

### **8.1. Значення експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання**

З розвитком авіаційного транспорту збільшується актуальність проблеми підвищення надійності й ефективності використання повітряних суден, їх бортових систем обладнання. Важливою проблемою є також скорочення витрат часу, праці та засобів на проведення технічного обслуговування і ремонту авіаційної техніки.

Успішне вирішення цих проблем багато в чому залежить від експлуатаційної технологічності, яка являє собою сукупність властивостей повітряного судна, які визначають його пристосованість до виконання усіх видів робіт з експлуатації, технічного обслуговування та ремонту з використанням найбільш економічних технологічних процесів.

Це, насамперед, пристосованість конструкції як до виконання окремих операцій технічного обслуговування і ремонту, так і до таких прогресивних стратегій технічного обслуговування і ремонту, як стратегія за станом з контролем параметрів надійності.

Питання відповідності конструкції повітряного судна вимогам технічного обслуговування і ремонту заслуговують особливої уваги конструкторів, оскільки витрати на ці роботи складають до 25 відсотків від загальної вартості експлуатації повітряних суден. За весь же термін служби повітряного судна з газотурбінними двигунами (ГТД) витрати на його технічне обслуговування і ремонт перевищують початкову вартість у 5-6 разів [15].

Експлуатаційній технологічності присвятили свої праці такі відомі вчені і спеціалісти: М.М. Смирнов, І.К. Мулкіджанов, В.Г. Воробйов, О.І. Пугачов, В.П. Григор'єв, Є.П. Щекунов.

З ускладненням конструкції і обладнання повітряних суден зростають вимоги до експлуатаційної технологічності, що, в свою чергу, зумовлює значне збільшення трудомісткості всіх видів і форм технічного обслуговування, а значить збільшує час обслуговування і, таким чином, зменшує час, протягом якого повітряне судно знаходиться в справному стані, внаслідок чого знижується ефективність використання авіаційної техніки.

Разом з тим, забезпечення високого рівня експлуатаційної технологічності авіаційної техніки часто досягається за рахунок ускладнення її конструкції: заміна нерознімних з'єднань рознімними, заміна однієї деталі збірною конструкцією для виділення більш зношувальних елементів в окремі легкознімні деталі, використання великої кількості експлуатаційних люків для доступу до вузлів і агрегатів тощо. Вбудований контроль технічного стану обладнання, автоматизація процесу пошуку несправностей і відмов, забезпечення доступності, легкознімності і взаємозамінюваності агрегатів і вузлів, звичайно, ускладнюють конструкцію повітряного судна, приводять до збільшення його маси, габаритів, вартості і навіть деякого погіршення параметрів безвідмовності окремих агрегатів і систем.

Повітряні судна, як і їх бортове авіаційне обладнання, відносять до класу так званих відновлювальних машин. Тому вже на етапі проектування розробляються питання підтримки необхідного рівня надійності і забезпечення працездатного стану під час їх експлуатації.

Це досягається за рахунок проведення комплексу заходів з технічного обслуговування й ремонту, спрямованих на попередження відмов технічних виробів і продовження терміну їх служби. А це значить, що експлуатаційна технологічність не є тільки внутрішньою властивістю конструкції повітряного судна: різні системи технічного обслуговування і ре-

монту можуть характеризуватися різним рівнем експлуатаційної технологічності.

Отже, при визначенні обсягу вимог і рівня показників експлуатаційної технологічності потрібно враховувати призначення й особливості експлуатації даного типу повітряного судна, характеристики його надійності та систему технічного обслуговування і ремонту, яка застосовується.

Значення експлуатаційної технологічності в забезпеченні ефективності використання авіаційної техніки покажемо на прикладі коефіцієнта готовності до польоту. Цей коефіцієнт може бути визначений за результатами систематичної реєстрації кількості готових до виконання польотного завдання парку повітряних суден протягом достатньо тривалого проміжку часу експлуатації за такою формулою [1]:

$$k_z = \frac{\sum_{i=1}^t n_{zom} t_i}{N_o t},$$

де  $n_{zom}$  – кількість готових до польоту повітряних суден, а також суден, які знаходяться в польоті, за  $i$ -й інтервал часу;

$t_i$  – величина  $i$ -го інтервалу часу (годин, днів);

$N_o$  – облікова кількість повітряних суден даного типу за період часу  $t$ ;

$t$  – період часу, за який визначається коефіцієнт готовності  $k_z$  (місяць, квартал, рік).

Для усталеного режиму експлуатації цей показник можна записати таким чином:

$$k_z = t'_z = 1 - t'_{обс},$$

де  $t'_z$  – відносний час перебування повітряних суден у стані готовності до польоту і в польоті;

$t'_{обс}$  – відносний час перебування повітряного судна на технічному обслуговуванні і ремонті.

В свою чергу,  $t'_{обс}$  можна записати, як

$$t'_{обс} = t'_{nn} + t'_n,$$

Примечание [B1]:

де  $t'_{пл}$  – відносний час планового технічного обслуговування і ремонту;

$t'_н$  – відносний час усунення несправностей і відмов, доробок за бюлетенями промисловості, а також проведення цільових оглядів.

Таким чином, низький рівень експлуатаційної технологічності повітряного судна призводить до збільшення значення  $t'_{обс}$ , а отже, і до зниження ефективності його використання. Це свідчить про те, що експлуатаційна технологічність є надзвичайно важливою властивістю повітряного судна.

## **8.2. Фактори, які впливають на експлуатаційну технологічність**

Стосовно окремих агрегатів, вузлів чи блоків авіаційного обладнання експлуатаційну технологічність можна визначити як пристосованість їх до проведення:

- контролю, заміни або відновлення працездатного стану безпосередньо на повітряному судні;
- перевірки на відповідність нормам технічних параметрів в лабораторних умовах;
- ремонту й заміни демонтованих з повітряного судна окремих елементів на землі.

Експлуатаційна технологічність не є постійною, вона залежить від низки факторів, які необхідно враховувати як при створенні, так і під час експлуатації авіаційної техніки.

На експлуатаційну технологічність впливають дві взаємопов'язані групи факторів: конструктивно-виробничі і експлуатаційні.

До першої групи факторів відносять: доступність, контролепридатність, легкоснімність, взаємозамінюваність, спадкоємність засобів наземного обслуговування і контрольно-перевірочної апаратури; уніфікацію систем, вузлів та агрегатів авіаційного обладнання, а також кріпильних деталей.

Групу експлуатаційних факторів становлять: форми організації виконання технічного обслуговування і ремонту, встановлені ресурси і терміни служби авіаційної техніки, кваліфікація і спеціалізація авіаційного персоналу, стан виробничо-технічної бази підприємства з технічного обслуговування та ремонту, стан зворотньо-обмінного фонду, якість системи забезпечення запасними частинами і витратними матеріалами, повнота і якість експлуатаційно-ремонтної документації.

Пристаєваність конструкції до виконання процесів технічного обслуговування і ремонту закладається й забезпечується на етапах проектування та виробництва авіаційної техніки, на яких повинні враховуватися умови експлуатації.

Розподілення часу поточного ремонту авіаційного обладнання в залежності від конструктивно-виробничих факторів показано на рис. 8.1.

Визначення несправної системи (25%)	Визначення дефектної деталі (62%)	Усунення несправності (13%)	
		Заміна елемента (5%)	Настройка, регулювання параметрів (8%)
1			
2			
3			
4			
5			

Рис. 8.1. Залежність розподілення часу поточного ремонту авіаційного обладнання від конструктивно-виробничих факторів: 1 – доступність; 2 – легкознімність; 3 – контролепридатність; 4 – взаємозамінюваність; 5 – спадкоємність контрольно-перевірочної апаратури

Розглянемо детальніше деякі з конструктивно-виробничих факторів.

*Доступність до об'єкта технічного обслуговування і ремонту є важливим фактором скорочення часу й трудових витрат як при планових попереджувально-профілактичних заходах, так і при проведенні додаткових робіт, пов'язаних із знаходженням і усуненням несправностей та відмов, які виявлялись як в процесі польоту, так і під час технічного обслуговування авіаційного обладнання.*

Вирішення питання про доступність до об'єкта авіаційної техніки завжди пов'язане з забезпеченням зручності роботи авіаційного персоналу під час виконання основних операцій технічного обслуговування і ремонту з мінімальним обсягом додаткових робіт. Робоче місце, яке добре пристосоване до людини і її трудової діяльності, правильно й доцільно організоване щодо простору, форми й розміру, забезпечує їй зручне положення при роботі і високу продуктивність праці при найменшому фізичному і психологічному навантаженні. Так, неправильне положення тіла під час виконання операцій технічного обслуговування і ремонту впливає на діяльність організму, викликає фізичну втому, спричиняє деформацію окремих частин тіла і знижує продуктивність праці.

Доступність до об'єкту технічного обслуговування і ремонту значною мірою залежить від того, в якій зоні робочого місця він знаходиться [20].

Розрізняють такі види простору (зон) робочого місця (рис. 8.2):

– досяжна зона, тобто та частина простору, яка обмежена крайніми точками витягнутих верхніх і нижніх кінцівок при незмінному положенні тіла (іноді – при нахилах тулуба в різні боки). Розміри цього простору залежать від пропорцій тіла і величини зусиль при досягненні крайньої точки простору;

– функціональна зона, яка є частиною досяжної зони, і в якій кінцівки можуть виконувати фізіологічно природні робочі рухи у стійкій робочій позі;

– оптимальна зона, якою вважають частину функціональної зони, в якій кінцівки здатні тривалий час здійснювати природні робочі рухи з оптимальною ефективністю, тобто з найбільшими точністю, швидкістю, зусиллям, безпекою і з найменшим напруженням чи втомою.

