СУЧАСНІ АВІАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 629.735.083 (045)

С.О. Дмитрієв, д-р техн. наук
В.І. Бурлаков, канд. техн. наук
О.І. Юрченко

МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

Кафедра збереження льотної придатності авіаційної техніки, НАУ, e-mail: zlpat@nau.edu.ua

Розглянуто проблеми збереження льотної придатності повітряних суден на основі моделювання процесів технічного обслуговування авіаційної техніки й питання кількісної оцінки надійності людини при технічному обслуговуванні авіаційної техніки. Побудована модель, яка враховує вплив експлуатаційних факторів, форми організації технічного обслуговування, властивості та можливості авіаційного обслуговуючого персоналу на якість технічного обслуговування.

Вступ

Побудова моделей і математичне моделювання процесів технічної експлуатації виробів авіаційної техніки (АТ) дозволяє на більш високому рівні розроблювати плани технічного обслуговування (ТО) повітряних суден (ПС), враховуючи вплив експлуатаційних факторів, властивостей та можливостей обслуговуючого персоналу.

Існуюча практика моделювання окремих задач технічної експлуатації АТ показала недостатність ефективності такого підходу через необхідність в кожному конкретному випадку розробки нових алгоритмів і програм.

Важливою проблемою в цивільній авіації (ЦА) є забезпечення надійності складних функціональних систем ПС у процесі експлуатації, дослідження яких зводиться до розгляду надійності технічних систем з урахуванням діяльності обслуговуючого персоналу та своєчасності виконання ними робіт з ТО [1].

Постановка завдання

Існуючі моделі процесів не включають вплив характеристик обслуговуючого персоналу на якість ТО через відсутність методик опису видів діяльності авіаційних спеціалістів та методів кількісної оцінки якості їх роботи.

Модель процесів ТО АТ дозволить проводити оцінку якості роботи авіаційних спеціалістів усіх категорій і враховувати складові процесу залежно від масштабу розгляду задач.

Аналітичні вирази оцінки якості авіаційних фахівців виконано на підставі аналізу структури їх діяльності.

Використання цієї моделі на практиці забезпечить можливість керування якістю процесів технічного обслуговування АТ й сприятиме збереженню льотної придатності ПС.

Принципово нова концепція експлуатації не тільки враховує, але й раціонально використовує всі резерви сформованих промисловістю експлуатаційних властивостей конструкцій ПС. Ця концепція потребує не тільки застосування сучасних досягнень в галузі теорії надійності та технічної експлуатації, але й технічного переоснащення експлуатаційних підприємств, ідеологічної перебудови інженерно-авіаційної служби, комп'ютеризації процесів управління ТО ПС ЦА.

Формування ефективності та показників якості процесів технічного обслуговування авіаційної техніки

На стадії експлуатації АТ ергономічне забезпечення складається здебільш з контролю та управління якістю діяльності авіаційних спеціалістів, підтримці їх в працездатному психофізіологічному стані, створенні умов для постійного підвищення якості роботи, включаючи й автоматизовані системи управління виробництвом.

Комплекс методів, засобів та організаційно-технічних заходів дозволить експлуатанту забезпечити:

– оптимальний контроль та управління якістю діяльності авіаційних спеціалістів;

– контроль функціонального стану ергатичних елементів й підтримку необхідного рівня їх працездатності;

– безпеку праці людини;

– стійку направленість спеціалістів на високоефективну працю та удосконалення методів використання її результатів на основі створення системи морально-психологічного і матеріально-економічного стимулювання;

– формування вимог до необхідного рівня професійної підготовки для виконання обов'язків для кожної посади;

– проведення підготовки, сертифікації та підвищення кваліфікації авіаційних спеціалістів та ін.

Під час розглядання пригод, причиною яких була помилка людини та обставина, що помилки відбуваються в організаційних умовах, протягом тривалого часу не враховувалася, й особу, яка несе всю відповідальність за допускання таких упущень, не виявлялася. Тому, щоб виявити загальносистемні умови, які сприяють появі помилок, необхідно дуже ретельно вивчити системні й організаційні недоліки.

Аналізуючи надійність АТ як ергатичну систему, розглядають взаємодію інженерно-технічного персоналу з технічною системою ПС та цілеспрямовану діяльність керівників, які організовують процеси ТО.

Виконання робіт з ТО АТ можна зобразити як послідовність складових:

$$\Phi = \varphi\left[\Gamma_{\text{о}}(X), \Gamma_f(X), F_f(X)\right],$$

де $\Phi(X)$ – виконання заданої функції в умовах X; $\Gamma_{\text{о}}(X)$ – стан системних ТО в момент надходження заявки; $\Gamma_f(X)$ – властивість стійкості ергатичної системи; $F_f(X)$ – якість виконання заданої функції в умовах X.

