

5.1. Три етапи та особливості початкового етапу льотно-технічної експлуатації об'єктів авіоніки

Сучасна авіоніка – це надзвичайно складні технічні системи, до складу яких входить багато функціонально пов'язаних між собою елементів, вузлів, блоків, систем та комплексів. Виникає цілком закономірне запитання – чому введені одночасно в експлуатацію складові частини таких складних технічних систем мають різні терміни служби, відмовляють в різний час, і заздалегідь визначити момент відмови конкретного виробу бортового обладнання в багатьох випадках неможливо.

Це можна пояснити таким чином [5, 12]:

– кожна складова частина бортового авіаційного й радіоелектронного обладнання має цілком визначене призначення, яке забезпечується шляхом надання їй конкретних експлуатаційних властивостей (наприклад, точності, погодження входів і виходів тощо);

– кожна властивість авіаційного й радіоелектронного обладнання виявляється лише під час його взаємодії з навколишнім середовищем, що являє собою деяку сукупність факторних навантажень, які сприймаються бортовим обладнанням завдяки наявності у нього певних властивостей. Фактори навантаження – це вплив на систему або процес якихось чинників.

Втрата об'єктом бортового обладнання хоча б однієї своєї властивості призводить до того, що він зовсім не може сприймати факторне навантаження зовнішнього середовища, що рівнозначно втраті працездатності або відмові. Треба зауважити, що втрата працездатності у цьому випадку не повинна розглядатись як абсолютна втрата об'єктом певної властивості, оскільки експлуатаційна документація обумовлює допустимі межі параметрів або властивостей складових частин, які забезпечують їхню працездатність. Тому лише відхилення параметрів за допустимі межі слід розглядати як одну з форм втрати властивостей, необхідних для забезпечення працездатності об'єкту.

Введемо поняття опірності, яка являє собою граничне значення відповідної властивості об'єкта, при якому факторне навантаження, яке його перевищує, викликає відмову.

Досвід свідчить, що поява відмов технічних пристроїв під час експлуатації підпорядкована певній закономірності (рис. 5.1). З графіка залежності інтенсивності відмов $\lambda(t)$ від часу (рис. 5.1, а) випливає, що весь інтервал часу можна поділити на три характерні відрізки.

На першому з них (від $t = 0$ до t_{np}) функція інтенсивності відмов $\lambda(t)$ має порівняно високі значення, але з часом відбувається її зниження.

На другому етапі (від t_{np} до t_{zn}) відбувається стабілізація цієї функції на відносно низькому рівні, далі – на третьому відрізку небезпека відмови знову збільшується. Звичайно, ця схема зміни небезпеки відмови не є універсальною. Є елементи, у яких відсутній перший період (наприклад, добре організований контроль відсіює дефектні елементи). Є елементи, які з часом практично не старіють. Проте більшість елементів об'єктів авіоніки має тривалий період, на якому небезпека відмови відносно низька і практично є сталою величиною ($\lambda(t)=const$).

Рис. 5.1. Вплив факторного навантаження на інтенсивність і частоту відмов об'єктів авіоніки: 1, 2, 3, – періоди припрацювання, нормальної експлуатації і зносу відповідно

Вигляд кривої щільності розподілення часу відмов (рис.5.1,б) обумовлений такими причинами. Нові технічні

пристрої мають різні величини опірності факторному навантаженню. Через помилки виробничо-технологічного характеру і відхилення від норм при монтажі, навіть в одній партії, можуть бути технічні пристрої як з підвищеною, так і з пониженою опірністю. Для сукупності однотипних виробів бортового обладнання опірність S по відношенню до навантаження може бути описана щільністю розподілення $f(S)$ (рис.5.1, в). Внаслідок прорахунків, які могли бути допущені при проектуванні і визначенні умов експлуатації, крива розподілення $f_1(S)$ може зміститись у бік менших значень опірності.

В процесі льотно-технічної експлуатації елементи авіаційного і радіоелектронного обладнання зазнають впливу різних за величиною і напрямом навантажень, які найчастіше мають випадковий характер. Характеристикою умов експлуатації об'єктів може бути щільність розподілення навантаження $f(R)$. В зв'язку з тим, що в експлуатацію вводяться елементи бортового обладнання з різною опірністю до факторних навантажень, і “слабкі” елементи можуть відмовити під дією малих навантажень, то основну частину відмов на початковому етапі експлуатації становлять саме ці “слабкі”, або некондиційні елементи. В зв'язку з цим, як інтенсивність відмов $\lambda(t)$, так і щільність розподілення часу відмов $f(t)$ на початковому етапі експлуатації можуть бути порівняно високими (див. рис. 5.1 а, б).

Відмови, які обумовлені надходженням в експлуатацію “слабких”, або некондиційних виробів, називаються припрацьовочними, а період, під час якого вони виникають, періодом припрацьовання. На цьому ж етапі спостерігається і збільшення, з різних причин, кількості помилкових дій оператора.

В тому випадку, коли об'єкти авіаційного і радіоелектронного обладнання мають високу однорідність, а отже, незначне розсіювання величин опірності, а експлуатаційні навантаження значно нижчі, ніж допустимі для цих об'єктів, то

періоду припрацювання може й не бути (пунктирна лінія на етапі від $t = 0$ до t_{np} на рис. 5.1, а). В свою чергу, вихід з ладу переважно “слабких” і некондиційних об’єктів в період припрацювання приводить до зменшення розсіювання опірності виробів, які залишилися, і деякому підвищенню її середнього значення (крива $f_2(S)$ на рис. 5.1, в). В зв’язку з цим перевищення навантаженням опірності окремих об’єктів авіаційного і радіоелектронного обладнання майже не спостерігається. Відмови виникають лише при значних випадкових концентраціях навантажень і називаються раптовими. У деяких типів об’єктів раптові відмови є переважаючими, для інших вони можуть бути не характерними. В цілому, цей період життєвого циклу авіаційної техніки одержав назву початкового етапу льотно-технічної експлуатації.

Для багатьох виробів бортового обладнання можна досить точно визначити період роботи, коли етап припрацювання закінчився, але ще не спостерігаються помітні структурні зміни їхніх властивостей, які характеризуються здатністю протистояти зовнішнім факторним навантаженням. Відмови об’єктів в цей період виникають тільки в умовах впливу значних концентрацій експлуатаційних навантажень. Тому, якщо й виникають окремі відмови, то вони мають раптовий характер. Інтенсивність відмови не змінюється і залишається мінімальною. На ділянці часу від t_{np} до t_{zn} відбувається незначне зменшення частоти відмов $f(t)$ (див. рис. 5.1, б). Цей відрізок часу характеризується нормальною роботою об’єктів бортового обладнання і називається періодом або етапом нормальної експлуатації.

