

УТВЕРЖДЁН
RU.17701729.22005-01 31 ЛУ

Программный комплекс АСОНИКА-К

Система АСОНИКА-К-РЭС

(расчёт показателей надежности «структурно-сложных» электронных средств)

Описание применения

RU.17701729.22005-01 31

(на CD-дисках)

Листов 25

2023

Литера

Инв. N подл.	Подп. и дата	Взам. инв. N	Инв. N дубл.	Подп. и дата

АННОТАЦИЯ

Система анализа надёжности реконфигурируемых изделий АСОНИКА-К-РЭС предназначена для расчётов показателей надёжности реконфигурируемых электронных средств (электронных средств, при отказе составных частей которых восстановление работоспособности осуществляется путём реконфигурации исходной структуры) по данным о характеристиках надёжности составных частей и об алгоритмах реконфигураций. Система АСОНИКА-РЭС может эксплуатироваться как автономно, так и в составе программного комплекса АСОНИКА-К, что позволяет существенно снизить время расчётов за счёт использования интенсивностей отказов составных частей, полученных с помощью системы АСОНИКА-К-СЧ.

Система АСОНИКА-К-РЭС реализует метод имитационного моделирования, что позволяет проводить расчёты надёжности электронных средств, схема расчета надёжности которых может содержать алгоритмы реконфигурации, «неприводимые» графы и комплекты ЗИП. Это достигается за счёт встроенного специализированного языка, на котором формируется описание алгоритмов реконфигураций при отказах составных частей.

Система АСОНИКА-К-РЭС позволяет поддерживать практически неограниченное количество компонентов схем расчёта надёжности электронных средств, число которых определяется только техническими характеристиками ЭВМ, на которой установлена система.

В описании приведен порядок применения системы для расчётов надёжности реконфигурируемых электронных средств.

Описание содержит 25 л., 14 рис., 1 табл.

<i>Инв. N подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. N</i>	<i>Инв. N дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

СОДЕРЖАНИЕ

1	НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ	4
2	УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СИСТЕМЫ	5
3	ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ	5
3.1.	Общие положения	5
3.2	Требования по надёжности	7
3.3	Условия применения	7
3.4	Исследование надёжности БП	8
3.4.1	Разработка формальной модели БП	9
3.4.2	Верификация формальной модели БП	14
3.4.3	Расчет вероятности безотказной работы БП	17
3.4.4	Анализ результатов расчетов БП	18
3.5.	Заключение	19
4	ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ	20
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	21
	ПРИЛОЖЕНИЕ	23
	Лист регистрации изменений	25

<i>Инв. N подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. N</i>	<i>Инв. N дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

1 НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ

Система АСОНИКА-К-РЭС является одной из систем программного комплекса АСОНИКА-К (визуальной среды обеспечения надёжности электронных средств) и предназначена для автоматизации выполнения мероприятий «Программы обеспечения надёжности при разработке» и управления надёжностью электронных средств (ЭС) на ранних этапах проектирования.

Система АСОНИКА-К-РЭС позволяет проводить расчёты показателей надёжности «структурно-сложных» (реконфигурируемых) ЭС. Система создана в обеспечение ГОСТ РВ 20.39.302 [1], РДВ 319.01.05 [2], РДВ 319.01.16 [3] и ОСТ 4Г0.012.242 [4].

Ключевыми особенностями системы являются:

- использование метода имитационного моделирования (метода Монте-Карло) для расчётов показателей надёжности структурно-сложных (реконфигурируемых) ЭС, рекомендованного в
- использование специализированного языка описания процессов отказов РЭС, который содержит типовые заготовки для описания моделей компонентов схем расчёта надёжности (СРН).

