

НАДЕЖНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

УДК 004.3

С.В. Абламейко¹, В.В. Анищенко¹, В.В. Зазнов², С.А. Золотой², Л.И. Кульбак¹**ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ НАЗЕМНОГО СЕГМЕНТА
БЕЛОРУССКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

Описываются состав и структура Белорусской космической системы дистанционного зондирования Земли (БКСДЗ). Устанавливаются показатели надежности наземного сегмента (НС) БКСДЗ и его составных частей. Приводятся структурные схемы надежности НС БКСДЗ в целом и его составных частей, численные значения показателей надежности составных частей, а в качестве примера – расчет надежности системы в целом. Предлагаются и оцениваются возможные методы повышения надежности НС БКСДЗ.

Введение

По Указу Президента Республики Беларусь «О создании Белорусской космической системы дистанционного зондирования Земли» от 22.10.2003 г. № 464 в Национальной академии наук Беларуси в настоящее время завершаются работы по созданию НС БКСДЗ, который представляет собой сложную, многофункциональную информационно-вычислительную систему. Для такой системы надежность является одним из основных свойств. Для обеспечения надежности НС БКСДЗ была разработана программа обеспечения надежности на стадии его разработки. Согласно ГОСТ 27.301–95 [1] для оценки надежности объекта необходимо иметь представление о структуре объекта, а также выполняемых им функциях. В настоящей статье приводятся сведения о НС БКСДЗ и некоторые результаты по обеспечению его надежности.

1. Назначение, область применения и структура НС БКСДЗ

НС БКСДЗ предназначен:

- для оперативного наблюдения земной поверхности;
- регулярного и оперативного обеспечения потребностей Республики Беларусь в целевой информации с высоким пространственным разрешением;
- оперативного приема космической информации;
- управления белорусским космическим аппаратом (БКА) на всех этапах его активного существования.

Выделяют следующие области применения НС БКСДЗ:

- контроль землепользования и сельскохозяйственного производства;
- контроль естественных и возобновляемых природных ресурсов;
- выявление площадей, перспективных для поиска полезных ископаемых;
- контроль ресурсов и экологии шельфа;
- контроль чрезвычайных ситуаций;
- наблюдение за объектами нефтегазового комплекса;
- обновление топографических карт;
- экологический контроль окружающей среды и др.

БКСДЗ состоит из двух сегментов: космического и наземного. В настоящей работе рассматривается лишь НС. В состав НС БКСДЗ (рис. 1) входят:

- наземный комплекс управления (НКУ);
- система связи и передачи данных (ССПД) НС БКСДЗ;
- локально-вычислительная сеть (ЛВС) аппаратно-программных комплексов (АПК);
- АПК приема данных (ПД) с космических аппаратов (КА);
- АПК планирования и управления (ПУ);
- АПК тематической обработки (ТО) данных с КА;
- АПК банка данных цифровой информации о местности с архивом (БДЦИМА);
- телекоммуникационная сеть (ТКС) связи с пользователями информации;
- комплект бесперебойного электропитания (КБП).

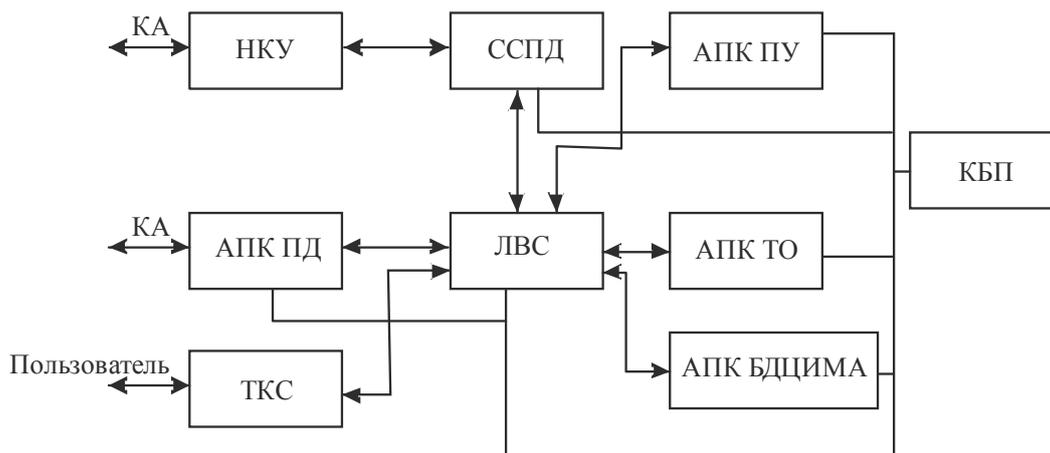


Рис. 1. Структурная схема НС БКСДЗ

Для функционирования НС БКСДЗ необходимо наличие заявки на данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), полученной от потребителя. Заявка поступает на АПК ПУ через ТКС и ЛВС и помещается в базу данных (БД) АПК ПУ. В АПК ПУ производится проверка выполнимости заявки путем обращения через ЛВС в АПК БДЦИМА, где осуществляется поиск снимков, удовлетворяющих требованиям заявки, и проверяется степень покрытия заявки снимками. Затем АПК ПУ формирует и передает через ЛВС в АПК ТО задание на тематическую обработку данных ДЗЗ, включающее исходные данные и перечень снимков, удовлетворяющих заявке. АПК ТО через ЛВС извещает о степени выполнения заявки и выделенных территориях для съемки АПК ПУ, который помещает их в БД АПК ПУ. При выполнении требований заявки в полном объеме АПК ПУ через ЛВС и ТКС передает данные ДЗЗ пользователю.

При невыполнении требований заявки в полном объеме АПК ПУ по данным телеметрии из НКУ, поступающим через ССПД и ЛВС на АПК ПУ, данным телеметрии АПК ПД, поступающим на АПК БДЦИМА через ЛВС и затем полученным АПК ПУ с АПК БДЦИМА через ЛВС, и данным БД АПК ПУ создает список участков территорий, подлежащих съемке согласно заявке, и план работы АПК ПУ. Затем в АПК ПУ формируются полетное задание на съемку, которое передается через ЛВС и ССПД в НКУ для реализации, и план работы АПК ПД, который передается через ЛВС. АПК ПД в соответствии с планом осуществляет прием данных ДЗЗ с КА и передает их в АПК БДЦИМА через ЛВС. АПК ПУ после обработки данных ДЗЗ в АПК ТО и помещения их в АПК БДЦИМА берет из него недостающие данные для удовлетворения требования согласно заявке и передает их пользователю через ЛВС и ТКС.

