

УДК 629.73.017(075.8)

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ АЭРОДРОМНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Д.С. БОНДАРЬ¹, А.В. ПРОХОРОВ¹
¹МГТУ ГА, г. Москва, Россия

Рассматриваются вопросы, связанные с надежностью аэродромных систем управления воздушным движением. Приводится расчет показателей надежности аэродромной системы управления воздушным движением, в состав которой входят: комплекс средств руководства полетами; радиостанции УКВ- и КВ-диапазонов; радиолокационная система посадки; азимутально-дальномерный радиомаяк; радиотехническая система ближней навигации; приводные аэродромные станции; автоматический радиопеленгатор; светосигнальное оборудование; система инструментальной посадки. Предложены основные критерии отказов рассматриваемой аэродромной системы управления воздушным движением по функции обеспечения минимума взлета и посадки не ниже I категории для воздушных судов, оснащенных соответствующим бортовым оборудованием. Представлена схема расчета надежности и определены среднее время работы на отказ и коэффициент готовности аэродромной системы управления воздушным движением. Полученные показатели надежности сложной системы в целом несколько хуже, чем показатели отдельных составных частей. Однако за счет резервирования отдельных изделий и использования нескольких функционально резервирующих друг друга средств удается добиться приемлемых характеристик.

Ключевые слова: надежность аэродромной СУВД, показатели надежности, критерии отказов.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время весь комплекс радиотехнического и светотехнического оборудования, обеспечивающего привод, заход на посадку и посадку воздушных судов на аэродром, разрабатывается как единая аэродромная система управления воздушным движением (аэродромная СУВД). Различные средства управления воздушным движением, радиотехнического и электросветотехнического обеспечения объединяются линиями связи с комплексами средств автоматизации аэродромных центров управления воздушным движением.

Наблюдается тенденция перехода к «безлюдной» технологии эксплуатации: разрабатываются средства, имеющие значительное время наработки на отказ и рассчитанные на работу без постоянного присутствия обслуживающего персонала. В данных условиях предъявляются повышенные требования как к эксплуатационной надежности отдельных радиотехнических средств, так и к надежности автоматизированных систем управления в целом. Анализ показателей надежности является актуальной прикладной задачей, решаемой при разработке каждого изделия.

Рассмотрим расчет показателей надежности на примере аэродромной СУВД, в состав которой входят:

- комплекс средств руководства полетами (КСРП);
- радиостанции УКВ- и КВ-диапазонов;
- радиолокационная система посадки (РСП);
- азимутально-дальномерный радиомаяк (АДРМ);
- радиотехническая система ближней навигации (РСБН);
- приводные аэродромные станции (ПАР);
- автоматический радиопеленгатор (АРП);
- светосигнальное оборудование (ССО);
- система инструментальной посадки (ИСП).

Входящие в состав аэродромной СУВД комплексы и средства объединены в сеть на основе абонентских и базовых модулей доступа проводной связи (АМД и БМД) и резервных станций широкополосного беспроводного доступа (ШРД).

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ

При оценке сложного многофункционального изделия показатели надежности рассчитываются для каждой из выполняемых функций с составлением соответствующих схем расчета надежности (СхРН).

Показатели надежности рассчитываются при следующих допущениях:

- каждый элемент СхРН может находиться в одном из двух состояний: работоспособность или отказ;
- отказы элементов СхРН – события независимые;
- закон распределения времени работы между отказами и временем восстановления элементов – экспоненциальный.

Интенсивность отказов (λ) элементов СхРН, не имеющих резервирования, рассчитывается как сумма интенсивностей отказов по формуле

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = \lambda_i n_i, \quad (1)$$

где λ_i – интенсивность отказов сборочной единицы i -го типа, 1/ч;
 n_i – количество сборочных единиц i -го типа в составе элемента СхРН.

Расчет резервированных устройств производится по методике, определенной ОСТ 4Г 0.012.242.

