

УДК 614.8.027.1

DOI: 10.30838/P.СММ.2415.250918.238.159

## ПРАЦЕОХОРОННІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН ТА МЕХАНІЗМІВ

ХАЛМУРАДОВ Б.Д.<sup>1\*</sup> *к.м.н., проф.*  
СИГНАЄВСЬКИЙ О.М.<sup>2</sup> *ст. викладач*

<sup>1\*</sup>Кафедра цивільної та промислової безпеки Національного авіаційного університету, проспект космонавта комарова 1, Київ, Україна, 03058, тел. (044) 406-78-91, e-mail: [batyrk@ukr.net](mailto:batyrk@ukr.net), ORSID ID: 0000-0003-2225-6528

<sup>2</sup>Кафедра цивільної та промислової безпеки Національного авіаційного університету, проспект космонавта комарова 1, Київ, Україна, 03058, тел. (044) 406-78-91, e-mail: [sigai@i.ua](mailto:sigai@i.ua), ORSID ID: 0000-0001-7027-6887

**Мета.** дослідити залежність складності ремонту авіаційної техніки на показники виробничого травматизму з урахуванням фізичних та психофізіологічних чинників виникнення виробничих травм. **Методика** полягає у процесі накопичування, обробки й аналізу інформації, що дозволяє отримати визначення виникнення виробничого травматизму під час ремонту авіаційної техніки. **Наукова новизна** удосконалення процесів накопичування, обробки й аналізу інформації, що дозволяє підвищити ефективність розв'язання задач індивідуальних оцінок стану конструкцій авіаційної техніки, повітряного судна парку повітряних суден цілому, а також задач оцінки стану виробничого травматизму під час ремонту повітряного судна. **Проблематика.** При цьому виникає проблема уніфікованого представлення і систематизації комплексної інформації для забезпечення її подальшого використання в сучасних автоматизованих системах збору й обробки даних. В процесі експлуатації авіаційної техніки (АТ) відбувається деградація її технічного стану, яка обумовлена впливом зовнішнього середовища і режимів навантаження. Дія цих факторів супроводжується появою різних дефектів, кількісні та якісні параметри яких багато в чому визначаються технологіями що використовуються при обслуговуванні та ремонті конструкції. **Практична значимість.** Використання алгоритму витягу інформації дозволяє одержувати масиви інформації які відповідають визначеним умовам або ознакам. Дані можуть бути представлені у вигляді діаграм і графіків, електронних таблиць, експортовані в спеціалізовані програми статистичної обробки, використовуватись в інших автоматизованих системах. Аналіз отриманих масивів інформації дозволяє: вирішувати деякі задачі міцності і надійності; проводити оцінку виробничих ризиків; мати наочну картину післяремонтного стану ПС; підвищити ефективність безпеки праці на авіаційних підприємствах.

**Ключові слова:** безпека праці; надійність; авіаційна техніка; травматизм; психофізіологічні чинники

## ТРУДООХРАННЫЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

ХАЛМУРАДОВ Б.Д.<sup>1\*</sup> *к.м.н., проф.*  
СИГНАЄВСКИЙ А.М.<sup>2</sup> *ст. преподаватель*

<sup>1\*</sup>Кафедра гражданской и промышленной безопасности Национального авиационного университета, проспект космонавта Комарова 1, Київ, Україна, 03058, тел. (044) 406-78-91, e-mail: [batyrk@ukr.net](mailto:batyrk@ukr.net), ORSID ID: 0000-0003-2225-6528

<sup>2</sup>Кафедра гражданской и промышленной безопасности Национального авиационного университета, проспект космонавта Комарова 1, Київ, Україна, 03058, тел. (044) 406-78-91, e-mail: [sigai@i.ua](mailto:sigai@i.ua), ORSID ID: 0000-0001-7027-6887

