

структури частково адаптивної АР для ККС СРНС із максимальним використанням апріорної інформації щодо сигналів і завад, тобто зводиться до пошуку найкращого алгоритму для заданого застосування. Оскільки такої докладної апріорної інформації на практиці часто може не бути, особ-

ливо в разі перемежовуваних активних завад, то адаптивний процесор згідно з А2 — розумна альтернатива побудови АП СРНС із необхідною завадостійкістю в реальних умовах визначення місцезнаходження, навігації та вироблення коригувальної інформації в ККС.

Рецензент: доктор техн. наук, професор Л. Н. Беркман, Державний університет телекомунікацій, Київ.

С. В. Козелков, Н. В. Коршун, В. Ф. Заика, М. Н. Степанов

ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ КОНТРОЛЬНО-КОРРЕКТИРУЮЩИХ СТАНЦИЙ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ

Рассмотрены методы и средства повышения помехоустойчивости контрольно-корректирующих станций спутниковых радионавигационных систем.

S. V. Kozelkov, N. V. Korshun, V. F. Zaika, M. M. Stepanov

THE IMPROVEMENT OF INTERFERENCE IMMUNITY OF SNS REFERENCE STATIONS WITH ACCOUNT OF DESTABILIZING FACTORS

The paper deals with the methods and means for raising interference immunity of check-correcting stations of satellite radio navigational systems.

УДК 629.7.08

О. В. БЕЛЯЕВ, канд. техн. наук, докторант;

О. В. ЗАДОРЖНА;

О. Л. ПУЗИРЬОВ, канд. техн. наук, доцент;

І. В. МУНШТУКОВ, доцент,

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету

Застосування автоматизованої інформаційної системи керування якістю технічного обслуговування навчально-тренувальних літаків як один зі шляхів підвищення рівня безпеки польотів

Проаналізовано функціональні зв'язки в системі технічного обслуговування повітряних суден і запропоновано підхід, згідно з яким контроль якості технічного обслуговування повітряних суден у складі ергатичної системи здійснюється методом скерування інформаційних потоків від складових системи, що забезпечують якість технічного обслуговування, в автоматизовану інформаційну систему з урахуванням людського чинника для підвищення рівня безпеки польотів.

Ключові слова: якість функціонування системи якості; ергатична система; технічне обслуговування; повітряне судно; автоматизована інформаційна система.

Актуальність та постановка проблеми

Забезпечення високої якості робіт із технічного обслуговування (ТО) авіаційної техніки (АТ) — важливе завдання для всієї інженерно-авіаційної служби авіакомпанії або авіаційного навчального закладу, оскільки йдеться про безпеку та регулярність польотів [1]. Система ТО являє собою ергатичну систему (ЕС), в якій важливу роль відіграє людський чинник. Один зі шляхів забезпечення ефективного функціонування системи ТО повітряного судна (ПС) полягає в пошуку раціонального розв'язання виробничих проблем щодо планування обсягів робіт, їхньої складності, інформаційного та матеріального забезпечення, добору виконавців і осіб, що їх контролюють, відповідної кваліфікації, строків виконання та інших питань стосовно гарантування високої якості виконуваних робіт. На успіх у справі підтримання високої якості ТО ПС поряд із зазначеними чинниками впливають численні як позитивні, так і негативні прояви людської діяльності. Відшукання інструментів керування інформаційними складовими системи контролю якості ТО ПС слід розглядати як один зі шляхів розв'язання важливого завдання — мінімізації негативного впливу людського чинника на якість виконуваних робіт.

Аналіз досліджень і публікацій

Загальні питання якості функціонування ергатичних систем розглядав А. І. Губинський [2], керування процесами ТО АТ описано в дослідженнях О. В. Орлова [3]. У зазначених працях приділено увагу відшуканню підходу до оцінювання якості контролю за системою ТО ПС як системою ергатичною. Окрім того, формуванню показників якості роботи технічного персоналу під час ТО АТ присвячено

працю В. І. Бурлакова, Р. М. Салімова та М. В. Корсуненко [4], де розглядаються питання якості виконання ТО, але без акцентування проблем контролю за здійсненням такого обслуговування.