Початковий стан ергатичної системи $\Gamma_o(X)$ визначає можливість початку виконання робіт з ТО. При цьому враховуються наявність необхідних для даної роботи (вільних на момент надходження заявки) авіаційних спеціалістів й технічних засобів ТО, їх підготовленість та організованість, наявність технології і необхідних ресурсів для виконання даної функції.

$$\Gamma_{\text{о}}(X) = \varphi_\Gamma\left[P(X), S(X)\right],$$

де $P(X)$ – можливості даної ергатичної системи до виконання робіт з ТО в умовах X; $S(X)$ – ступінь готовності ергатичної системи до виконання робіт з ТО.

У процесі виконання робіт з ТО АТ ергатична система має підтримувати – працездатність R_f, організованість E_f, технологію T_f та цілевизначеність Q_f протягом усього часу виконання заданої функції. Ця властивість стійкості $\Gamma_f(X)$ включає ті самі компоненти, що й $S(X)$:

$$\Gamma_f(X) = \varphi_\Gamma\left[R_f, E_f, T_f, Q_f\right].$$

Якість виконання робіт залежить від низки складових:

$$F_f(X) = \varphi_F\left[U, Y, Q\right],$$

де U – своєчасність початку виконання робіт; Y – ступінь успішності виконання робіт з ТО в умовах X (готовність до виконання, дотримання технології, безпомилковість, точність); Q – властивість, яка характеризує якість контролю виконання заданих функцій [2].

Ефективність ергатичної системи E_c залежить від таких показників (рис. 1):

– показників продуктивності;

– показники надійності;

– показників якості функціонування ергатичної системи F_c:

$$E_{\text{с}} = f\left[F_{\text{с}}, X_{\text{с}}, Z_{\text{с}}\right],$$

де $X_{\text{с}}$ – керуючий фактор; $Z_{\underline{\text{с}}}$ – зовнішній вплив системного рівня.

Показники F_c залежать від показників якості виконання окремих задач $F_з$ та структури їх логіко-часового взаємозв'язку $L_{\text{с-з}}$:

$$F_{\text{с}} = \varphi\ \left[F_{\text{зі}}, X_{\text{зі}}, Z_{\text{зі}}, L_{\text{с-з}}, U_{\text{с-з}}, Y_{\text{с-з}}\right],$$

де $X_з$ – фактори, якими керують; $Z_{\text{зі}}$ – збурювання, що впливають на якість виконання задачі; $U_з$ – обмеження, що впливають на структуру; $Y_з$ – керовані фактори структури.

Аналогічно показник якості виконання задачі $F_з$ залежить від якості виконання окремих операцій $F_{\text{о}}$ та логіко-часової структури операцій $L_{\text{з-о}}$:

$$F_{\text{з}} = \gamma\ \left[F_{\text{оі}}, X_{\text{оі}}, Z_{\text{оі}}, L_{\text{з-о}}, U_{\text{о}}, Y_{\text{о}}\right],$$

де $X_{\text{оі}}$, $Z_{\text{оі}}$ – керовані фактори і збурювання, що впливають на якість робіт; $U_{\text{о}}$, $Y_{\text{о}}$ – керовані фактори та обмеження, що впливають на структуру.

Подана схема формування показників якості процесів ТО має такі принципові особливості:

– порівняльне обчислення показників F_i, що дозволяє розділити складні процеси на більш простіші;

– окреме урахування параметрів і структури системи дозволяє можливість як структурної, так і параметричної оптимізації;

– порівняльний облік збурюючих та керуючих факторів дозволяє оцінити їх вплив на відповідному їм масштабі рівня.

Таким чином, створюється досить складна структура факторів, які впливають на якість процесів ТО АТ, котра охоплює як організаційні, так й виконавчі аспекти діяльності авіаційних спеціалістів.

Побудова моделі технологічного процесу технічного обслуговування авіаційної техніки

Для оцінки процесу ТО в цілому необхідно зібрати в єдину систему показники складових процесу та встановити між ними зв'язок за допомогою логіко-ймовірнісної моделі.

Логіко-ймовірнісна модель являє собою орієнтований граф, що складається з двох частин:

– декомпозиційної;

– агрегаційної.

На дугах графа відображуються логічні взаємозв'язки та події, задані ймовірності виходів, а на тих, що відображують дію, час виконання роботи.