Основными возможностями системы являются:

- расчёт показателей безотказности реконфигурируемых ЭС (вероятности безотказной работы и среднего времени наработки до отказа);
- расчёт комплексных показателей надёжности реконфигурируемых ЭС (коэффициента готовности и коэффициента оперативной готовности);
- расчёт комплексных показателей надёжности ЭС с учетом ограниченных запасов в комплектах ЗИП;

<i>Инв. N подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. N</i>	<i>Инв. N дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

RU.17701729.22004-01 31 01

- расчёт показателей надёжности ЭС, имеющих различные алгоритмы реконфигурации и/или виды отдельного резервирования (нагруженное, ненагруженное, скользящее и др.).
- расчёт показателей надёжности ЭС, структурные схемы надёжности (ССН) которых представляют «неприводимые графы»;
- автоматическое создание программной модели по тексту формальной модели РЭС;
- автоматический анализ синтаксических ошибок в тексте формальной модели.

2 УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СИСТЕМЫ

Требования к техническим средствам и программному обеспечению.

- Компьютер: IBM/PC-совместимый.

Рекомендуемая конфигурация:

- процессор - не ниже Intel Pentium-Core i3 с тактовой частотой не менее 2 GHz на ядро;
- HDD - не менее 2 Gb свободного места;
- RAM - не менее 4 Gb;
- операционная система - Windows-7 и выше или Alt Linux WorkStation 10.

3

ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ

Описание задачи (постановка) и метод её решения приведены ниже.

3.1. Общие положения

Расчёт надёжности блока питания (БП) проведён в соответствии с ГОСТ 27.301 [5]. Термины и определения соответствуют ГОСТ 27.002 [6].

<i>Инв. N подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. N</i>	<i>Инв. N дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

БП предназначен для электропитания электронных модулей изделия.

Условия эксплуатации: БП должен выдерживать воздействие внешних факторов (ВВФ) по классу аппаратуры 1 по ГОСТ РВ 20.39.304 [7], группа аппаратуры 1.1, исполнение УХЛ «Аппаратура стационарных помещений, сооружений».

БП является резервированным изделием (модули питания БП образуют группу «Нагруженное резервирование» [8]). При отказе одного из модулей другой переходит в форсированный режим и продолжает обеспечивать энергией все электронные модули изделия.

БП является восстанавливаемым изделием на уровне компонентов первого уровня (модулей питания).

При проведении расчёта надёжности были приняты следующие допущения:

- отказы модулей питания представляют собой случайные независимые события;
- время работы до отказа модулей питания является случайной величиной, распределённой по экспоненциальному закону с постоянным параметром λ .

БП относится к аппаратуре вида I по классификации ГОСТ РВ 20.39.303 [9], имеющей один уровень качества функционирования.

БП в составе изделия находится в режиме работы. При отказе одного из модулей другой продолжает обеспечивать электропитанием и те составные части изделия, которые потребляли энергию от оказавшего модуля.

Расчёт показателей надёжности БП выполнен по данным о количествах и типах модулей питания, комплектующих его.

На основании технического задания (ТЗ) под отказом БП понимается событие, при котором наступает необратимый переход его в такое

<i>Инв. N подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. N</i>	<i>Инв. N дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

RU.17701729.22004-01 31 01

состояние, в котором он не может выполнить хотя бы одну из предусмотренных в ТЗ функций.

Расчёт показателей надёжности БП выполнен в предположении, что глубина контроля (γ) модулей питания БП при последней, перед эксплуатацией его в составе изделия, проверке в условиях технической позиции (ТП) близка к 100%. Это значит, что при положительном результате проверки в эксплуатацию поступает полностью исправный БП.

3.2 Требования по надёжности

В Техническом задании (ТЗ), в соответствии с ГОСТ РВ 20.39.303 [9], на БП нормируются следующие показатели надёжности:

- вероятность безотказной работы за 10 лет наработки - не менее 0,7.

Критерий отказа:

- отказ обоих модулей питания.

3.3 Условия применения

Ниже приведены сведения о температурных и временных условиях предполагаемой эксплуатации БП в режиме работы.

