В.М. Кривонос, В.В. Білий, О.А. Хахалкіна, В.А. Хахалкіна

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

УДОСКОНАЛЕННЯ СУЧАСНИХ БОРТОВИХ ЗАСОБІВ ОБ'ЄКТИВНОГО КОНТРОЛЮ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

Пропонується декілька напрямків вдосконалення сучасних бортових пристроїв реєстрації польотних даних та засобів об'єктивного контролю для підвищення оперативності виконання підготовки до повторного польоту та після польотної підготовки, шляхом використання дистанційно передавального пристрою у системі бортового пристрою реєстрації польотних даних. Пропонується розглянути можливість використання вже існуючих систем передавання даних, які разом із бортовим пристроєм реєстрації польотних даних здійснюють передачу інформації про політ. Застосування даного пристрою сприятиме зменшенню залученого особового складу інженерно-авіаційної служби в умовах великої інтенсивності польотів.

Ключові слова: бортові пристрої, реєстрація польотних даних, дистанційно передавальний пристрій, об'єктивний контроль, підвищена оперативність.

Вступ

Постановка проблеми. Поява нових умов ведення війни та виникнення проблематики обмеженої кількості особового складу інженерно-авіаційної служби Повітряних Сил, сприяють виникненню необхідності удосконалення шляхів проведення об'єктивного контролю повітряних суден (ПС) під час підготовки до повторного польоту, а також для оперативного отримання інформації про відмови на повітряному судні, для своєчасного та швидкого реагування стосовно усунення цієї несправності відповідними фахівцями після приземлення повітряного судна.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [1–2] вказується на поступову заміну пристроїв реєстрації польотних даних типу САРПП та МСРП, на бортові пристрої реєстрації типу БУР та пристрої накопичення з твердотільним носієм інформації типу БР, що модернізують пристрої типу ТЕСТЕР. Такі напрямки модернізації, вказують на вдосконалення етапу контролю польотної інформації шляхом зменшення часу на її обробку та доставки до пункту об'єктивного контролю. У джерелі [3] вказується, що на заміну засобів обробки польотної інформації (ПІ) типу Луч-71(-74) та Маяк-85 вводяться в експлуатацію наземний пристрій обробки польотної інформації НУО-4 з програмним забезпеченням “Монстр” (“Славутич”). Тобто з робіт [1–3] можливо виділити, що тенденція розвитку засобів контролю польотних даних полягає у збільшенні швидкості обробки інформації про політ, та зростання швидкості її доставки на пункт об'єктивного контролю.

Мета статті: розробка функціональної моделі дистанційно-передавального пристрою для зменшення часу доставки польотних даних.

Виклад основного матеріалу

Об'єктивний контроль – система заходів, що здійснюються керівником (начальником) суб'єкта державної авіації і спрямовані на комплексне використання всіх технічних засобів реєстрації інформації, її обробку, аналіз, узагальнення та використання з метою контролю повноти виконання польотних завдань, удосконалення методики та якості навчання авіаційного персоналу, забезпечення безпеки польотів, надійності авіаційної техніки (далі – АТ), прогнозування її технічного стану, виявлення недоліків в організації та експлуатації АТ, організації повітряного руху, технічної експлуатації наземних засобів зв'язку, навігації та спостереження [8]. Засоби об'єктивного контролю (ЗОК) загального призначення використовуються для запису та зберігання інформації про параметри польоту, дії льотного екіпажу, працездатність силових установок, систем та обладнання ПС [9]. На повітряних суднах типу Л-39, Ми-2, Ми-8, встановлений аварійний реєстратор з оптичним способом і аналоговою формою запису інформації типу САРПП-12 різних модифікацій залежно від типу ПС (рис. 1).

Рис. 1. Структурна схема САРПП-12
Джерело: розроблено авторами.

У джерелі [2] вказується, що на даний час реєстратор САРПП-12 є застарілим, і в подальшому він повністю замінюється на бортові пристрої реєстрації польотних даних типу БУР-4 (рис. 2).