У сучасних дослідженнях запропоновано методологію управління якістю ТО АТ з урахуванням діяльності обслуговувального персоналу та якості проведення робіт [5], розробку інфологічної моделі автоматизованої системи управління якістю ТО ПС [6] тощо. Проте сучасний підхід до організації ТО, який базується на дедалі ширшому використанні новітніх інформаційних технологій, вимагає аналізу та побудови принципово нової системи контролю за якістю ТО ПС, що має на меті забезпечення ефективної роботи авіаційних фахівців під час ТО, зі збереженням льотної придатності навчально-тренувальних літаків у процесі експлуатації.

Постановка завдання

Організаційно-технічні форми забезпечення якості ТО ПС постійно вдосконалюються. Так, один із ефективних шляхів удосконалення полягає у використанні програмного забезпечення щодо отримання, обробки та скерування оперативних інформаційних потоків, утворюваних відповідними виробничими процесами, для підтримання високої якості ТО ПС. Існування в складі АТБ навчального закладу автоматизованої інформаційної системи (АІС), що має підтримувати систему якості ТО ПС, слід розглядати як вагомий чинник гарантування високого ступеня безпеки польотів. Важливий компонент таких автоматизованих систем — база даних професійної надійності технічного персоналу, яка дозволяє інтегрувати систему професійної підготовки операторів із системою профілактики авіаційних подій [6].

Інформація про складність запланованих робіт із ТО ПС, що уможливорює добір виконавця та контролюючої особи, породжує інформаційний потік, спрямований на оптимізацію виробничого процесу.

Якість ТО ПС потребує оцінки комплексної, оскільки йдеться про результат виконання своїх обов'язків багатьма виконавцями. Якість праці виконавця оцінюють ступенем відповідності кожної завершеної роботи отриманому виробничому завданню та вимогам експлуатаційно-технічної документації [7].

Чинники впливу на якість праці

Якщо виходити з того, що кожний працівник фізично та психологічно здатний виконувати роботу без помилок і браку, то для забезпечення його високоефективної праці потрібно створити необхідні умови. Головні з них такі: знання цілей та призначення виконуваної роботи; прагнення виконавця досягти високої якості роботи, підкріплюване дієвою системою контролю; матеріальне та моральне стимулювання зусиль щодо підвищення якості праці; уміння правильно виконувати технологічні операції з ТО АТ [7]; можливість виконувати роботу лише за передбаченою технологією в установлені строки. Задоволення зазначених вимог потребує високої оснащеності та раціональної організації процесу ТО, достатнього рівня забезпеченості необхідними інструментами, обладнанням та матеріалами за умови раціонального ступеня завантаженості виконавців. Проаналізувавши чинники впливу на якість ТО ПС, можна подати їх у вигляді схеми, наведеної на рисунку.

Система ухвалення рішень в АТБ навчального закладу або в організації з ТО щодо можливості виконання високоякісних робіт має базуватися на об'єктивній і своєчасній інформації про стан усіх видів (матеріального, метрологічного тощо) забезпечення ТО АТ та вплив людського чинника (психологічних, фізичних та інших показників) на виконання виробничого завдання із заданим рівнем якості.

Інформацію, що розглядається в процесі її поширення в просторі та часі у визначеному напрямі, називатимемо *інформаційним потоком* [1]. Такий потік можна спрямовувати в потрібне річище, маючи на меті за його допомогою оцінювати, порівнювати та оперативно впливати на розвиток подій щодо забезпечення умов виконання високоякісного ТО ПС.