Температурные условия.

БП должен быть устойчив к климатическим и механическим условиям исполнения УХЛ, к классу аппаратуры 1 (группа 1.1) «Аппаратура стационарных помещений, сооружений» по ГОСТ РВ 20.39.304 [7].

Исходя из этого задается:

- значения температуры окружающей среды в режиме эксплуатации: нижнее - минус 50 °С, верхнее - плюс 50 °С.

При расчёте надёжности БП, для получения нижней оценки показателей безотказности, принимаем за предельную температуру

<i>Инв. N подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. N</i>	<i>Инв. N дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

окружающей среды в режиме работы максимальное значение температуры, равное +50 °С.

Временные графики работы.

В соответствии с ТУ и ГОСТ РВ 27.3.01 [10], при расчёте надёжности предполагается однократное применение БП. Основной режим применения БП - режим работы, с перерывами на проведение технического обслуживания, предусмотренного в его инструкции по эксплуатации.

3.4 Исследование надёжности БП

Исследование надёжности БП проведено в рамках выполнения обязательных мероприятий «Программы обеспечения надёжности при разработке [1].

Для непосредственного выполнения расчёта надёжности БП использовалась система АСОНИКА-К-РЭС. Система АСОНИКА-К-РЭС позволяет реализовать исследования надёжности аппаратуры методом имитационного моделирования (методом Монте-Карло), что, в совокупности с возможностью сохранения временных рядов значений вероятности безотказной работы и интенсивности отказов ЭС для последующей обработки, облегчает анализ полученных результатов, повышая обоснованность и эффективность мероприятий, направленных на повышение надёжности.

Показателем надёжности БП является его вероятность безотказной работы в режиме применения. Безотказность БП характеризуется совокупностью интенсивностей отказов в режиме работы его модулей питания.

<i>Инв. N подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. N</i>	<i>Инв. N дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

Схема расчёта надёжности БП, соответствующая заданному критерию отказа (см. п. 3.2), может быть представлена в виде, приведенном на рис. 3.1.

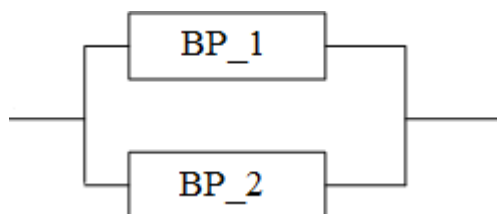


Рис. 3.1. Схема расчета надежности БП

Интенсивности отказов модулей питания БП для штатного (λ_{BP_normal}) и форсированного (λ_{BP_hard}) режима работы были рассчитаны с помощью системы АСОНИКА-К-СЧ [8] ПК АСОНИКА-К. Результаты расчетов интенсивностей отказов модулей питания приведены в табл. 3.1

Таблица 3.1. Интенсивности отказов модулей питания

Обозначение	Наименование	Интенсивность отказов	
		$\lambda_{BP_normal} \cdot 10^6, \text{ч}^{-1}$	$\lambda_{BP_hard} \cdot 10^6, \text{ч}^{-1}$
1	2	3	4
ВР_1	Модуль питания	7,0	10,0
ВР_2	Модуль питания	7,0	10,0

3.4.1 Разработка формальной модели БП

Основные компоненты формальной модели БП приведены ниже.

Текст описания модуля питания на языке описания отказов [11] системы АСОНИКА-К-РЭС приведен на рис. 3.2.

Инв. N подп.	Подп. и дата	Взам. инв. N	Инв. N дубл.	Подп. и дата

RU.17701729.22004-01 31 01

```

knot BP_1
{
state: Fail, Work;
mode: Normal,Hard;
startState: Work;
startMode: Normal;

cntrlMode: unDistribution;

tableDistribution:
    | Normal    |    Hard    |
Work | Dis_BP_Normal|    Dis_BP_Hard;

tableStateChange:
        Normal    |Hard
Work |Fail |Fail ;

};

```

Рис. 3.2. Текст описания модуля питания

Пояснения к тексту приведены ниже.