2. Показатели надежности НС БКСДЗ и его составных частей

Анализ возможностей использования НС БКСДЗ и его составных частей позволяет отнести их согласно ГОСТ 27.003 [2] к изделиям конкретного назначения вида 2 (имеющих кроме работоспособного и неработоспособного состояний еще и частично работоспособное состояние), многократного циклического применения (за исключением ЛВС и ТКС, являющихся изделиями непрерывного применения), восстанавливаемым и обслуживаемым. Согласно ГОСТ 27.003 [2] надежность таких изделий должна оцениваться по показателям безотказности и ремонтпригодности или по комплексным показателям этих свойств.

Примем в качестве показателей надежности АПК ПУ, АПК ТО, АПК БДЦИМА, ЛВС, ТКС и КБП показатель безотказности в виде средней наработки на отказ T_O и комплексный показатель безотказности и ремонтпригодности – коэффициент готовности K_G . Коэффициент готовности K_G обозначает вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается.

В качестве показателя надежности НКУ, АПК ПД и НС БКСДЗ примем комплексный показатель безотказности и ремонтпригодности – коэффициент оперативной готовности K_{OG} , обозначающий вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается, и начиная с этого момента будет работать безотказно в течение заданного интервала времени. За заданный интервал времени примем продолжительность подготовки и проведения сеанса связи с КА.

3. Способы обеспечения надежности, используемые в НС БКСДЗ

К основным способам обеспечения надежности НС БКСДЗ следует отнести:

- использование оборудования фирм, имеющих высокий рейтинг в разработке высоконадежного оборудования;
- использование системного и прикладного программного обеспечения, имеющего развитые средства поддержки надежности;
- применение структурного резервирования технических средств (ТС);
- применение источников бесперебойного питания с байпасом (отказ таких источников не приводит к прекращению подачи питания потребителю);
- минимизацию коэффициента интенсивности эксплуатации антенных систем;
- сокращение времени восстановления работоспособности после отказов.

4. Структурные схемы расчета надежности НС БКСДЗ и его составных частей

Составные части НС БКСДЗ (см. рис. 1) являются объектами, состоящими из большого числа ТС, которые связаны между собой функционально. Функциональные схемы достаточно громоздки, и поэтому целесообразно представить структурные схемы надежности (ССН) составных частей НС БКСДЗ (рис. 2–9) и системы в целом.

ССН наглядно характеризуют критерий отказа и отражают методический подход к расчету показателей надежности. В качестве критерия отказа составных частей НС БКСДЗ примем невыполнение хотя бы одной из функций, установленных для данной составной части НС БКСДЗ.

Можно выделить две категории ТС, входящих в состав НС БКСДЗ:

- обеспечивающие прием данных ДЗЗ с БКА;
- обеспечивающие обработку ДДЗ и обслуживание пользователей.

Отказ первой категории ТС приведет к отказу всей системы, а отказ второй – лишь к задержкам выполнения отдельных ее функций. Поэтому примем в качестве критерия отказа НС БКСДЗ невыполнение функций приема данных ДЗЗ с БКА. Структурная схема надежности НС БКСДЗ, соответствующая критерию отказа системы, показана на рис. 10.