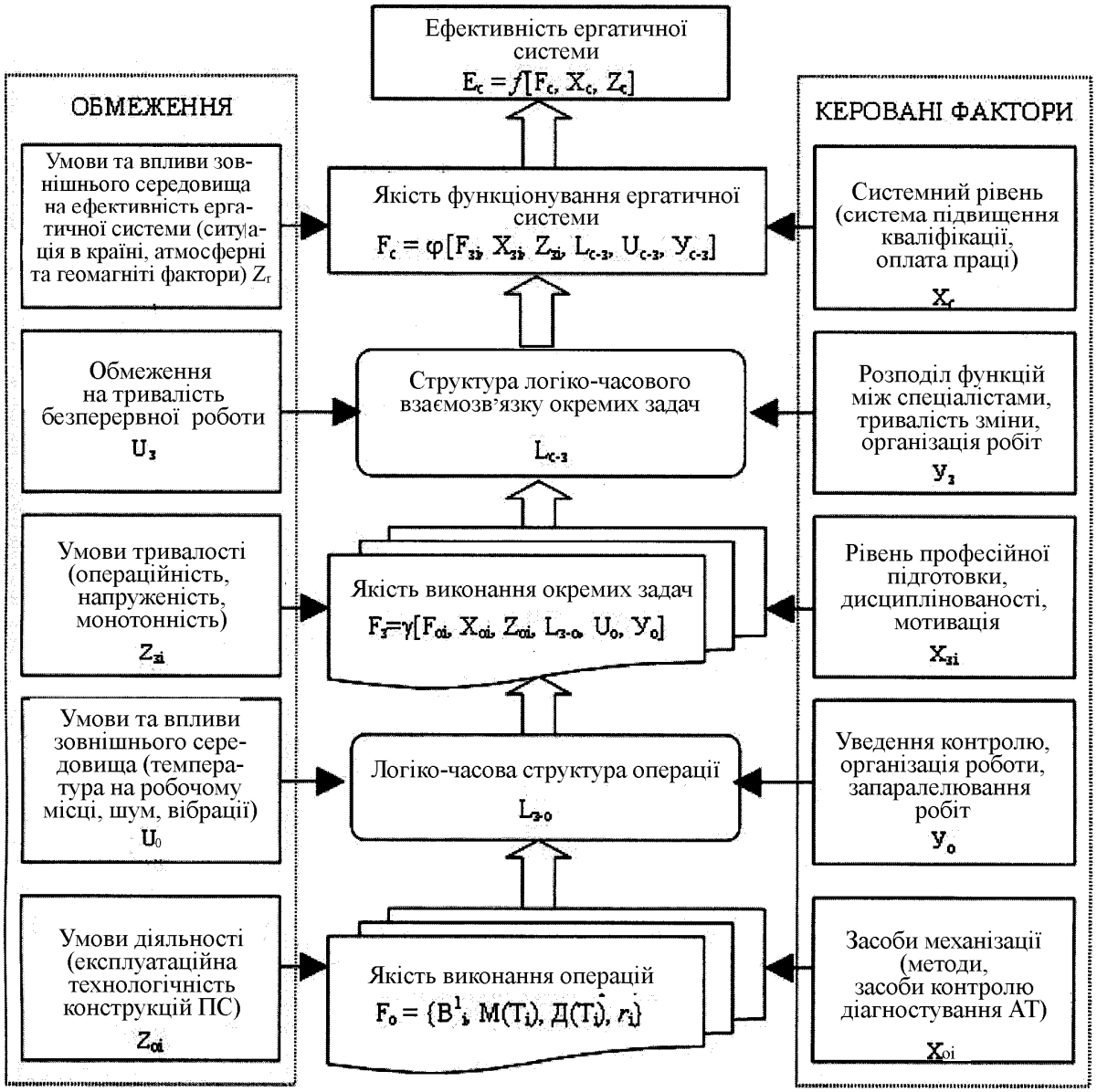

Рис. 1. Схема формування ефективності та показників якості процесів ТО АТ

У декомпозиційній частині логіко-ймовірнісної моделі здійснюється розгалуження на таку кількість дуг, яка відповідає повній групі неспільних подій (рис. 2). Відповідність окремого процесу вимогам (невідповідність) позначено "1" ("0"). Признані (ідентифіковані) як правильно (неправильно) виконаний процес – позначені індексом "1"("0"). Отримані за результатами розгалуження сукупності вершин аналізуються, в якому вигляді проявляється кожна вершина. Потім проводиться об'єднання цих вершин в групи за принципом однакової форми їх проявлення.