За етапом нормальної експлуатації, внаслідок накопичення незворотних змін у виробках авіаційного і радіоелектронного обладнання під впливом експлуатаційних навантажень, настає період, коли опірність цим навантаженням помітно знижується (крива $f_3(S)$ на рис. 5.1, в). Збільшується кіль-

кість випадків перевищення експлуатаційними навантаженнями опірності виробів бортового обладнання. У цьому випадку виникають відмови, які виявляються як у формі поломок, так і у формі виходу основних параметрів виробів за встановлені межі. Цей період отримав назву періоду зносу або періоду старіння. Він характеризується збільшенням відмов (див. рис. 5.1, а): частота відмов спочатку збільшується, а потім зменшується (див. рис. 5.1, б). Це пояснюється не збільшенням надійності виробів, а незначною кількістю виробів, які справно функціонували до цього часу, внаслідок чого кількість виробів бортового обладнання, що відмовили, також буде невеликою.

В чому ж різниця між відмовами авіатехніки на різних етапах її льотно-технічної експлуатації? Вона полягає в причинах відмов. Так, в початковий період експлуатації основна частина відмов обумовлена введенням в експлуатацію авіатехніки якоїсь кількості об'єктів технічного комплексу зі "слабкою" опірністю, на етапі нормальної експлуатації – випадковими, значними концентраціями зовнішніх навантажень, а в період зносу – зниженням опірності об'єктів цим навантаженням. Звичайно, це не виключає можливості появи раптових або поступових відмов на усіх етапах експлуатації авіаційної техніки.

Тепер стисло розглянемо особливості початкового етапу експлуатації авіаційного і радіоелектронного обладнання.

В початковий період експлуатації таких складних систем, якими є об'єкти авіоніки (наприклад, пілотажно-навігаційний комплекс), збільшується, як зазначалося раніше, кількість припрацьованих відмов, а також кількість помилок операторів, що призводить до авіаційних пригод та інцидентів. Цьому етапу експлуатації авіаційної техніки властиві доробки і модернізація нового обладнання. У цей період часто виявляються слабкі сторони в підготовці особового складу,

відсутність у фахівців необхідних навичок з експлуатації і технічного обслуговування нового, майже завжди – більш складного, ніж раніше освоєне, обладнання. Нова авіаційна техніка вимагає підвищеної уваги з боку як льотного, так і інженерно-технічного складу.

На ефективність експлуатації повітряних суден та їх бортового обладнання певним чином впливає своєрідна невпевненість перед новим, незвичним, а також – старий стереотип, не переборений повністю при вивченні нової, більш складної авіаційної техніки. До цього слід додати недосконалу наземну контрольно-перевірочну й діагностичну апаратуру, а також відсутність необхідного комплекту запасних частин та інструменту.

Експлуатаційна документація на нову авіатехніку часто недосконала, вона не враховує усіх особливостей початкового етапу експлуатації виробів і систем авіаційного і радіоелектронного обладнання. Робота інженерно-технічного складу нерідко виконується в умовах обмеженого часу для доробки (доводки) й модернізації бортового обладнання. Впливають також на ефективність експлуатації повітряних суден і істотні недоліки в технології й застосуванні методів і засобів технічного обслуговування, незнання слабких місць функціонування авіаційної техніки, відсутність належної організації робіт.

В період освоєння авіаційної техніки складно здійснити рівномірне завантаження авіаційного персоналу, оскільки процес експлуатації має нерегулярний характер, а трудомісткість окремих видів технічного обслуговування визначена лише орієнтовно. До того ж, – невідомий обсяг витрат, пов'язаних з роботами з усунення дефектів і несправностей, що виникають при функціонуванні виробів і систем авіаційного й радіоелектронного обладнання.

Крім того, не завжди вдається провести точний і детальний аналіз помилкових дій авіаційних фахівців, виявити

справжні їх причини, розробити ефективні профілактичні заходи. В цей період 25 відсотків відмов, наприклад, пілотажно-навігаційного обладнання, відбувається з вини персоналу, який експлуатує його; 45 відсотків агрегатів, вузлів та блоків пілотажно-навігаційних комплексів, які знімають для перевірки в лабораторних умовах, виявляються цілком справними, їх можна було не перевіряти. З цієї ж причини непродуктивні прості, пов'язані з технічним обслуговуванням безвідмовно працюючої авіаційної техніки, становлять близько 20 відсотків календарного часу початкового етапу її експлуатації. Прийняття рішення людиною-оператором часто відбувається на підставі неповної інформації, що в багатьох випадках призводить до помилок в роботі. Особливо це стосується стресових ситуацій, які часто виникають в початковий період експлуатації авіатехніки. Збір даних про потік припущених помилок являє собою досить складну задачу. Необхідно мати на увазі і те, що чим вищий рівень підготовки оператора, тим важче виявити у нього структуру можливих реальних помилок, тому що ці помилки підпорядковуються закону малоймовірних подій.

В літературі наведені численні моделі потоків помилкових дій операторів (у вигляді різних експонент і функцій), проте ці потоки часто беруть без врахування впливу сукупності негативних факторів (стресорів), які супроводжують реальну роботу операторів. Досвід свідчить, що в структурі антистресової підготовки операторів з льотної експлуатації й технічного обслуговування авіаційної техніки необхідно змінити традиційне визначення характеристики потоку помилок оператора і ввести більш узагальнені антистресові моделі цього потоку. Так, наприклад, одна з таких моделей передбачає поділ помилок на дві області (область частих і область рідких помилок), які пов'язані між собою граничними переходами (прямими і зворотними).

Під час навчання і тренувань операторів частіше спостерігається прямий перехід від частих помилок до рідких, при дії ж сукупності негативних факторних навантажень – зворотний перехід (стрибок від рідких до частих помилок). Таким чином, професійна підготовка авіаційних операторів, зокрема, членів екіпажів повітряних суден, на комплексних тренажерах повинна бути не операційною, а процесною, тобто побудованою на широкому використанні методів і засобів антистресової підготовки.