Рис. 8.2. Зони досяжності рук оператора при роботі в горизонтальній (а) і вертикальній (б) площинах: 1 – оптимальна зона; 2 – функціональна зона; 3 – досяжна зона

Наведені на рис. 8.2 розміри рекомендуються для чоловіків середнього зросту (175 см). Для жінок зони досяжності повинні бути на 10 відсотків меншими.

Встановлено, що від пози, яку приймає працюючий для виконання одного й того ж обсягу операцій, потрібні різні трудомісткість і час, а продуктивність праці може зменшуватися від 100 до 30 відсотків при переході від роботи в оптимальній зоні до досяжної, а частково – і за її межами.

У поняття доступності, крім зручності роботи, входить також придатність об'єкта авіаційної техніки для виконання основних операцій з технічного обслуговування і ремонту з мінімальним обсягом додаткових робіт або взагалі без них. Додатковими роботами вважаються відкриття і закриття панелей, кришок люків, демонтаж і монтаж поряд встановленого обладнання і т.п.

*Контролепридатність* – властивість конструкції, яка спрямована на забезпечення профілактичного непрямого і прямого контролю параметрів агрегатів, вузлів та блоків авіаційного обладнання різними об'єктивними засобами і методами (насамперед, методами автоматизованого контролю і фізичними методами.)

Звичайно, забезпечення пристосованості конструкцій повітряних суден до проведення перевірок тими чи іншими методами й засобами контролю пов'язане з додатковими витратами. Але ці витрати себе виправдовують: пристосованість конструкції сприяє підвищенню надійності, ефективнішому використанню авіаційної техніки, скороченню витрат на її технічне обслуговування і ремонт.

Контролепридатність має вагомий вплив на впровадження в практику нових, більш ефективних методів технічної експлуатації за станом, і, зокрема, методу експлуатації до передвідмовного стану.

*Легкознімність* агрегатів, вузлів, блоків не слід плутати зі зручністю доступу. Відомо, що на борту повітряного судна є агрегати, які мають хороший доступ, проте демонтаж їх в умовах експлуатації утруднений. Легкознімність означає придатність агрегату, вузла, блока до знімання з мінімальними витратами часу й праці. А оскільки звичайним способом усунення відмов і несправностей є заміна або ремонт агрегату, що відмовив, то вимога легкознімності має важливе значення для скорочення часу простою авіаційної техніки на технічному обслуговуванні і ремонті.



Легкознімність багато в чому залежить від системи кріплення агрегатів і вузлів, які знімають, конструкції рознімань, маси й габаритів знімних елементів.

Для підвищення ефективності використання авіаційної техніки потрібно, щоб всі деталі, які найбільш інтенсивно зношуються і старіють або мають велику частоту відмов, були легкознімними.

В певних місцях авіаційного обладнання слід більш широко застосовувати швидкорознімальні з'єднання замість звичайних болтів і гайок.

*Взаємозамінюваність* деталей, агрегатів, вузлів, блоків є їх властивістю, яка полягає в тому, що при необхідності деталь (виріб), яка відмовила, можна замінити на іншу без проведення будь-яких підгінних робіт.

Підгінними роботами для виробів авіаційного обладнання вважають перевірочні роботи і настроювання, оскільки такі вироби, як правило, мають високу геометричну взаємозамінюваність, але не завжди взаємозамінювані за вихідними параметрами.

Зрозуміло, що, чим менший обсяг підгінних робіт при заміні виробів авіаційного обладнання, тим вищий ступінь їх взаємозамінюваності.

Фактор взаємозамінюваності має велике значення для скорочення витрат праці, матеріалів та простоїв повітряних суден під час технічного обслуговування і ремонту. Від нього значною мірою залежить регулярність польотів, оскільки при виході з ладу окремих виробів їх швидка заміна знизить час затримки повітряного судна.

Ступінь взаємозамінюваності певною мірою залежить від легкознімності виробу авіаційного обладнання.

*Спадкоємність засобів наземного обслуговування (ЗНО) і контрольньо-перевірочної апаратури (КПА)* – можливість використання для технічного обслуговування і ремонту, контролю та перевірки технічного стану нового типу авіаційної

техніки обладнання, яке застосовують на підприємстві для обслуговування іншої авіатехніки. Звичайно, чим більша кількість цих засобів буде задовольняти вимогам технічного обслуговування і ремонту нового типу авіатехніки, тим вище буде експлуатаційна технологічність стосовно спадкоємності обладнання. Цей фактор вагомо впливає на організацію робочого місця, зручність роботи обслуговуючого персоналу, час та вартість технічного обслуговування й ремонту [17].

*Уніфікація систем, вузлів та агрегатів авіаційного обладнання* є важливим конструктивно-виробничим фактором експлуатаційної технологічності, оскільки від її рівня значною мірою залежать ефективність експлуатації авіаційної техніки і регулярність польотів.

Використання тих самих виробів авіаційного обладнання на різнотипних повітряних суднах набагато спрощує і здешевлює технічне обслуговування і ремонт, зменшує номенклатуру запасних частин, які знаходяться на складах підприємств, скорочує кількість видів потрібної контрольно-перевірочної апаратури.

Уніфікація кріпильних деталей також є важливим фактором експлуатаційної технологічності. Відомо, що кількість типорозмірів кріпильних деталей на борту повітряного судна повинна бути мінімальною, що дозволить скоротити кількість потрібних інструментів і зменшити трудомісткість технічного обслуговування і ремонту повітряного судна, авіаційних двигунів та їх функціонального обладнання.

Розглянуті фактори належать до конструктивно-виробничих. Як вже зазначалось раніше, на рівень експлуатаційної технологічності повітряних суден та їх бортового обладнання істотний вплив мають також експлуатаційні фактори.

Це, насамперед, стосується методів організації роботи різних бригад, технології їх взаємодії. Так, наприклад, в першому технічному відсіку літака Ту-154, в який можна потрапити через люк, який знаходиться знизу на фюзеляжі, знахо-

дяться агрегати, вузли та блоки, технічне обслуговування яких виконують бригади різних спеціальностей:

- бригада з технічного обслуговування електрообладнання – перетворювачі ПТ-200Ц, ПТ-500Ц, МА-100М, випрямні пристрої ВУ-6А, акумуляторні батареї 20 НКБН-25 тощо;

- бригада з технічного обслуговування приладного обладнання – блоки системи повітряних сигналів СПС-ПН-15-4М (обчислювачі швидкості, числа М та висоти ВСМВ-1-15М, блок корекції числа М електричний БКМЕ-1, коректори заданої висоти КЗВ-0-15, потенціометричний блок перетворення напруги БПНП-10, блок живлення БП-27-2 і фільтр Ф-115-1), системи живлення повного  $P_n$  і статичного  $P_{ст}$  тиску (трубопроводи, вологовідстійники), блоки точної курсової системи ТКС-П2 (гіроагрегати ГА-3, блок гіромагнітного курсу БГМК-2, розподільчі блоки РБ-2), блоки навігаційного обчислювального пристрою НВУ-Б3 (блоки підсилення і живлення індикатора планшету БУП-3, блок живлення обчислювачів В-41, блок підсилення В-39, блок перетворення В-53, блок побудови навігаційного трикутника швидкостей В-54, блоки імпульсної розкладки В-56) та ін.;

- бригада з технічного обслуговування радіообладнання – блоки радіокомпасу АРК-15М, радіовисотоміру РВ-5М, доплерівського вимірювача швидкості ДИСС-0,13, радіосистеми ближньої навігації РСБН та ін.;

- бригада з технічного обслуговування автоматичної бортової системи керування АБСУ-154-2 – складові системи траєкторного керування СТУ-154 (обчислювачі бокового В20 і поздовжнього В21 каналів, підсилювачі У-87, блоки контролю БК-17, з'єднувальна коробка КС-2), системи автоматичного керування САУ-154-2 (блоки автопілоту БАП-6, обчислювач коректора висоти ВКВ-2, блок керування триміруванням БУТ-9, блок вбудованого контролю БВК-10, гіровертикалі МГВ-1СК та ін.), складові автомата тяги АТ-6-2М (блок автоматика БА-18, блок зв'язку БС-33 та ін.).

Від того, які будуть застосовані методи технічного обслуговування (одноразовий чи поетапний, посистемний чи зонний, послідовний чи потоковий і т.п.), як буде організована робота бригад і спеціалістів, багато в чому залежатиме рівень експлуатаційної технологічності (наприклад, різна кількість відкривань та закривань люка першого технічного відсіку літака Ту-154 під час технічного обслуговування обладнання різними бригадами спеціалістів), а в кінцевому рахунку – ефективність експлуатації повітряного судна.

Застосування поетапних методів періодичного технічного обслуговування, з одного боку, покращує використання повітряних суден і створює рівномірну завантаженість цеху періодичного технічного обслуговування при великих обсягах льотної роботи експлуатаційного підприємства, з іншого боку, погіршує експлуатаційну технологічність, оскільки збільшується обсяг демонтажно-монтажних робіт (неодноразові відкриття-закриття лючків, знімання й встановлення тих самих агрегатів тощо).

Експлуатаційна технологічність авіаційної техніки значною мірою залежить від кваліфікації і досвіду обслуговуючого персоналу. Наприклад, більш досвідчений спеціаліст швидше визначить причину й місце виникнення несправності або відмови без проведення глибокого контролю, що також збільшує ефективність використання авіаційної техніки і регулярність польотів.