«knot BP_1» - объявление компонента. «knot» - ключевое слово, означающее объявления компонента, «BP_1» - имя компонента.

«state: Fail, Work;» - перечисление состояний компонента. Состояние указанное первым («Fail») считается необратимым отказом и если оно присвоено компоненту, то изменить его уже нельзя.

«mode: Normal,Hard;» - перечисление режимов работы компонента.

«startState: Work;» - состояние компонента в начале эксперимента.

«startMode: Normal;» - режим компонента в начале эксперимента

«cntrlMode: unDistribution;» - тип контроля. Значение «unDistribution» означает, что компонент изменит свое состояние по истечении времени, разыгранного с помощью генератора случайных чисел в данном эксперименте.

Инв. N подп.	Подп. и дата	Взам. инв. N	Инв. N дубл.	Подп. и дата

«tableDistribution:

| Normal | Hard |

Work | Dis_BP_Normal| Dis_BP_Hard;» - таблица, определяющая по какому распределению, разыгрывается время, которое компонент будет находиться в данном состоянии. В данном случае это время наработки на отказ компонента, которое имеет разные распределения для каждого из режимов его функционирования, что и отражено в данной таблице.

«tableStateChange:

Normal |Hard

Work |Fail |Fail ;» - таблица, указывающая, в какое состояние перейдет компонент по истечении времени, разыгранного в данном эксперименте. Поскольку модуль питания в любом режиме переходит в состояние отказа, то, следовательно, для них указано состояние «Fail».

Т.к. БП содержит одинаковые модули питания, то текст модели второго модуля полностью идентична приведенной выше за исключением имени компонента («BP_2»).

Текст описания переключения режимов компонентов «BP_1» и «BP_2» приведен на рис. 3.3.

```
switch_Event BP_FAIL
(->BP_2:Fail | ->BP_1:Fail )
{

set_mode ( BP_1:Hard );
set_mode ( BP_2:Hard );

};
```

Рис. 3.3. Текст описания переключения режимов компонентов

Инв. N подп.	Подп. и дата	Взам. инв. N	Инв. N дубл.	Подп. и дата

Пояснения к тексту приведены ниже.

«switch_Event BP_Fail» - описание события переключения режимов компонентов. Если логические операторы вернули не «0», тогда выполняются операторы тела события.

«->BP_1:Fail» - проверка условия, что компонент «BP_1» перешел в состояние «Fail» из любого другого.

«->BP_2:Fail» - проверка условия, что компонент «BP_2» перешел в состояние «Fail» из любого другого.

«set_mode (BP_1:Hard);» - установка режима «Hard» для компонента «BP_1» при отказе компонента «BP_2».

«set_mode (BP_2:Hard);» - установка режима «Hard» для компонента «BP_1» при отказе компонента «BP_1».

Модули питания (компоненты «BP_1» и «BP_2») являются составными частями БП, поэтому они входят в компонент более высокого уровня (groupBP), состояние которого определяется состояниями компонентов «BP_1» и «BP_2». Текст описания блока питания приведен на рис. 3.4.

```

general knot groupBP
{
state: Fail, Work;
mode: Normal;
startState: Work;
startMode: Normal;

cntrlMode: unFunction;

tableStateChange:
    Normal
    Work |FunctGroupBP ;
};

```

Рис. 3.4. Текст описания блока питания

<i>Инв. N подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. N</i>	<i>Инв. N дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

Структура описания компонента «groupBP» аналогична описанию компонентов «BP_1» и «BP_2», за исключением следующих особенностей, приведенных ниже.

«general knot groupBP» - объявление компонента. Атрибут «general» означает, что это главный компонент (БП в целом), и при его отказе текущий эксперимент прекращается и начинается новый.