Рис. 2. Структурная схема надежности НКУ

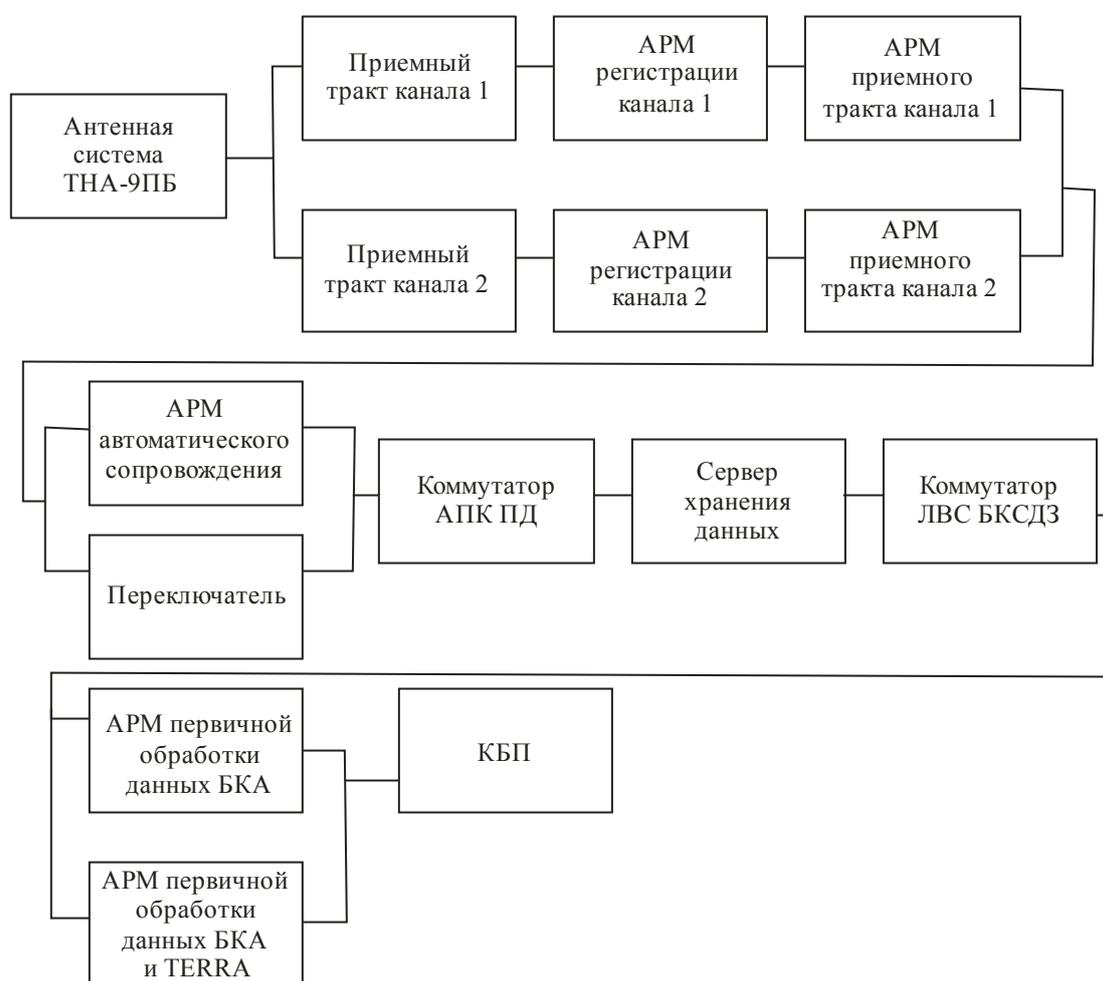


Рис. 3. Структурная схема надежности АПК ПД при приеме данных с БКА в режиме работы по двум каналам на одной частоте