**Цель.** Исследовать зависимость сложности ремонта авиационной техники на показатели производственного травматизма с учетом физических и психофизиологических факторов возникновения производственных травм. **Методика** заключается в процессе накопления, обработки и анализа информации, позволяющей получить определение возникновения производственного травматизма при ремонте авиационной техники. **Научная новизна** усовершенствования процессов накопления, обработки и анализа информации, позволяющей повысить эффективность решения задач индивидуальных оценок состояния конструкций авиационной техники, воздушного судна парка воздушных судов целом, а также задач оценки состояния производственного травматизма во время ремонта. **Проблематика.** При этом возникает проблема унифицированного представления и систематизации комплексной информации для обеспечения дальнейшего использования в современных автоматизированных системах сбора и обработки данных. В процессе эксплуатации авиационной техники (АТ) происходит деградация ее технического состояния, которая обусловлена влиянием внешней среды и режимов нагрузки. Действие этих факторов сопровождается появлением различных дефектов, количественные и качественные параметры которых во многом определяются технологиями используемых при обслуживании и ремонте конструкции. **Практическая значимость** Использование алгоритма извлечения информации позволяет получать массивы информации соответствующих определенным условиям или признакам. Данные могут быть представлены в виде диаграмм и графиков, электронных таблиц, экспортируемые в специализированные программы статистической обработки, использоваться в других автоматизированных системах. Анализ полученных массивов информации позволяет решать некоторые задачи прочности и надежности; проводить оценку

производственных рисков; иметь наглядную картину послеремонтного состояния ВС; повысить эффективность безопасности труда на авиационных предприятиях.

**Ключові слова:** безопасность труда; надежность; авиационная техника; травматизм; психофизиологические факторы

## LABOUR-GUARD ASPECTS OF INCREASE RELIABILITY OF MACHINES AND MECHANISMS

KHALMURADOV B.D., *Ph.D. (Med.), Professor*  
SIGNAYEVSKY O.M., *Senior Teacher*

<sup>1\*</sup>Department of Civil and Industrial Safety of National Aviation University, Cosmonaut Komarov avenue, 1, Kiev, Ukraine, 03058, tel. (044) 406-78-91, e-mail: [batyrk@ukr.net](mailto:batyrk@ukr.net), ORSID ID: 0000-0003-2225-6528

<sup>2</sup> Department of Civil and Industrial Safety of National Aviation University, Cosmonaut Komarov avenue, 1, Kiev, Ukraine, 03058, tel. (044) 406-78-91, e-mail: [sigai@i.ua](mailto:sigai@i.ua), ORSID ID: 0000-0001-7027-6887

**Goal.** to investigate the dependence of the complexity of aircraft repair on the indicators of occupational injuries taking into account the physical and psycho-physiological factors of the occurrence of occupational injuries. **The methodology** consists in the process of accumulation, processing and analysis of information, which allows obtaining a definition of the occurrence of occupational injuries during the repair of aviation engineering. **Scientific novelty** of improvement of the processes of accumulation, processing and analysis of information, which allows to increase the efficiency of solving the problems of individual assessments of the state of structures of aviation equipment, aircraft fleet of the whole, as well as the problems of assessing the condition of occupational injuries during repair. **Problems.** This raises the problem of unified representation and systematization of complex information to ensure its further use in modern automated data collection and processing systems. In the process of operation of aviation equipment (AT) there is a degradation of its technical condition, which is due to the influence of the external environment and load modes. The effect of these factors is accompanied by the appearance of various defects, the quantitative and qualitative parameters of which are largely determined by the technologies used in maintenance and repair of the construction. **Practical significance** Using the information extraction algorithm allows you to receive arrays of information that meet certain conditions or attributes. Data can be presented in the form of charts and graphs, spreadsheets, exported to specialized statistical processing programs, used in other automated systems. Analysis of the received information arrays allows us to: solve some problems of strength and reliability; to evaluate the production risks; have a visual picture of the after-repair condition of the aircraft; to increase the safety of work safety at aviation enterprises.

В системі управління процесами експлуатації авіаційних підприємств (АП) забезпечення безпеки пасажирів та персоналу, зайнятого на всіх стадіях цього процесу, є однією з найважливіших задач кожного конкретного АП та цивільної авіації в цілому. При цьому умови виробничого середовища на всіх стадіях експлуатації авіаційної техніки (АТ) і, зокрема, при технічному обслуговуванні (ТО) АТ мають значний вплив на професійний ризик (ризик професійних захворювань і ризик травматизму) обслуговуючого персоналу, який в підсумку визначає ризики результатів їх професійної діяльності, що передається на об'єкт виробничої діяльності – на обслуговування АТ. [1]

### Аналіз останніх досягнень і досліджень

З метою впровадження автоматизованих систем одержання й обробки даних, проводились дослідження, спрямовані на удосконалення систем технічної експлуатації АТ [2,3] шляхом створення інформаційних керуючих і аналітичних систем. Алгоритми обробки інформації в цих системах орієнтовані переважно на роботу з документацією державної авіаційної адміністрації й інженерно-авіаційної служби авіакомпанії. При цьому залишаються не реалізованими в достатній мірі задачі інформаційного забезпечення процесу відновлення виробів на авіаремонтному підприємстві, оцінки виконаних ремонтів і прогнозу-

вання стану АТ з врахуванням її індивідуальних післяремонтних особливостей та зниження ризику виникнення виробничого травматизму.