Наработка на отказ (T_o) при последовательном соединении элементов СхРН рассчитывается по формуле

$$T_o = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}. \quad (2)$$

Среднее время восстановления изделия (T_v) определяется по формуле

$$T_v = \frac{\sum_{i=1}^n t_{vi} \lambda_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}, \quad (3)$$

где t_{vi} – среднее время восстановления i -й составной части, ч;
 λ_i – интенсивность отказов i -й составной части, 1/ч;
 n_i – количество составных частей в изделии.

КРИТЕРИИ ОТКАЗОВ

Формулирование критериев отказов аэродромной СУВД и их взаимосвязи с надежностью составных частей является достаточно сложной и зачастую неоднозначной научно-исследовательской задачей. В таблице 1 предложены основные критерии отказов рассмат-

риваемой аэродромной СУВД по функции обеспечения минимума взлета и посадки не ниже I категории для воздушных судов, оснащенных соответствующим бортовым оборудованием.

Таблица 1

№ п.п.	Состояние подсистем, комплексов и средств	Состояние аэродромной СУВД
1	Отказ комплекса средств руководства полетами	Отказ
2	Функционирование менее 3 каналов УКВ-диапазона и отказ всех каналов КВ-диапазона	Отказ
3	Одновременный отказ БМД и базовой станции ШРД	Отказ
4	Отказ АМД или абонентской станции ШРД	Снижение функциональных характеристик
5	Отказ БМД или базовой станции ШРД	Снижение функциональных характеристик
6	Отказ первичного радиолокационного канала в составе РСП	Снижение функциональных характеристик
7	Отказ вторичного радиолокационного канала RBS в составе РСП при функционирующем АРП	Снижение функциональных характеристик
8	Отказ канала системы госопознавания в составе РСП	Снижение функциональных характеристик
9	Отказ посадочного радиолокационного канала в составе РСП	Снижение функциональных характеристик
10	Одновременный отказ посадочного радиолокационного канала, первичного и вторичного (RBS) радиолокационных каналов в составе РСП	Снижение функциональных характеристик
11	Одновременный отказ посадочного радиолокационного канала и первичного радиолокационного канала в составе РСП, канала системы госопознавания	Снижение функциональных характеристик
12	Одновременный отказ посадочного радиолокационного канала и вторичного радиолокационного канала RBS в составе РСП, канала системы госопознавания	Отказ
13	Одновременный отказ первичного и вторичного (RBS) радиолокационных каналов, канала системы госопознавания в составе РСП	Отказ
14	Одновременный отказ посадочного радиолокационного канала, первичного и вторичного (RBS) радиолокационных каналов, канала системы госопознавания в составе РСП	Отказ
15	Отказ канала автоматического зависимого наблюдения (АЗН)	Снижение функциональных характеристик
16	Отказ канала объединенной системы навигации и обмена данными (ОСНОД)	Снижение функциональных характеристик
17	Отказ ПАР	Снижение функциональных характеристик
18	Одновременный отказ всех ПАР, АДРМ и РСБН	Отказ
19	Отказ АДРМ	Снижение функциональных характеристик
20	Отказ РСБН	Снижение функциональных характеристик
21	Отказ АРП при функционирующих вторичном радиолокационном канале RBS и канале системы госопознавания	Снижение функциональных характеристик

Продолжение таблицы 1

22	Отказ инструментальной системы посадки (ИСП) при работающей РСП	Снижение функциональных характеристик
23	Отказ светосигнального оборудования (ССО)	Отказ

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

Для оценки показателей надежности аэродромной СУВД составлена схема расчета надежности (см. рисунок) на основе анализа выполняемых функций и состава подсистем с учетом принятых критериев отказа оборудования, комплексов и средств, входящих в подсистемы аэродромной СУВД. В качестве элемента СхРН принят самостоятельный, четко выделенный функционально законченный объект, комплекс, аппаратная, станция из состава каждой составной части аэродромной СУВД, дальнейшая детализация которой не является необходимой в пределах проводимого расчета. Вспомогательные элементы оборудования, приборы функционального контроля и устройства отображения, не влияющие на работу составных частей изделия в основных рабочих режимах, в расчет параметров надежности не входят.

