

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНОЇ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

У статті розглянуто систему відновлення пошкодженої авіаційної техніки, зокрема військовий ремонт.

Ключові слова: *авіаційна техніка, пошкодження, система ремонту, відновлення авіаційної техніки, військовий ремонт.*

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Сучасна авіація – один із важливих гарантів цілісності і незалежності держав. Нині на озброєнні авіаційних частин є авіаційна техніка, що має високі бойові властивості, які дозволяють їй мати значний вплив на хід бойових дій. Але для постійної її бойової готовності потрібне своєчасне технічне обслуговування та ремонт, а під час бойових дій оперативне відновлення пошкодженої авіаційної техніки.

Метою статті є розглянути наявну систему відновлення пошкодженої авіаційної техніки, її особливості. Визначити можливість оцінювання ефективності системи ремонту через коефіцієнти готовності K_G і технічного використання $K_{ТВ}$ авіаційної техніки.

Виклад основного матеріалу. Загальні принципи організації ремонту.

Відновлення авіаційної техніки – це подія, яка полягає в тому, що після несправності техніка знову відновлює здатність виконувати потрібну функцію, тобто стає справною.

Комплекс операцій для відновлення справного чи працездатного стану об'єкта та відновлення ресурсів об'єктів чи їх складових частин називається – *ремонт*. Ремонт є одним з найбільш ефективних способів відновлення працездатності, ресурсу і підтримки рівня справності авіаційної техніки.

Ремонт авіаційної техніки може бути плановим і неплановим.

Плановий ремонт авіаційної техніки – ремонт, проведення якого визначається нормативною документацією.

Неплановий ремонт авіаційної техніки – ремонт, що здійснюється без попереднього призначення.

Ремонт може бути регламентованим або ремонтом за технічним станом.

Регламентований ремонт авіаційної техніки – плановий ремонт, що здійснюється з періодичністю та в обсязі, які встановлені в експлуатаційній документації незалежно від технічного стану авіаційної техніки у момент початку ремонту.

Ремонт за технічним станом авіаційної техніки – ремонт, під час якого контроль технічного стану виконується періодично та в обсязі, який встановлений в нормативній документації, чи при наявності несправної авіаційної техніки, а обсяг і момент початку ремонту визначаються станом авіаційної техніки.

Під терміном “пошкожене ПС” розуміють ПС, до несправного стану якого призвела подія, пов'язана з відмовою та (чи) пошкодженням планера ПС, компонентів та обладнання, що пов'язані з неправильними (помилковими) діями, порушеннями й упущеннями персоналу, а також з дією експлуатаційних чинників та (чи) АЗУ (зброї) супротивника (чинників, супроводжуючих фактори ураження).

Попередня оцінка технічного стану пошкодженого ПС проводиться персоналом авіаційних частин на підставі наказу керівника СДА зі складанням відомості дефектації.

Під час попередньої оцінки технічного стану пошкодженого ПС визначаються орієнтовні трудовитрати на ремонт і визначається вид необхідного ремонту.

Завершальний етап оцінки технічного стану (дефектація) із застосуванням інструментальних методів контролю здійснюється авіаційною частиною та (чи) підприємством промисловості.

Під час прийняття рішення про відновлення ПС заступник командира авіаційної частини з ІАС, урахувавши технічний стан пошкодженого ПС, аналіз необхідних і наявних сил та засобів, організовує його ремонт. При цьому на підставі відомості дефектації складається план відновлення (військового ремонту) пошкодженого ПС. Відновлення (військового ремонту) пошкодженого ПС здійснюється визначеною робочою групою ІТС відповідно до плану відновлення (військового ремонту) за технологічними картками.

Системи ремонту бойової авіаційної техніки

Системи ремонту авіаційної техніки – це сукупність виробів авіаційної техніки, положень і норм, визначених документацією на проведення різних видів ремонту, засобів ремонту і виконавців, необхідних для підтримки і відновлення її справності, працездатності і ресурсу.

Системи ремонту звичайно відносяться до об'єкта авіаційної техніки у цілому. Ремонт же складових частин авіаційної техніки: деталей, складальних одиниць у більшості випадків здійснюється за технічним станом.

На ефективність функціонування системи ремонту впливає:

технологічний стан авіаційної техніки, її ремонтпридатність, рівень безвідмовності, довговічності і збереженості;

технологічний рівень оснащення ремонтних робіт відповідно до місця та умов їхнього виконання;

кваліфікація фахівців-ремонтників;

установлена система забезпечення засобами ремонту, запчастинами і видатковими матеріалами;

зв'язок із заводами промисловості і науково-дослідним установами.