Використання вбудованого контролю бортового обладнання значно поліпшує його експлуатаційну технологічність, оскільки звільняє від зайвих знімальних обладнання і перевірки його в лабораторії А і РЕО.

На експлуатаційну технологічність значний вплив має якість системи забезпечення запасними частинами, а також стан зворотно-обмінного фонду підприємства за технічного обслуговування й ремонту авіатехніки, оскільки від них також залежить ремонтпридатність бортових авіаційних систем.

Експлуатаційна технологічність значною мірою залежить і від якості експлуатаційної документації (від регламенту ТО і технологічних вказівок), від дотримання її положень при організації і виконанні технічного обслуговування й ремонту. Часом експлуатаційна документація призначає нерациональну послідовність робіт, наприклад, спочатку – перевірку на працездатність обладнання, яке потім потрібно буде демонтувати, внаслідок чого доводиться здійснювати повторний контроль його працездатності. Хоча він не передбачається відповідною експлуатаційною документацією, проте, завжди виконується після демонтажно-монтажних робіт на цьому обладнанні.

Якщо нерационально організувати виконання робіт різними спеціалістами, то протягом одного й того ж технічного обслуговування може виникнути необхідність у виконанні додаткових робіт, пов'язаних з відкриттям люків, лючків тощо, що знижує експлуатаційну технологічність, збільшує простої авіаційної техніки, зменшує ефективність її використання. У зв'язку з цим виникає потреба у розробці документа, який би дозволяв:

- чітко й наочно уявити структуру комплексу робіт (операцій) з технічного обслуговування і ремонту, їх взаємозв'язок;

- рационально розподіляти обсяги робіт між змінами, бригадами та спеціалістами, розробляти план їх виконання у визначені терміни з забезпеченням необхідної ймовірності своєчасного виконання завдання;

- виявити і мобілізувати резерви часу, трудових ресурсів та матеріальних засобів за рахунок оптимальної організації виробництва;

- спростити облік (контроль) процесу виконання робіт і сконцентрувати увагу авіаційного персоналу на тих роботах, які можуть затримати своєчасне закінчення технічного обслуговування і ремонту.

Таким документом може бути сітєвий графік, який складається за принципом сітєвого методу планування й керування (СПК).

Досвід застосування СПК в авіаційно-технічній службі експлуатанта авіаційної техніки свідчить, що завдяки раціональній перебудові організації і самого процесу технічного обслуговування і ремонту, перерозподілення робочої сили і концентрації уваги авіаційного персоналу на особливо важливих роботах вдається, навіть без залучення додаткових ресурсів, значно скоротити простої повітряних суден на технічному обслуговуванні і ремонті.

Для того, щоб підвищити експлуатаційну технологічність і скоротити простої повітряних суден з вини інженерно-авіаційної служби, роботи з оперативного технічного обслуговування виконують згідно зі спеціально розробленим технологічним графіком підготовки повітряного судна до польотів.

Багаторічний досвід експлуатації авіаційної техніки свідчить про те, що тільки враховуючи усі фактори, які впливають на експлуатаційну технологічність, можна створити повітряні судна, які б цілковито відповідали сучасним вимогам експлуатації. Це також дозволить експлуатаційникам, застосовуючи новітні методи і технології технічного обслуговування і ремонту, забезпечувати високий рівень експлуатаційної технологічності в реальних умовах функціонування авіаційного транспорту.

### **8.3. Оцінка експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання**

Для оцінки експлуатаційної технологічності існує низка показників. Вони поділяються на узагальнені, які дозволяють оцінювати експлуатаційну технологічність повітряного судна і його бортового обладнання в цілому, і одиничні, які харак-

теризують окремі властивості конструкції об'єкту авіаційної техніки.

До узагальнених показників належать коефіцієнти питомих простоїв, питомої трудомісткості та питомої вартості запасних частин і матеріалів, які витрачаються під час технічного обслуговування і ремонту повітряних суден та їх бортового обладнання, а також ймовірності успішного виконання поточного ремонту при обмежених трудових ресурсах і запасах запасних частин. Розглянемо їх [8, 15].

*Коефіцієнт питомих простоїв*  $k_{n,n}$  авіаційної техніки на технічному обслуговуванні і ремонті визначають за формулою:

$$k_{n,n} = \frac{t_{on} + t_n + t_p}{t_{pec.nc}},$$

де  $t_{on}$  і  $t_n$  – сумарна тривалість виконання всіх форм оперативного і періодичного технічного обслуговування за певний ресурс повітряного судна і його бортового обладнання  $t_{pec.nc}$  (наприклад, за гарантійний, міжремонтний ресурси), год;

$t_p$  – сумарна тривалість ремонту повітряного судна і його бортового обладнання за  $t_{pec.nc}$ , год.

*Коефіцієнт питомої трудомісткості*  $k_{n,m}$  технічного обслуговування і ремонту в людино-годинах на одну годину на льоту:

$$k_{n,m} = \frac{T_{on} + T_n + T_p}{t_{pec.nc}},$$

де  $T_{on}$  і  $T_n$  – сумарна трудомісткість виконання всіх форм оперативного і періодичного технічного обслуговування (люд-год) за певний ресурс повітряного судна і його бортового обладнання  $t_{pec.nc}$ , год;

$T_p$  – загальна трудомісткість ремонту повітряного судна і його бортового обладнання.

*Коефіцієнт питомої вартості*  $k_{n,v}$  (в гривнях на 1 годину на льоту) запасних частин і матеріалів, які необхідні на

проведення технічного обслуговування і ремонту, визначають за формулою

$$k_{n.в} = \frac{C_{on} + C_n + C_p}{t_{рес.пс}},$$

де  $C_{on}$  і  $C_n$  – сумарна вартість запасних частин і матеріалів при виконанні всіх форм оперативного і періодичного технічного обслуговування, відповідно, грн;

$C_p$  – вартість запасних частин і матеріалів при ремонті повітряного судна і його бортового обладнання, грн;

$t_{рес.пс}$  – ресурс повітряного судна і його бортового обладнання (гарантійний, міжремонтний тощо), годин нальоту.

*Ймовірність успішного виконання поточного ремонту при обмежених трудових ресурсах*

$P\{T_{n,p} \leq T_{зад}\}$  визначається залежно від трудових витрат на поточний ремонт повітряного судна і його бортового обладнання у міжремонтний період.

Емпіричне середнє значення трудових витрат на поточний ремонт в міжремонтний період  $\bar{T}_{n,p}$  можна записати у вигляді:

$$\bar{T}_{n,p} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{n,p_i},$$

де  $n$  – кількість відмов у міжремонтний період;

$T_{n,p_i}$  – трудомісткість знаходження й усунення  $i$ -ої відмови.

Ймовірність успішного виконання поточного ремонту при  $T_{зад}$  для експоненціального розподілення  $T_{n,p}$  визначається з виразу

$$P\{T_{n,p} \leq T_{зад}\} = 1 - e^{-\frac{T_{зад}}{\bar{T}_{n,p}}}.$$

*Ймовірність успішного виконання поточного ремонту при обмежених запасах запасних частин  $P\{Z_{n,p} \leq Z_{зад}\}$  визначається аналогічно попередньому показнику.*



При експоненціальному розподіленні випадкової величини  $Z_{н.р}$

$$P\{Z_{н.р} \leq Z_{зад}\} = 1 - e^{-\frac{Z_{зад}}{\bar{Z}_{н.р}}},$$

де  $Z_{зад}$  – заданий рівень запасів запасних частин;

$\bar{Z}_{н.р}$  – середнє значення витрат запасних частин.

А тепер розглянемо деякі показники, якими є коефіцієнти, що дають можливість кількісно оцінювати відповідні властивості конструкції повітряного судна і його бортового обладнання [15].

*Доступність* до об'єкта технічного обслуговування і ремонту визначається *коефіцієнтом доступності*  $k_d$ , який обчислюється за формулою:

$$k_d = 1 - \frac{T_{дон}}{T_{осн} + T_{дон}} = \frac{T_{осн}}{T_{осн} + T_{дон}},$$

де  $T_{дон}$  – трудомісткість допоміжних робіт, люд·год;

$T_{осн}$  – трудомісткість виконання основних робіт, люд·год.

До допоміжних робіт відносять роботи, які не передбачені регламентом технічного обслуговування і вимагають включення до свого складу знімання і установку різних кришок люків, панелей, капотів, демонтаж і монтаж поряд встановленого обладнання, яке утруднює доступ до об'єкта обслуговування тощо.

Основними роботами вважаються: контрольні, регулювальні операції, демонтаж і монтаж агрегатів, які підлягають заміні і т. п.

Коефіцієнт доступності визначають для окремих агрегатів, систем і повітряного судна в цілому.

*Приклад.* Трудомісткість заміни пульта керування ПУ-41, що входить до складу базової системи формування курсу (БСФК) літака Як-42, становить 0,8 люд·год. З них на виконання допоміжних робіт з відгвинчування і загвинчування

чотирьох гвинтів кріплення витрачається 0,3 люд-год, а безпосередньо на знімання і встановлення пульта – 0,5 люд-год. Необхідно визначити значення коефіцієнта доступності для пульта керування. Його визначимо за формулою

$$k_{\partial,a} = 1 - \frac{T_{\partial on}}{T_{\partial on} + T_{\partial ocн}} = 1 - \frac{0,3}{0,8} = 0,63.$$

Аналогічним чином можна обчислити коефіцієнти доступності для всіх інших агрегатів системи.