Рис. 4. Структурная схема надежности АПК ПУ

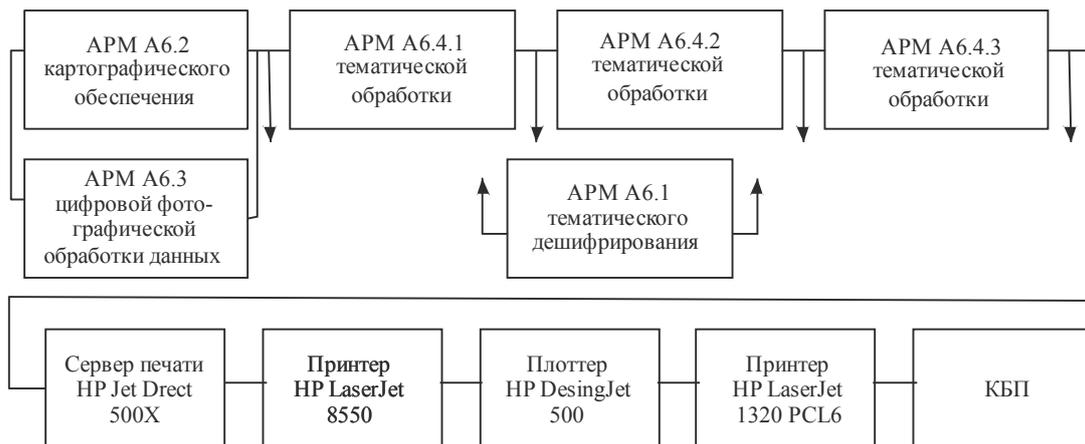


Рис. 5. Структурная схема расчета надежности АПК ТО

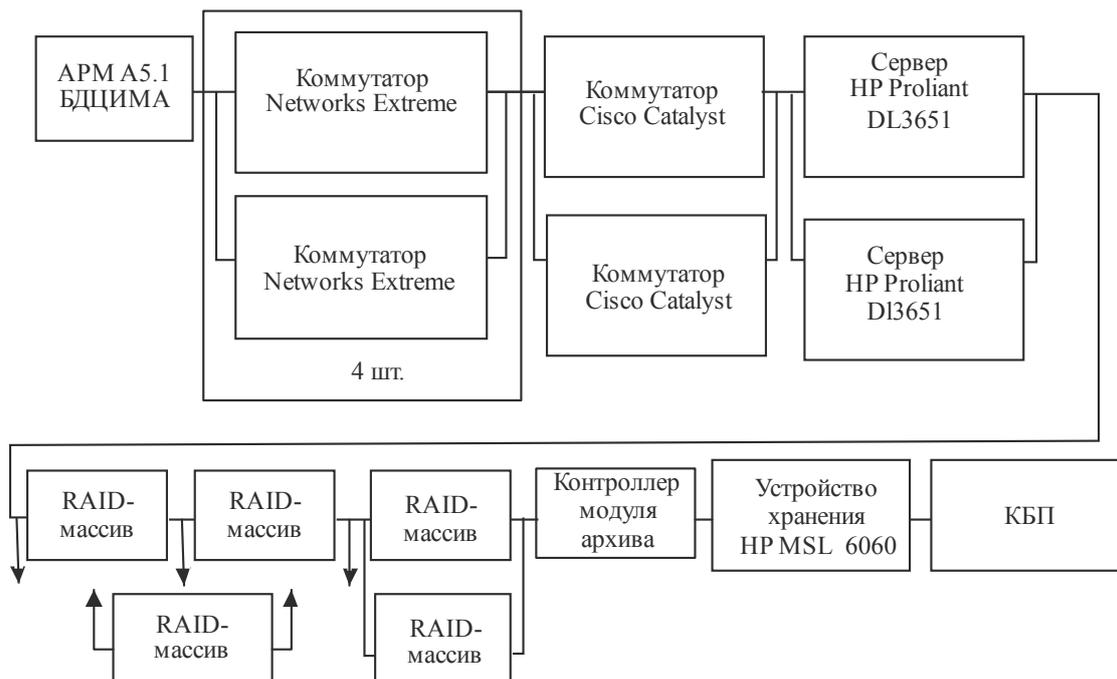


Рис. 6. Структурная схема надежности АПК БДЦИМА

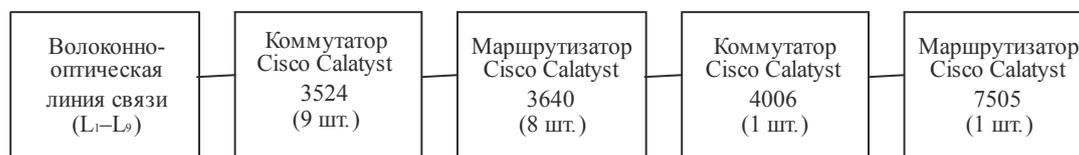


Рис. 7. Структурная схема надежности ТКС



Рис. 8. Структурная схема надежности КБП

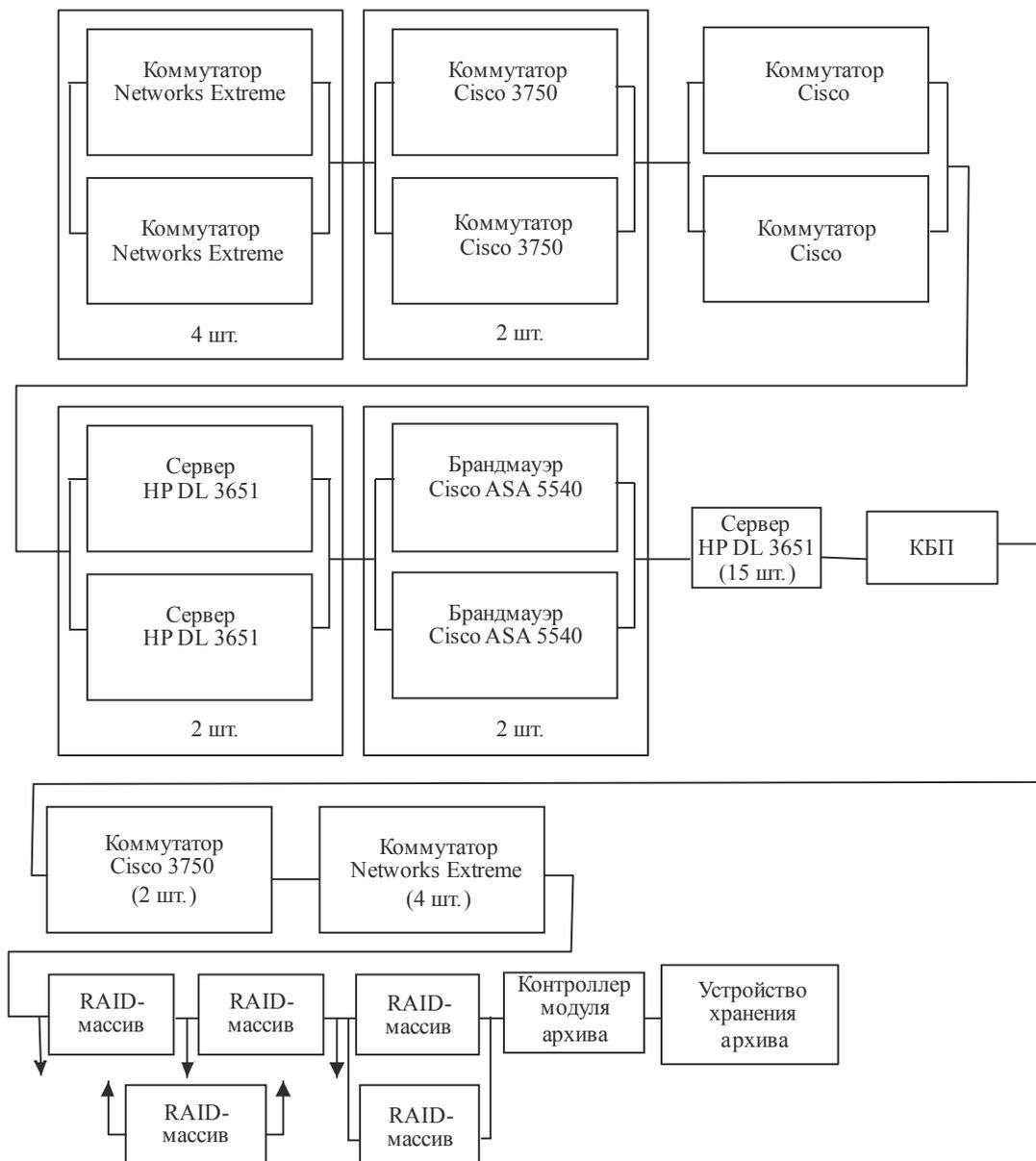


Рис. 9. Структурная схема надежности ЛВС

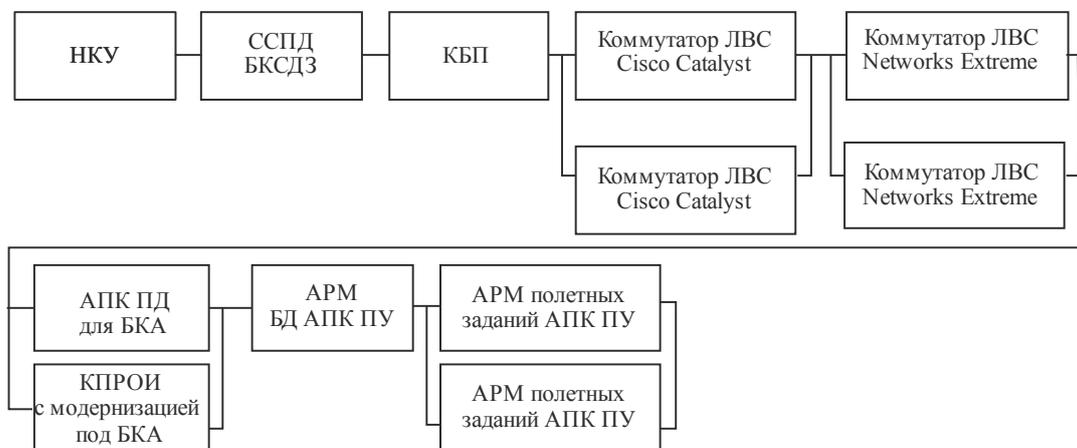


Рис. 10. Структурная схема надежности НС БКСДЗ

5. Показатели надежности составных частей НС БКСДЗ

Для вычисления показателей надежности следует составить формулы расчета в соответствии со структурной схемой надежности и произвести расчет по этим формулам [1] (см. рис. 1–8). В связи с многочисленностью формул расчета надежности составных частей НС БКСДЗ в настоящей работе они не приведены. В табл. 1 даются результаты расчетов, представленные в техническом проекте НС БКСДЗ.

