні роботи, за результатами яких приймається рішення про подальшу експлуатацію. Інтервали контролю при цьому базуються на досвіді експлуатації і рекомендаціях виробників, а також на припустимості пошкоджень. Повністю перевести авіаційну техніку на експлуатацію за технічним станом не вдається (тільки від 60 до 75 % агрегатів і систем сучасної авіаційної техніки експлуатуються за станом), тому основним методом експлуатації є суміщений метод.

Перехід на експлуатацію по технічному стану і на суміщений метод експлуатації сприяє підвищенню рівня надійності техніки завдяки впровадженню найбільш ретельного контролю значно більшого числа деталей об'єкта в умовах експлуатації і ремонту. Більша увага при цьому повинна приділятися визначенню стану матеріалу деталей методами дефектоскопії.

Порядок проведення робіт по технічному обслуговуванню і контролю визначається типом техніки і може бути різним. Однак, в програмах технічного обслуговування різних об'єктів АТ здійснюються деякі загальні принципи використання засобів дефектоскопії

Так, часті перевірки передбачається виконувати візуально. Перевірки з більшою

періодичністю виконують з використанням інструментальних засобів контролю. Найбільш часто перевіряються високо навантажені і відповідальні деталі та вузли. При великому напруженні з появою втомних тріщин і корозії передбачається збільшення кількості деталей, що контролюють, ретельності і частоти перевірок засобами дефектоскопії, використання комплексного контролю.

Вибір методів контролю для кожної деталі здійснюється у два етапи. На першому етапі враховують вид і характер очікуваних дефектів, матеріал об'єкта контролю та інші фактори. На другому етапі по спеціальній програмі визначають найбільш ефективний метод. За результатами вибору методу неруйнівного контролю в деяких випадках необхідне доопрацювання конструкцій для забезпечення контролепридатності.

Надійність контролю залежить від застосовуваних методів і засобів контролю, чутливості засобів контролю, обумовлюється режимами контролю та характером впливу зовнішніх факторів. Чутливість основних методів неруйнівного контролю, що застосовуються для дефектації ЛА, до величини пошкодження, представлена в табл. 1.

Таблиця 1

Вимоги до граничної чутливості приладів (мм., мм<sup>2</sup>)

Метод контролю	За шириною	За глибиною	За протяжністю
магнітопорошковий	0,001-0,01	0,01-0,05	0,3
вихрестумовий	0,0005-0,001	0,15-0,2	0,6-,2,0
ультразвуковий	0,001-0,03	0,3	мін. площа 2
імпедансний	-	-	мін. площа 15
капілярний	0,001-0,03	0,01-0,1	0,1
оптичний	0,005-0,01	-	0,1
рентгенівський	0,1	1-2%	-

Загальний ефект від використання НМК 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 з повним або частковим розбиранням для пошуку 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, на предмет появи ушкоджень у силових елементах конструкції. 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 [3].

До експлуатаційних факторів, що впливають на надійність АТ, відносяться, в більшій мірі, методи контролю (діагностики) та профілактики, що застосовуються при її технічному обслуговуванні і ремонті, об'єктивність і своєчасність отримання інформації про стан АТ при її експлуатації та ремонті.

Однією з найважливіших умов підтримки АТ в справному стані в процесі експлуатації є забезпечення інформацією про кількісні та якісні характеристики стану, динаміці їх змін. Зазначені завдання інформаційного забезпечення та визначення характеристик станів вирішуються в експлуатації за допомогою технічної діагностики з використанням методів неруйнівного контролю, зазначених в таблиці 1.

Технічна діагностика конструктивних елементів планера ЛА, з використанням зазначених методів неруйнівного контролю, дозволяє виявляти дефекти до виникнення відмови і планувати профілактичні або ремонтні роботи. Технічна діагностика також дозволяє

встановити початок появи небезпечного дефекту або тріщини задовго до того, коли буде потрібно негайне зняття ЛА з експлуатації.

Методи діагностування, що зазначені в табл. 1, спираються на вирішення наступних завдань:

- за прийнятим від конструкції, яка діагностується, сигналу, визначити ступінь її справності - справна вона чи ні;
- шляхом вимірювання параметрів конструкції визначити величину параметрів стану не розбираючи конструкції (отримання поточної інформації про технічний стан конструкції в процесі її діагностування та контролю).