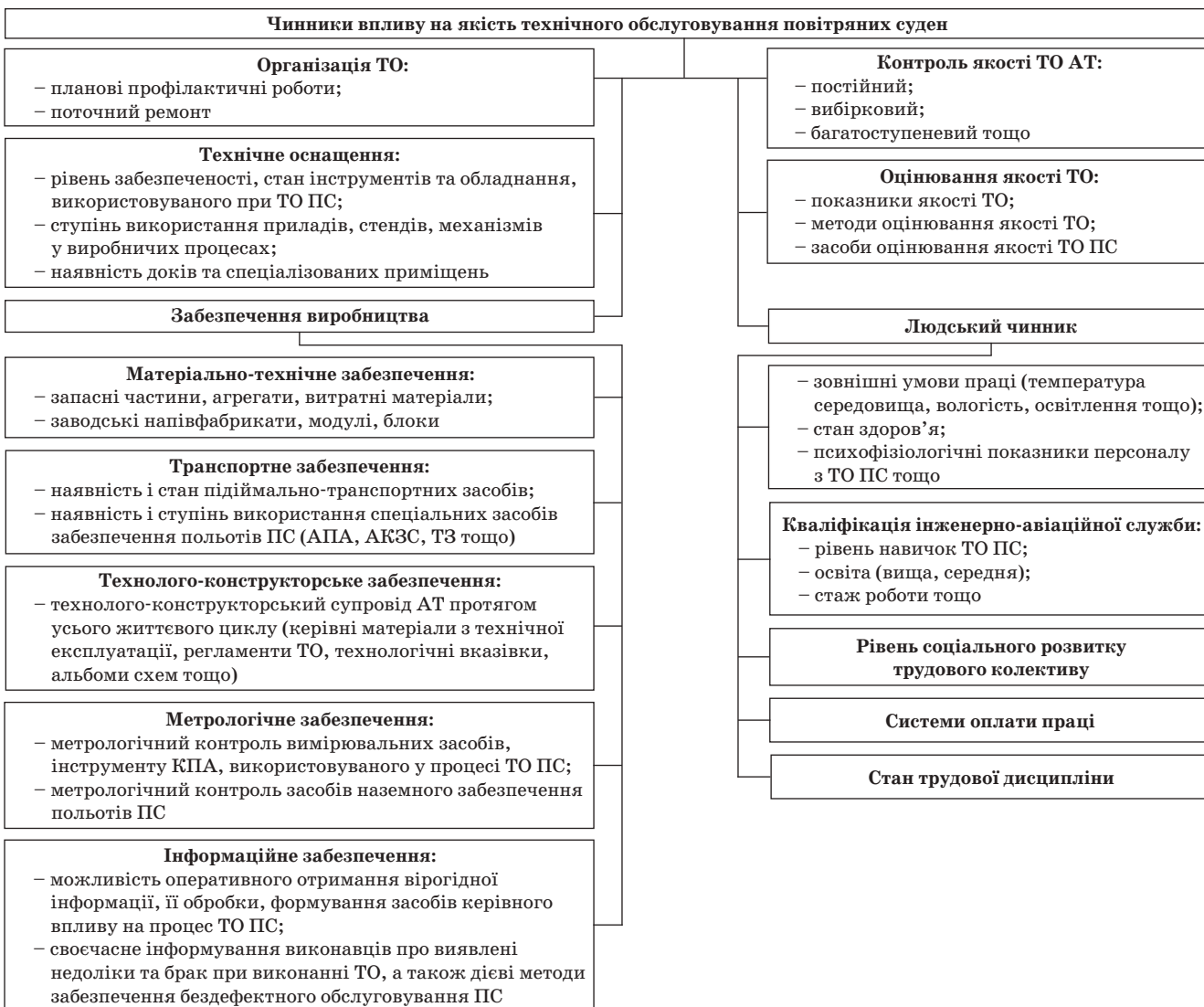
Утворювані інформаційні потоки, що характеризують стан чинників, від яких залежить якість праці, зазнають обробки й порівняння з еталонними зразками матриць рішень. Здобуті результати надходять операторові — особі, яка ухвалює остаточне рішення.

Сьогодні існують достатньо добре розроблені засоби та моделі, що описують перебіг технічної експлуатації за допомогою напівмарковських процесів зі скінченною множиною станів, узагальненого структурного методу, теорії ігор, методів побудови та аналізу причинно-наслідкових графів.

Використовувані нині засоби та показники якості ТО з урахуванням внеску обслуговувального персоналу пов'язані безпосередньо або з оцінкою надійності ПС у польоті залежно від якості ТО, або з оцінкою якості ТО ПС, що враховує можливі помилки виконавців. Математичний вираз оцінки надійності експлуатованої системи ПС у польоті залежно від якості виконання ТО має такий вигляд [5]:

$$P_{e,c}(t) = \left[P_c(t) + (1 - P_c(t)) P_{в,н} (P_{у,н} + (1 - P_{у,н}) P_{в,о}) \right] (P_{н,н} + (1 - P_{н,н}) P_{в,о}),$$

де $P_c(t)$ — імовірність безвідмовної роботи системи; $P_{в,н}$ — імовірність виявлення несправності; $P_{у,н}$ — імовірність усунення несправності; $P_{в,о}$ — імовірність виявлення помилки оператора; $P_{н,н}$ — імовірність не внесення несправності.