Таблица 1

Показатели надежности составных частей НС БКСДЗ

Составная часть БКС	Средняя наработка на отказ, ч	Коэффициент готовности	Коэффициент оперативной готовности	Вероятность безотказной работы за цикл $P(t_u)$
НКУ	2286	0,990 425	0,980 027	0,989 501 ($t_u = 24$ ч)
АПК ПД при приеме данных с БКА	1420	0,976 321	0,975 633 ($t_c = 1$ ч)	0,991 549 ($t_u = 12$ ч)
АПК ПУ	8083	0,999 423	–	–
АПК ТО	2828	0,996 041	–	–
АПК БДЦИМА	7307	0,999 330	–	–
АПК ЛВС	1833	0,995 654	–	–
ТКС	6503	0,998 669	–	–
КБП	29 400	0,999 749	–	–

В качестве примера приведем расчет показателя надежности НС БКСДЗ. Согласно ССН НС БКСДЗ (рис. 10) показатель надежности НС БКСДЗ следует вычислять по следующим формулам:

$$\Lambda_{\hat{A}\hat{E}} = \Lambda_{\hat{I}\hat{E}\hat{O}} + \Lambda_{\hat{N}\hat{N}\hat{A}\hat{E}} + \Lambda_{\hat{E}\hat{A}\hat{I}} + 2\Lambda_{\hat{D}\hat{E}} + \Lambda_{\hat{A}\hat{I}\hat{A}} + \Lambda_{\hat{A}\hat{A}\hat{A}\hat{I}\hat{O}} + \Lambda_{\hat{D}\hat{A}\hat{I}\hat{C}\hat{I}\hat{O}}; \quad (1)$$

$$\Lambda_{O,X} = 1/T_{O,X}, X: = \text{БК, НКУ, СС.БК, КБП, Р.К, А.БД-ПУ, Р.А.П.З.ПУ}; \quad (2)$$

$$\Lambda_{P,Y} = \frac{\Lambda_Y(1 - A_Y + B_{O,Y} + B_{P,E})}{1 + B_{O,Y} + B_{P,Y}}, Y: = \text{К, А.П.З.ПУ}; \quad (3)$$

$$\Lambda_{I,Y} = 1/\hat{O}_{I,Y}, Y: = \text{К, А.П.З.ПУ}; \quad (4)$$

$$T_{B,P,Y} = T_{B,E,Y}, Y: = \text{К, А.П.З.ПУ}; \quad (5)$$

$$B_{O,Y} = \frac{\Lambda_Y A_Y T_{B,Y}}{1 + \Lambda_Y T_{B,Y}}, Y: = \text{К, А.П.З.ПУ}; \quad (6)$$

$$\hat{A}_{D,Y} = \frac{\Lambda_Y \hat{O}_{\hat{A}\hat{Y}\hat{E}}}{1 + \Lambda_E \hat{O}_{\hat{A}\hat{Y}\hat{Y}}}, Y: = \text{К, А.П.З.ПУ}; \quad (7)$$

$$\hat{O}_{\hat{A}\hat{A}\hat{E}} = \Lambda_{\hat{A}\hat{E}} (\hat{O}_{\hat{A}\hat{I}\hat{E}\hat{O}} \Lambda_{\hat{I}\hat{E}\hat{O}} + \hat{O}_{\hat{A}\hat{N}\hat{N}\hat{A}\hat{E}} \Lambda_{\hat{N}\hat{N}\hat{A}\hat{E}} + \hat{O}_{\hat{A}\hat{E}\hat{A}\hat{I}} \Lambda_{\hat{E}\hat{A}\hat{I}} + 2\hat{O}_{\hat{A}\hat{Y}\hat{E}} \Lambda_{\hat{D}\hat{E}} + \hat{O}_{\hat{A}\hat{A}\hat{I}\hat{A}} \Lambda_{\hat{A}\hat{I}\hat{A}} + \hat{O}_{\hat{A}\hat{A}\hat{A}\hat{I}\hat{O}} \Lambda_{\hat{A}\hat{A}\hat{A}\hat{I}\hat{O}} + \hat{O}_{\hat{A}\hat{Y}\hat{A}\hat{I}\hat{C}\hat{I}\hat{O}} \Lambda_{\hat{D}\hat{A}\hat{I}\hat{C}\hat{I}\hat{O}}); \quad (8)$$

$$K_{O,\Gamma,\text{БК}} = \frac{\exp(-\Lambda_{\text{БК}} t_{\text{C.КА}})}{1 + \Lambda_{\text{БК}} T_{\text{B.БК}}}, \quad (9)$$

где $\Lambda_{\hat{A}\hat{E}}, \Lambda_{\hat{I}\hat{E}\hat{O}}, \Lambda_{\hat{N}\hat{N}\hat{A}\hat{E}}, \Lambda_{\hat{E}\hat{A}\hat{I}}, \Lambda_{\hat{D}\hat{E}}, \Lambda_{\hat{A}\hat{I}\hat{A}}, \Lambda_{\hat{A}\hat{A}\hat{A}\hat{I}\hat{O}}, \Lambda_{\hat{D}\hat{A}\hat{I}\hat{C}\hat{I}\hat{O}}$ – интенсивности отказов соответственно НС БКСДЗ, НКУ, ССПД НС БКСДЗ, КБП, резервированных коммутаторов, резервированных АПК ПД, АРМ БД АПК ПУ, резервированных АРМ полетных заданий АПК ПУ;

$\dot{O}_{i \dot{A} \dot{E}}, \dot{O}_{i \dot{I} \dot{E} \dot{O}}, \dot{O}_{i \dot{N} \dot{N} \dot{A} \dot{E}}, \dot{O}_{i \dot{E} \dot{A} \dot{I}}, \dot{O}_{i \dot{D} \dot{E}}, \dot{O}_{i \dot{\lambda} - \dot{I} \dot{\lambda}}, \dot{O}_{i \dot{\lambda} \dot{\lambda} \dot{A} \dot{I} \dot{O}}, \dot{O}_{i \dot{D} \dot{A} \dot{I} \dot{\zeta} \dot{I} \dot{O}}$ – средние наработки на отказ соответственно НС БКСДЗ, НКУ, ССПД НС БКСДЗ, КБП, резервированных коммутаторов, резервированных АПК ПД, АРМ БД АПК ПУ, резервированных АРМ полетных заданий АПК ПУ;