Всі методи неруйнівного контролю, що використовуються в процесі експлуатації АТ, переслідують рішення комплексної задачі, важливої для бойової частини - зменшити час контролю (діагностування) ЛА і знизити його собівартість шляхом застосування недорогого обладнання та мінімальної кількості обслуговуючого персоналу [4].

Ефективним засобом зниження вартості технічного обслуговування літаків можна вважати широке застосування в дефектоскопії методу контролю частот власних коливань (ЧВК), заснованого на контролі в процесі експлуатації ЛА зміни динамічних характеристик конструкції при появі тріщин або іншого типу пошкоджень силових елементів конструкції.

Застосований для частотних випробувань (для діагностики конструкції) метод контролю ЧВК, заснований на застосуванні фізичних коливань із власною частотою, що збуджуються або виникають в об'єкті контролю (крилі або інших консольно закріплених конструкціях планера ЛА), і класифікується за ДСТУ 23829-85 та ДСТУ 15467-79 і по керівному документу РД 25.002-80 як резонансний МНК. Резонансний МНК заснований на порушенні авторезонансних пружних коливань в об'єкті контролю або його частини й аналізі параметрів коливань динамічної системи. При застосуванні резонансного МНК реєструються такі параметри авторезонансних коливань, як частота власних (авторезонансних) коливань і амплітуда коливань.

Іспитове устаткування, яке застосовується при цьому методі, повинно забезпечувати:

- стабільність підтримки частоти власних коливань і задану точність випробувань;
- виключити вплив повторних експлуатаційних факторів, що знижують чутливість устаткування;
- можливість ручного й автоматичного керування процесом випробувань;
- можливість оперативного (негайного) одержання інформації під час проведення частотних випробувань;
- можливість багаторазового використання й повторення.

Суть вказаного методу полягає в тому, що поведінка конструкції при вільних коливаннях (з частотою власних коливань) характеризує її «динамічну індивідуальність», що полягає у властивому їй розподілі масових і жорсткісних характеристик. Втомні і інші пошкодження (включаючи бойові) знижують жорсткість динамічної системи.

Якщо відомо початкове значення частоти власних коливань для нової конструкції (завідомо неушкодженої конструкції або для конструкції, яка пройшла належний діагностичний контроль методами неруйнівного контролю), то, виявляючи зміну динамічних параметрів цієї конструкції в процесі експлуатації, можна завчасно виявити пошкодження в силовому наборі (закритому обшивкою) і вжити заходів до їх усунення.

Таким чином, завдання діагностування формулюється при цьому як зворотна пружна динамічна задача - ідентифікація масово-інерційних, частотних і дисипативних параметрів конструкції за відомими характеристиками коливального руху.

Чутливість методу контролю ЧВК до пошкоджень з конкретним місцем його розташування залежить від напруженого стану пошкодженого силового елемента. Пошкодження таких елементів продольного силового набору (зокрема, крила) як стрингери, обшивка, пояси лонжеронів значно зменшують лише вигинну жорсткість конструкції по осі Y, а поява пошкоджень в поясах бортових нервюр, поздовжніх тріщин в стінках лонжеронів і

в обшивці практично не призводить до зниження ЧВК вигинних тонів. У той же час зазначені ушкодження істотно знижують жорсткість конструкції на крутіння [5].

Отже, на реальних консольно закріплених конструкціях літака, таких як крило, стабілізатор і кіль, з метою отримання більш об'єктивної інформації для повного діагностичного аналізу, доцільно порушувати не тільки вигинні, але і крутильні форми коливаль [6-8].

Метод контролю ЧВК досить простий у експлуатації. Він відрізняється від інших МНК незначним терміном перевірки, великою точністю одержання результатів.

Так, застосування методу контролю ЧВК для літака дозволить збільшувати її ресурс із одночасним зниженням працевитрат, що було б неможливим при дорогому й частому контролі вузлів і елементів конструкції ЛА, пов'язаних з повним або частковим розбиранням літака [9].