Маючи дані для окремих агрегатів системи, можна визначити значення коефіцієнта доступності  $k_{\partial,c}$  для системи в цілому. Для цього дані зводять в табл. 8.1, а потім розраховують коефіцієнт доступності  $k_{\partial,c}$ .

Таблиця 8.1

До розрахунку значення коефіцієнта доступності для системи

№ агрегату	$T_{\partial on}$ люд-год	$T_{\partial ocн}$ люд-год	$T_{\partial заг}$ люд-год	$k_{\partial,a}$
Агрегат №1	0,9	0,6	1,5	0,4
Агрегат №2	0,2	0,4	0,6	0,67
Агрегат №3	0,3	0,5	0,8	0,63
Агрегат №4	0,8	0,4	1,2	0,34
Агрегат №5	1,3	1,2	2,5	0,48
$\Sigma$	3,5	3,1	6,6	

Коефіцієнт доступності для системи визначимо за формулою:

$$k_{\partial,c} = 1 - \frac{\sum T_{\partial on}}{\sum T_{\partial заг}} = 1 - \frac{3,5}{6,6} = 0,47.$$

При трьох формах періодичного технічного обслуговування використовують середній коефіцієнт доступності для всього циклу періодичності:

$$k_{\partial,u} = \frac{4k_{\partial 1}T_1 + k_{\partial 2}T_2 + k_{\partial 3}T_3}{4T_1 + T_2 + T_3},$$

де 4 – кількість виконуваних форм  $\Phi 1$  за один цикл регламентних робіт;

$k_{\Phi 1}, k_{\Phi 2}, k_{\Phi 3}$  – коефіцієнти доступності для виробу при виконанні форм  $\Phi 1, \Phi 2$  і  $\Phi 3$  періодичного технічного обслуговування;

$T_1, T_2, T_3$  – середні трудомісткості технічного обслуговування виробу авіаційного обладнання при виконанні форм  $\Phi 1, \Phi 2$  і  $\Phi 3$  періодичного технічного обслуговування.

Однією з важливих характеристик контролепридатності є *швидкодія контролю*, яку можна оцінити середнім часом виконання контролю  $T_k$  технічного стану об'єкта авіаційного обладнання. Його можна записати у вигляді трьох доданків [2]:

$$T_k = T_{к.л} + T_{доп} + T_{ан},$$

де  $T_{к.л}$  – середній час власне контролю (або пошуку несправностей);

$T_{доп}$  – середній час, який необхідний для виконання допоміжних операцій, тобто для підключення апаратури і автоматизованих систем контролю, увімкнення живлення і прогрівання апаратури;

$T_{ан}$  – середній час зчитування і аналізу результатів контролю.

*Середній час контролю і пошуку несправностей* визначається, насамперед, швидкістю передавання і перероблення інформації в засобах контролю, складністю пошуку несправностей. Важливу роль у визначенні часу пошуку відіграють перехідні процеси в контрольованому обладнанні та часові режими роботи.

Середній час підготовки засобів контролю до роботи залежить від фізичних властивостей основних елементів цих засобів і від способів підключення до обладнання, яке контролюється. Діапазон змін  $T_{доп}$  перебуває в межах від десятків секунд до декількох десятків хвилин – в залежності від того, чи потрібне попереднє прогрівання засобу контролю.

Середній час контролю і пошуку несправностей визначають за такою формулою:

$$T_{к.п} = T_{к.в.д} + T_{п.п},$$

де  $T_{к.в.д}$  – час контролю визначальних діагностичних параметрів (вважається величиною сталою для даного засобу контролю);

$T_{п.п}$  – середнє значення часу пошуку несправностей (величина випадкова).

З урахуванням останньої формули середній час контролю

$$T_{к} = T_{к.в.д} + T_{п.п} + T_{дон} + T_{ан}.$$

Швидкодію контролю можна оцінити також за допомогою *інформаційного критерію* – кількістю інформації, яка переробляється за одиницю часу:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n (H_{oi} - H_i)}{(T_{к.в.д} + T_{п.п})},$$

де  $H_{oi}$  – ентропія  $i$ -го параметра до початку контролю;

$H_i$  – ентропія  $i$ -го параметра після контролю;

$n$  – кількість параметрів, що контролюються.

Ентропія кожного параметра, в свою чергу, залежить від кількості різних його градаций.

Інформаційний критерій досить зручний для аналізу і узгодження внутрішніх характеристик засобів контролю, і особливо таких, як швидкість знімання інформації про параметри, швидкість обробки інформації в обчислювальних і аналізуючих пристроях, швидкість запису або видавання на пристрої відображення результатів контролю.

Контролепридатність оцінюють також за допомогою *коефіцієнта контролепридатності*  $k_k$  авіаційного обладнання і повітряного судна в цілому. Об'єкти авіаційного обладнання прийнято вважати контролепридатними, якщо їх технічний стан можна перевірити без демонтажу безпосередньо на повітряному судні. Агрегати, вузли та блоки авіаційного об-

ладнання, які вимагають демонтажу для їх перевірки, є неконтролепридатними. Коефіцієнт контролепридатності визначають за такою формулою:

$$k_{\kappa} = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{n_{\delta}} T_j k_j}{\sum_{j=1}^{n_{\delta}} T_j k_j + \sum_{i=1}^{n_{\delta, \delta}} T_i k_i},$$

де  $T_j$  – трудомісткість разового контролю  $j$ -го агрегату з демонтажем з повітряного судна;

$T_i$  – трудомісткість разового контролю  $i$ -го агрегату без демонтажу з повітряного судна;

$n_{\delta}$ ,  $n_{\delta, \delta}$  – кількість агрегатів в системі ( або на повітряному судні) з демонтажем і без демонтажу з повітряного судна для контролю відповідно;

$k_i$ ,  $k_j$  – частота контролю агрегатів, які не вимагають і вимагають демонтажу відповідно.

Для оцінки контролепридатності важливе значення має така характеристика, як *повнота контролю*. Вона показує, яка частина обладнання охоплена контролем. Повноту контролю можна визначити відношенням кількості елементів  $n_{\kappa}$ , які охоплені контролем, до загальної кількості елементів  $n_z$ :

$$P_{\kappa} = \frac{n_{\kappa}}{n_z}.$$

Оскільки стан кожного елементу визначається значеннями його параметрів, то повноту контролю можна оцінити відношенням кількості контрольованих параметрів до загальної кількості параметрів об'єкта.

Слід зазначити, що кількість параметрів, які перевіряють, і відповідних їм точок контролю повинна бути оптимізована, виходячи з таких міркувань: з одного боку, їх повинно бути достатньо для забезпечення повноти контролю; з другого – кількість їх повинна бути мінімальною – для полег-

шення процедур контролю і скорочення часу його проведення.

Необхідно намагатися мінімізувати також кількість вимірюваних значень кожного з параметрів, що, в свою чергу, сприяє скороченню часу перевірки.

Деякі вироби авіаційного обладнання потребують реалізації принципу контролю синтетичного параметра, що комплектується з декількох реально існуючих параметрів. Це можливо здійснити шляхом комп'ютеризації контролю технічного стану як вбудованого, так і зовнішнього.

Повнота контролю об'єкта контролю може бути також оцінена *інформаційним критерієм*

$$П_{\kappa_i} = \frac{I_{\kappa}}{I_o},$$

де  $I_{\kappa}$  – кількість інформації про стан об'єкта контролю, яка знаходиться в параметрах, що контролюються;

$I_o$  – загальна кількість інформації, що знаходиться в усіх параметрах об'єкта.

Наведені формули для оцінки повноти контролю справедливі для тих випадків, коли всі елементи об'єкта рівнонадійні, а кількість інформації по кожному параметру приблизно однакова.

Якщо ж ці умови не виконуються, то повнота контролю може бути виражена такою формулою:

$$П_{\kappa} = \frac{Q_{\kappa}(t)}{Q_o(t)} = \frac{1 - P_{\kappa}(t)}{1 - P_o(t)},$$

де  $Q_{\kappa}(t)$  і  $Q_o(t)$  – ймовірності відмов частини, що контролюється, і всього об'єкта за час між двома послідовними перевітками  $t$ ;

$P_{\kappa}(t)$  і  $P_o(t)$  – ймовірності безвідмовної роботи за той же період.

Ймовірності безвідмовної роботи змінюються за експоненціальним законом:

$$P_k(t) = e^{-\lambda_k t}; P_o(t) = e^{-\lambda_o t},$$

де  $\lambda_k$  і  $\lambda_o$  – інтенсивності відмов частини, що контролюється, і всього об'єкта контролю.

За умови, що  $\lambda_k t \ll 1$  і  $\lambda_o t \ll 1$ , ймовірності безвідмовної роботи можуть бути визначені таким чином:

$$P_k(t) \approx 1 - \lambda_k t; P_o(t) \approx 1 - \lambda_o t.$$

Підставивши їх у формулу для повноти контролю, одержимо

$$П = \frac{1 - P_k(t)}{1 - P_o(t)} = \frac{\lambda_k}{\lambda_o}.$$

Таким чином, характеристикою повноти контролю об'єктів авіаційного обладнання є відношення ймовірностей відмов за певний проміжок часу або відношення інтенсивностей відмов.