На початковому етапі експлуатації авіаційної техніки можуть виникати ситуації, які призводять до значного підвищення психофізіологічного навантаження операторів, і як наслідок – до їх передчасної втоми й перевтоми. Цей важливий чинник в більшості випадків не враховується при узагальненні даних і проведенні аналізу процесу праці авіаційних фахівців. Процеси праці, якщо і проектуються, то тільки з врахуванням функціонування технічних засобів, їх характеристик, а психофізіологічні властивості людини-оператора, на жаль, до уваги не беруться, хоча процеси льотної експлуатації й технічного обслуговування – це процеси взаємодії людини з технікою, вони досить складні і мають свою специфіку.

Для ефективного впровадження в експлуатацію нових повітряних суден, які оснащені більш досконалими технічними засобами авіоніки, необхідна істотна перебудова експлуатаційних підприємств цивільної авіації і перехід від методів інформаційної експлуатації, для якої характерним є певний сталий потік відмов техніки і помилкових дій обслуговуючого персоналу, до методів початкової експлуатації, які враховують динамічні зрушення в структурі процесів, що характеризують якість функціонування бортового обладнання за участю людини-оператора. Досвід освоєння авіатехніки свідчить, що технічне обслуговування нових типів повітряних суден за

всіма видами і формами регламентних робіт, особливо в початковий період, доцільно здійснювати за допомогою спеціалізованого підрозділу. Спеціалізація дозволяє авіаційному персоналу швидше освоїти певний тип авіатехніки і досягти вищої якості робіт при його технічному обслуговуванні. Причому, підготовку авіаційно-технічної бази або центру технічного обслуговування і ремонту авіаційної техніки до експлуатації нових типів повітряних суден слід починати за 1-3 роки до запланованого терміну їх надходження. Термін підготовки багато в чому залежить від типу повітряного судна, складності бортового обладнання, умов експлуатації та специфічних особливостей структури і виробничої діяльності тієї чи іншої авіаційно-технічної бази.

При підготовці до експлуатації нової авіаційної техніки необхідно: розрахувати загальну чисельність інженерно-технічного складу, який займатиметься процесом технічного обслуговування на основних ділянках роботи, виходячи з обсягів і специфіки робіт з обслуговування; правильно визначити потребу в різних фахівцях, рівень їх кваліфікації і спеціалізації; визначити оптимальне завантаження, ритмічність та режим роботи. Визначати ці показники необхідно з урахуванням річного обсягу робіт з технічного обслуговування, розкладу запланованих польотів повітряних суден (для оперативних змін) з обов'язковим урахуванням дещо вищих трудовитрат на початковому етапі освоєння нової авіаційної техніки.

Однією з важливих задач, яка повинна вирішуватись при підготовці до базування нового типу повітряного судна, є оснащення виробничої бази експлуатаційного підприємства необхідним обладнанням, контрольно-перевірочною апаратурою, лабораторними стендами, засобами механізації та автоматизації. Необхідні додаткові виробничі площі розраховують у відповідності до очікуваного об'єкта технічного обслуговування й ремонту. Своєчасне оснащення виробничої бази

дозволить уникнути значного збільшення трудовитрат в період освоєння нової авіатехніки, зменшити простой при технічному обслуговуванні й ремонті. Велике значення має сучасна організація матеріально-технічної постачання, технологічної підготовки виробництва.

Для початкового етапу експлуатації авіаційної техніки велике значення має атестація робочих місць авіаційного персоналу. На цьому етапі необхідно створити всі умови для ефективного проведення подальшого періоду – нормальної експлуатації повітряного судна і його функціональних систем. І, насамперед, необхідно, щоб конструкція робочого місця забезпечувала швидкість, безпеку, простоту та економічність процесів керування, контролю і технічного обслуговування як в нормальних, так і в аварійних ситуаціях; повністю відповідала б функціональним вимогам в умовах технічної експлуатації авіаційної техніки з урахуванням активізації людського чинника в цивільній авіації.

Таким чином, комплексне урахування різноманітних чинників, які впливають як на ергатичну систему в цілому, так і на її складові частини, вже на початковому етапі льотно-технічної експлуатації авіаційної техніки дозволить створити необхідні умови для ефективного проведення наступного найбільш тривалого періоду – періоду нормальної експлуатації. Його тривалість сумірна з експлуатаційним терміном служби виробів і систем авіаційної техніки, оскільки період припрацювання відносно малий, а функціонування на етапі зносу (старіння) особливо важливого обладнання авіоніки (наприклад, пілотажно-навігаційного комплексу) неприпустиме: елементи, вузли, блоки та системи комплексу або поновлюють, або замінюють новими (справними) ще до початку цього періоду.

5.2. Модель ергатичної системи оператор-повітряне судно для льотно-технічної експлуатації

Розглянемо схему, яка ілюструє взаємозв'язок дій і реакцій оператора з об'єктом авіоніки (рис. 5.2). Згідно з цією схемою цикл керування, який умовно починається з моменту сприйняття оператором інформації про стан об'єкта 1, продовжується низкою проміжних операцій: інтерпретація інформації 2, порівняння отриманих даних з програмою виконання об'єктом завдання 3, прийняття рішення 4, дія на органи керування 5 або інші реакції оператора. Далі ланцюг продовжується в напрямі: рух органів керування об'єктом 6, його реакція на рух органів керування 7 і робота на режимі 8, що змінюється (перехідний процес), робота об'єкта в новому – усталеному режимі 9 і відображення на інформаційній моделі його нового стану 10. Далі (якщо об'єкт не вийшов на необхідний режим) починається новий цикл керування.

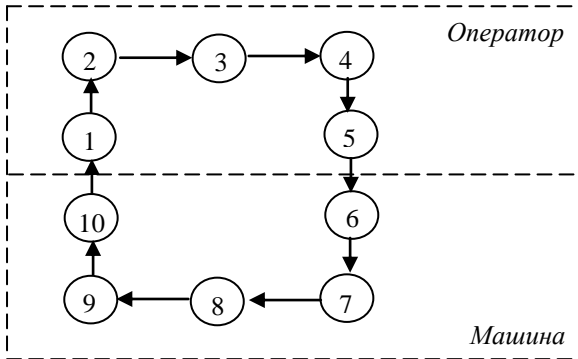


Рис. 5.2. Взаємодія оператора з об'єктом авіоніки

Згідно зі схемою рис. 5.2 розглянемо взаємозв'язок оператора з об'єктом авіоніки як під час льотної, так і технічної його експлуатації [18].