Час перебування АТ у неробочому стані значно скорочується, що особливо важливо для об'єктів бойової авіаційної техніки.

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). Візуальний контроль із застосуванням радіографічних методів слід проводити при дотриманні необхідних застережень. Обслуговуючий персонал не повинен знаходитися близько літака, що контролюється, щоб виключити біологічний вплив на організм людини. Це призводить до збільшення загального часу простою літака. Метод контролю ЧВК, що пропонується, не вимагає узгодження з виконанням іншого виду регламентних робіт на літаку. Необхідно виконання лише деяких умов: об'єкт контролю не повинен бути підданим зовнішнім впливам (не допускається ходіння по об'єкту контролю, збільшення його маси сторонніми предметами).

У табл. 2 наведені порівняльні дані щодо працевитрат на контроль основних елементів ЛА двох типів при візуальному, рентгенівському й методі контролю ЧВК з метою виявлення тріщин.

Таблиця 2

Порівняльні дані щодо працевитрат на контроль основних елементів ЛА двох типів при візуальному, рентгенівському й методі контролю ЧВК

Об'єкт контролю	Трудовитрати, години, хвилини					
	Візуальний контроль		Рентгенографія		Метод контролю ЧВК	
	Перший ЛА	Другий ЛА	Перший ЛА	Другий ЛА	Перший ЛА	Другий ЛА
Стерно висоти	24	40	3 г.	5 г.10 хв.	20	20
Стерно повороту	25	32	1 г.	4 г. 45 хв.	30	35
Закрилки	24	40	2 г.	3 г.	20	20
Елерон	20	23	1 г.	3 г. 10 хв.	20	20
Крило	1 г.	1г.30хв	до 10 г.	До 10 г.	30	30

Апаратуру для контролю ЧВК можуть обслуговувати два-три фахівці, що мають середній рівень підготовки. Для двох інших, зазначених вище методів, необхідно мати висококваліфікований обслуговуючий персонал з великим досвідом експлуатації.

У табл. 3 показані порівняльні характеристики трудовитрат існуючих МНК і перспективного МНК (методу контролю ЧВК), заснованого на контролі динамічних властивостей конструкції.

Порівняльні характеристики трудовитрат існуючих МНК і перспективного МНК (методу контролю ЧВК)

Об'єкт контролю	Мета контролю	Трудовитрати, людино/год		
		Візуальний	Рентгенографія	Метод ЧВК
Стерно висоти	Стан обшивки і силового набору	80	14	2-3
Стерно повороту		15	4	2-3
Закрилки		75	15	до 2
Елерон		20	7	до 2
Крило	Наявність пошкоджень	90	12	до 2

З табл. 3 видно, що метод контролю ЧВК, забезпечуючи одержання об'єктивної інформації про стан закритих елементів конструкції, при значному вирашу в часі, що витрачається на контроль, дає значний економічний ефект при використанні порівняно дешевої контрольно-записуючої та діагностичної апаратури (зразок якої показано на рис. 1), де, відповідно, на лівій консолі крила літака показано схему закріплення обладнання 1 для збудження у комплексі вигинних і крутильних коливань по першому тону коливань, а на правій консолі – обладнання 2 для збудження у комплексі вигинних і крутильних коливань по другому та третьому тону коливань (обладнання конструктивно не відрізняється між собою).