Для забезпечення високої контролепридатності виробів авіаційного обладнання розташування і конструктивне виконання місць встановлення і підключення додаткових контрольних засобів, а також індикаторів перевіркою апаратури повинні бути вибрані, виходячи з мінімуму витрат часу на процедури контролю. До того ж, засоби контролю повинні виключати суб'єктивізм як при підготовці процедури контролю (наприклад, при введенні вхідних значень параметрів, при імітації навантажень на робочі органи виробу і т.п.), так і при зчитуванні (фіксації) показань. Повинно бути виключено двозначне тлумачення результатів перевірки, а алгоритм її виконання повинен передбачати однозначну послідовність дій оператора.

*Ремонтпридатність* визначає експлуатаційну технологічність авіаційного обладнання як пристосованість об'єкта до попередження і знаходження причин виникнення відмов і несправностей, підтримування і відновлення працездатного стану шляхом проведення технічного обслуговування і ремонту [4].

Ремонтпридатність характеризується такими показниками:

- ймовірністю відновлення;
- гамма-відсотковим часом відновлення;
- середнім часом відновлення;
- інтенсивністю відновлення й середньою трудомісткістю відновлення.

Розглянемо ці показники.

*Ймовірність відновлення* визначається як ймовірність того, що час відновлення працездатного стану об'єкта не перевищує задане значення. Його можна визначити за такою формулою:

$$P(t_e) = \text{ймов}\{t_e \leq \tau_e\} = F(t_e),$$

де  $t_e$  – час відновлення працездатного стану;

$\tau_e$  – задане значення часу відновлення.

*Гамма-відсотковий час відновлення* – це час, протягом якого відновлення працездатності об'єкта буде здійснюватися з ймовірністю  $\gamma$ , яка виражена у відсотках.

*Середній час відновлення* – це математичне сподівання часу відновлення працездатного стану об'єкта авіаційного обладнання після відмови.

*Інтенсивність відновлення* – це умовна щільність ймовірності відновлення працездатного стану об'єкта, яка визначається для певного моменту часу за умови, що до цього моменту відновлення не було закінчено.

Для процесів відновлення працездатного стану при діючій системі технічного обслуговування і ремонту інтенсивність відновлення визначається за формулою:

$$\mu(t_e) = \frac{f(t_e)}{1 - P(t_e)} = \frac{dP(t_e)}{dt_e} \cdot \frac{1}{1 - P(t_e)},$$

де  $f(t_e)$  – щільність розподілення часу відновлення;

$P(t_e)$  – ймовірність відновлення.



Статистична оцінка для інтенсивності відновлення має вигляд:

$$\mu(t_0) = \frac{m(t_0 + \Delta t_0) - m(t_0)}{n(t_0)\Delta t_0} = \frac{m(\Delta t_0)}{n(t_0)\Delta t_0},$$

де  $m(t_0)$  – кількість об'єктів, які відновлені до моменту часу  $t_0$ ;

$m(t_0 + \Delta t_0)$  – кількість об'єктів, які відновлені до моменту часу  $t_0 + \Delta t_0$ ;

$m(\Delta t_0)$  – кількість об'єктів, які відновлені за час  $\Delta t_0$ ;

$n(t_0)$  – кількість працездатних (не відновлених) об'єктів до моменту  $t_0$ .

*Середня трудомісткість відновлення* – математичне сподівання трудомісткості об'єкта після відмови. Це – показник ремонтопридатності, він має розмірність людино-годин (люд-год).

Ремонтпридатність об'єктів авіаційного обладнання ще може бути оцінена такими показниками:

- витратами часу на пошук і визначення компонента виробу, що відмовив (за значенням, характером і за змістом цей показник ремонтпридатності близький до показників контролепридатності);

- кількістю і складністю інструменту (стандартного і, особливо, спеціального) та пристосувань, які потрібні для проведення профілактичних і ремонтно-відновлювальних робіт;

- трудомісткістю і складністю операцій з підготовки й використання спецпристосувань і стендів;

- необхідною кількістю і кваліфікацією операторів, які виконують ремонт;

- витратами часу на знімання й заміну компонента виробу, який відмовив. Сюди не слід включати час, який витрачається на розконсервацію і підготовку кондиційного компонента зі штатного ЗПП;

– кількістю і трудомісткістю (складністю), а також витратами часу на додаткове регулювання і випробування трактів, які ремонтують, і всього виробу в цілому після заміни компонента. Сюди ж необхідно включати і час для контрольних-перевірочних операцій, які виконують під час передавання виробу замовнику.

*Легкознімність* компонентів повітряного судна і його систем оцінюють за допомогою коефіцієнта легкознімності:

$$k_{л} = 1 - \frac{\Delta T_{о.м}}{T_{о.м}},$$

де  $\Delta T_{о.м}$  – відхилення трудомісткості демонтажно-монтажних робіт об'єкта, який обслуговують, від заданої у вимогах або від еталону;

$T_{о.м}$  – трудомісткість демонтажно-монтажних робіт об'єкта технічного обслуговування і ремонту, люд-год.

*Приклад.* На виконання операцій з демонтажу і монтажу агрегатів базової системи формування курсу (БСФК) літака Як-42 витрачається 4,0 люд-год. На іншому типі літака, прийнятому за еталон з цих операцій, трудомісткість демонтажно-монтажних робіт для аналогічної за функціональним призначенням системи становить 3,2 люд-год. Необхідно визначити коефіцієнт легкознімності для БСФК. Визначаємо його за формулою:

$$k_{л} = 1 - \frac{\Delta T_{о.м}}{T_{о.м}} = 1 - \frac{0,8}{4} = 0,8.$$

*Взаємозамінюваність* компонента повітряного судна або його бортового обладнання визначається за допомогою коефіцієнта взаємозамінюваності  $k_{в}$ .

$$k_{в} = 1 - \frac{T_{нідг}}{T_{о.м} + T_{нідг}},$$

де  $T_{нідг}$  – трудомісткість підганяльних і перевірочних робіт або настроювання при заміні компонента, люд-год;

$T_{д.м}$  – трудомісткість демонтажно-монтажних робіт по компоненту, який замінюється, люд-год.

При визначенні  $k_e$  у значення  $T_{підг}$  включають всі види підганяльних і перевірочних робіт або настроювання, які виконуються на повітряному судні під час встановлення нового або взятого зі зворотно-обмінного фонду вузла, агрегату, блока.

*Спадкоємність засобів наземного обслуговування і контрольної-перевірочної апаратури* визначається за допомогою коефіцієнта спадкоємності:

$$k_{en} = 1 - \frac{C_{н.о}}{C_{с.о} + C_{н.о}} = \frac{C_{с.о}}{C_{с.о} + C_{н.о}},$$

де  $C_{н.о}$  – вартість контрольної-перевірочної апаратури або засобів наземного обслуговування і ремонту тільки нового повітряного судна, тис.грн;

$C_{с.о}$  – вартість обладнання, яке вже є в експлуатації і виготовляється серійно, тис. грн.

Коефіцієнт спадкоємності інколи визначають більш простим способом, а саме, – через відношення кількостей обладнання в комплектах, а не їх вартостей. Проте точність цього способу у деяких випадках може бути недостатньою.

Може виникнути необхідність у застосуванні й інших критеріїв, наприклад, *коефіцієнта уніфікації систем, вузлів та агрегатів авіаційного обладнання*, а також кріпильних деталей. Для їх розрахунку можна використовувати, зокрема, коефіцієнт спадкоємності.

На перший погляд може здатися, що, обчисливши зазначені коефіцієнти оцінки окремих параметрів, ми вирішили задачу оцінювання експлуатаційної технологічності. Але це не зовсім так. Справа в тому, що визначення цих показників і оцінка рівня експлуатаційної технологічності – це різні задачі. Наприклад, можна досить точно обчислити окремі показники, але не вирішити задачу оцінювання експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання в цілому.

Для вирішення цієї задачі доцільно скористатися принципом оцінювання експлуатаційної технологічності повітряних суден, який описаний в роботі [15].

Прийнявши за основу цей принцип, оцінювати рівень експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання можна шляхом порівняння кількісних значень показників, отриманих в результаті розрахунку для авіаційного обладнання певного типу повітряного судна, з показниками, заданими в технічних вимогах, або з показниками аналогічних повітряних суден, прийнятих за еталон.

Оцінюють експлуатаційну технологічність авіаційного обладнання за допомогою коефіцієнта порівняльної оцінки ( $D_i$ ) повітряного судна, яке розглядається, і еталонного:

$$D_i = \frac{k_{ip}}{k_{ie}} \cdot 100 \%,$$

де  $k_{ip}$ ,  $k_{ie}$  – значення відповідних порівнювальних показників судна, що розглядається, і еталонного.

Рівень експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання повітряного судна, яке розглядається, за узагальненими показниками:  $k_n$  (питомі простой),  $k_m$  (питомі трудові витрати),  $k_s$  (питомі витрати на матеріали і запасні частини) буде вищим, ніж еталонний, якщо для кожного з них  $D_i < 100$  відсотків. Позитивна оцінка становить  $D_i \leq 100$  відсотків.

Для узагальнених ймовірнісних показників типу  $P\{\tau \leq t_{зад}\}$  і всіх одиничних показників справедливі такі умови: якщо  $D_i < 100$  відсотків, то рівень експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання нижче еталонного, якщо  $D_i > 100$  відсотків, то – вище. У цьому випадку позитивна оцінка дається, якщо  $D_i \geq 100$  відсотків.

*Приклад.* Необхідно дати диференційну оцінку експлуатаційній технологічності авіаційного обладнання повітряного судна певного типу за деякими узагальненими і одиничними

показниками. За еталонні приймаємо значення показників, які задані в технічних вимогах на даний тип повітряного судна.