«cntrlMode: unFunction;» - тип контроля. Значение «unFunction» означает, что состояние компонента «groupBP» определяется не распределениями, а состояниями других компонентов.

«tableDistribution» - отсутствует, т.к. задано «cntrlMode: unFunction».

«tableStateChange:

Normal

Work |FunctGroupBP ;» - полями таблицы являются функции, которые вызываются при каждом изменении состояний компонентов «BP_1» и «BP_2» и возвращают значение их нового состояния.

Текст функции, определяющей состояние компонента «groupBP», приведен на рис. 3.5.

```
function
FunctGroupBP
{
return BP_1|BP_2;
};
```

Рис. 3.5. Текст функции, определяющей состояние компонента «groupBP»

Пояснения к тексту приведены ниже.

<i>Инв. N подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. N</i>	<i>Инв. N дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

RU.17701729.22004-01 31 01

«BP_1» - оператор, который возвращает «1», если компонент «BP_1» находится в любом состоянии, кроме состояния «Fail», и «0», если находится в состоянии «Fail».

«BP_2» - оператор, который возвращает «1», если компонент «BP_2» находится в любом состоянии, кроме состояния «Fail», и «0», если находится в состоянии «Fail».

Текст описания законов распределения наработок на отказ модулей питания приведен на рис. 3.6.

```
distribution Dis_BP_Normal (7e-6);
distribution Dis_BP_Hard (1e-5);
```

Рис. 3.6. Текст описания законов распределения наработок

Полный текст формальной модели БП на языке описания отказов системы АСОНИКА-К-РЭС приведен в Приложении.

3.4.2 Верификация формальной модели БП

Для верификации формальной модели использовался механизм управляемых экспериментов системы АСОНИКА-К-РЭС [12], который позволяет провести имитационный эксперимент, в ходе которого на каждом шаге моделирования определяются состояния компонентов и действия и реакции модели на изменения их состояний (панель управления 2 на рис. 3.7),

<i>Инв. N подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. N</i>	<i>Инв. N дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