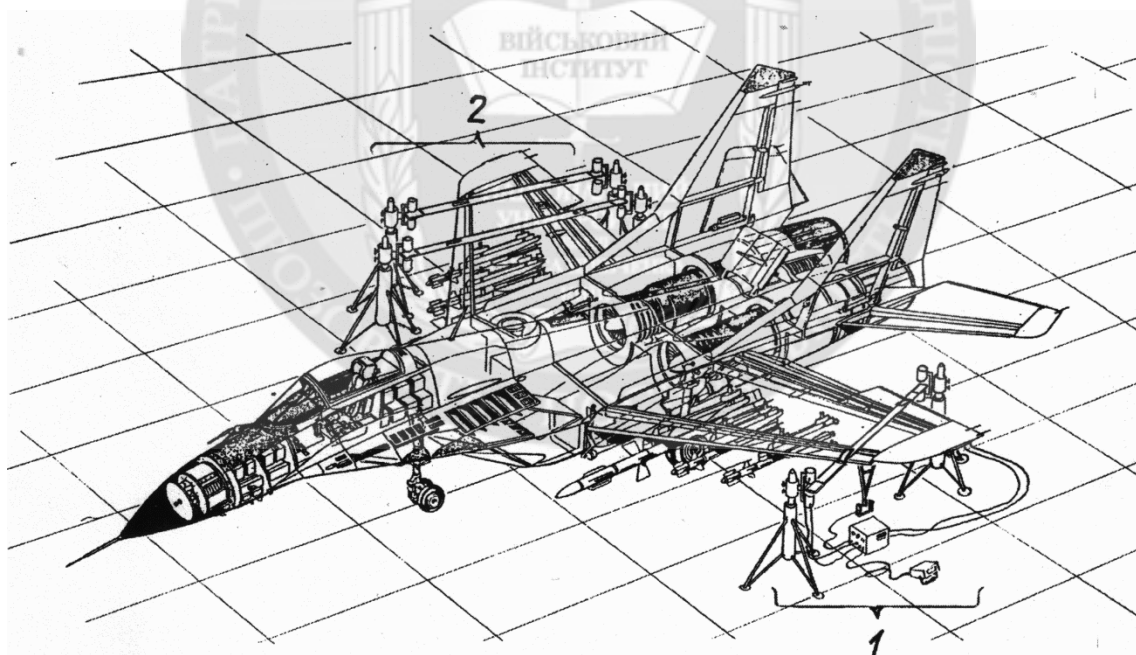


Рисунок 1 – Схема розміщення діагностичної апаратури на крилі літака

Загальна економія працезатрат при контролі методом ЧВК становить 90-95% працезатрат, при візуальному огляді й до 80%, при рентгеновському контролі. При цьому обладнання можуть обслуговувати 1-2 фахівця.

Метод контролю ЧВК досить простий в експлуатації. Він відрізняється від інших МНК незначним терміном проведення перевірки, великою точністю одержаних результатів [10].

Так, застосування відносно дешевого методу контролю ЧВК для системи технічного обслуговування літака дозволить збільшувати періоди до чергових перевірок літака з одночасним зниженням працевитрат, що було б неможливим при дорогому й частому контролі вузлів і елементів конструкції ЛА, пов'язаних з повним або частковим розбиранням літака.

Час перебування АТ у неробочому стані значно скорочується, що особливо важливо для об'єктів авіаційної техніки, насамперед, в період ведення інтенсивних бойових дій.

Правильна оцінка надійності і якості ЛА з урахуванням інформації, отриманої при діагностичному контролі, має велике значення як з точки зору економічної доцільності їх використання в подальшій експлуатації, так і, як наслідок, для забезпечення безпеки польотів. Важливе значення в цьому питанні набуває також можливість за фактичними характеристиками технічного стану конструкції встановити її ресурс (й залишкову міцність) [11].

До теперішнього часу ресурс конструкцій ЛА встановлювався, як правило, на підставі стендових і експлуатаційних іспитів. Однак експлуатаційні та стендові випробування не завжди дозволяють в повному обсязі виявити порушення працездатності конструкції і, тим самим, оцінити її ресурс, що, в основному, залежить від міцності, зносостійкості конструктивних елементів об'єкту контролю, досконалості технології ремонту [12,13].

Тому, для більш ефективного отримання діагностичної інформації, необхідно провести наукове обґрунтування робіт по збільшенню ресурсу АТ, періодичності її технічного обслуговування і визначення обсягу регламентних робіт відповідно до вимог льотної придатності. Все це надасть можливість розробити заходи щодо вдосконалення технічного обслуговування, методів діагностування (нових методів неруйнівного контролю), ремонту та льотної експлуатації.