$\dot{O}_{\dot{A} \dot{A} \dot{E}}, \dot{O}_{\dot{A} \dot{I} \dot{E} \dot{O}}, \dot{O}_{\dot{A} \dot{N} \dot{N} \dot{A} \dot{E}}, \dot{O}_{\dot{A} \dot{E} \dot{A} \dot{I}}, \dot{O}_{\dot{A} \dot{D} \dot{E}}, \dot{O}_{\dot{A} \dot{\lambda} - \dot{I} \dot{\lambda}}, \dot{O}_{\dot{A} \dot{\lambda} \dot{\lambda} \dot{A} \dot{I} \dot{O}}, \dot{O}_{\dot{A} \dot{D} \dot{A} \dot{I} \dot{\zeta} \dot{I} \dot{O}}$ – средние времена восстановления соответственно НС БКСДЗ, НКУ, ССПД НС БКСДЗ, КБП, резервированных коммутаторов, резервированных АПК ПД, АРМ БД АПК ПУ, резервированных АРМ полетных заданий АПК ПУ;

$\Lambda_K, \Lambda_{A.P.3.PY}$ – интенсивности отказов соответственно коммутатора и АРМ полетных заданий АПК ПУ;

$T_{OK}, T_{O.A.P.3.PY}$ – средние наработки на отказ соответственно коммутатора и АРМ полетных заданий АПК ПУ;

$T_{B.K}, T_{B.A.P.3.PY}$ – средние времена восстановления соответственно коммутаторов и АРМ полетных заданий АПК ПУ;

$T_{B.Э.K}, T_{B.Э.A.P.3.PY}$ – средние времена восстановления в экстренном случае резервированных соответственно коммутаторов и АРМ полетных заданий АПК ПУ;

$A_K, A_{A.P.3.PY}$ – вероятности успешного перехода на резерв соответственно в резервированных группах коммутаторов и АРМ полетных заданий АПК ПУ;

$K_{O.I.BK}(t_{C.BK})$ – коэффициент оперативной готовности НС БКСДЗ в течение сеанса связи;

$t_{C.BK}$ – продолжительность сеанса связи с БКА.

Исходные данные и результаты расчета показателя надежности НС БКСДЗ при продолжительности сеанса связи с КА 1 ч приведены в табл. 2.

Таблица 2
Расчет показателей надежности НС БКСДЗ в случае продолжительности сеанса связи с КА 1 ч

Наименование элемента ССН	Количество	Средняя наработка на отказ, ч	Среднее время восстановления, ч	Условная вероятность отказов
НКУ	1	2286	30,0	0,355 37
ССПД	1	3000 000	12,0	0,000 27
КБП	1	2940	8,00	0,027 67
Резервированное звено ($G = 0,95; T_{B.P} = 24,0; T_{B.O} = 8,0$):	2	2982 326	8,00	0,000 55
основной элемент ($A = 1,0$) (коммутатор ЛВС);	1	150 000	8,00	–
резервный элемент ($A = 1,0$) (коммутатор ЛВС)	1	150 000	24,00	–
АПК ПД	1	1420	34,0	0,572 90
АРМ БД АПК ПУ	1	20 000	1,0	0,406 8
Резервированное звено ($G = 0,95; T_{B.P} = 8,0; T_{B.O} = 1,0$):	1	394 163	1,00	0,002 06
основной элемент ($A = 1,0$) (АРМ полетных заданий АПК ПУ);	1	20 000	1,00	–
резервный элемент ($A = 1,0$) (АРМ полетных заданий АПК ПУ)	1	20 000	8,00	–
НС БКСДЗ	1	814	30,427	1,000 00

При средней наработке на отказ 814 ч, среднем времени восстановления 30,4 ч и длительности сеанса связи с КА 1 ч коэффициент готовности равен 0,963 947, а коэффициент оперативной готовности – 0,962 763.

6. Пути повышения надежности НС БКСДЗ

Наиболее доступным направлением повышения надежности НС БКСДЗ следует считать повышение уровня ремонтпригодности антенных систем НКУ и АПК ПД. Снижение среднего времени восстановления антенных систем с 30 ч в НКУ и 34 ч в АПК ПД до 8 ч приведет к повышению коэффициента оперативной готовности с 0,962 763 до 0,989 665.

В качестве следующего направления повышения надежности НС БКСДЗ можно принять использование аналогичных российских средств в качестве резерва НКУ (рис. 11). Исходные данные и результаты расчета показателя надежности НС БКСДЗ в случае резервирования НКУ и сокращения времени восстановления антенных систем приведены в табл. 3.

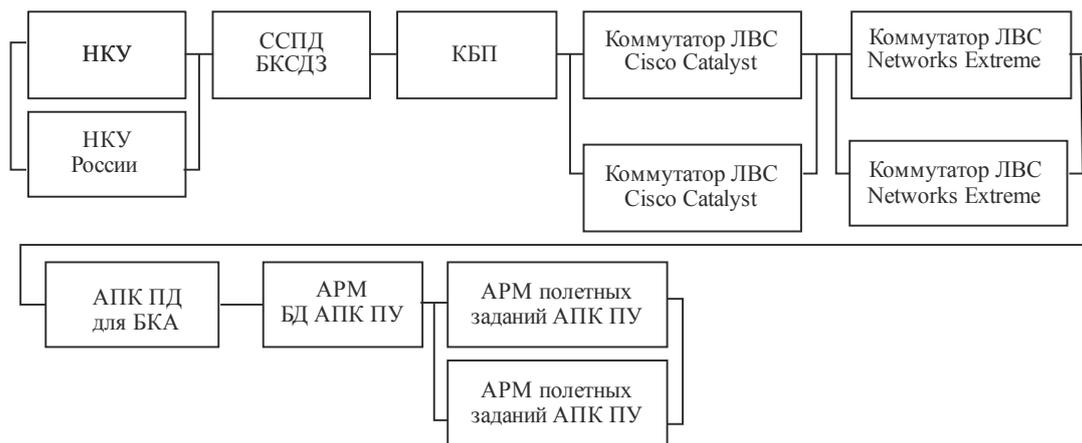


Рис. 11. Структурная схема надежности НС БКСДЗ при резервировании НКУ

Таблица 3

Расчет показателей надежности НС БКСДЗ в случае сокращения времени восстановления антенных систем и резервирования НКУ