У дослідженнях надійності ПС доцільно враховувати діяльність обслуговувального персоналу [8].

Нехай імовірність одночасної появи двох і більшої кількості помилок настільки мала, що нею можна знехтувати, і при цьому кожна помилка може бути практично миттєво компенсована з імовірністю $P_{п.к}$, тоді ймовірність безвідмовної роботи ПС у проміжку часу $[t_1, t_1 + \Delta t]$ набирає вигляду

$$P(t_1, \Delta t) = P_{TC}(t_1, \Delta t) \{ P_{o.n}(\Delta t) + [1 - P_{o.n}(\Delta t)] P_{п.к} \},$$

де $P_{TC}(t_1, \Delta t)$ — імовірність безвідмовного технічного стану роботи ПС у проміжку часу $[t_1, t_1 + \Delta t]$; $P_{o.n}(\Delta t)$ — імовірність безвідмовної роботи обслуговувального персоналу в проміжку часу Δt , якщо ПС працює безвідмовно.

Компенсація помилок — важливий шлях підвищення надійності ПС. При цьому ймовірність безвідмовної роботи ПС у проміжку часу $[t_1, t_1 + \Delta t]$ визначається виразом:

$$P_{TC}(t_1, \Delta t) = P_{o.n}(t_1, \Delta t) \{ P_{TC}(\Delta t) + [1 - P_{TC}(\Delta t)] P_{TK}(t_1, \delta, t_1 + \Delta t) \},$$

де $P_{TK}(t_1, \delta, t_1 + \Delta t)$ — умовна ймовірність безвідмовної роботи в проміжку часу $[t_1, t_1 + \Delta t]$ ПС із компенсацією наслідків відмов технічного стану за такої умови: якщо в момент δ трапилась відмова, то вона була скомпенсована ($t_1 < \delta < t_1 + \Delta t$).

У разі компенсації як помилок обслуговувального персоналу, так і відмов технічного стану ймовірність безвідмовної роботи ПС у проміжку часу $[t_1, t_1 + \Delta t]$ подається так:

$$P(t_1, \Delta t) = \{ P_{o.n}(\Delta t) + [1 - P_{o.n}(\Delta t)] P_{п.к} \} \{ P_{TC}(t_1, \Delta t) + [1 - P_{TC}(\Delta t)] P_{TK} \}.$$

При цьому ймовірність досягнення цілі [9]:

$$P(A_{ij}) = 1 - \bar{P}_{o.n}(H_{ij}) P(\bar{A}_{ij}/H_{ij}),$$

де $\bar{P}_{o.n}(H_{ij})$ — імовірність того, що при виконанні завдання j -го типу виникне помилка i -го виду;

$P(\bar{A}_{ij}/H_{ij})$ — умовна ймовірність недосягнення робочої мети в разі появи i -го виду помилки обслуговувального персоналу під час виконання j -го завдання; $P(\bar{A}_{ij})$ — імовірність недосягнення робочої мети через виникнення помилки i -го виду при виконанні завдання j -го типу.

Якщо завдання вважати незалежними, то

$$P(A_j) = \prod_{i=1}^N [1 - \bar{P}_{o.n}(H_{ij})P(\bar{A}_{ij}/H_{ij})],$$

де $P(A_j)$ — імовірність досягнення мети при розв'язанні завдання j -го типу в разі появи всіх N видів помилок обслуговувального персоналу.

Якщо помилки призводять до взаємовиключних подій, то

$$P(A_j) = 1 - \sum_{i=1}^N \bar{P}_{o.n}(H_{ij})P(\bar{A}_{ij}/H_{ij}).$$

Імовірність досягнення робочої мети для всіх n_j випадків виконання завдань j -го типу, якщо можливі види помилок незалежні, задовольняє таку рівність:

$$P(A_j) = \left\{ \prod_{i=1}^N [1 - \bar{P}_{o.n}(H_{ij})P(\bar{A}_{ij}/H_{ij})] \right\}^{n_j}.$$