Средства, комплексы средств, функциональные объекты, подсистемы, станции и аппаратные, входящие в каждую из составных частей аэродромной СУВД, принимаются в расчет как сборочные единицы со своими показателями надежности, рассчитанными предприятиями-изготовителями и взятыми из эксплуатационной документации составных частей.

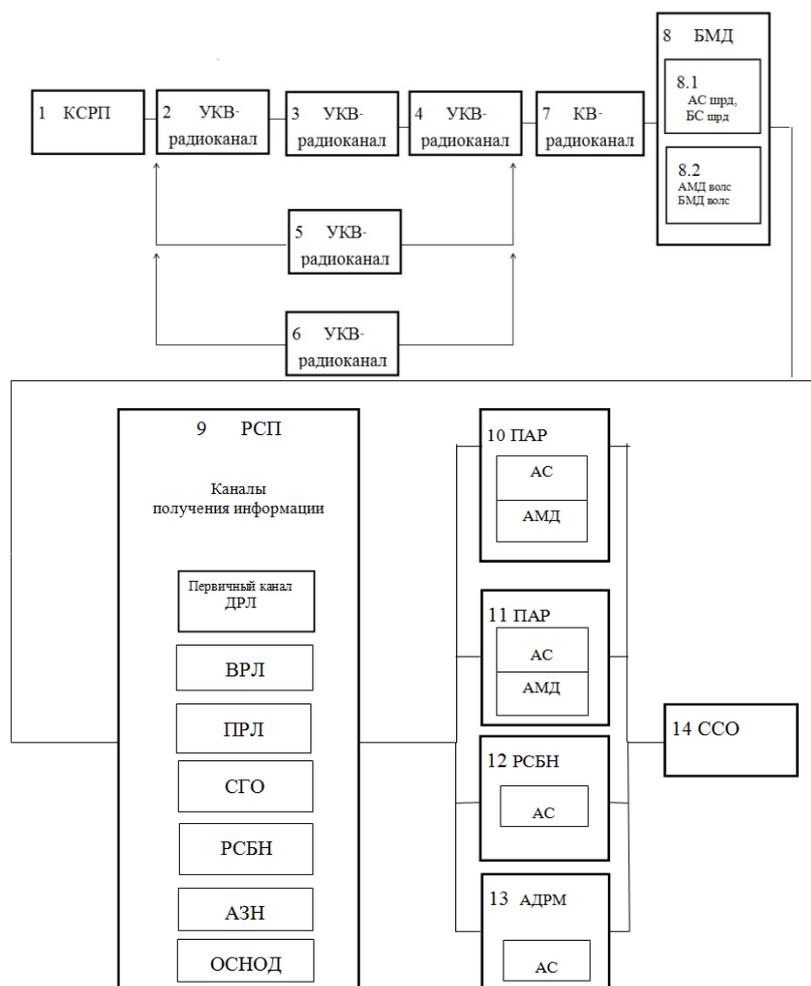


Схема расчета надежности

Результаты расчета средней интенсивности отказов приведены в таблице 2.

Таблица 2

№ по СхРН	Наименование	Кол-во	Средняя интенсивность отказов $\lambda_i \times 10^6$		
			На один элемент СхРН	Резерв	Суммарная
	Аэродромная СУВД В ней:	1			510,102
1	КСРП	1	50		50
2÷6	УКВ-радиоканалы	5	50	1,5	1,5
7	КВ-радиоканал	1	200		200
8	резервированный базовый модуль доступа	1	200	2	2
		1	200		
9	РСРП	1	36,61		36,61
10, 11	ПАР	2	200	19,992	19,992
12	РСБН	1	200		
13	АДРМ	1	200		
14	ССО	1	200		

ВЫВОДЫ

В результате проведенного расчета получаем, что среднее время работы на отказ (T_0) аэродромной СУВД составляет 1960 ч.