Наименование элемента ССН	Количество	Средняя наработка на отказ, ч	Среднее время восстановления, ч	Условная вероятность отказов	
1	2	3	4	5	
Резервированное звено ($G = 0,95$; $T_{B,P} = 30,0$; $T_{B,O} = 8,0$): основной элемент ($A = 1,0$) (НКУ); резервный элемент ($A = 1,0$) (НКУ России)	1	40 504	30,0	0,039 13	
	1	2286	30,0		
	1	2286	8,0		
Система связи и передачи данных ССПД	1	3 000 000	12,0	0,000 40	
Резервированное звено ($G = 0,95$; $T_{B,P} = 24,0$; $T_{B,O} = 8,0$): основной элемент ($A = 1,0$) (коммутатор ЛВС); резервный элемент ($A = 1,0$) (коммутатор ЛВС)	2	2 982 326	8,0	0,000 81	
	1	150 000	8,0		–
	1	150 000	24,00		–
АПК ПД	1	1420	8,0	0,854 62	
КБП	1	29 400	8,0	0,041 28	
АРМ БД АПК ПУ	1	20 000	1,0	0,060 68	

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5
Резервированное звено ($G = 0,95$; $T_{B,P} = 8,0$; $T_{B,O} = 1,0$): основной элемент ($A = 1,0$)	1	394 163	1,0	0,003 08
(АРМ полетных заданий АПК ПУ); резервный элемент ($A = 1,0$)	1	20 000	1,0	–
(АРМ полетных заданий АПК ПУ)	1	20 000	8,0	–
НС БКСДЗ	1	1214	7555	1,000 00

При средней наработке на отказ 1214 ч, среднем времени восстановления 7,5 ч и длительности сеанса связи с КА 1 ч коэффициент готовности равен 0,993 813, а коэффициент оперативной готовности – 0,992 994.

Следующим направлением повышения надежности НС БКСДЗ является использование в качестве резерва в АПК ПД модернизируемой в части приема на одной из частот с БКА станции КПРОИ (КПРОИ-М) (рис. 12). Исходные данные и результаты расчета показателя надежности НС БКСДЗ в случае резервирования АПК ПД и сокращения времени восстановления антенных систем приведены в табл. 4.

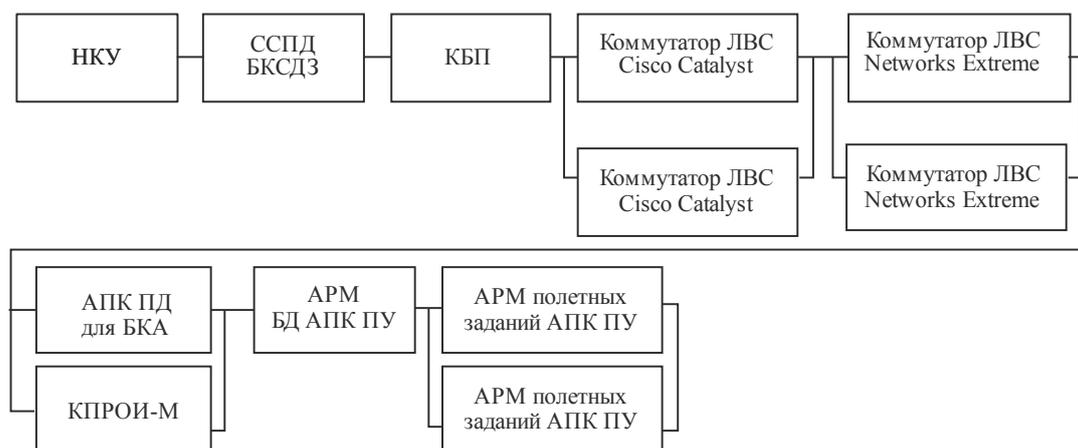


Рис. 12. Структурная схема надежности НС БКСДЗ при резервировании АПК ПД

Таблица 4

Расчет показателей надежности НС БКСДЗ в случае резервирования КПРОИ

Наименование элемента ССН	Количество	Средняя наработка на отказ, ч	Среднее время восстановления, ч	Условная вероятность отказов
1	2	3	4	5
НКУ	1	2286	8,0	0,741 36
ССПД	1	3 000 000	12,0	0,000 56
КБП	1	2940	8,00	0,057 64
Резервированное звено ($G = 0,95$; $T_{B,P} = 24,0$; $T_{B,O} = 8,0$): основной элемент ($A = 1,0$)	2	2 982 326	8,00	0,001 14
(коммутатор ЛВС); резервный элемент ($A = 1,0$)	1	150 000	8,00	–
(коммутатор ЛВС)	1	150 000	24,00	–

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5
Резервированное звено ($G = 0,95; T_{B,P} = 34,0; T_{B,O} = 8,0$): основной элемент ($A = 1,0$) (АПК ПД); резервный элемент ($A = 1,0$) (КПРОИ-М)	1	15 372	8,0	0,110 25
	1	1420	8,0	
	1	1420	34,0	
АРМ БД АПК ПУ	1	20 000	1,0	0,034 74
Резервированное звено ($G = 0,95; T_{B,P} = 8,0; T_{B,O} = 1,0$): основной элемент ($A = 1,0$) (АРМ полетных заданий АПК ПУ); резервный элемент ($A = 1,0$) (АРМ полетных заданий АПК ПУ)	1	394 163	1,00	0,004 30
	1	20 000	1,00	
	1	20 000	8,00	
НС БКСДЗ	1	1695	7,397	1,000 00

При средней наработке на отказ 1695 ч, среднем времени восстановления 7,4 ч и длительности сеанса связи с КА 1 ч коэффициент готовности равен 0,995 665, а коэффициент оперативной готовности – 0,995 077.