Датчики первинної інформації

Рис. 2. Структурна схема БУР-4
Джерело: розроблено авторами.

Реєстратор БУР призначений для збору, перетворення, реєстрації та збереження в разі льотної події польотної інформації, що дозволяє визначити причину льотної події і передумови до неї, оцінити техніку пілотування льотної складу і працездатність систем повітряного судна, агрегатів і обладнання, а також для накопичення даних з метою подальшої статистичної обробки.

Блок збору інформації (БЗП) БСИ-4 призначений для збору польотної інформації від бортових систем, перетворення в цифровий код і видачі на реєстрацію в захищений електронний накопичувач.

Пульт управління ПУ-4 призначений для установки службових параметрів (номер польоту), індикації справності БСИ-4, БР-4Т і ПУ-4.

Живлення реєстратора БУР-4-1 проводиться через автомат захисту АЗС – “БУР” від акумуляторної шини.

Реєстрація параметрів проводиться в цифровому вигляді на мікросхемах флеш-пам'яті загальною ємністю 24Мбайт, що забезпечує 80 годин запису і збереження інформації.

Згідно з додатком № 12 джерела [2] по виконанню регламентних робіт на БУР-4, для списання польотної інформації з одного повітряного судна, працевитрати складають 0,20 люд/год.

Для декількох ПС витрати на списання зростають. Кількість часу, необхідного на обслуговування одним фахівцем декількох повітряних суден, зростає, що описується формулою:

$$T_{\Sigma} = T_3 N + T_{II} (N - 1) + T_D + T_K, \quad (1)$$

де T_{Σ} – час, витрачений на обслуговування N-ї кількості повітряних суден;

T_3 – час зчитування польотної інформації з одного повітряного судна;

T_D – час доставки носія інформації до приміщення обробки польотної інформації;

T_K – час копіювання інформації на ПЕОМ;

T_{II} – час для пересування до наступного ПС;

N – кількість ПС.

З формули (1) виходить, що для обслуговування фахівцем об'єктивного контролю декількох і більше літаків, час обслуговування буде відповідно зростати.

Таким чином, зчитування польотної інформації з 4 повітряних суден з накопичувачами інформації типу БР-4Т від початку списування інформації до потрапляння її на ПЕОМ проходить від 15 до 20 хвилин.

Це збільшує час на підготовку повітряного судна до наступного вильоту, оскільки, результати міжпольотного контролю доповідаються старшому інженеру польотів, і записуються в журнал міжпольотного контролю [5].

Час доставки інформації з блоку збору інформації БР-4Т на ПЕОМ з програмним забезпеченням “Монстр” можна скоротити шляхом зміни деяких структурних елементів (рис. 3).

Рис. 3. Структурна схема БУР-4 з дистанційно передавальним пристроєм
Джерело: розроблено авторами.

У якості дистанційно передавального пристрою пропонується застосувати з'єднання “Блок перезапису інформації” – “А511” – “АМ-002М АФС “ПОН-НМ”.

Списання інформації в даному випадку можливо через джгут 8И6.641.217, а для ввімкнення комутатора можливе використання пульта керування ПУ-4. Для доставки інформації з накопичувача типу БР-4Т необхідно застосовувати блок перезапису інформації БПИД, що базується на основі блоку перезапису БПИ-4 (рис. 4).

У якості передавального пристрою пропонується використання літакового радіолокаційного відповідача А511 та СО-69.

Рис. 4. Зовнішній вигляд спроектованого блоку перезапису інформації для дистанційно-передавального пристрою БПІД
Джерело: розроблено авторами.

В якості приймача пропонується використання блоку приймача А-511-04-03 та антени АМ-002М АФС «ПОН-НМ».

Структурну схему блоків дистанційного передавання в комплексі наведено на рис. 5

Пропускна здатність каналу для передачі даних розраховується за формулою Шеннона [7]:

$$q = B \log_2 \left(1 + \frac{P_{\text{пер}}}{P_{\text{шум}}} \right), \quad (2)$$

де q – пропускна здатність каналу, біт/с;

B – смуга пропускання каналу, Гц;

$P_{\text{пер}}$ – потужність передавача, Вт;

$P_{\text{шум}}$ – потужність шуму, Вт;

Рис. 5. Структурна схема розробленого комплексу дистанційного передавання інформації за допомогою ДПП

Джерело: розроблено авторами.