Система ремонту авіаційної техніки даного типу повинна вибиратися на основі результатів оцінки військово-економічної ефективності ще на стадії проектування і завершитися остаточно на стадії виробництва з урахуванням функціонування системи ремонту в мирний і воєнний час.

Установлена система ремонту повинна забезпечувати більші значення коефіцієнтів готовності K_r і технічного використання $K_{ТВ}$ авіаційної техніки при мінімальних витратах на ремонт. Тому ці коефіцієнти можуть бути прийняті за показники ефективності ремонту і системи відновлення в цілому.

Система управління ремонтом авіаційної техніки повинна будуватися на останніх досягненнях в галузі інформаційних технологій, систем підтримки прийняття рішень і бути інтегрованою в загальну систему управління відновленням техніки й озброєння.

Фактори, що впливають на організацію й ефективність ремонту приведені на рис. 1.

Загальні відомості про ремонтпридатність

Ремонтпридатність – це одна з властивостей надійності об'єкта, що полягає в пристосуванні його до попередження і виявлення причин виникнення відмов, ушкоджень підтримці і відновленню працездатного стану шляхом проведення технічної експлуатації і ремонту.

Поняття “ремонтпридатність” відноситься до теорії надійності і тісно зв'язано з властивістю “безвідмовність”.

Безвідмовність характеризується закономірностями виникнення відмов, а ремонтпридатність – закономірностями їх усунення. При цьому повинні виконуватися вимоги: чим менш надійний, менш довговічний об'єкт – тим вище повинна бути його ремонтпридатність.

Таким чином, ремонтпридатність авіаційної техніки, є одним з найважливіших показників її бойової ефективності, а також якості розробки і виробництва, що

виявляється при експлуатації і ремонті, як з відмовами та несправностями природного зношування, так і з бойовими й експлуатаційними ушкодженнями.



Рис. 1. – Фактори, що впливають на організацію й ефективність ремонту

На ремонтпридатність авіаційної техніки, терміни і якість виконання ремонту впливають такі властивості, що характеризують ступінь її конструктивної досконалості:

відновлення всіх експлуатаційних властивостей і ресурсу, пристосованість до індивідуального методу ремонту;

можливість незалежного виконання операцій технічної експлуатації і ремонту за рахунок застосування уніфікованих блочно-агрегатних систем і особливо швидкоз'ємних модульних конструкцій;

наступність основних конструктивних рішень і технологічних процесів технічної експлуатації і ремонту;

кратність термінів технічної експлуатації складових частин і планових ремонтів;

мінімальні потрібні кваліфікації виконавців, кількість спеціального інструменту, матеріалів, запчастин, обладнання і приладів при виконанні всіх робіт технічної експлуатації і ремонту, особливо у військових умовах.

Кількісні показники ремонтпридатності

Кількісні показники ремонтпридатності умовно можна об'єднати в 3 групи (рис. 2): показники надійності, показники експлуатаційно-ремонтної технологічності та додаткові показники.

Надійність у широкому значенні складається із сполучення властивостей: безвідмовності, ремонтпридатності, зберігання та довговічності.

До показників надійності ремонтпридатності відносяться:

імовірність відновлення $P_B(t)$;

інтенсивність відновлення $M(t)$;

середній час відновлення T_B .

Крім того, ремонтпридатність входить до комплексних показників надійності:

коефіцієнт готовності K_g ;

коефіцієнт оперативної готовності $K_{ог}$;

коефіцієнт технічного використання $K_{тв}$.

При імовірнісному визначенні ремонтпридатності звертаються до функцій розподілу часу виконання робіт з контролю та підтримання працездатного стану об'єктів АТ, а також до функції розподілу $F_\eta(t)$ випадкового часу відновлення працездатності при відмовах, експлуатаційних і бойових пошкодженнях.

Імовірність відновлення $P_B(t)$ – імовірність того, що випадковий час відновлення η буде меншим за заданий t

$$P_B(t) = P(\eta < t) = F_\eta(t), \tag{1}$$

Імовірність відновлення $P_B(t)$ в заданий час t_3 ремонту відповідного виду має вигляд

$$P_B(t) = \int_0^{t_3} f_B(t) dt, \tag{2}$$

де $f_B(t)$ – густина розподілу часу відновлення.

Статистична формула

$$\hat{P}_B(T) = \frac{N_B(t)}{N_B}, \tag{3}$$

де N_B – кількість об'єктів, які підлягають відновленню.