Наиболее эффективного повышения надежности НС БКСДЗ можно достичь путем одновременного использования всех ранее перечисленных способов (рис. 13). Исходные данные и результаты расчета показателя надежности НС БКСДЗ в рассматриваемом случае приведены в табл. 5.

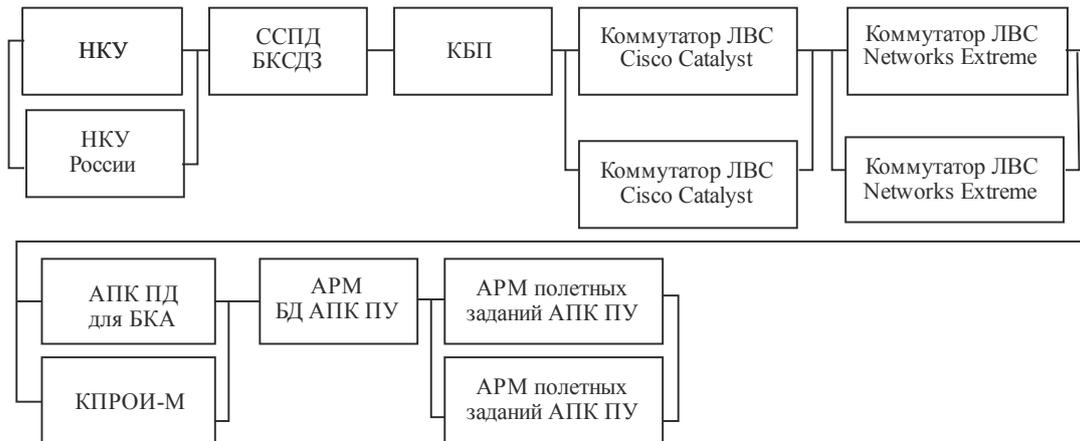


Рис. 13. Структурная схема надежности НС БКСДЗ при использовании всех рассматриваемых способов повышения надежности

Таблица 5

Расчет показателей надежности НС БКСДЗ при использовании всех рассматриваемых способов повышения надежности

Наименование элемента ССН	Количество	Средняя наработка на отказ, ч	Среднее время восстановления, ч	Условная вероятность отказов
1	2	3	4	5
Резервированное звено ($G = 0,95; T_{B,P} = 30,0; T_{B,O} = 8,0$): основной элемент ($A = 1,0$) (НКУ); резервный элемент ($A = 1,0$) (НКУ России)	1	31 016	8,0	0,174 42
	1	2286	8,0	
	1	2286	30,0	

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5
ССПД	1	3 000 000	12,0	0,001 80
КБП	1	2940	8,00	0,184 01
Резервированное звено ($G = 0,95$; $T_{B,P} = 24,0$; $T_{B,O} = 8,0$): основной элемент ($A = 1,0$) (коммутатор ЛВС);	2	2 982 326	8,00	0,003 63
резервный элемент ($A = 1,0$) (коммутатор ЛВС)	1	150 000	8,00	–
	1	150 000	24,00	–
Резервированное звено ($G = 0,95$; $T_{B,P} = 34,0$; $T_{B,O} = 8,0$): основной элемент ($A = 1,0$) (АПК ПД);	1	15 372	8,0	0,351 93
резервный элемент ($A = 1,0$) (КПРОИ-М)	1	1420	8,0	
	1	1420	34,0	
АРМ БД АПК ПУ	1	20 000	1,0	0,270 49
Резервированное звено ($G = 0,95$; $T_{B,P} = 8,0$; $T_{B,O} = 1,0$): основной элемент ($A = 1,0$) (АРМ полетных заданий АПК ПУ);	1	394 163	1,0	0,013 72
резервный элемент ($A = 1,0$) (АРМ полетных заданий АПК ПУ)	1	20 000	1,0	–
	1	20 000	8,00	–
НС БКСДЗ	1	5410	6,018	1,000 00

При средней наработке на отказ 5410 ч, среднем времени восстановления 6,0 ч и длительности сеанса связи с КА 1 ч коэффициент готовности равен 0,998 889, а коэффициент оперативной готовности – 0,998 704.

Заключение

В настоящей статье рассмотрены состав, структура и выполняемые функции НС БКСДЗ и его составных частей. Приведены структурные схемы надежности и показатели надежности составных частей системы. При критерии отказа «пропуск сеанса связи с КА» дана структурная схема надежности системы в целом. Проиллюстрирована методика расчета показателей надежности на примере структурной схемы надежности НС БКСДЗ в целом. Получены значения показателей надежности системы и предложены способы повышения их значений.

Реализация предложенных способов повышения надежности системы позволяет повысить коэффициент оперативной готовности НС БКСДЗ с 0,963 947 до 0,996 704 и тем самым уменьшить коэффициент потерь оперативной готовности в 11 раз.

Список литературы

1. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения : ГОСТ 27.301–95. – Введ. 01.10.97. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1996.

2. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности. ГОСТ 27.003–90. – Введ. 01.01.92. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 16 с.

Поступила 24.11.08

¹Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси,
Минск, Сурганова, 6
e-mail: anishch@newman.bas-net.by

²УП «Геоинформационные системы»,
Минск, Сурганова, 6
e-mail: zolotoy@itk2.bas-net.by

S.V. Ablameyko, U.V. Anishchanka, V.V. Zaznov, S.A. Zolotoy, L.I. Kulbak

RELIABILITY ESTIMATION OF THE GROUND SEGMENT OF BELARUSIAN EARTH REMOTE SENSING SPACE SYSTEM

The structure of the ground segment of Belarusian Earth Remote Sensing Space System (BERSSS) is described. The reliability values of BERSSS and its components are given. Structural diagrams of reliability of the BERSSS system and its components are presented. Numerical values of reliability of BERSSS component parts are also adduced. As an example, an assessment of the reliability of the whole BERSSS is provided. Possible methods of BERSSS reliability increasing are suggested and estimated.