Виконавши необхідні розрахунки і отримавши значення відповідних показників для повітряного судна, яке розглядається, запишемо їх в таблицю (табл.8.2). В цю ж таблицю запишемо і результати диференційної оцінки експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання з кожного показника, обчисленого за формулою для визначення коефіцієнта  $D_i$ .

Таблиця 8.2

Диференційна оцінка експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання

Найменування показників	Розмірність	Значення показника		Диференційна оцінка, %
		ПС, яке розглядається	еталону	
Питомі трудові витрати $k_m$	$\frac{\text{люд} \cdot \text{год}}{\text{год.нальоту}}$	14,2	12,2	116,4(-)
Питомі витрати на матеріали і запасні частини $k_s$	$\frac{\text{грн}}{\text{год.нальоту}}$	30	34	88,2(+)
Питомі простой $k_n$	$\frac{\text{год}}{\text{год.нальоту}}$	0,82	0,86	95,3(+)
Ймовірність усунення відмови $P\{\tau \leq t_{\text{зад}}\}$ за час $t_{\text{зад}}$	–	0,98	0,98	100(+)
Коефіцієнт доступності $k_o$	–	0,83	0,86	96,5(-)
Коефіцієнт контролепридатності $k_c$	–	0,92	0,95	96,9(-)

Закінчення табл.8.2

Найменування показників	Розмірність	Значення показника		Диференційна оцінка, %
		ПС, яке розглядається	еталону	
Коефіцієнт легкознімності $k_n$	–	0,94	0,98	95,9(–)
Коефіцієнт взаємозамінюваності $k_e$	–	0,96	0,95	101(+)

В розглянутому прикладі позитивна оцінка експлуатаційної технологічності може бути дана таким показником: питомим витратам на матеріали і запасні частини  $k_3$ , ймовірності усунення відмови  $P\{\tau \leq t_{3ad}\}$  та коефіцієнту взаємозамінюваності  $k_e$ . Решті показників слід дати негативну оцінку. Це свідчить про необхідність вдосконалення конструкції повітряного судна даного типу з метою підвищення рівня показників доступності, контролепридатності, легкознімності об'єктів авіаційного обладнання до необхідних значень. Звичайно, вирішення цієї задачі дозволить істотно покращити і показник питомих трудових витрат  $k_m$ .

Щоб всебічно оцінити експлуатаційну технологічність авіаційного обладнання, в деяких випадках диференційного методу недостатньо, тоді використовують комплексний показник:

$$A_k = \frac{1}{n}(\alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2 + \alpha_3 D_3 + \dots + \alpha_n D_n),$$

де  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$  – коефіцієнти вагомості, які характеризують питому вагу кожного з показників експлуатаційної технологічності в комплексному показнику;

$D_1, D_2, D_3, \dots, D_n$  – коефіцієнти порівняльної оцінки експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання за  $i$ -тим ( $i=1, 2, \dots, n$ ) показником ПС, яке розглядається, і еталонного;  
 $n$  – кількість показників.

Таким чином, комплексний показник здатний одночасно враховувати значення майже всіх показників експлуатаційної технологічності, разом з тим, його практичне застосування дещо утруднено внаслідок значної складності визначення коефіцієнтів вагомості.

#### **8.4. Вимоги до експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання**

Для ефективної експлуатації авіаційного обладнання вже на етапі його створення повинні враховуватися вимоги як до конструктивно-виробничих, так і до експлуатаційних факторів експлуатаційної технологічності [15].

В процесі створення повітряного судна і його авіаційного обладнання необхідно враховувати як вимоги виробничої технологічності, так і технічні вимоги замовника до забезпечення експлуатаційної технологічності.

Ці дві групи вимог можуть збігатись, тобто мати загальний характер, але інколи можуть мати й антагоністичний характер. Наприклад, до загальних вимог відносяться: поділ агрегатів, блоків та систем авіаційного обладнання на відсіки й панелі, їх монтаж у спеціальних відсіках і на знімних панелях, зменшення кількості з'єднань та їх спрощення, максимальна взаємозамінюваність елементів авіаційного обладнання.

Проте, у деяких випадках підвищення експлуатаційної технологічності досягається за рахунок значного ускладнення конструкції і технології виробництва обладнання (поділ однієї деталі на дві або декілька для виділення частини, яка швидко зношується, в окрему легкознімну деталь; заміна нерознімних сполучень рознімними; велика кількість експлуатаційних люків для доступу до вузлів і агрегатів тощо).

Звичайно, для оптимального рішення в кожному конкретному випадку слід неодмінно враховувати сумарні витрати

на проектування, виробництво, технічне обслуговування та ремонт.

Розрізняють загальні технічні вимоги до забезпечення експлуатаційної технологічності і вимоги, які ставлять до експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання конкретного типу повітряного судна.

Загальні технічні вимоги до забезпечення експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання включають до свого складу вимоги до:

- пристосованості його складових частин до прогресивних методів технічного обслуговування і ремонту;
- виконання контрольно-кріпильних і контрольно-регульовальних робіт;
- конструктивного виконання й розміщення на повітряному судні окремих вузлів, агрегатів та систем авіаційного обладнання, включаючи вимоги до їх уніфікації і стандартизації.

Ці технічні вимоги стосуються також і показників експлуатаційної технологічності та їх рівня.

Вимоги до пристосованості авіаційного обладнання і його складових частин до прогресивних методів технічного обслуговування і ремонту є результатом аналізу й узагальнення застосовуваних методів і тенденцій, їх розвитку з урахуванням світових досягнень, а також можливостей та перспектив розвитку вітчизняної авіаційної промисловості.

Конструкція авіаційного обладнання повинна передбачати можливість широкого використання методу заміни й ремонту його об'єктів за фактичним технічним станом, методу періодичної перевірки параметрів без їх демонтажу з повітряного судна.

Це досягається шляхом використання багатократного резервування, яке передбачає нормальне функціонування системи авіаційного обладнання у випадку відмови окремих елементів і навіть ряду блоків; агрегатів і блоків з високим рів-



нем контролепридатності (тобто таких елементів, які мають вбудовані датчики й місця для приєднання засобів контролю); вимог щодо взаємозамінюваності, доступності і легкознімності усіх знімних агрегатів і вузлів.

Вимоги щодо контрольно-кріпильних та контрольно-регульовувальних робіт полягають: в забезпеченні належного доступу до різьбових сполучень, які вимагають перевірки якості затяжки болтів; в скороченні кількості типорозмірів кріпильних деталей, в уніфікації розмірів під ключ головок болтів та гайок. Цими вимогами передбачається забезпечення об'єктів авіаційного обладнання вбудованими датчиками і вивідними пристроями для вимірювання основних діагностичних параметрів під час технічного обслуговування і ремонту без демонтажу з повітряного судна, уніфікація приєднувальних місць (штуцерів, рознімань і т.п.) для увімкнення контрольно-перевірочної апаратури тощо.

Вимоги до конструктивного виконання і розміщення на повітряному судні вузлів, агрегатів та систем авіаційного обладнання передбачають: забезпечення доступності, легкознімності і взаємозамінюваності; групування знімних агрегатів і блоків у великі монтажні вузли (панелі); розміщення їх у спеціалізованих відсіках, з забезпеченням в цих відсіках нормальних умов роботи обслуговуючого персоналу.

Слід зазначити, що при створенні повітряних суден, авіаційних двигунів, складного бортового авіаційного і радіоелектронного обладнання, конструктори не тільки враховують вимоги до експлуатаційної технологічності, але й вимоги замовників, які обумовлюються у відповідних контрактах і є обов'язковими для виконання конструкторськими бюро (фірмами). Так, в контракті між представниками військово-морського флоту США і фірмою LTV на виробництво і поставку літаків А-7А була записана вимога, щоб трудові витрати на їх ТО і Р не перевищували 11,5 люд-год/год. нальоту. У випадку

невиконання фірмою цієї вимоги передбачалася складна система грошових штрафів за кожну людино-годину, що витрачалася на обслуговування і ремонт понад цифри 11,5. Граничне значення трудових витрат на обслуговування і ремонт літака А-7А було встановлене таким, що дорівнює 17 люд-год/год.нальоту. Якщо трудові витрати на цю роботу досягли б 17 люд-год/год. нальоту, то фірма повинна була б сплатити штраф у розмірі 875 тис. дол. Якщо ж трудовитрати перевищували б 17 люд-год/год. нальоту, то фірма повинна була за свій рахунок усунути всі недоліки, які впливали на трудові витрати під час технічного обслуговування і ремонту, з тим, щоб зменшити їх до встановленого граничного значення [15].

Завдяки особливій увазі, яку надавали конструктори літака А-7А питанням забезпечення експлуатаційної технологічності, фактичні витрати на його технічне обслуговування і ремонт становлять 9,59 люд-год/год.нальоту.

З викладеного можна зробити висновок, що тільки повністю враховуючи вимоги замовника при проектуванні, виробництві та випробуванні повітряних суден, можна досягти успіху у вирішенні задачі забезпечення експлуатаційної технологічності.

Розглянемо основні вимоги, які ставляться до конструктивно-виробничих факторів експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання.

*Забезпечення доступності до об'єктів технічного обслуговування і ремонту.*

1. Обладнання авіаційних систем слід групувати у декілька великих монтажних вузлів (блоків) і розміщувати на панелях в спеціалізованих технічних відсіках. В кожному відсіку слід розміщувати вузли, агрегати, блоки однієї, максимум двох систем авіаційного обладнання.