Зі структурно-матричної схеми взаємодії оператора з об'єктом авіоніки (рис.5.3, *контур I*) випливає, що оператор (або група операторів) отримує необхідну інформацію про стан об'єкта за допомогою системи відображення інформації (СВІ).

Рівняння перетворення вхідного вектора СВІ у вихідний має вигляд:

$$Y_{c.v.i} = \Phi_{c.v.i} X_{c.v.i}, \quad (5.1)$$

де $Y_{c.v.i}$ – вихідний вектор СВІ;

$\Phi_{c.v.i}$ – коефіцієнт трансформації вхідного вектора СВІ у вихідний;

$X_{c.v.i}$ – вхідний вектор СВІ.

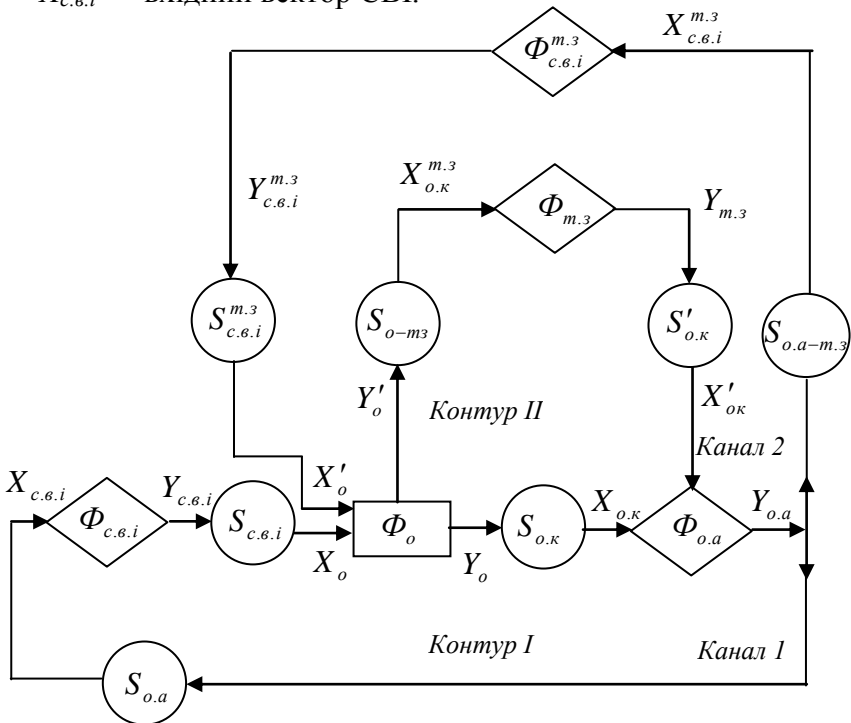


Рис. 5.3. Модель ергатичної системи оператор – об'єкт авіоніки при льотно-технічній експлуатації

Зв'язок СВІ з оператором (групою операторів) запишемо за допомогою векторно-матричного рівняння:

$$X_o = S_{c.v.i} Y_{c.v.i}, \quad (5.2)$$

де X_o – вхідний вектор оператора;

$S_{c.v.i}$ – матриця зв'язку оператора з СВІ.

Матриця $S_{c.v.i}$ характеризує спосіб передачі оператору інформації про стан об'єкта авіоніки, кількість і якість інформації, що надходить до оператора, характер сприйняття оператором інформації. При проведенні експлуатаційних випробувань ці характеристики повинні бути ретельно досліджені, оцінені, оскільки вони мають діагностичну цінність в заданій системі льотно-технічної експлуатації об'єкта авіоніки.

Сприймаючи і відповідним чином перероблюючи інформацію про стан об'єкта авіоніки, оператор робить певний висновок про зміну стану об'єкта. Своє рішення він реалізує у вигляді керуючих дій:

$$Y_o = \Phi_o X_o, \quad (5.3)$$

де Φ_o – коефіцієнт трансформації вхідного вектора у вектор керуючих дій оператора.

Діючи на об'єкт авіоніки, оператор змінює показники, які характеризують його координати, а також параметри технічного стану:

$$X_{o.k} = S_{o.k} Y_o, \quad (5.4)$$

де $X_{o.k}$ – вихідний вектор органів керування;

$S_{o.k}$ – матриця зв'язку оператора з об'єктом авіоніки з керованих дій на органи керування.

Матриця зв'язку $S_{o.k}$ визначає величину зміни параметрів стану об'єкта авіоніки і окремих його систем при тій чи іншій дії оператора, міру можливого втручання в процес зміни стану об'єкта. Цю матрицю ще називають матрицею експлуатаційної технологічності. Характеризують цю матрицю коефіцієнти доступності до об'єкта авіоніки, легкоснімності, взаємозамінюваності та контролепридатності.

Взагалі, матрицю зв'язку $S_{o,k}$ характеризують не тільки показники експлуатаційної технологічності, але й інші параметри (наприклад, рівень керованості і стійкості об'єкта керування, характер розподілення функцій між оператором і автоматичними засобами, рівень автоматизації процесу пілотування, режими польоту, погодні умови тощо).

Внаслідок прикладання керуючих дій оператора до органів керування об'єкт авіоніки змінює свої координати або технічний стан:

$$Y_{o,a} = \Phi_{o,a} X_{o,k}, \quad (5.5)$$

де $Y_{o,a}$ – вихідний вектор об'єкта авіоніки (зміна вихідної координати і технічного стану об'єкта авіоніки під час льотної експлуатації);

$\Phi_{o,a}$ – коефіцієнт трансформації вектора керованих дій оператора у вектор стану об'єкта авіоніки.

Інформація про зміну характеристик об'єкта авіоніки і в цілому – його технічного стану після дії на об'єкт оператора повинна бути передана оператору через СБІ:

$$X_{c.v,i} = S_{o,a} Y_{o,a}, \quad (5.6)$$

де $S_{o,a}$ – матриця зв'язку стану об'єкта авіоніки з сенсорним полем його інформаційної моделі.

Матриця $S_{o,a}$ характеризує об'єкт авіоніки як об'єкт льотно-технічної експлуатації. Вона показує, яка інформація надійшла про стан об'єкта авіоніки, в якому вигляді і коли надходить на вхід системи відображення інформації для подальшого її перетворення і пред'явлення оператору. Ці питання повинні вирішуватись в процесі ергономічного проектування повітряних суден і авіоніки.