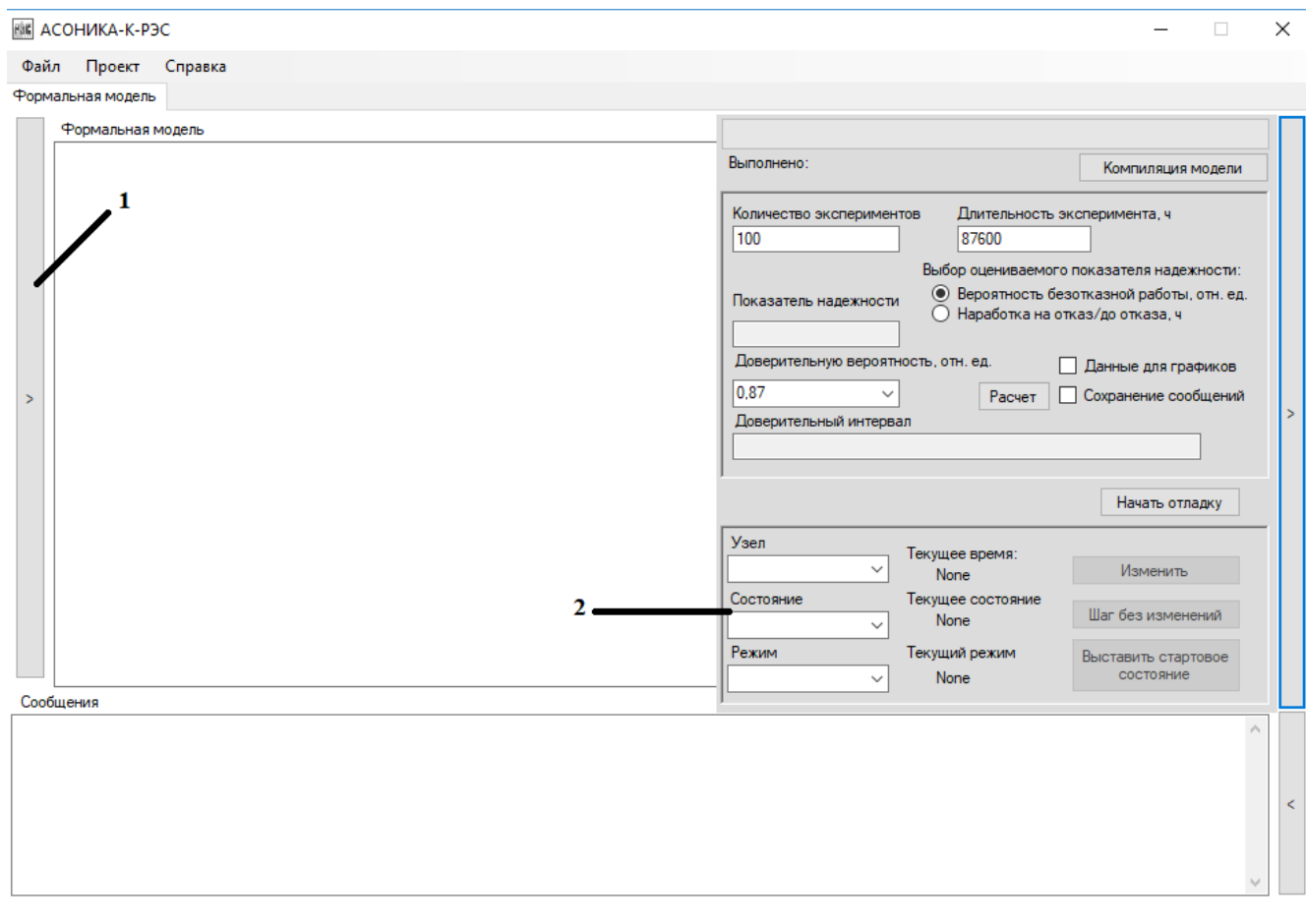


Рис. 3.7. Система АСОНИКА-К-РЭС: Интерфейс пользователя (1 - кнопка переключения на Окно вывода результатов эксперимента; 2 - Панель управления экспериментом)

Для проведения управляемого эксперимента был составлен список возможных последовательностей событий и правильных реакций модели на них. При проведении управляемого эксперимента использовался как принудительный перевод компонентов «BP_1» и «BP_2» в состояние отказа, так и автоматический режим моделирования (см. рис. 3.7).