Таким чином, декомпозиція здійснюється логіко-часовою послідовністю подій, а агрегації – за формою проявлення або характером результату.

Під час дослідження процесів ТО деякі з перелічених факторів або їх складових можуть бути відсутніми (або не враховуються при дослідженні визначених випадків). Для цього в модель введені булеві змінні l_i та $\bar{l}_i$, котрі відзначають у неї наявність таких *i*-функцій. Якщо l_i = 1, процес враховує дану складову, якщо l_i = 0, процес реалізується за дугами $\bar{l}_i$ (БГ, ГЕ, ЕЗ). В агрегаційній частині моделі об'єднання можна проводити за двома ознаками:

I – за формою проявлення, без диференціації подій на безпомилкові та помилкові відповідно з наведеними вище позначеннями;

II – за характером результату процесу ТО в цілому.

Імовірності проявлення *k*-ї події представляють добуток імовірностей появи окремих складових, які утворюють шлях, а час його появлення – суму часу, який витрачається на виконання окремих операцій, що входять у цей шлях.

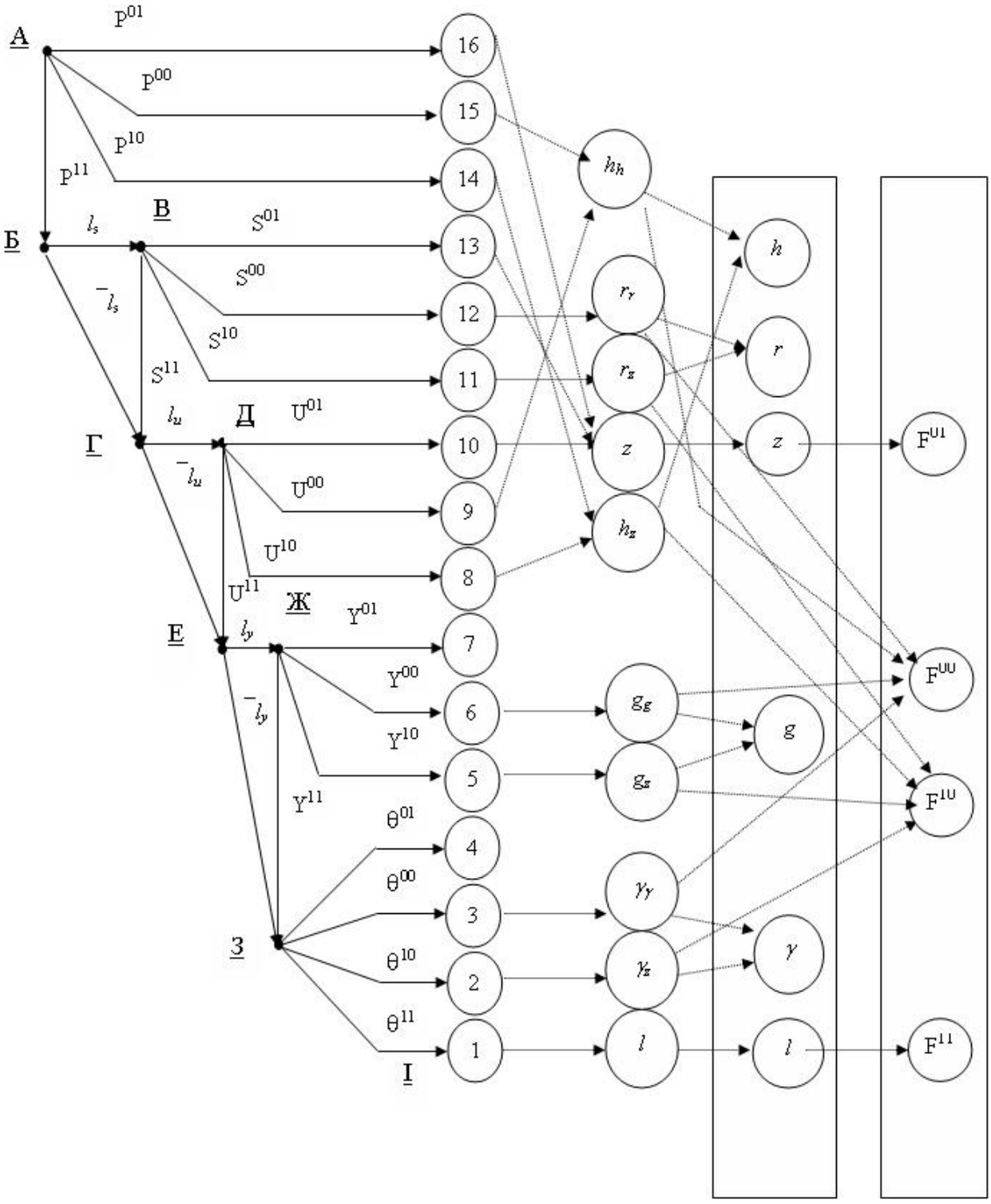

Рис. 2. Логіко-ймовірнісна модель процесів ТО АТ:

1–16 – декомпозиційні стани процесу;

А – можливість початку виконання роботи; *Б* – ступінь готовності ергатичної системи; В – стан готовності; *Г* – своєчасність початку виконання робіт; *Д* – час фактичного початку роботи; *Е* – ступінь успішності виконання роботи; *Ж* – стан АТ; *З* – ступінь контролю якості виконання робіт;

l – успішне закінчення сукупності робіт; γ_γ (γ_z) – безрезультатне (помилково ідентифіковано як безрезультатне) закінчення сукупності робіт; z – закінчення робіт із прихованим дефектом; g_g (g_z) – переривання процесу через фактичне (помилкове) виявлення помилки; r_r (r_z) – переривання процесу через фактичне (помилкове) проявлення структурно-організаційної відмови; h_h (h_z) – подія, яка складається з того, що ТО не було почато правильно (помилково)

В агрегаційній частині у зв'язку з тим, що об'єднуються в групи, неспільні події ймовірності окремих виходів підсумовуються.

З урахуванням прийнятої методології для кожного рівня обираються керуючі фактори у вигляді набору організаційно-технологічних рішень, за допомогою яких можна забезпечити підвищення якості ТО на обраному рівні.

Типовими керуючими факторами на етапі експлуатації є:

1) на рівні розв'язання сукупності задач:
– зміна кількості авіаційних спеціалістів та варіантів їх взаємодії;
– розподіл функцій між спеціалістами;
– вибір кількості робочих місць, бригад;
– змінювання режимів праці та відпочинку (число змін, тривалість роботи тощо);
– введення професійного відбору;
– застосування заходів щодо компенсації негативних впливів зовнішнього середовища;
2) на рівні вирішення задачі:
– зміна структури та технології вирішення задачі;
– розподіл функції між людиною та технікою;
– реорганізація робочих місць;
– підвищення вимог до кваліфікації спеціалістів, їх підбір та інформаційне забезпечення розв'язання задач;
3) на рівні операцій:
– введення контролю та його розподіл щодо виконання робіт;
– підвищення рівня навичок до виконання операцій.

Висновок

На основі наведеної логіко-ймовірнісної моделі проводиться оцінка якості робіт авіаційних спеціалістів та управління технологічними процесами при виконанні ТО ПС.

Для визначення показників функціональної надійності необхідно знати математичне очікування та дисперсію часу виконання одиниці діяльності. Кількісні показники надійності людини на функціональному рівні отримані на основі аналізу структури його діяльності і можуть бути використані для керування якістю робіт авіаційних фахівців.

Література

1. *Бурлаков В.И., Мансур Жихад, Ханан Ясер.* Анализ факторов, влияющих на качество технического обслуживания ВС // Проблемы системного подхода в экономике: Сб. науч. труд. – К.: КМУГА, 1999. – Вып. 3. – С. 103–107.

2. *Бурлаков В.І., Юрченко О.І., Корсуненко М.В.* Вибір та обґрунтування показників якості робіт при ТО АТ// Сб. науч. тр. Междунар. науч. техн. конф., 16–20 апр., 2004 г. – К.: НАУ, 2004. – С. 36.44–36.48.

Стаття надійшла до редакції 12.09.05.

С.А. Дмитриев, В.И Бурлаков, Е.И. Юрченко

Модель технологического процесса технического обслуживания авиационной техники

Рассмотрены проблемы сохранения летной годности воздушных судов на основе моделирования процессов технического обслуживания авиационной техники и вопросы количественной оценки надежности человека при техническом обслуживании авиационной техники. Построена модель, учитывающая влияние эксплуатационных факторов, формы организации технического обслуживания, свойства и возможности авиационного обслуживающего персонала на качество технического обслуживания.

S.A. Dmitriev, V.I. Burlakov, H.I. Yourchenko

Model of the technological process of maintenance of aviation equipment

Examined problems of the retention of the airworthiness of air vessels on the basis of the simulation of the processes of the maintenance aviation equipment and questions of the quantitative assessment of the reliability of man with the maintenance of aviation equipment. Model is built, considering the influence of operational factors, the form of organization maintenance, property and the possibility of the aviation service personnel.