**Висновки.** Метод контролю ЧВК повинен суттєво доповнити спектр методів неруйнівного контролю, що широко застосовуються у цей час, таких як контроль за допомогою проникаючих випромінювань (рентгено- й гаммаграфії). Візуальний контроль при застосуванні радіографічних методів слід проводити при дотриманні необхідних застережень. Обслуговуючий персонал не повинен знаходитися близько літака, що контролюється, щоб виключити біологічний вплив на організм людини. Це призводить до збільшення загального часу простою літака. Метод контролю ЧВК, що пропонується, не вимагає узгодження з виконанням іншого виду регламентних робіт на літаку. Необхідно виконання лише деяких умов: об'єкт контролю не повинен бути підданим зовнішнім впливам (не допускається ходіння по об'єкту контролю, збільшення його маси сторонніми предметами). Таким чином метод контролю ЧВК, забезпечуючи отримання об'єктивної інформації про стан закритих обшивкою елементів конструкції, при значному вигаши в часі, що витрачається на контроль, дає значний економічний ефект при його використанні. Загальна економія трудовитрат при діагностичному контролі крила літака (а також інших консольно закріплених конструкцій планера літального апарату - горизонтального оперення і кіля) методом ЧВК становить 2-3 чол/години трудовитрат, в той час, як на візуальний контроль піде до 80-90 чол/годин, а на контроль методом рентгенографії - 10-15 чол/годин (в залежності від об'єкта контролю і його розташування відносно поверхні землі).

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 23146-78 Система технического обслуживания и ремонта техники. Выбор и задание показателей ремонтпригодности. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 10 с.
2. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. – К.: Держстандарт України, 1995. – 123 с.
3. Арепьев А.Н., Громов М.С., Шапкин В.С. Вопросы эксплуатационной живучести авиаконструкций. – М.: Воздушный транспорт, 2002. – 424 с.
4. Пестов М.Д. Боевая эффективность и надежность летательных аппаратов: Методы расчетов: учебн. Пособие для лабораторных работ/ М.Д. Пестов. – М.: Изд-во МАИ, 2002. – 100 с. Библиогр.: с. 97. – 150 экз.

5. Комаров, В.О. Про використання методу контролю частоти власних коливань при виборі методу відновлення авіаційної техніки [Текст] / В. О. Комаров, О. О. Растрингін // Проблеми координації військово-технічної та оборонно промислової політики в Україні. Перспективи розвитку озброєння та військової техніки : тези доповідей на VII науково-практичній конференції / Міністерство оборони України. Міністерство освіти і науки України. Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України. – Київ, 2019. – С. 350-352.

6. Комаров, В.О. Використання форм власних коливань елементів конструкції літального апарату для діагностування їх залишкової міцності [Текст] / В. О. Комаров, ММ. Мітрахович, О.О. Расстригін. Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах : Збірник XIX науково-технічної конференції 5-6 вересня 2019 року / Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів, 2019. - С. 136-137.

7. Пат. 127849 Україна, МПК (2018.01) В 64 С 3/00, G 01 М 7/00, G 01 В 11/26. Пристрій для визначення просторово-частотних характеристик коливань консольно закріплених елементів літальних апаратів при їхніх випробуваннях на утомлену міцність [Текст] / Комаров В. О. ; заявники і патентовласники Комаров В. О., Расстригін О. О. – № у 2018 02126 ; заявл. 01.03.18 ; опубл. 27.08.18, Бюл. № 16. – 4 с. : іл.

8. Пат. 109226 Україна, МПК (2016) G 01 М 5/00, G 01 N 3/00. Спосіб визначення характеристик жорсткості крила літака неруйнівним методом в умовах експлуатації та ведення бойових дій [Текст] / Комаров В. О. ; заявники і патентовласники Комаров В. О., Ткаченко В. А., Галушка В. І. – № у 2016 02602 ; заявл. 16.03.16 ; опубл. 10.08.16, Бюл. № 15. – 6 с. : іл.

9. Комаров, В. О. Використання форм власних коливань елементів конструкції літального апарату для діагностування їх залишкової міцності [Текст] / В. О. Комаров, М. М. Мітрахович, О. О. Расстригін. Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах : Збірник XIX науково-технічної конференції 5-6 вересня 2019 року / Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів, 2019. - С. 136-137.

10. Комаров, В. О. Підвищення точності частотних випробувань авіаційних конструкцій [Текст] / В. О. Комаров, М. П. Яременко. Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах : Збірник XIX науково-технічної конференції 5-6 вересня 2019 року / Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів, 2019, - С. 137-138.