Инв. N подп.	Подп. и дата	Взам. инв. N	Инв. N дубл.	Подп. и дата

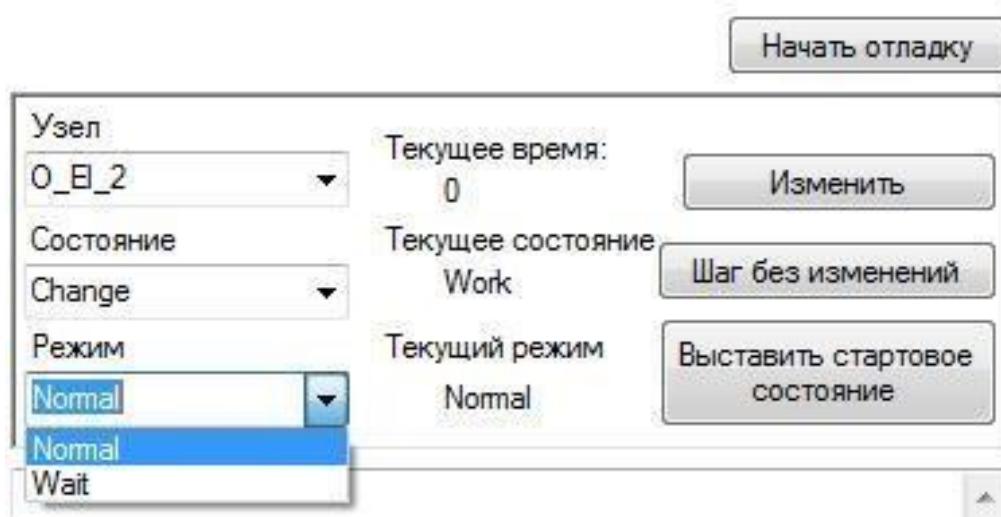


Рис. 3.8. Система АСОНИКА-К-РЭС: Панель управления экспериментом

Контроль состояний модулей и БП в целом осуществлялся спомощью данных о текущем и предыдущем состоянии компонентов, законах распределения их наработок и временах смены их состояний (см. рис. 3.9).

Имя узла	Состоя...	пред. С...	Режим	пред. Режим	Время смены состояния	Распределение
INIT	Fail	Fail	Normal	Normal	-1	None
O_EI_1	Work	Change	Normal	Normal	5604	Dis_Std
O_EI_2	Work	Work	Normal	Normal	19966	Dis_Std
O_EI_3	Work	Work	Normal	Normal	3898	Dis_Std
ES	Ready	Ready	Normal	Normal	-1	unFunction
ZIP	Ready	Ready	Normal	Normal	-1	unFunction
Sys	Ready	Ready	Normal	Normal	-1	unFunction
Timer	S2	S2	Normal	Normal	910	Per
ZIP_EL_1	Wait	Wait	Normal	Normal	100000000	Dis_infinity

Рис. 3.9. Система АСОНИКА-К-РЭС: Окно вывода результатов шага эксперимента

Инв. N подп.	Подп. и дата	Взам. инв. N	Инв. N дубл.	Подп. и дата

Кроме того, использовались данные отчета о ходе выполнения эксперимента (см. рис. 3.10), в котором выводится текущее системное время и подробная информация о выполнении функций и событий в формальной модели.

Лоообщения

```

info-> Узлу Timer присвоено состояние S2
info-> Старт StartSwitch
info-> Выполнилось условие события swWork
info-> Выполнилось условие события swCount
info-> Старт DrawTime
info-> Таблица состояния системы после окончания шага эксперимента
info-> Имя узла      состояние      состояние на начало шага      режим      режим на начало шага      время смены состояния
info-> INIT         Fail          Fail          Normal     Normal          -1

```

Имя узла	состояние	состояние на начало шага	режим	режим на начало шага	время смены состояния
info-> O_E1_1	Work	Work	Normal	Normal	19090
info-> O_E1_2	Work	Work	Normal	Normal	39056
info-> O_E1_3	Work	Work	Normal	Normal	22988

Рис. 3.10. Система АСОНИКА-К-РЭС: Окно вывода

В результате управляемого эксперимента была подтверждена правильность функционирования критерия отказа компонента «groupBP» и то, что события в модели выполняются правильно и в нужный момент времени, т.е. адекватность формальной модели процессу функционирования Б.П.

3.4.3 Расчет вероятности безотказной работы БП

Для непосредственного проведения расчетов применялась система АСОНИКА-К-РЭС [12] программного комплекса АСОНИКА-К.

Результаты расчета вероятности безотказной работы БП за 10 лет наработки (87600 ч.) приведены на рис. 3.11.