На кафедрі цивільної та промислової безпеки Національного авіаційного університету розроблена методика представлення і систематизації інформації про оцінку виробничого травматизму під час проведення робіт з технічного обслуговування та ремонту повітряних суден і методи їх усунення. Автоматизація процесу накопичування й аналізу інформації передбачає створення алгоритмів обробки наявних даних і визначення програмних засобів що використовуються при цьому.

### Визначення задач

Правила обміну і використання інформації на основі автоматизованих систем встановлюються відповідно до вимог нормативних документів [4, 5] і рекомендацій ІКАО [6]. Інформація, яка обробляється за допомогою запропонованих алгоритмів, повинна відповідати вищезгаданим вимогам і рекомендаціям. Доцільно також передбачити можливість представлення інформації у виді придатному для використання у діючих інформаційних керуючих і аналітичних системах [7]. Крім того, оброблена інформація має бути представлена у вигляді, що дозволяє використовувати її при розв'язанні практичних задач керування виробництвом, оцінки виконаних ремонтів і

прогнозування стану АТ. Виходячи зі сказаного вище, при створенні алгоритму обробки даних справ ремонту АТ, доцільно розглянути наступні задачі:

- визначити методи і засоби для роботи з наявною інформацією;
- розробити уніфіковані форми введення інформації;
- розробити алгоритм процедур введення, і отримання інформації;
- визначити задачі, що розв'язуються за допомогою розробленого алгоритму.

#### **Обґрунтування вибору апаратних та програмних засобів**

Оскільки процес появи ушкоджень носить випадковий характер, а кожне ПС має свої індивідуальні особливості, які змінюються протягом усього періоду експлуатації, при накопичуванні інформації та її аналізі, ми маємо справу зі значним обсягом даних. У цьому випадку для збереження інформації доцільно використовувати бази даних. Для організації ефективного обміну інформацією, реалізації функцій адміністрування системи і отримання інформації необхідно також вибрати сервер і серверну мову.

Запропонований нами варіант базується на використанні CGI-технологій (скорочення від Common Gateway Interface) – технологій, що дозволяють запускати на сервери програми, які обробляють отриману від оператора інформацію повертаючи їх у заданому вигляді. Для реалізації цього варіанта необхідний сервер, препроцесор – програма, що виконується на стороні сервера, яка переглядає дані та виконує над ними дії, задані в інструкціях файлу; система керування реляційними базами даних, що дозволяє ефективно зберігати, шукати, сортувати й одержувати дані, а також підтримувати роботу з багатьма операторами (користувачами). Вибір необхідних компонентів залежить від багатьох факторів – апаратного забезпечення, операційної системи, тощо. Для розв'язання поставлених задач, забезпечення принципу універсальності, нами було обрано:

- сервер Apache, що працює під операційною системою Windows і в середовищі Unix;
- препроцесор гіпертексту PHP (або серверна мова створення сценаріїв);
- система керування реляційними базами даних MySQL – яка підтримує роботу з багатьма користувачами і є багатопотоковою системою.

Використання названих компонентів забезпечує створення систем, що не потребують для своєї роботи спеціально створеного інтерфейсу. У цьому випадку використовується стандартне програмне забезпечення – програми-оглядачі Internet Explorer, Netscape Navigator, Google Chrome. Крім того, PHP і MySQL мають цілий ряд переваг – гнучкість (вони доступні для Windows і для багатьох версій Unix і виконуються на будь-яких повнофункціональних серверах), високою продуктивністю, відкритістю вихідних кодів, інтеграцією з багатьма базами даних, низькою вартістю (доступні безкоштовно).

#### **Алгоритми накопичування, представлення й обробки ремонтної інформації**

Система, створена на базі названих компонентів, забезпечує реалізацію наступних функцій обробки даних (рис. 2.2.):

- адміністрування (ведення баз даних (БД), ведення журналу обліку роботи системи, керування паролями і правами доступу, тощо);
- накопичування інформації (заповнення електронних форм технічних документів, передача інформації в БД, створення електронних копій технічних документів і їх паперових копій);
- відображення інформації та її попередній аналіз (пошук у БД і виведення даних відповідно до запиту, генерація відповідних електронних і паперових документів, експорт даних для детального аналізу).