Таким чином, *контур I* являє собою модель ергатичної системи оператор – об'єкт авіоніки як для льотної, так і для технічної експлуатації. Відрізняються ці два процеси лише значеннями вхідних і вихідних векторів, коефіцієнтів транс-

формації вхідних векторів у вихідні, а також складом і значеннями параметрів, які входять у відповідні матриці зв'язку.

Технічне обслуговування об'єктів авіоніки може здійснюватися як екіпажем в польоті, так і інженерно-технічним складом на землі (див. *контур I*). Технічним обслуговуванням в польоті слід вважати роботу екіпажу, пов'язану з оцінкою справності окремих бортових систем, пошуком і усуненням несправностей і відмов тощо. Поліпшенню технічного обслуговування в польоті сприяє широке застосування на борту повітряних суден систем вбудованого контролю.

При технічному обслуговуванні об'єктів авіоніки на землі оператор, в основному, взаємодіє з їхніми системами і елементами не безпосередньо, а за допомогою різних технічних засобів (контрольно-перевірочної апаратури, технічних засобів контролю і діагностики) (*контур II*). Обслуговуючи об'єкти авіоніки (роблячи вимірювання певних навігаційних і пілотажних параметрів, виконуючи пошук несправностей, настраюючи засоби відображення інформації тощо), оператор діє на відповідні органи керування технічних засобів, керує ними. Зв'язок оператора з технічними засобами шляхом його дії на органи керування може бути записаний у вигляді векторно-матричного рівняння:

$$X_{o,k}^{m,3} = S_{o-m,3} Y'_o, \quad (5.7)$$

де $X_{o,k}^{m,3}$ – вихідний вектор органа керування технічним засобом;

$S_{o-m,3}$ – матриця зв'язку оператора з технічним засобом шляхом його дії на органи керування;

Y'_o – керуюча дія оператора.

Внаслідок керуючих дій оператора на органи керування технічного засобу його стан змінюється, тобто приводиться в дію для оцінки і зміни технічного стану об'єкта авіоніки:

$$Y_{m,3} = \Phi_{m,3} X_{o,k}^{m,3}, \quad (5.8)$$

де $Y_{m.3}$ – вихідний вектор технічного засобу;

$\Phi_{m.3}$ – коефіцієнт трансформації вхідного вектора технічного засобу (вихідного вектора оператора) у вихідний вектор.

Під впливом керуючих дій оператора технічний засіб підключається до об'єкта авіоніки для оцінки і зміни його технічного стану, що описує векторно-матричне рівняння:

$$X'_{o.k} = S'_{o.k} Y_{m.3}, \quad (5.9)$$

де $S'_{o.k}$ – матриця зв'язку технічного засобу з об'єктом авіоніки з керуючих дій на органи керування об'єкта.

Під впливом технічного засобу об'єкт авіоніки змінює свій технічний стан:

$$Y_{o.a} = \Phi_{o.a} X'_{o.k}. \quad (5.10)$$

Дані про зміну технічного стану об'єкта авіоніки можуть бути передані оператору по двох каналах: через СВІ об'єкта авіоніки (канал 1) і через СВІ технічного засобу (канал 2). Проходження інформації через СВІ об'єкта авіоніки розглянуто вище.

Розглянемо проходження інформації по другому каналу, тобто через СВІ технічного засобу, уявимо зв'язок вихідного вектора об'єкта авіоніки з СВІ технічного засобу у вигляді векторно-матричного рівняння:

$$X_{c.v.i}^{m.3} = S_{o.a-m.3} Y_{o.a}, \quad (5.11)$$

де $S_{o.a-m.3}$ – матриця зв'язку об'єкта авіоніки з СВІ технічного засобу.

Матриця $S_{o.a-m.3}$ відображає ступінь відповідності характеристик об'єкта авіоніки як об'єкта технічного обслуговування, характеристикам застосованих технічних засобів (засобів діагностики, контрольно-перевірочної апаратури, обладнання). Аналіз цієї матриці дозволяє визначити кількість і якість додаткового обладнання, яким необхідно оснастити авіаційно-технічні бази для оцінки технічного стану всіх сис-

тем і вузлів бортового обладнання повітряних суден, які надходять в експлуатацію.

Далі відбувається перетворення інформації про технічний стан об'єкта авіоніки, яка проходить по другому каналу:

$$Y_{c.v.i}^{m.3} = \Phi_{c.v.i}^{m.3} X_{c.v.i}^{m.3}, \quad (5.12)$$

і надходження її до оператора

$$X_o' = S_{c.v.i}^{m.3} Y_{c.v.i}^{m.3}, \quad (5.13)$$

де $S_{c.v.i}^{m.3}$ – матриця зв'язку СВІ технічного засобу з оператором.

Матриці зв'язку $S_{o.a-m.3}$ і $S_{c.v.i}^{m.3}$ показують, як впливає рівень оснащення виробничої бази експлуатаційного підприємства на можливості діагностики технічного стану об'єктів авіоніки.

Слід також зазначити, що на початковому етапі експлуатації об'єктів авіоніки, на етапі освоєння їх технічного обслуговування структура і зміст матриць зв'язку $S_{c.v.i}$, $S_{o.k}$, $S_{o.a-m.3}$ і $S_{c.v.i}^{m.3}$ кількісно не визначені. Можна провести лише якісний аналіз. Тому саме для цього етапу необхідно розробити науково обґрунтовані вимоги щодо забезпечення інформаційної, енергетичної, просторово-антропометричної та техніко-естетичної сумісностей оператора і об'єкта авіоніки, щоб зробити ефективнішою льотно-технічну експлуатацію, забезпечивши високий рівень безпеки і регулярності польотів.

5.3. Основні вимоги комплексної системи організації робіт інженерно-авіаційної служби з забезпечення безпеки польотів і підвищення ефективності використання авіаційної техніки

Комплексна система організації робіт інженерно-авіаційної служби цивільної авіації з забезпечення безпеки польотів і підвищення ефективності використання авіаційної техніки

була впроваджена у 1975 році і не втратила свого значення і сьогодні. Розглянемо її.

1. Головна мета

1.1. Забезпечення цілковитої безпеки польотів.

1.2. Максимальна ефективність використання авіаційної техніки.

2. Основні принципи

2.1. Для забезпечення цілковитої безпеки польотів і максимальної ефективності використання авіаційної техніки керівники інженерно-авіаційної служби всіх ланок проводять повсякденну виховну роботу з особовим складом, здійснюють постійний, щоденний творчий контакт з льотним складом, науковими працівниками, спеціалістами наземних служб, служб замовлень і постачання, забезпечують найсуворішу персональну відповідальність.