Рис. 2. Кількісні показники ремонтпридатності

Інтенсивність відновлення $\mu(t)$ – умовна густина імовірності відновлення об’єкту в момент t , якщо до цього моменту його не було відновлено:

$$\mu(t) = \frac{f_{\eta}(t)}{1 - F_{\eta}(t)}, \quad (4)$$

$$\hat{\mu}(t) = \frac{\Delta n_B(\Delta t)}{N_t(t) \cdot \Delta t}, \quad (5)$$

де N_t – кількість невідновлених об’єктів до часу Δt ; $\Delta n_B(\Delta t)$ – число об’єктів, відновлених за час Δt .

Іноколи зрозуміліше звертатись до середньої інтенсивності відновлення, яку можна визначити з виразу

$$\mu_c = \frac{1}{T} \int_0^T \mu(t) dt. \quad (6)$$

Середній час відновлення T_B

$$T_B = \frac{1}{\mu_c}. \quad (7)$$

Коефіцієнт готовності (K_G) згідно з ДСТУ визначається як імовірність того, що об'єкт буде в працездатному стані у довільний момент часу, окрім періодів які плануються, протягом яких застосування об'єкту за призначенням не передбачається:

$$K_G = \frac{T_H}{T_H + T_B}, \quad (8)$$

де T_H, T_B – відповідно математичні очікування наробітку на відмову (несправність) та середньому часу відновлення.

Разом з коефіцієнтом готовності часто застосовують коефіцієнт технічного використання $K_{ТВ}$

$$K_{ТВ} = \frac{T_H}{T_H + T_B + T_0}, \quad (9)$$

де T_0 – математичне очікування часу технічного обслуговування об'єкту, який припадає на середній наробіток на відмову.

Економічні показники характеризують технічна досконалість і якість виробів. До показників відносяться: тривалість t , трудомісткість і вартість B , технічне обслуговування планових (непланових) ремонтів (поточних, середніх чи капітальних) за визначені періоди експлуатації чи наробітку.

Розглянемо показники пристосованості до технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) на прикладі значень оперативної тривалості ($t_{\text{опер}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{доп}}$). Для оперативної трудомісткості й оперативної вартості вираження відповідних показників будуть аналогічними.

Середня оперативна тривалість технічного обслуговування планового чи (непланового) ремонту даного виду – математичне очікування оперативної тривалості відповідного технічного обслуговування і ремонту за визначений період експлуатації чи наробітку.

Наприклад, середня оперативна тривалість планового ремонту даного виду за заданий наробіток буде дорівнює:

$$t_P^{(П)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{P_i}^{(П)}, \quad (10)$$

де $t_{P_i}^{(П)}$ – оперативна тривалість i -го планового (П) ремонту даного виду в годинах;

n – кількість планових ремонтів даного виду на заданий наробіток.

Гамма-відсоткова оперативна тривалість технічного обслуговування планового чи (непланового) ремонту даного виду – оперативна тривалість відповідного технічного обслуговування і ремонту, що не перевищує задану з імовірністю γ , вираженої у відсотках.

За гамма-відсоткове значення оперативної тривалості приймається те її випадкове значення (при розташуванні її випадкових значень у ряд у порядок зростання), порядковий номер j якого задовольняє умові

$$\frac{j}{m} \cdot 100 \leq \gamma, \quad (11)$$

де j – порядковий номер випадкової величини оперативної тривалості відповідного ТО і Р;
 m – кількість усіх випадкових значень у ряді; γ – значення заданої імовірності у відсотках.

Вплив ремонтпридатності на вибір методів ремонту

При ремонті авіаційної техніки застосовуються знеособлений, агрегатний, не знеособлений, або індивідуальний, і комбінований чи змішаний, методи ремонту, що відрізняються сукупністю технологічних і організаційних правил виконання ремонтних операцій.

Знеособлений метод ремонту не передбачає збереженість відновлених складових частин до визначеного екземпляра авіаційної техніки, хоча такий метод ремонту може застосовуватися на місці її базування, Застосування знеособленого методу ремонту можливо тільки при високій взаємозамінності складових частин.

Агрегатний (агрегатно-вузловий) метод ремонту полягає в заміні складових частин виробу (вузлів, агрегатів, блоків, деталей), що мають несправності, на нові чи з обмінного фонду, заздалегідь відремонтовані, як правило, в авіаремонтних підприємствах чи у військових авіаремонтних органах. Агрегатний метод ремонту в зв'язку з цим є знеособленим методом ремонту.

Для забезпечення агрегатного методу ремонту повинно бути створено у межах з'єднання обмінний фонд складових частин, обсяг і номенклатура яких залежать від виду техніки, її надійності, умов експлуатації, напруженості бойової підготовки чи бойових дій і ряду інших факторів.

Не знеособлений чи індивідуальний, метод ремонту, при якому зберігається приналежність відновлюваних складових частин до конкретного виробу, здійснюється з застосуванням різних технологічних процесів – пайки, зварювання, склеювання, клежки, відновлення захисних покриттів і т.і. без їхнього демонтажу.