Користувачами автоматизованої системи можуть бути адміністрація підприємства, служба охорони праці, інженерно-технічний склад, оператори і системний адміністратор. Крім того, деякі дані можуть використовуватися конструкторськими бюро, організаціями експлуатуючими АТ, науковими організаціями, тощо. Зведення про користувачів і їхні права доступу до інформації зберігаються в БД користувачів. Дані, які стосуються безпосередньо виробів що ремонтуються, зберігаються в БД ПС. Первинним ключем для роботи з цієї БД може бути реєстраційний номер літака.

Для внесення інформації в БД розроблено форми, що являють собою електронний аналог технічної документації. Реалізовані вони у виді HTML-форм, інформація з яких передається на обробку PHP-сценаріям. Інформація на відображення даних відповідно до вимог користувача, вноситься в HTML-форми за умов дотримання критеріїв пошуку, і передається на обробку PHP-сценаріям.

Процедуру введення інформації про виявлені дефекти й ушкодження конструкції АТ, способи і методи їх ремонту, можна доручити оператору і вносити дані з карт дефектації і ремонту, або з справ ремонту літака. При цьому послідовно виконуються процеси як на стороні сервера так і на стороні користувача. Блок схема алгоритму процедури введення інформації представлена у вигляді процесів на рис. 1.

Основні блоки даного алгоритму призначено для виконання наступних операцій:

1. Запуск сервера і його модулів.

Вибір подальшого використання системи (адміністрування, введення інформації з карт, отримання інформації з БД).

2. Аутентифікація і реєстрація користувача (підключення до БД зареєстрованих користувачів, перевірка введених даних – імені і пароля, присвоєння користувачу ідентифікатора і запис підключення в журналі реєстрації).

3. Вибір ПС (введення реєстраційного номера ПС, підключення до БД ПС, перевірка наявності інформації у БД, вибір з таблиці адресної інформації).

4. Створення паперової копії.

5. Запит на продовження роботи з інформацією по обраному ПС.
6. Запит на продовження введення ремонтних даних по інших ПС.
7. Закінчення роботи (завершення сеансу роботи з БД, реєстрація в журналі системи).

6. Заповнення електронної форми критеріями вибору даних (заповнення блоків, перевірка коректності введених даних).
7. Представлення даних відповідно до отриманого запиту, сортування за обраними ознаками.
8. Вибір подальшого представлення отриманих даних – експорт електронних таблиць, побудова діаграм і графіків.
9. Одержання підсумкового звіту в електронному виді та (або) на паперових носіях (генерація документа у форматі PDF або RTF, друк).
10. Запит на продовження роботи з вибору даних.
11. Закінчення роботи (завершення сеансу роботи з БД, реєстрація в журналі системи).

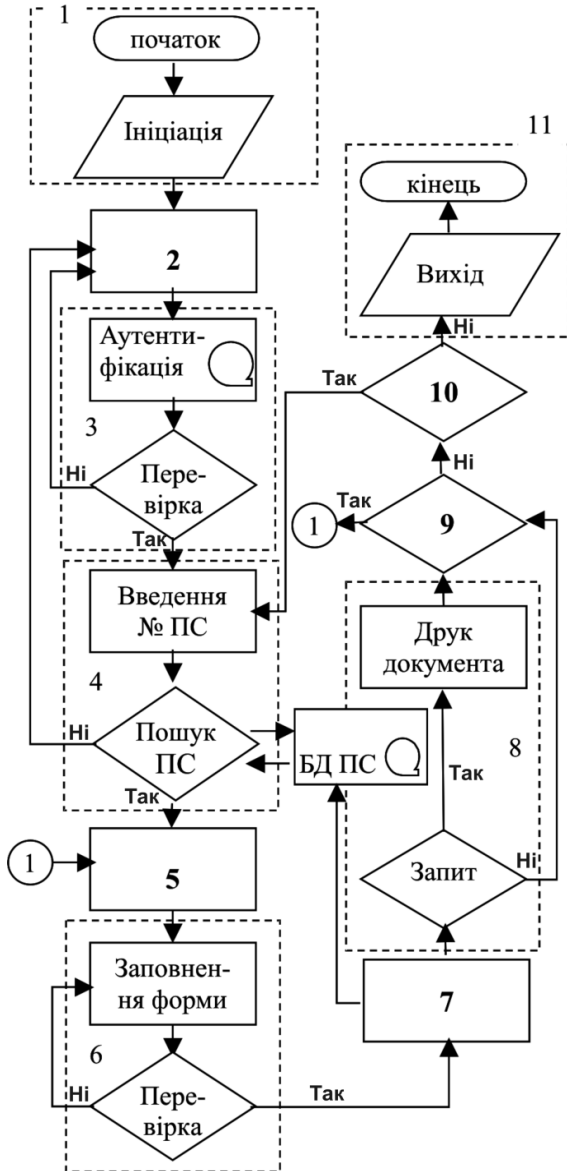


Рис. 1. Блок-схема алгоритму процедури введення інформації/ Block diagram of the algorithm of the procedure for entering information