2. Агрегати, вузли та блоки необхідно розміщувати таким чином, щоб звести до мінімуму або зовсім виключити

випадки, коли огляд чи заміна одного з агрегатів неможливі без попереднього демонтажу інших, поряд розташованих агрегатів.

3. Агрегати, рознімні з'єднання, знімні вузли та деталі для зручності демонтажу і монтажу необхідно намагатися розміщувати на відстані, не меншій 50 мм від обшивки і стінок.

4. Експлуатаційні люки в обшивці планеру слід розміщувати навпроти місць встановлення відповідних вузлів, агрегатів, деталей та їхніх сполучень, технічний стан яких потрібно контролювати під час експлуатації. Мінімальні розміри експлуатаційних люків, в залежності від характеру виконуваних робіт, повинні бути: при виконанні роботи однією рукою – не менше 200 мм, двома руками – не менше 350 мм.

5. До агрегатів авіаційного обладнання, які підлягають контролю, регулюванню та перевірці, повинен бути передбачений зручний доступ, який забезпечує достатньо широкий фронт робіт.

6. Всі агрегати, всередині яких розміщені регульовальні або захисні пристрої (наприклад, виносні опори, плавкі вставки), необхідно розміщувати в зонах, до яких забезпечений, при працюючих двигунах, вільний і безпечний підхід.

7. Капоти двигуна повинні легко відкриватись і у відкритому положенні забезпечувати вільний доступ до всіх агрегатів, вузлів, комунікацій. Особливу увагу слід приділяти забезпеченню доступності до рознімань комунікацій в місцях, де відповідні вузли після зняття двигуна залишаються (за конструктивним виконанням) на повітряному судні, а також – вузлам кріплення двигуна до планера.

8. Центральні розподільчі щити (ЦРЩ) електрообладнання необхідно розміщувати в коробах, які виконані з ізоляційного матеріалу (або мають внутрішнє ізоляційне покриття) і забезпечують вільний доступ.

9. Розміщення й монтаж кінцевих вимикачів, які не входять в конструкції електромеханізмів, слід виконувати з ура-

хуванням забезпечення доступу для їх огляду і регулювання, а також для відключення від електричної мережі при заміні.

10. Радіоелектронні блоки слід монтувати на етажерках. Заміна одного блоку не повинна вимагати демонтажу інших, які в цей час не підлягають заміні.

11. Розміщення перемикачів на щитках і пультах керування повинно забезпечувати вільний доступ до кожного з них для огляду і виконання робіт з технічного обслуговування і ремонту.

12. Приладні дошки і щити панелей з приладами для забезпечення належного доступу під час огляду і заміни приладів повинні виконуватися відкидними або легкознімними.

*Забезпечення контролепридатності об'єктів технічного обслуговування і ремонту.*

1. Для контролю об'єктів авіаційного обладнання на повітряних суднах повинні встановлюватися саморегульовані системи перевірки і виявлення несправностей і відмов.

2. Агрегати, які потребують в процесі експлуатації періодичного контролю, повинні мати вивідні пристрої для вимірювання основних діагностичних параметрів під час технічного обслуговування і ремонту без їх демонтажу з повітряного судна.

3. Агрегати, які потребують безперервної перевірки технічного стану під час експлуатації повітряного судна, потрібно контролювати за допомогою систем вбудованого автоматизованого контролю.

4. Авіаційне обладнання повинно бути пристосоване для використання такої системи контролю, яка б задовольняла певним вимогам [2]. Система контролю повинна:

– визначати з високою достовірністю технічний стан об'єктів контролю, видавати результати контролю у простій і наочній формі, яка б не мала потреби в складному аналізі і високій кваліфікації оператора;

– мати просту і зручну в експлуатації конструкцію, яка б забезпечувала безпеку при її використанні, легкознімність, зручність перевірки, ремонту, регулювання окремих вузлів та їх заміну;

– забезпечувати мінімум трудовитрат на процеси контролю;

– забезпечувати за допомогою одного пристрою контролю перевірку максимальної кількості агрегатів, приладів чи систем;

– забезпечувати можливість перевірки не тільки статичних, а й динамічних характеристик об'єкта контролю.

– несправність пристрою контролю не повинна порушувати працездатність об'єкта, який контролюють, несправність об'єкта не повинна порушувати роботу пристрою контролю;

– повинна мати мінімальні масу й габарити і бути виготовленою зі стандартних уніфікованих елементів.

Для передавання інформації від об'єктів, які контролюються, повинна використовуватися лінія зв'язку довжиною не більшою 40 м (включаючи довжину кабельної мережі повітряного судна). У лінії зв'язку повинен бути передбачений захист від коротких замикань.

Контролепридатність об'єктів авіаційного обладнання передбачає також виконання механічних і кліматичних вимог, тобто система контролю повинна зберігати свою працездатність протягом тривалого часу за таких умов:

– у діапазоні робочих температур від +50 до  $-30^{\circ}$  C;

– при відносній вологості до 90 відсотків;

– після впливу ударних і вібраційних перевантажень, значення яких встановлені технічними вимогами на розробку агрегатів і систем авіаційного обладнання.

Живлення повинно здійснюватися як від стаціонарних, так і від пересувних джерел електричної енергії:

– постійним струмом з напругою  $27 \pm 10\%$  B;

– змінним струмом з напругою  $36 \pm 5\% V$  і частотою 400 Гц.

Вид сигналів, які подаються на вхід системи контролю, повинен бути однаковий, наприклад, напруга постійного струму. Ресурс системи контролю повинен бути не меншим 5000 годин протягом 10 років.

*Забезпечення легкоснімності об'єктів технічного обслуговування і ремонту.*

1. При конструюванні складних вузлів і агрегатів авіаційного обладнання необхідно передбачати можливість знімання в умовах експлуатації окремих деталей, які мають менший ресурс, з метою виконання їх проміжного огляду і ремонту без знімання з повітряного судна з наступним розбиранням всього вузла (агрегату).

2. З'єднання, які підлягають розбиранню і складанню в процесі експлуатації і під час ремонту, конструктивно повинні виконуватися таким чином, щоб була виключена будь-яка можливість неправильного монтажу.

3. Для агрегатів і вузлів масою від 20 до 50 кг, які в процесі технічного обслуговування підлягають періодичному зніманню з повітряного судна, повинна бути передбачена можливість виконання робіт силами двох чоловік. Агрегати й вузли масою понад 50 кг повинні мати такелажні гаки для піднімальних пристосувань. При неможливості використання наземних пристроїв повинні бути передбачені легкознімні піднімальні пристосування і вузли для їх кріплення на повітряному судні. Місця кріплення повинні бути позначені відповідними написами.

4. Сполучення комунікацій авіаційного двигуна (шлангів, трубопроводів, електропроводки і т.п.) та вузлів кріплення двигуна до планера повинні бути швидкорознімними.

5. Кришки усіх люків повинні закріплюватися за допомогою однотипних, достатньо зручних “швидкодіючих” замків, які добре зарекомендували себе в експлуатації. Замки

кріплення кришок люків повинні бути уніфікованими і взаємозамінюваними.

Заміна замків кріплення під час технічного обслуговування і ремонту повітряного судна повинна виконуватися без необхідності розклепування обшивки.

6. Різьбові з'єднання, які вимагають періодичного огляду і перевірки моменту затягнення болтів, повинні бути легкодоступними. Перевірка моменту затягнення болтів і кріпильні роботи повинні виконуватися без одночасного використання іншого інструменту (ключа, викрутки).

7. Система кріплення вузлів, агрегатів, деталей, які знімають або замінюють в умовах експлуатації, повинна забезпечувати виконання кріпильних робіт з мінімальними трудовими витратами.

При виборі кріпильних деталей необхідно максимально використовувати нормалі і стандарти. Розміри головок болтів і гайок під ключ повинні бути уніфікованими. Загальна кількість типорозмірів кріпильних деталей на повітряному судні повинна бути мінімальною.

8. Кріплення агрегатів висотного обладнання повинно здійснюватися за допомогою “швидкодіючих” замків (стяжних хомутів, спеціальних рознімних замкових пристроїв), які дозволяють швидко замінювати їх під час технічного обслуговування.

При заміні агрегатів висотної системи не повинна виникати необхідність в подальшій перевірці на герметичність всієї магістралі.

9. Стельові панелі, які забезпечують доступ до електропроводки, агрегатів електро- і радіобладнання, до тяг, тросів керування, повинні мати шарнірну конструкцію і закріплюватися в закритому положенні “швидкодіючими” замками.

10. Компоновка електроджгутів, монтажних коробок та конструкцій кріплення повинна забезпечувати можливість ремонту мережі (в умовах експлуатації) шляхом заміни цілих

джгутів, ділянок мережі і окремих проводів без необхідності розтиковки частин повітряного судна і демонтажу його агрегатів.

11. Встановлення і кріплення електромеханізмів повинні забезпечувати можливість вільного від'єднування їх від привідного органу у всіх його положеннях.

12. Заміна щіток на генераторах (стартер-генераторах) повинна виконуватися без необхідності знімання генераторів з авіаційних двигунів.

13. З'єднання блоків радіобладнання, щитків та пультів керування з літаковою проводкою повинні здійснюватися переважно за допомогою самоцентруючих рознімань.

Конструктивне виконання рознімань радіобладнання повітряного судна повинно повністю виключати можливість їх неправильного з'єднання.

*Забезпечення взаємозамінюваності об'єктів технічного обслуговування і ремонту.*

1. Агрегати, вузли та деталі авіаційного обладнання, які знімають і замінюють під час технічного обслуговування і ремонту, повинні бути геометрично і функціонально взаємозамінювані.