На застосування не знеособленого методу ремонту впливають наявність відповідних контрольно-ремонтних засобів, що дозволяють проводити всі необхідні операції щодо відновлення конкретної ушкодженої складової частини, а також вміння інженерно-технічного складу частин військовому ремонту ушкодженої авіаційної техніки.

Особливий вплив на вибір того чи іншого методу ремонту, крім розглянутих вище факторів, робить рівень ремонтпридатності авіаційної техніки, зокрема такі показники, як легкоз'ємність, доступність, контролепридатність, взаємозамінність, відновлюваність, ступінь технологічного розчленування виробу, пристосованість до регульовально-доводочних операцій.

Очевидно, що незнімні складові частини виробу, а також частини з низьким показником легкоз'ємності будуть ремонтуватися індивідуальним методом, у той час як легко знімні складові частини, але з низькими показниками відновлюваності і при високій пристосованості до регульовально-доводочних робіт доцільніше замінити, тобто застосувати агрегатний метод ремонту.

У практиці літакобудування до дійсного часу намітилася стійка тенденція зниження одного з головних показників якості й експлуатаційної досконалості авіаційної техніки – трудомісткості технічного обслуговування і ремонту на годину нальоту. Таке положення стає можливим завдяки розвитку наукових основ і методів оцінки і забезпечення ремонтпридатності, у тому числі експлуатаційної і ремонтної технологічності авіаційної техніки.

Досвід експлуатації і ремонту авіаційної техніки показує необхідність знання фахівцем з ІАЗ ПС основ ремонтпридатності, у тому числі стандартизації й уніфікації, їхнього впливу на терміни, трудомісткість і вартість розробки, виробництва, експлуатації і ремонту, уміння аналізувати й оцінювати експлуатовану авіаційну техніку, що ремонтується з урахуванням усіх показників ремонтпридатності з метою видачі конкретних пропозицій для промисловості щодо її поліпшення.

Висновки. Отже, слід зазначити, що ефективно та оперативне відновлення та введення до строю пошкодженої авіаційної техніки здійснюється завдяки військовому ремонту, особливо під час бойових дій. Ефективність системи ремонту може оцінюватись коефіцієнтами готовності K_G і технічного використання $K_{ТВ}$ авіаційної техніки. Сучасна ситуація повинна спонукати інженерно-технічний склад, якій задіяний у процесі відновлення, до їх підвищення означених коефіцієнтів при мінімізації витрат на ремонт. Для якісного виконання військового ремонту повинен бути підготовлений інженерно-технічний склад та бути сформовані оптимальні запаси двигунів, агрегатів, запасних частин за типами літальних апаратів. А взагалі сама система управління відновленням (ремонт) авіаційної техніки повинна будуватися на останніх досягненнях в галузі інформаційних технологій, систем підтримки прийняття рішень і бути інтегрованою в загальну систему управління відновленням техніки й озброєння.

Це дозволить також вибирати найбільш оптимальні стратегії і методи експлуатації і ремонту з урахуванням усіх властивостей авіаційної техніки, впроваджувати ефективні для конкретної техніки засоби експлуатаційного контролю і ремонту, активно проводити навчання інженерно-технічного складу прогресивним методам ремонту.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. – Київ: Держстандарт України, 1994.
2. ДСТУ В-П 15.004:2019 Система розроблення і поставлення на виробництво озброєння та військової техніки. Стадії життєвого циклу озброєння та військової техніки.
3. ВСТ 01.204.005-2018 (01) Інженерно-авіаційне забезпечення. Аналіз надійності військової авіаційної техніки. Терміни та визначення.
4. ВСТ 01.204.001-2019 (02) Інженерно-авіаційне забезпечення. Порядок переведення військової авіаційної техніки на експлуатацію за технічним станом. Терміни та визначення.
5. ВСТ 01.204.002-2015 (01) Інженерно-авіаційне забезпечення. Порядок переведення військової авіаційної техніки на експлуатацію за технічним станом. Основні положення.
6. Організація експлуатації військової авіаційної техніки: підруч. / В.І. Соловійов, І.П. Коровін, С.М. Коровін та ін. за ред. В.І. Соловійова // – К.: НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2016. – 195 с.
7. Основи організації експлуатації і ремонту озброєння та військової техніки: навчальний посібник. Загальна ред. О.Й. Мацько – К. НУОУ, 2018. – 400 с.
8. Наказ Міністра оборони України від 05.07.2016 № 343 “Про затвердження Правил інженерно-авіаційного забезпечення державної авіації України”.