Аналогічно можна представити алгоритм процедури екстракції інформації. Основні блоки такого алгоритму призначено для виконання наступних операцій:

- 1, 2 і 3 пункти аналогічні представленим вище.
4. Після успішного проходження аутентифікації здійснюється підключення до БД ПС.
5. Відображення електронної форми запиту на витяг інформації.

#### Аналіз технічного стану конкретних конструктивних елементів ПС з використанням запропонованої технології

Нами була отримана інформація для 65 літаків, що належать 15 різним авіакомпаніям з 10 країн, що мали наліт ( $N_T$ ) від 4000 годин до 50000 годин, термін служби ( $N_S$ ) від 15 до 32 років і пройшли кількість ремонтів ( $N_R$ ) від 2 до 10.

При аналізі справ ремонту було встановлено, що виявлені uszkodження, згідно існуючих методів і технологій, можна розділити на групу uszkodжень, тип і розмір яких такі, що, вони усуваються механічними чи іншими способами з наступним відновленням захисного покриття, і групу uszkodжень, для усунення яких потрібно встановити посилюючі накладки чи видалити uszkodжені ділянки з наступною їхньою заміною новими.

Для вирішення поставлених задач, нами розглядалися тільки uszkodження другої групи, що були розподілені на три наступних основних типи.

Перший тип дефектів (**X**) включає усі види корозійних uszkodжень елементів панелей, що при ремонті видалюються і замінюються новими. Такими є, як правило, ділянки з корозією, глибина якої  $t > 0,1$  мм. Вони розташовані в місцях з'єднання обшивки зі стрингерами за допомогою клеєзварки чи заклепок і рідше в місцях з'єднання обшивки зі шпангоутами за допомогою заклепок.

Другий тип дефектів (**Y**) включає усі види деформаційних uszkodжень, глибина яких  $t > 2$  мм і при ремонті яких використовуються посилюючі накладки.

Третій тип дефектів (**Z**) включає всі тріщини довжиною  $l > 10$  мм, які розташовані, як правило, по стрингерах N 13 на елементах подовжньої балки підлоги в місцях їхнього з'єднання з обшивкою і шпангоутами. Для їхнього ремонту використовуються посилюючі накладки, а у випадку, якщо вони мають додатково і корозійне uszkodження, такі ділянки замінюються новими.

Розташування всіх цих дефектів у вихідній інформації – картах дефектації та ремонту, позначається шляхом зазначення їхнього положення між номерами відповідних шпангоутів і стрингерів. При цьому, па-

нелінійні конструкції фюзеляжу розподіляються по його довжині між шпангоутами №1а і №45, відповідно до використовуваного в цих картах найменуваннями:

- дві нижні панелі між двома стрингерами №13 праворуч і ліворуч по довжині ( $P_{лв}$ ,  $P_{лпр}$ );
- дві бічні панелі між стрингерами №13 і №26 з правої та лівої сторони фюзеляжу ( $P_{бл}$ ,  $P_{бпр}$ );
- дві верхні панелі між стрингерами №26 і №37 – також праворуч і ліворуч ( $P_{вл}$ ,  $P_{впр}$ );

Для кількісного виміру кожного типу ушкоджень  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , пропонується використовувати наступні параметри:  $V$  – кількість ушкоджених ділянок обшивки, розташованих між сусідніми шпангоутами і стрингерами для конкретних панелей;  $L$  – кількість ушкоджених ділянок стрингерів із прикріпленою до них обшивкою між шпангоутами, чи ділянок шпангоутів із прикріпленою до них обшивкою між стрингерами;  $S$  – кількість накладок або замін на конкретних панелях (роздільно для сполучень ушкоджень  $Y$  і  $Z$ ), розташованих між сусідніми стрингерами і шпа-