2.2. Керівники інженерно-авіаційної служби всіх рівнів від інженера зміни й майстра особисто, не перекладаючи на підлеглих, постійно і щоденно аналізують стан авіаційної техніки і безпеки польотів.

2.3. По кожній пригоді на авіаційній техніці невідкладно:

- проводиться глибокий аналіз;
- приймається рішення;
- організується виконання цього рішення на авіаційній техніці і серед особового складу.

2.4. До роботи на авіаційній техніці і до її експлуатації допускається льотний, інженерно-технічний склад та інші фахівці, які досконало знають авіаційну техніку, правила її експлуатації і володіють необхідними практичними навичками.

2.5. Дії льотного та інженерно-технічного складу, робота авіаційної техніки і її стан підлягають обов'язковому контролю і оцінюванню як звичайними, так і інструментальними методами і засобами контролю.

3. Головні напрями в роботі

3.1. Безвідмовна робота авіаційної техніки досягається таким чином.

3.1.1. Високою якістю підготовки повітряного судна до польоту.

До польоту допускається літак (вертоліт), підготовлений спеціалістами всіх служб в повному обсязі. Всі несправності, виявлені в попередньому польоті, а також при технічному обслуговуванні, усунені. Якість робіт перевірена. Ресурси і стан повітряного судна, двигунів, їхніх систем, авіаційного і радіоелектронного обладнання забезпечують виконання завдання. Якість пально-мастильних матеріалів перевірена, заправка проведена, відстій змитий. Всі системи повітряного судна заправлені, заливні горловини і зливні крани закриті і законтрені.

Струбцини, чохла, штирі і заглушки з повітряного судна і всіх його систем зняті, всі люки і лючки закриті.

Передпольотний огляд екіпажем проведений, доповіді про готовність повітряного судна до польоту прийняті, повітряне судно екіпажем прийнято і відповідні документи оформлені.

3.1.2. Високою якістю виконання регламентних робіт.

Роботи виконані згідно з технологічними картами (не по пам'яті) своєчасно і в повному обсязі. Дефектація повітряного судна і його систем проведена. Агрегати, які виробили встановлений ресурс і ресурс яких недостатній для виконання чергових регламентних робіт, замінені. Поопераційний контроль проведений. Всі несправності усунені. Працездатність систем повітряного судна, двигунів, авіаційного і радіоелектронного обладнання перевірена, документи оформлені. Повітряне судно і його системи керівним інженерним складом оглянуті. Інженерно-технічним складом цеху оперативного технічного обслуговування повітряне судно прийнято.

3.1.3. Високою якістю проведення доробок.

Доробки виконуються, звичайно, комплексно і в установлені терміни. Доробки, які виконуються бригадами підприємства, контрольне відділ технічного контролю заводу-постачальника і приймає відділ технічного контролю авіаційно-технічної бази і заводу цивільної авіації .

Доробки, які виконуються силами заводів цивільної авіації і авіаційно-технічних баз, контролюють і приймають відділи технічного контролю цих підприємств. Доробки виконуються спеціально підготовленими для цієї роботи спеціалістами. На виконання доробок своєчасно оформляється відповідна документація. Всі доробки, які виконуються на авіаційній техніці, аналізують разом з льотним та інженерно-технічним складом.

3.1.4. Високою якістю виконання ремонту.

Ремонт авіатехніки проведений згідно з технологічною документацією, яка розроблена промисловістю або провідним ремонтним заводом і погоджена з розробником цієї авіатехніки.

Ремонтні роботи проведені спеціалістами, які пройшли відповідну підготовку, мають практичні навички в роботі і допущені до виконання конкретних операцій наказом по підприємству.

Робоче місце виконавця забезпечено справним інструментом і необхідним обладнанням, які передбачені технологією і паспортом.

Дефектація ремонтпридатної авіатехніки проведена в повному обсязі з застосуванням об'єктивних неруйнівних методів контролю, передбачених технологією.

Ремонтні і складальні роботи і відпрацювання систем виконані в повному обсязі. Виробничо-контрольна документація оформлена виконавцями, виробничими і контрольними майстрами. Проведена перевірка на відсутність сторонніх предметів. Загальний комплексний огляд повітряного судна проведений, дефекти усунені.

Повітряне судно передано на льотно-випробувальну станцію без дефектів.

Наземні й льотні випробування повітряного судна проведені в повному обсязі, який передбачений програмою.

Технічне обслуговування на льотно-випробувальній станції проведено згідно з регламентом.

Бригада з приймання повітряного судна оглянула його, її зауваження враховані, проведений контрольний обліт. Оформлений приймально-здавальний акт.

3.1.5. Вивченням нової науки – авіаційної ергономіки, впровадженням її положень і вимог в практику роботи льотного та інженерно-технічного складу.

3.2. Забезпечення максимальної справності парку авіаційної техніки, високої регулярності польотів.

3.2.1. Забезпечення максимальної справності парку авіаційної техніки і високої регулярності польотів досягається: постійним і систематичним скороченням простоїв повітряних суден на технічному обслуговуванні, в ремонті, на доробках і при усуненні несправностей, маючи на увазі:

- удосконалення організації робіт з технічного обслуговування і ремонту;

- впровадження наукової організації праці і автоматизованої системи керування;

- впровадження поетапних методів технічного обслуговування і ремонту;

- цілковите виключення простоїв авіаційної техніки через відсутність запасних частин;

- механізацію процесів технічного обслуговування і ремонту;

- поновлення пошкоджених літаків і вертольотів у стислі терміни;

- прийняття заходів щодо термінового поновлення поставальником авіаційної техніки, на яку подана рекламація.

3.2.2. Чітким плануванням використання повітряних суден, передбачивши:

- використання повітряного судна на найвигідніших відстанях безпосадочного польоту;
- максимальний наліт годин на облікове повітряне судно;
- максимальну доцільність частоти руху повітряних суден для існуючого потоку пасажирів;
- базування повітряних суден в порту з найбільшими потоками пасажирів і розвинутою технічною базою;
- максимальне надходження повітряних суден в ремонт і на виконання доробок в період найменшої інтенсивності польотів (рис. 5.4).

3.2.3. Проведенням ще до посадки повітряного судна завчасної підготовки для усунення дефектів за доповіддю командира повітряного судна в аеропорт прибуття.