З джерела [6], відомо, що смуга пропускання та потужність передавача А-511 складають 6 МГц та 250 Вт відповідно. Значення потужності шуму передавача в середньому дорівнює від 10^{-9} Вт.

Застосовуючи формулу, отримаємо швидкість передачі даних, що відповідає наступним розрахункам:

$$q = 6 \cdot 10^6 \cdot \log_2 (1 + 250 \cdot 10^{13}) = 36,585 \text{ Мбайт/с.}$$

Час передачі даних, яка існує в системі з дистанційним передавальним пристроєм (ДПП) розраховується з урахуванням особливостей, які існують у обслуговуванні ПС з ДПП. Таким чином T_K та T_{II} відсутні, оскільки немає необхідності у фахівці об'єктивного контролю, який буде виконувати ці операції. Крім того T_3 та T_d можливо виразити як у зв'язку з конструктивними особливостями ДПП. Отже у зв'язку з описаними особливостями, формулу (1) для часу передачі інформації з 4 повітряних

нційним передавальним пристроєм (ДПП) розраховується з урахуванням особливостей, які існують у обслуговуванні ПС з ДПП. Таким чином T_K та T_{II} відсутні, оскільки немає необхідності у фахівці об'єктивного контролю, який буде виконувати ці операції. Крім того T_3 та T_d можливо виразити як у зв'язку з конструктивними особливостями ДПП. Отже у зв'язку з описаними особливостями, формулу (1) для часу передачі інформації з 4 повітряних

суден обладнаних ДПП можливо описати за допомогою формули (3):

$$T_{\Sigma} = N \cdot T_{\text{пер}}, \quad (3)$$

де $T_{\text{пер}}$ – час передачі інформації з ПС на наземний пункт об'єктивного контролю (НПОК).

Враховуючи значення, отримані з формули (2) за формулою (4) розрахуємо $T_{\text{пер}}$.

$$T_{\text{пер}} = \frac{V}{q} = 0,656, \text{ с}, \quad (4)$$

де V – об'єм інформації в накопичувачі.

Таким чином, враховуючи формули (3–4) час передачі інформації з 4 повітряних суден, що мають вмонтований ДПП становить 2,654 с.

Отже, використання ДПП зменшить кількість часу витраченого на доставку інформації з ПС на НПОК у 395,6 рази. Переваги у використанні ДПП на ПС зображено на рис. 6.

Рис. 6. Графік залежності часу витраченого на процес передачі даних з бортових пристроїв реєстрації даних без ДПП та з ним

Джерело: розроблено авторами.

Таким чином, використання передавального пристрою для передачі даних із бортових пристроїв реєстрації польотних даних значно підвищує швидкість виконання елементів міжпольотної підготовки, не задіюючи при цьому велику кількість о/с з числа фахівців об'єктивного контролю.

Висновки

Зменшення часу на доставку та обробку польотної інформації, та вирішення проблематики нестачі особового складу інженерно-технічної служби, можливо здійснити за рахунок використання вже наявних елементів бортового обладнання повітряного судна, які в комплексі зможуть скомпонувати дистанційно-передавальний пристрій.

Використовуючи вимоги до дистанційно-передавального пристрою отримані наступні результати:

- вперше розроблена структурна схема дистанційно-передавального пристрою польотної інформації з використанням існуючих приладів авіоніки, що не погіршує масо-габаритні показники повітряного судна;

- модернізація блоку перезапису інформації БПИ в БПИД, за рахунок інтеграції функцій, яка забезпечує включення передавача та передачу польотної інформації з бортового накопичувача;

- спроектовано зовнішній вигляд модернізованого блоку перезапису інформації БПІД;

- проведено розрахунок пропускної здатності радіо каналу літакового відповідача А-511, що дає можливість передачі польотної інформації з бортового накопичувача зі швидкістю 36,585 Мбайт/с;

- час на передачу польотної інформації з одного повітряного судна до наземного пункту об'єктивного контролю, використовуючи ДПП складає 0,656 с., що в 395 рази менше в порівнянні з аналогічною процедурою.