нгоутами. Параметр  $S$  доцільно доповнити параметром  $F$ , що характеризує розмір (площу) ремонтної ділянки. Розташування кожного типу ушкоджень на панелі враховується індексами кількісних параметрів -  $i - k$ ,  $j - n$ . Тут  $i$  та  $k$  – номери стрингерів,  $a$ ,  $j$  та  $n$  – номери шпангоутів, що вказують місце розташування дефекту або відновлюваної ділянки для кожної з панелей. Індеси вибираються з урахуванням поділу функціональних частин панелей відповідно до використовуваної технічної документації. Так, наприклад, параметр  $L_{14,8-9}$  відповідає ушкодженій ділянці, розташованому на стрингері № 14 між шпангоутами №8 і №9, параметр  $S_{8-9,4-6}$  відповідає новій (замінній) ділянці або накладці між стрингерами № 8 і № 9 і шпангоутом № 4 і № 6.

**Висновки:** з урахуванням викладеного матеріалу можна зробити висновки про існуючий взаємозв'язок між складністю ремонту та рівнем виробничого травматизму, шляхи зниження якого можна вирішувати за допомогою розробленої методики

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Иванов А. И., Николайкин Н. И., Худяков Ю. Г. Динамика факторов риска производственной среды при наземном обслуживании авиационной техники // Научный вестник МГТУ ГА. 2014. № 204. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-faktorov-riska-proizvodstvennoy-sredy-pri-nazemnom-obsluzhivanii-aviatsionnoy-tehniki> (дата обращения: 05.10.2018).
2. Салимов Р.М., Масюк І.І., Зиков О.С. Концепція побудови інформаційної системи керування технічною експлуатацією авіаційної техніки // Вісн. КМУЦА. – 1999. – С. 197–202.
3. Максимов Ю.О., Салимов Р.М., Сікорський Є.О. Авіаційно-транспортна система України як об'єкт автоматизації // Відкриті інформаційні і комп'ютерні інтегровані технології. Зб. наук. праць. – Харків: ХАІ, 1998. – С. 129–132.
4. НД ТЗІ 3.7-001-99 Методичні вказівки щодо розробки технічного завдання на створення комплексної системи захисту інформації в автоматизованій системі.
5. НД ТЗІ 2.5-005-99. Класифікація автоматизованих систем і стандартні функціональні профілі захищеності оброблюваної інформації від несанкціонованого доступу.
6. Руководство по сохранению летной годности. Doc 9642-AN/941. – ИКАО, 1995.
7. Астанін В.В., Жданович М.П., Маленко В.І., Сігнаєвський О.М. Удосконалення інформаційних технологій технічного обслуговування і ремонту літаків // Вісник НАУ. - 2004. - № 2. - С. 48-54.

#### REFERENCES

1. Ivanov A.I., Nikolaykin N. I., Khudyakov U.G. Dinamika faktorov riska proizvodstvennoy sredy pri nazemnom obsluzhivanii aviatsionnoy tehniki. Scientific Herald MNTU CA. 2014. № 204 pp. 116-124 (in Russian).
2. Salimov R.M., Masyuk I.I., Zy`kov O.S. Konceptiya pobudovy` informacijnoyi sy`stemy` keruvannya texnichnoyu ekspluatatsiyeyu aviacijnoyi texniki` // Visn. KMUCzA. – 1999. – S. 197–202.
3. Maksy`mov Yu.O., Salimov R.M., Sikors`ky`j Ye.O. Aviacijno-transportna sy`stema Ukrayiny` yak ob`yekt avtomaty`zatsiyi // Vidkry`ti in-formacijni i komp`yuterni integrovani tehnologiyi. Zb. nauk. pracz`. – Xarkiv: XAI, 1998. – S. 129–132.
4. ND TZI 3.7-001-99 Metody`chni vkazivky` shhodo rozrobky` texnichnogo zavdannya na stvorennya kompleksnoyi sy`stemy` zaxy`stu informaciyi v avtomaty`zovaniy sy`stemi.
5. ND TZI 2.5-005-99. Klasyfikaciya avtomaty`zovany`x sy`stem i standartni funkcional`ni profili zaxy`shhenosti obroblyuvanoyi informaciyi vid nesankcionovanogo dostupu.
6. Rukovodstvo po soxraneny`yu letnoj godnosty`. Doc 9642-AN/941. – Y`KAO, 1995.
7. Astanin V.V., Zhdanovy`ch M.P., Malenko V.I., Signaievskij O.M. Udoskonalennya informacijny`x tehnologij texnichnogo obslugovuvannya i remontu litakiv // Visny`k NAU. - 2004. - # 2. - S. 48-54.

Надійшла до редколегії 07.10.2018 р.