2. Конструктивні доробки на повітряному судні (модифікації) повинні виконуватися таким чином, щоб зміненими (модифікованими) частинами і агрегатами можна було замінювати частини (агрегати) попередніх конструкцій на всіх типах повітряних суден, де вони встановлені.

3. Для забезпечення взаємозамінюваності елементів об'єктів авіаційного обладнання необхідно передбачати технологічні компенсатори, які дозволяють встановлювати обладнання й прилади, виконані з відхиленнями в межах допусків. Допускається застосування компенсації у вигляді прокладок, рифлених шайб, отворів зі збільшеними діаметрами тощо.

4. Експлуатаційно-ремонтні допуски слід призначати з урахуванням збереження необхідної якості агрегату, вузла чи



системи авіаційного обладнання і можливості переставлення їх на інше повітряне судно під час технічного обслуговування і ремонту.

5. З'єднання у магістралях електро- і радіокомунікацій слід виконувати без припасовування, з використанням компенсаторів.

*Забезпечення спадкоємності засобів наземного обслуговування і контрольно-перевірочної апаратури.*

1. Засоби наземного обслуговування і контрольно-перевірочна апаратура повинні створюватися з урахуванням забезпечення:

- мінімально можливого часу технічного обслуговування авіаційного обладнання;
- високого рівня надійності роботи, довговічності та економічності;
- зручності в експлуатації за умови мінімальної кількості обслуговуючого персоналу;
- безпечних і нешкідливих умов роботи.

2. Конструкції ЗНО і КПА, які поставляються як централізовано, так і разом з повітряним судном, повинні бути стандартизованими, тобто виконуватися згідно з вимогами діючих стандартів.

3. ЗНО і КПА повинні виготовлюватися переважно з уніфікованих вузлів і деталей і бути придатними для технічного обслуговування і ремонту авіаційного обладнання декількох типів повітряних суден.

4. Перелік оригінального обладнання, яке розроблено для технічного обслуговування тільки одного типу повітряного судна, повинен бути мінімальним.

5. При створенні засобів наземного обслуговування і контрольно-перевірочної апаратури необхідно передбачати можливість максимального використання обладнання, яке виготовляється серійно і вже використовується на підприємствах цивільної авіації.

6. Значення показника спадкоємності ЗНО І КПА для авіаційного обладнання сучасного повітряного судна повинно бути не нижчим 0,9.

### **8.5. Організація робіт з забезпечення експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання**

Весь комплекс робіт з забезпечення експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання сучасних повітряних суден умовно можна поділити на три етапи [15]:

- аналіз і систематизація матеріалів з експлуатаційної технологічності;
- розробка керівних технічних матеріалів з експлуатаційної технологічності;
- контроль за виконанням керівних технічних матеріалів і оцінка рівня експлуатаційної технологічності на різних життєвих циклах авіаційного обладнання.

На першому етапі, який передбачає аналіз і систематизацію матеріалів з експлуатаційної технологічності, здійснюється збір необхідних вихідних матеріалів. Ці матеріали отримують шляхом проведення безпосередніх спостережень окремо по кожній системі, вузлу чи агрегату, які встановлені на різних типах повітряних суден, в процесі технічного обслуговування, а також під час капітального ремонту.

Матеріали з експлуатаційної технологічності надходять і в процесі поглибленої дефектації авіаційного обладнання повітряних суден, які перебувають на підконтрольній експлуатації.

Для аналізу і систематизації матеріалів відповідна інформація надходить також від підприємств і організацій, які здійснюють заводські, державні та експлуатаційні випробування авіаційної техніки.

Цінну інформацію являють собою дані про експлуатаційну технологічність, методи й технології технічного обслу-

говування і ремонту авіаційного обладнання зарубіжних повітряних суден.

Провівши аналіз і систематизацію необхідних матеріалів, приступають до реалізації другого етапу забезпечення експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання – розробки керівних технічних матеріалів, які містять:

- вимоги до доробки авіаційного обладнання діючих типів повітряних суден;
- загальні вимоги до експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання нових типів повітряних суден;
- показники і методи розрахунку й оцінки експлуатаційної технологічності;
- рекомендації для конструкторів з експлуатаційної технологічності, які містять матеріали про раціональні варіанти деяких конструктивно-технологічних рішень, які задовольняють заданим технічним вимогам.

Основний обсяг робіт на перших двох етапах виконують замовники – спеціалісти науково-дослідних, експлуатаційних та ремонтних підприємств цивільної авіації. Участь конструкторських бюро і заводів-виготовлювачів, в основному, зводиться до вивчення і узгодження підготовлених керівних технічних матеріалів.

На третьому етапі здійснюються контроль за виконанням керівних технічних матеріалів і оцінка рівня експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання при створенні, випробуваннях та експлуатації повітряних суден.

Основний обсяг робіт на цьому етапі виконується розробником – конструкторським бюро, а також заводами-виготовлювачами. Роль представників замовника зводиться до розгляду й узгодження основних конструктивно-технологічних рішень і представлення необхідних рекомендацій конструкторам.

Таким чином, можна сформулювати узагальнені рекомендації для організації роботи з забезпечення високої экс-

платуаційної технологічності авіаційного обладнання сучасних повітряних суден:

- конструкторські бюро, заводи-виготовлювачі, відповідні науково-дослідні організації, експлуатаційні і ремонтні підприємства повинні систематично здійснювати збір і аналіз матеріалів з експлуатаційної технологічності існуючих типів повітряних суден як вітчизняних, так і зарубіжних;

- з урахуванням набутого досвіду експлуатації необхідно вести систематичну роботу з вдосконалення технічних вимог і рекомендацій з забезпечення експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання для того, щоб вимоги на кожному етапі розвитку цивільної авіації відображали рівень найкращих світових досягнень;

- експлуатанти авіаційної техніки повинні розробляти для конструкторів рекомендації з експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання, а конструкторам в період проектування слід ширше залучати до роботи з забезпечення експлуатаційної технологічності спеціалістів-експлуатаційників.

Підсумовуючи викладене, можна зробити висновок, що забезпечення високого рівня експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання – це один з напрямів підвищення ефективності використання авіаційної техніки, рівня безпеки та регулярності польотів в цивільній авіації.

### **Методичні вказівки**

Успішне вирішення задач удосконалення процесів технічного обслуговування і поліпшення техніко-економічних показників діяльності експлуатаційних і ремонтних підприємств цивільної авіації багато в чому визначається рівнем експлуатаційної технологічності повітряних суден та їх авіаційного обладнання. Тому дуже важливим в діяльності інженерно-авіаційної служби цивільної авіації є вміння аналізува-

ти й оцінювати експлуатаційну технологічність повітряних суден для того, щоб своєчасно ставити вимоги промисловості і коригувати обсяг та періодичність технічного обслуговування і ремонту.

В результаті вивчення матеріалу теми необхідно засвоїти: визначення експлуатаційної технологічності, а також її значення в системі заходів щодо забезпечення високої ефективності використання авіаційної техніки, безпеки та регулярності польотів в цивільній авіації. Необхідно звернути увагу на дві групи факторів, які впливають на рівень експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання: конструктивно-виробничі та експлуатаційні. Якщо перша група факторів реалізується, в основному, на етапі створення (частково – на етапі експлуатації – у вигляді доробок), то друга група – на етапах як створення, так і експлуатації.

Необхідно знати характеристики конструктивно-виробничих і експлуатаційних факторів експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання, методи й критерії їх оцінки, вимоги замовників до експлуатаційної технологічності.

Розглядаючи вимоги до забезпечення експлуатаційної технологічності, треба пам'ятати, що їх розробка є однією з важливих і складних задач. Слід також мати на увазі, що забезпечення високого рівня експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання часто пов'язано з ускладненням його конструкції. Вбудований контроль, забезпечення доступності, контролепридатності, легкоснімності, взаємозамінюваності тощо приводять до ускладнення конструкції об'єктів технічного обслуговування і ремонту, до збільшення їх маси і вартості. Слід зазначити, що один і той же тип повітряного судна при різних системах його технічного обслуговування і ремонту має різний рівень експлуатаційної технологічності.

Отже, проблема забезпечення експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання є не тільки комплексною, але й компромісною, оскільки для її вирішення необхідно врахо-

увати багато факторів, пов'язаних з призначенням об'єкта, особливостями експлуатації, характеристиками надійності функціонування авіаційного обладнання даного типу повітряного судна, вибором системи технічного обслуговування й ремонту і тощо.

### **Запитання для самоперевірки**

1. Дайте визначення експлуатаційній технологічності авіаційного обладнання.
2. Що відноситься до конструктивно-виробничих факторів експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання?
3. Назвіть експлуатаційні фактори експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання.
4. Розкажіть про доступність і кількісні показники для її оцінки.
5. Що таке контролепридатність об'єктів авіаційного обладнання і яким чином її оцінюють?
6. Охарактеризуйте легкознімність і взаємозамінюваність об'єктів авіаційного обладнання. Назвіть показники їх оцінки.
7. Дайте характеристику спадкоємності ЗНО і КПА, а також уніфікації і стандартизації як конструктивно-технологічним властивостям об'єкта авіаційного обладнання, які визначають його експлуатаційну технологічність. Наведіть кількісні показники оцінки спадкоємності ЗНО і КПА.
8. Які ви знаєте шляхи підвищення експлуатаційної технологічності авіаційного обладнання?