Запропоноване технічне рішення в умовах великої інтенсивності польотів дозволяє зменшити кількість особового складу інженерно-технічної служби.

Впровадження ДПП в склад БУР-4-1 дозволяє підвищити оперативність до реагування та виконання завдань повітряними суднами, можливість ведення бойових дій з поза базових аеродромів, що не має обладнаного пункту засобів об'єктивного контролю, проте, перш за все використання дистанційно-передавального пристрою надає перевагу у часі, а час відіграє важливу роль при підготовці повітряного судна до бойового застосування.

Список літератури

1. Тузов В. А., Смірнова И. Л., Смірнов В. В., Гаврилюк Б. А. Авіоніка : навч. посіб. Кіровоград : КІА НАУ, 2013. Т. 2. 120 с.
2. Про допуск до експлуатації вертольотів типу Мі-8 та Мі-24, обладнаних бортовим аварійно-експлуатаційним реєстратором польотної інформації БУР-4-1 : Розпорядження головного інженера авіації Повітряних Сил Збройних Сил України від 14 жовт. 2005 р. № 33(0305).
3. Застосування наземних пристроїв обробки польотної інформації НУО-4 з програмним забезпеченням "Монстр" ("Славутич") для проведення обробки польотної інформації літальних апаратів, оснащених бортовими реєстраторами типу МСРП, БУР, ТЕСТЕР та МС-61 (п-5036) : метод. посіб. / Уманський О. Б. та ін. 2007. С. 2-4.
4. Керівництво з технічної експлуатації 8ИЗ.065.015 РЭ : Блок перезапису інформації БПИ-4Т. С. 1-2.

5. Правила інженерно-авіаційного забезпечення державної авіації України : Наказ Міністерства оборони України від 05 лип. 2016 р. № 343. URL : http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE29231.html (дата звернення 05.04.2021).
6. А-511 Технічний опис. Москва : МО, 1986 р. 35 с.
7. Lundheim L. On Shannon and "Shannon's formula" Department of Telecommunication. *Norwegian University of Science and Technology*. URL : <https://www.cs.miami.edu/home/burt/learning/Csc524.142/LarsTeletronikk02.pdf> (accessed 05.04.2021).
8. Про затвердження Правил об'єктивного контролю в державній авіації України : Наказ Міністра оборони України від 03 груд. 2014 р. № 860. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1622-14#Text> (дата звернення 05.04.2021).
9. Засоби реєстрації та обробка польотної інформації, що застосовуються в частинах авіації ЗСУ. Розпорядження Головного інженера авіації Повітряних Сил Збройних Сил України від 19 трав. 2005 р. № 16(0305).
10. Шамко В. Є., Жарик О. М., Коваль В. В. Розвиток форм і способів застосування Повітряних Сил Збройних Сил України в сучасних умовах ведення збройної боротьби. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2018. № 2(31). С. 9-15. <https://doi.org/10.30748/nitps.2018.31.01>.
11. Степанов Г. С., Камінський В. В., Павленко М. А. Погляди щодо проблемних питань застосування Повітряних Сил в протиповітряній обороні. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2018. № 1(30). С. 18-23. <https://doi.org/10.30748/nitps.2018.30.03>.
12. Алімпієв А. М., Бараннік В. В., Белікова Т. В., Сідченко С. О. Теоретичні основи створення технологій протидії прихованим інформаційним атакам в сучасній гібридній війні. *Системи обробки інформації*. 2017. № 4(150). С. 113-121. <https://doi.org/10.30748/soi.2017.150.24>.
13. Ключев Г. И. Авиационные приборы и системы. Ульяновск : УлГТУ, 2000. 343 с.
14. Мамаев В. Я., Синяков А. Н., Петров К. К., Горбунов Д. А. Воздушная навигация и элементы самолётовождения. Санкт-Петербург : СПбГУАП, 2002. 256 с.
15. Рогожин В. О., Синеглазов В. М., Філяшкін М. К. Пілотажно-навігаційні комплекси повітряних суден. Київ : НАУ, 2005. 316 с.
16. Михалёв И. А., Окоёмов Б. Н., Чукулаев М. С. Системы автоматического управления самолётом. Москва : Машиностроение, 1987. 240 с.
17. Гуськов В. В., Загайнов Г. И. Управление полётом самолётов. Москва : Машиностроение, 1980. 216 с.
18. Воробьев В. Г., Кузнецов С. В. Автоматическое управление полетом самолетов : учеб. для вузов. Москва : Транспорт, 1995. 448 с.