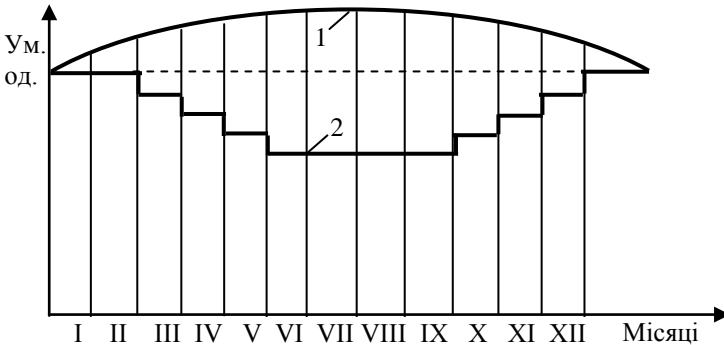


Рис. 5.4. Залежність надходження повітряних суден в ремонт і на доробки від інтенсивності польотів: 1 – пасажиропотік; 2 – надходження повітряних суден в ремонт

3.2.4. Виділенням резервних повітряних суден, які знаходяться в постійній, повній готовності для виконання рейсів.

3.2.5. Створенням спеціалізованих перонних бригад з усунення дефектів.

3.2.6. Створенням промисловістю і підприємствами цивільної авіації складів запасних частин, агрегатів і технічних аптечок в базових і проміжних аеропортах, в яких повинні бути спеціально підготовлені для транспортування і встановлення двигуни, агрегати, запчастини.

3.3. Удосконалення авіаційної техніки.

Удосконалення авіаційної техніки досягається такими заходами.

3.3.1. Систематичним аналізом рівня авіаційної техніки, її надійності.

3.3.2. Розробкою і пред'явленням вимог до промисловості з:

- подальшого удосконалення льотно-технічних характеристик авіаційної техніки;

- підвищення надійності авіаційної техніки;

- збільшення гарантійних, міжремонтних і призначених ресурсів, доведення ресурсів агрегатів і виробів до ресурсів повітряного судна і авіаційних двигунів;

- широкого використання конструкцій, створених за принципом безпечного руйнування;

- підвищення рівня експлуатаційної і ремонтної технологічності, стандартизації і уніфікації агрегатів, систем, вузлів та виробів;

- зниження трудомісткості технічного обслуговування і ремонту авіаційної техніки;

- ширшого впровадження модульної конструкції, вбудованого і автоматизованого контролю, вбудованих засобів оцінювання стану авіаційної техніки з метою забезпечення експлуатації і ремонту цієї техніки за станом.

3.3.3. Розробкою і впровадженням досконалішої системи для об'єктивного обліку відмов авіаційної техніки і оцінки її надійності.

3.4. Підвищення рівня організації робіт.

Підвищення рівня організації робіт спрямовано, головним чином, на вирішення таких задач.

3.4.1. Забезпечення повної і якісної підготовки літака (вертольота) до польоту.

3.4.2. Встановлення конкретної і персональної відповідальності осіб інженерно-технічного складу за:

- підготовку кожної системи і повітряного судна в цілому;
- технічний стан кожного повітряного судна.

3.4.3. Покладання відповідальності на інженерно-авіаційну службу авіа підприємства за технічно грамотну експлуатацію авіаційної техніки особовим складом.

Високий рівень організації робіт забезпечується такими заходами.

3.4.4. Удосконаленням методів і засобів технічного обслуговування і ремонту; впровадженням сучасних технологічних процесів; оснащенням цехів сучасним обладнанням, яке відповідає вимогам технічної естетики; підвищенням загального рівня технічної культури, впровадженням сітьового планування (рис.5.5), технологічних графіків і диспетчеризацією робіт, широким впровадженням засобів зв'язку і внутрішньозаводського транспорту, організацією попередньої підготовки виробництва, механізацією і автоматизацією виробничих процесів.

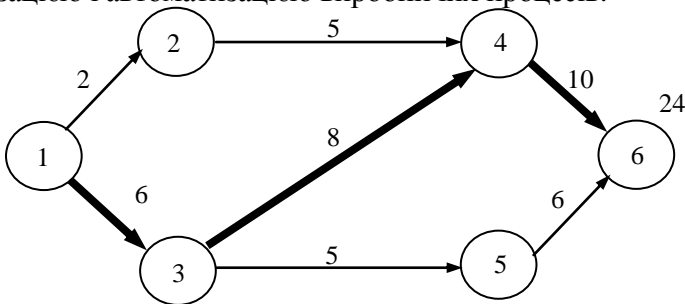


Рис. 5.5. Один із варіантів сітьового графіка виконання робіт з технічного обслуговування об'єкта авіоніки

3.4.5. Розробкою і впровадженням:

- засобів і методів об'єктивної оцінки роботи інженерно-технічного складу;
- науково-обґрунтованих рекомендацій з удосконалення організації робіт на авіаційній техніці.

3.4.6. Удосконаленням структури і спеціалізацією інженерно-авіаційної служби з урахуванням вимог, які ставляться до нової авіаційної техніки.

3.4.7. Систематичними оглядами авіаційної техніки інженерним і керівним складом з метою визначення її стану, повноти і якості виконання робіт.

3.4.8. Закріпленням за інженерно-технічним складом кожного повітряного судна.

3.4.9. Розробкою схеми функціонального базування авіаційної техніки, створенням опорних баз.

3.5. Технічна підготовка і робота з особовим складом.

Інженерно-авіаційна служба авіапідприємств зобов'язана здійснити такі заходи.

3.5.1. Допомогти кожному пілоту, штурману, радисту, інженеру, техніку, механіку та іншим спеціалістам, призначеним для здійснення польотів і виконання робіт на авіаційній техніці, оволодіти:

- знаннями авіаційної техніки;
- правилами експлуатації і технічного обслуговування;
- навичками виконання робіт.

3.5.2. Після відповідної перевірки знань і навичок дати висновок про допуск до робіт на авіаційній техніці.

3.5.3. В подальшому підтримка і підвищення рівня технічних знань інженерно-технічного і льотного складу здійснюються організацією систематичної технічної підготовки.

3.5.4. Технічна підготовка льотного складу, звичайно, проводиться безпосередньо в цехах авіаційно-технічних баз і на повітряних суднах, а також у спеціально обладнаних в

авіаційно-технічних базах і на ремонтних заводах технічних класах, призначених для конкретних повітряних суден, двигунів, їхніх систем, авіаційного і радіоелектронного обладнання. Класи оснащуються схемами, плакатами, макетами, тренажерами, імітаторами, моделюючими стендами, комп'ютерною технікою, наочними посібниками і діючими зразками авіаційної техніки, виготовленими на експлуатаційних і ремонтних підприємствах цивільної авіації або на заводах-виробниках.