Якщо всі m типів завдань та N видів помилок незалежні, то загальна ймовірність досягнення робочої мети обчислюється за формулою

$$P(A_j) = \prod_{j=1}^m \left\{ \prod_{i=1}^N [1 - \bar{P}_{o.n}(H_{ij})P(\bar{A}_{ij}/H_{ij})] \right\}^{n_j}.$$

У разі, коли помилки взаємно виключають одна одну, маємо:

$$P(A_j) = \prod_{j=1}^m \left[1 - \sum_{i=1}^N \bar{P}_{o.n}(H_{ij})P(\bar{A}_{ij}/H_{ij}) \right]^{n_j}.$$

Оцінку якості ТО ПС з урахуванням значущості можливих наслідків помилок оператора розглянуто у [8].

Наприклад, формула для показника якості i -го обслуговування за j -ю формою ТО набирає такого вигляду:

$$K_{ij} = 1 - \frac{1}{N_j} \sum_{k=1}^m C_k \Pi_k.$$

Вагові коефіцієнти значущості помилок, яких припускаються оператори при ТО ПС, визначаються заздалегідь на весь перелік можливих помилок методом експертних оцінок або за допомогою статистики наслідків.

Згідно з чинною системою керування якістю ТО для оцінювання якості роботи операторів використовується узагальнений коефіцієнт якості $K_{загал}^p$. Він визначається додаванням базового коефіцієнта A до коефіцієнтів $K_{пi}$ підвищення або $K_{зн}$ зниження якості ТО [10]:

$$K_{загал}^p = A + \sum_{i=1}^{n_i} n_i \cdot K_{пi} - \sum_{j=1}^{n_j} n_j \cdot K_{зн},$$

де $A = 100$; n_i, n_j — кількість випадків відповідно безпомилкової роботи і роботи з порушеннями.

Для підрозділу, який не має в своєму складі підлеглих структурних одиниць (бригад, змін), узагальнений коефіцієнт якості роботи $K_{загал}^3$ визначають як середнє арифметичне значень узагальнених коефіцієнтів $K_{загал}^1$ і $K_{загал}^2$, що оцінюють якість роботи відповідно виконавців та інженерів, що входять до цього підрозділу:

$$K_{загал}^3 = \frac{\sum K_{загал}^1 + \sum K_{загал}^2}{m_1 + m_2},$$

де m_1 і m_2 — кількість відповідно виконавців та інженерів у підрозділі.

Узагальнений коефіцієнт якості роботи підрозділу $K_{загал}^4$, що має в своєму складі деякі структурні одиниці, розраховують як середнє арифметичне значень узагальнених коефіцієнтів якості роботи структурних одиниць, що входять до складу цього підрозділу:

$$K_{загал}^4 = \frac{\sum K_{загал}^3}{m_3},$$

де m_3 — кількість структурних одиниць у підрозділі.

Досвід експлуатації та аналіз причин авіаційних пригод (АП) показують, що безпека польотів (БП) ПС залежить від таких чинників, як конструкційні особливості ПС, надійність АТ, професійна підготов-

ка обслуговувального персоналу, ергономічні показники, фізико-психологічні та деякі інші умови. Для оцінювання впливу на БП несприятливих чинників їх класифікують, поділяючи на три основні групи: відмови, що визначаються ступенем надійності АТ; помилки обслуговувального персоналу; несприятливі зовнішні умови. Особливої уваги заслуговує чинник, пов'язаний із помилками обслуговувального персоналу. Адже саме ці помилки, за даними ІКАО, спричиняють значну (близько 20%) частку льотних інцидентів [7]. На БП впливають якість, своєчасність та повнота інформаційного забезпечення процесу ТО АТ. Ідеться передусім про внесення доповнень до керівництв з експлуатації АТ, регламентів, технологій із ТО та ремонту АТ, підтримання належної повноти та відповідності відомостей про виконавців і осіб, які контролюють повноту та якість ТО ПС, достатнього рівня їхньої технічної підготовки й фізичного стану, а також ступеня автоматизації і механізації процесів технічної експлуатації.

Висновок

Розвиток системи контролю якості технічного обслуговування повітряного судна — важлива передумова підвищення рівня безпеки польотів. Висока вартість технічної і льотної експлуатації авіаційної техніки, а також самого повітряного судна і складових процесу технічного обслуговування — це ті обставини, які додатково спонукають удосконалювати зазначену систему на всіх етапах її реалізації.