11. Когге Ю.К. Основы надежности авиационной техники: учебник для студ. авиацион. техникумов / Ю.К. Когге, Р.А. Майский. – М.: Машиностроение, 1993. – 176 с. – Библиогр.: с. 165. – 1900 экз. – ISBN 5-217-01363-X.

12. Ицкович А.А. Надежность летательных аппаратов и авиадвигателей: учеб. пособие для вузов / А. А. Ицкович; Моск. Ин-т инженеров гражд. Авиации. – М.: МНИИГА, 1990. – 104 с. – Библиогр.: с. 104. – 500 экз

13. Пампуха І.В., Нікіфоров М.М., Комаров В.О. Розробка методики визначення запасу міцності бойових літаків на основі аналізу динамічних характеристик з урахуванням експлуатаційних факторів. Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. К.: ВКНУ, 2020. № 67. С. 30-39.

#### REFERENCES:

1. GOST 23146-78 Systema tehnycheskogo obsluzhyvaniya y remonta tehnyky. Vybory y zadanye pokazatelej remontoprygodnosti. Obshhye trebovaniya. M.: Yzd-vo standartov, 1978. 10 p.

2. DSTU 3004-95. Nadijnist' tehnyky. Metody ocinky pokaznykiv nadijnosti za eksperymental'nyj danymy. K.: Derzhstandart Ukrai'ny, 1995. 123 p.

3. Arep'ev A.N., Gromov M.S. and Shapkin V.S. (2002). Voprosy jekspluatacionnoj zhivuchesti aviakonstrukcij. Moscow: Vozdushnyj transport, 424 p.

4. Pestov M.D. (2002). Boevaja jeffektivnost' i nadezhnost' letatel'nyh apparatov: Metody raschetov: uchebn. Posobie dlja laboratornyh rabot. Moscow: Izd-vo MAI, 100 p. ISBN 5-7035-1275-1.

5. Komarov, V.O. and Rastrygin O.O. (2019). Pro vykorystannja metodu kontrolju chastoty vlasnyh kolyvan' pry vybori metodu vidnovlennja aviacijnoi' tehnyky. Problemy koordynacii' vijs'kovo-tehnicnoi' ta obronno promyslovoi' polityky v Ukrai'ni. Perspektyvy rozvytku ozbrojennja ta vijs'kovo'i' tehnyky : tezy dopovidej na VII naukovo-praktychnij konferencii' / Ministerstvo obrony Ukrai'ny. Ministerstvo osvity i nauky Ukrai'ny. Central'nyj naukovo-doslidnyj instytut ozbrojennja ta vijs'kovo'i' tehnyky Zbrojnyh Syl Ukrai'ny. Kyi'v, pp. 350-352.



6. Komarov V.O., Mitrahovych M.M. and Rasstrygin O.O. Vykorystannja form vlasnyh kolyvan' elementiv konstrukcii' lital'nogo aparatu dlja diagnostuvannja i'h zalyshkovoï micnosti. Stvorennja ta modernizacija ozbrojennja i vijs'kovoï tehniky v suchasnyh umovah : Zbirnyk HIIH naukovo-tehnicnoi' konferencii' 5-6 veresnja 2019 roku. Derzhavnyj naukovo-doslidnyj instytut vyprobuvan' i sertyfikacii' ozbrojennja ta vijs'kovoï tehniky. Chernigiv, pp. 136-137.

7. Komarov V.O., Rasstrygin O.O. (2018). Prystrij dlja vyznachennja prostorovo-chastotnyh harakterystyk kolyvan' konsol'no zakriplenih elementiv lital'nyh aparativ pry i'hnih vyprobuvannjah na utomlenu micnist' Ukrainian patent, no. 127849.

8. Komarov V.O., Tkachenko V.A., Galushka V.I. (2016). Sposib vyznachennja harakterystyk zhorstkosti kryla litaka nerujnivnym metodom v umovah ekspluatacii' ta vedennja bojovyh dij. Ukrainian patent, no. 109226.