3.5.5. Інженер-керівник інженерно-авіаційної служби будь-якої ланки повинен досконало знати авіаційну техніку і вміти виконувати будь-які операції з технічного обслуговування, в тому числі такі, як:

- перевірка працездатності, регулювання і налагодження систем і агрегатів;

- запуск і випробування двигунів.

Це досягається регулярною, практично – щоденною, особистою участю в операціях з технічного обслуговування і діагностування, виявлення причин відмов, в оглядах повітряних суден та інших роботах на авіаційній техніці;

3.5.6. Інженер з експлуатації повітряних суден повинен мати високу кваліфікацію і проводити з льотним складом заняття з аеродинаміки, пояснюючи фізичну сутність процесів, які відбуваються під час польоту;

3.5.7. Інженери всіх спеціальностей систематично повинні брати участь в розробці методичних посібників “Досвід експлуатації, надійність техніки, безпека польотів” та інших навчальних посібників.

3.6. Вивчення і використання передового досвіду.

3.6.1. В експлуатаційних підприємствах і на заводах цивільної авіації:

- щорічно, на основі глибокого і всебічного аналізу визначаються кращі зразкові виробничі підрозділи (цехи, ділянки, лабораторії тощо);

– досвід кращих підрозділів вивчається, узагальнюється і впроваджується з метою виведення всіх підрозділів підприємства на рівень передових.

3.6.2. Керівники інженерно-авіаційної служби всіх ланок:

– організують конкурси на “Краще утримання повітряного судна”, “Кращий підрозділ”, “Кращий авіаспеціаліст”, “Краща бригада” тощо;

– залучають до вирішення питань забезпечення безпеки польотів і підвищення ефективності використання авіаційної техніки раціоналізаторів і винахідників;

– поширюють метод роботи виконавців з особистим клеймом, розгортають рух наставництва;

– організують навчання особового складу з економічних питань.

4. Умови забезпечення високого рівня безпеки польотів

4.1. Повна і якісна підготовка повітряного судна проведена.

4.2. Несправності на борту повітряного судна усунені.

4.3. Профілактичними заходами виникнення відмови (дефекту) попереджено.

4.4. Інженерно-технічний склад та інші спеціалісти, які беруть участь у підготовці повітряного судна до польоту, необхідними знаннями і навичками володіють.

4.5. Рівень підготовленості екіпажу високий, екіпаж знаннями і умінням правильно діяти в особливих випадках польоту володіє.

4.6. Якісний метеорологічний прогноз підготовлений, керування польотом забезпечено.

4.7. Аеродроми зльоту і посадки встановленим вимогам відповідають.

5. Обов'язкові умови систематичного зростання ефективності використання авіаційної техніки

5.1. Підвищення рівня справності авіаційної техніки.

5.2. Збільшення добового нальоту на облікове повітряне судно.

5.3. Збільшення комерційного завантаження повітряного судна.

5.4. Підвищення рівня регулярності польотів.

5.5. Скорочення трудомісткості і календарного часу технічного обслуговування і ремонту.

Всьому особовому складу цивільної авіації, який має відношення до експлуатації, технічного обслуговування і ремонту авіаційної техніки, належить знати вимоги комплексної системи і в повсякденній діяльності, в реально існуючих умовах керуватися її принципами і положеннями.

Методичні вказівки

Вивчення матеріалу глави передбачає ознайомлення з такими основними етапами льотно-технічної експлуатації авіаційної техніки і, зокрема, її складової частини – авіоніки, як початковий етап, етап нормальної експлуатації і етап зносу.

Кожний з етапів характеризується не тільки кількісними і якісними показниками надійності функціонування об'єктів бортового обладнання повітряних суден, але й, головним чином, причинами виникнення відмов і несправностей.

Необхідно звернути особливу увагу на початковий етап експлуатації авіаційної техніки, його особливості й реалізацію. Саме на цьому етапі найчастіше виявляються недоліки організації і технології технічного обслуговування і ремонту, експлуатаційної документації, забезпечення необхідними контрольно-перевірочною апаратурою і запасними частинами тощо.

Для вивчення процесу взаємодії людини-оператора з авіаційною технікою важливо знати модель ергатичної системи оператор-повітряне судно як для льотної експлуатації, так і для технічного обслуговування і ремонту.

Вивчивши питання сенсорної і сенсо-моторної діяльності людини-оператора за відповідними літературними джерелами з ергономіки та інженерної психології, проаналізувавши операції технічного обслуговування й ремонту конкретних об'єктів авіоніки (з особистого досвіду або за технологічними вказівками), важливо з'ясувати конкретний зміст матриць $S_{c.v.i}$, $S_{o.k}$, $S_{o.a}$, $S_{o-m.z}$, $S'_{o.k}$, $S_{o.a-m.z}$ та $S_{c.v.i}^{m.3}$, які ввійшли до векторно-матричних рівнянь, що характеризують моделі ергатичних систем в процесі технічної експлуатації авіаційної техніки.

Слід засвоїти основні принципи і положення комплексної системи організації робіт інженерно-авіаційної служби з забезпечення безпеки польотів і підвищення ефективності з тим, щоб ними керуватися у своїй практичній діяльності.

Запитання для самоперевірки

1. Чому неможливо заздалегідь визначити момент відмови конкретного виробу бортового обладнання?

2. Назвіть основні етапи льотно-технічної експлуатації авіаційної техніки і поясніть причини, які обумовлюють виникнення відмов на цих етапах.

3. В чому полягають особливості початкового етапу льотно-технічної експлуатації об'єктів авіоніки?

4. Розкажіть про модель ергатичної системи оператор-об'єкт авіоніки в льотно-технічній експлуатації.

5. Дайте характеристику змісту матриць $S_{c.v.i}$, $S_{o.k}$, $S_{o.a}$, $S_{o-m.z}$, $S'_{o.k}$, $S_{o.a-m.z}$ та $S_{c.v.i}^{m.3}$, які ввійшли до векторно-матричних рівнянь, що характеризують моделі ергатичних систем при технічному обслуговуванні авіатехніки.

6. В чому полягають основні принципи і положення комплексної системи організації робіт інженерно-авіаційної служби з забезпечення безпеки польотів і підвищення ефективності використання авіатехніки?