Исходя из результатов расчета T_0 и учитывая, что среднее время восстановления (T_B) входящих в аэродромную СУВД изделий не превышает 0,5 ч, получаем коэффициент готовности (K_T) аэродромной СУВД равный 0,99974.

Из проведенного расчета видно, что показатели надежности сложных систем в целом несколько хуже, чем показатели отдельных составных частей системы. Наряду с этим за счет резервирования отдельных изделий и использования нескольких функционально резервирующих друг друга средств удается добиться приемлемых характеристик.

Расчет показателей надежности является актуальной прикладной задачей, решаемой при разработке каждого изделия. Анализ показателей надежности позволяет повысить эффективность эксплуатации аэродромной СУВД, выбирать оптимальные сроки технического обслуживания и ремонта аэродромных комплексов и средств управления, радиотехнического и светотехнического оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 18322-78. Система технического обслуживания и ремонта техники. М.: Стандартинформ, 2007. 11 с.
- ОСТ 4Г 0.012.242-84. Аппаратура радиоэлектронная. Методика расчета показателей надежности. М.: Стандартинформ, 2008. 15 с.
- ОСТ 4.012.012-83. Аппаратура радиоэлектронная. Расчет среднего времени восстановления. М.: Стандартинформ, 2008. 18 с.
- Ширяев А.Н. Статистический последовательный анализ. М.: Наука, 1976. 232 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Бондарь Дмитрий Сергеевич, соискатель кафедры ТЭРЭО ВТ МГТУ ГА, электронный адрес: bd986@mail.ru.

Прохоров Александр Валентинович, доктор технических наук, профессор кафедры ТЭРЭО ВТ МГТУ ГА, электронный адрес: a.prokhorov@mstuca.aero.

ANALYSIS OF INDICATORS RELIABILITY FOR AIRFIELD SYSTEMS AIR TRAFFIC CONTROL

Dmitriy S. Bondar

Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia,
bd986@mail.ru

Aleksandr.V. Prokhorov

Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia,
a.prokhorov@mstuca.aero

ABSTRACT

Discusses issues relating with reliability for aerodrome air traffic control system. Calculation of indicators of reliability for aerodrome air traffic control system consisting of: Air Traffic Control System (ATCS); radio stations; Radar Landing System (RLS); Azimuth-ranging Radio Beacon (ARRB); Short-Range Decimeter Navigation System (RSBN); Non-directional Radio Beacon (NDB); Automatic Direction Finder (ADF); Airport Lighting Equipment (ALE); Instrument Landing System (ILS). Proposed basic criteria for failure for aerodrome air traffic control system function provide minimum take off and landing is not below category I for aircraft equipped with appropriate avionics. The scheme of reliability calculation and determined the average time to failure and availability for aerodrome air traffic control system. The obtained indicators of reliability for complex systems, in general, slightly worse than the performance of individual components. However, due to the redundancy of individual products and the use of several functionally reserving each other means it is possible to achieve acceptable performance.

Key words: reliability, indicators of reliability, failure criteria.

REFERENCES

1. GOST 18322-78. Equipment maintenance and repair system. Moscow. StandartinformPubl., 2007. 11 p. (in Russian)
2. OST 4G 0.012.242-84. Radio-electronic equipment. The method of calculation of indicators of reliability. Moscow. StandartinformPubl., 2008. 15 p. (in Russian)
3. OST 4.012.012-83. Radio-electronic equipment. The calculation of the average recovery time. Moscow. StandartinformPubl., 2008. 18 p. (in Russian)
4. **Shiryaev A.N.** Statisticheskij posledovatel'nyj analiz [Statistical sequential analysis]. Moscow: Nauka, 1976, 232 p. (in Russian)