Література

1. **Гвоздева, В. А.** Основы построения автоматизированных информационных систем: учебник / В. А. Гвоздева, В. Ю. Лаврентьева. — М.: ИД «Форум»: ИНФРА-М, 2007. — 320 с.
2. **Душков, Б. А.** Хрестоматия по инженерной психологии. Раздел Проектирование, оценка и обеспечение надежности систем «человек — машина». Свойства и показатели эффективности, качества и надежности эргатических систем (А. И. Губинский) [Электронный ресурс] / Б. А. Душков, Б. Ф. Ломов, Б. А. Смирнов. — М.: Высш. шк., 1991. — 287 с. — Режим доступа: <http://psychologylib.ru/books/item/f00/s00/z0000038/st017.shtml> (30.07.2014)
3. **Орлов, О. В.** Керування процесами технічного обслуговування авіаційної техніки: навч. посібник / О. В. Орлов. — К.: НАУ, 2001. — 108 с.
4. **Бурлаков, В. І.** Формування показників якості роботи технічного персоналу при технічному обслуговуванні авіаційної техніки / В. І. Бурлаков, Р. М. Салімов, М. В. Корсуненко // Вісник НАУ. — 2005. — №3. — С. 69–72.
5. **Мансур Мухамед Жихад Алі.** Управління якістю роботи авіаційних спеціалістів при технічному обслуговуванні повітряних суден: дис. канд. наук: 05.22.20 / Мансур Мухамед Жихад Алі. — К., 2003.
6. **Табет Али Мухамед Галєб.** Инфологическое моделирование процесса технического обслуживания воздушных судов с учетом особенностей деятельности персонала: дис. канд. техн. наук: 05.13.06 / Табет Али Мухамед Галєб. — К., 2005. — 197 с.
7. **Техническая эксплуатация летательных аппаратов** / [Н. Н. Смирнов, Н. И. Владимиров, Ж. С. Черненко и др.]; под ред. Н. Н. Смирнова. — М.: Транспорт, 1990. — 423 с.
8. **Бурлаков, В. И.** Управление качеством технического обслуживания изделий авиационной техники / В. И. Бурлаков, Ясер Ханаан, Жихад Мансур // Вісник КМУГА. — 1999. — №2. — С. 204–212.
9. **Надежность и эффективность в технике: справочник**, в 10 т. / Ред. совет В. С. Авдеевский и др.; под ред. А. И. Рембезы. — Т. 1. Методология. Организация. Терминология. — М.: Машиностроение, 1986. — 223 с.
10. **Смирнов, Н. Н.** Эксплуатационная технологичность транспортных самолетов / Н. Н. Смирнов, И. К. Мулкиджанов. — М.: Транспорт, 1972. — 208 с.

Рецензент: доктор техн. наук **Д. М. Обідін**, Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету.

О. В. Беляев, О. В. Задорожная, А. Л. Пузырев, И. В. Мунштуков

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ САМОЛЕТОВ КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

Проанализированы функциональные связи в системе технического обслуживания воздушных судов и предложен подход к осуществлению контроля качества технического обслуживания воздушных судов в составе эргатической системы методом направления информационных потоков от всех компонентов системы, обеспечивающих качество технического обслуживания, в автоматизированную информационную систему с учетом человеческого фактора для повышения уровня безопасности полетов.

Ключевые слова: качество функционирования системы качества; эргатическая система; техническое обслуживание; воздушное судно; автоматизированная информационная система.

O. V. Beliaev, O. V. Zadorozhna, O. L. Puzyrev, I. V. Munshtukov

APPLICATION OF AUTOMATED INFORMATION DATA SYSTEM QUALITY CONTROL OF MAINTENANCE OF TRAINER AIRPLANE AS A WAY OF RISING THE LEVEL OF SAFETY FLIGHTS

Functional connections in system of maintenance of aircrafts are analysed and approach to control the quality of maintenance of aircrafts as a part of ergatic system is offered, by method of the direction of informational streams from components of system quality of maintenance in the automated system of information taking into account the human factor for increase the level of safety flights.

Keywords: quality of functioning of the quality system; ergatic system; maintenance; the aircraft; information system is automated. ✓