Надійшла до редколегії 02.06.2021

Схвалена до друку 14.09.2021

Відомості про авторів:

Кривонос Володимир Миколайович

кандидат технічних наук
науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-6511-6640>

Білий В'ячеслав Валерійович

курсант
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-1656-4148>

Хахалкіна Олександра Андріївна

курсант
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-6889-3974>

Хахалкіна Валерія Андріївна

курсант
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3143-7435>

Information about the authors:

Volodymyr Kryvonos

Candidate of Technical Sciences
Research Associate
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-6511-6640>

Vyacheslav Bilyi

Cadet
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-1656-4148>

Oleksandra Khakhalkina

Cadet
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6889-3974>

Valeriya Khakhalkina

Cadet
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3143-7435>

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБЪЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АПАРАТОВ**

В.Н. Кривонос, В.В. Белый, А.А. Хахалкина, В.А. Хахалкина

Рассматриваются возможности реализации путей усовершенствования средств объективного контроля и бортовых приборов регистрации данных полёта с целью повышения скорости выполнения некоторых видов подготовок к полётам. Для решения поставленной задачи предлагается использование дистанционного передающего прибора, комплектация которого возможна путем использования уже имеющихся элементов авионики на борту летательного аппарата, либо путем создания отдельного передающего прибора. Данный прибор дает возможность ускорить процесс передачи данных про полет в 395 раз при этом задействовав лишь одного специалиста по обслуживанию средств объективного контроля, что в свою очередь решает проблему недостатка личного состава инженерно-авиационной службы в условиях большой интенсивности полетов.

Ключевые слова: бортовые приборы регистрации полётных данных, дистанционно передающий прибор, объективный контроль, повышенная оперативность.

**DEVELOPING PROCESSES
OF OBJECTIVE CONTROL ON AIRCRAFTS**

V. Kryvonos, V. Bilyi, O. Khakhalkina, V. Khakhalkina

The most important index in conducting combat operations especially for units of Air Force is preparing an aircraft for flight. The speed of holding pre-flight preparations depends on many cases, which can be both existence of test equipment and number of technical personnel. This two problems can be solved with the help of the remote transmitting device(RTD), that can be completed with the help of existing elements of avionics that are posted on the aircraft, or using completely new RTD that can be connected to onboard flight data recorder. During the research was developed overwighting information unit named BPID for remote transmitting device. The bandwidth of the radio channel of the aircraft respondent A-511 was calculated, which allows the transmission of flight information from the onboard storage at a speed of 36.585 MB / s. Time for the transfer of flight information from one aircraft to the ground point of objective control, using RTD is 0.656 sec, which is 395 times less compared to a similar procedure. Calculations that are carried out, prove that using RTD will definitely solve problem of lack of personell and test equipment. However beside this advantages, RTD also speeds up pre-flight preparations in several times. The proposed technical solution in conditions of high flight intensity allows to reduce the number of personnel of the engineering and technical service. The introduction of remote transmitting device in BUR-4-1 allows to increase the efficiency of response and execution of tasks by aircraft, the ability to conduct combat operations outside the base airfields, which does not have an equipped point of objective control, however, before all use of the remote transmitting device gives an advantage in time - and time plays an important role in preparing the aircraft for combat use.

Keywords: onboard flight data recorder, remote transmitting device, objective control, increased efficiency.