9. Komarov V.O., Mitrahovych M.M., and Rasstrygin O.O. (2019). Vykorystannja form vlasnyh kolyvan' elementiv konstrukcii' lital'nogo aparatu dlja diagnostuvannja i'h zalyshkovoï micnosti. Rasstrygin. Stvorennja ta modernizacija ozbrojennja i vijs'kovoï tehniky v suchasnyh umovah : Zbirnyk HIIH naukovo-tehnicnoi' konferencii' 5-6 veresnja 2019 roku. Derzhavnyj naukovo-doslidnyj instytut vyprobuvan' i sertyfikacii' ozbrojennja ta vijs'kovoï tehniky. Chernigiv, pp. 136-137.

10. Komarov V.O. and Jaremenko M.P. (2019). Pidvyshhennja tochnosti chastotnyh vyprobuvan' aviacijnyh konstrukcij. Stvorennja ta modernizacija ozbrojennja i vijs'kovoï tehniky v suchasnyh umovah : Zbirnyk HIIH naukovo-tehnicnoi' konferencii' 5-6 veresnja 2019 roku. Derzhavnyj naukovo-doslidnyj instytut vyprobuvan' i sertyfikacii' ozbrojennja ta vijs'kovoï tehniky. Chernigiv, pp. 137-138.

11. Kogge Ju.K. and Majskij R.A. (1993.) Osnovy nadezhnosti aviacionnoj tehniki: uchenik dlja stud. aviacion. Tehnikumov. Moscow: Mashinostroenie, 176 p., ISBN5-217-01363-H.

12. Ickovich A.A. (1990). Nadezhnost' letatel'nyh apparatov i aviadvigatelj: uceb. posobie dlja vuzov Mosk. In-t inzhenerov grazhd. Aviacii. Moscow: MNIIGA, 104 p.

13. Pampuha I.V., Nikiforov M.M., Komarov V.O. (2020) Rozrobka metodyky vyznachennja zapasu micnosti bojovyh litakiv na osnovi analizu dynamichnyh harakterystyk z urahuvannjam ekspluatacijnyh faktoriv. Zbirnyk naukovykh prac' Vijs'kovogo instytutu Kyi'vs'kogo nacional'nogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka. K.: VIKNU, no 67. Pp. 30-39.

Komarov V.O., Ph.D. Pampukha I.V.

**THE COMPARISON OF CAPABILITIES OF METHODS OF THE NON-DESTRUCTIVE CONTROL FOR THE EFFECTIVE IDENTIFICATION OF DAMAGES IN THE FORCE ELEMENTS OF THE CONSOLE FORTIFIED CONSTRUCTIONS OF THE AIR PLANE PLANNER**

*The article describes the economic effect of applying the method of frequency control of the natural oscillations whilst providing technical service to aviation hardware and the comparison of the effectiveness of identifying splits with the aid of the following methods: x-ray graphic, visual and the control of frequency of natural oscillations. The method of control of the frequency of natural oscillations is quite simple in terms of application. It differentiates from the other methods of scientific control due to an insignificant period of checking, and a high precision of the results achieved. This method is to significantly increase the spectrum of non-damage control that is widely applied nowadays, such as control with the aid of piercing radiation (x-ray and gammagraphy). The method of control of the frequency of natural oscillations, which is suggested doesn't require cohesion with the exercise of other types of technical activities on a plane. It is only considered necessary to fulfil a certain number of requirements: the object of control is not to be subjected to external influences (it is prohibited to step on the object of control, the increase of its mass by side objects). Thus, the method of control of the frequency of natural oscillations, assuring the reception of objective information about the state of the concealed elements of constructions, whilst spending less time on control provides a significant economic effect when used. The method of control of the frequencies of natural oscillations, whilst assuring the reception of objective information on the hidden and concealed elements of the construction when providing additional time which is spent on control, provides a significant economic effect when using the comparatively cheap control-fixating and other hardware for diagnosis.*

*The correct assessment of the sustainability and the quality of the flying device taken into account the information received in the course of diagnosis control has a significant meaning both in terms of economic effect of their implementation in the course of further exploitation, and as well as the assurance of security of flights.*

*Keywords: method of control, defectoscopy, non-damage control, frequency of natural oscillations.*