Инв. N подп.	Подп. и дата	Взам. инв. N	Инв. N дубл.	Подп. и дата

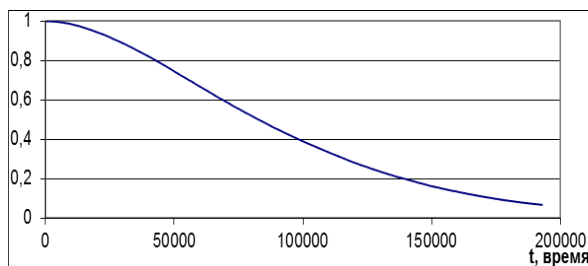
Количество экспериментов	Длительность эксперимента, ч
<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="87600"/>
Показатель надежности	Выбор оцениваемого показателя надежности:
<input type="text"/>	<input checked="" type="radio"/> Вероятность безотказной работы, отн. ед.
Доверительную вероятность, отн. ед.	<input type="radio"/> Нарботка на отказ/до отказа, ч
<input type="text" value="0,87"/>	<input type="checkbox"/> Данные для графиков
Доверительный интервал	<input type="checkbox"/> Сохранение сообщений
<input type="text"/>	<input type="button" value="Расчет"/>

Рис. 3.11. Система АСОНИКА-К-РЭС: результаты расчета вероятности безотказной работы БП

Как видно из рис. 3.10, вероятность безотказной работы (ВБР) составила 0,71014, что удовлетворяет требованиям ТЗ (см. п. 3.2).

3.4.4 Анализ результатов расчетов БП

Для проведения анализа полученных результатов по рассчитанным временным рядам значений вероятности безотказной работы и интенсивности отказов БП были построены графики зависимости ВБР и интенсивности отказов от времени эксплуатации (см. рис. 3.12 и 3.13) с помощью программы Excel пакета Microsoft Office [13].



Инв. N подп.	Подп. и дата	Взам. инв. N	Инв. N дубл.	Подп. и дата

Рис. 3.12. График зависимости вероятности безотказной работы БП от времени эксплуатации

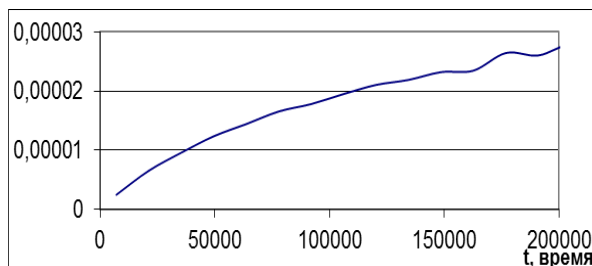


Рис. 3.13. График зависимости интенсивности отказов БП от времени эксплуатации

График зависимости вероятности безотказной работы БП от времени эксплуатации позволяет обосновать возможность применения его в ЭС с более высокими требованиями к ВБР, но меньшим временем эксплуатации.

3.5. Заключение

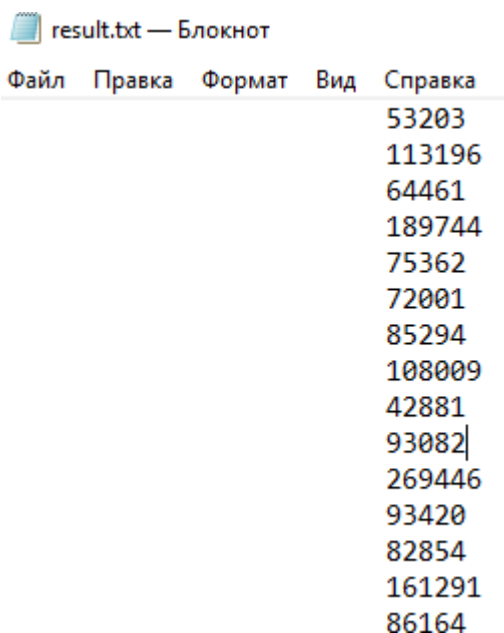
Проведенный расчёт надёжности БП показал, что вероятность его безотказной работы при заданном времени эксплуатации, равному 10-ти годам (87600 ч.) - не ниже 0,7. Таким образом, можно сделать вывод о том, что вероятность безотказной работы БП удовлетворяет требованиям ТЗ (см. п. 3.2).

Однако следует отметить, что значение вероятности безотказной работы БП получено чисто расчетным путем, поэтому оно должно быть подтверждено экспериментальными данными, полученными в результате испытаний или подконтрольной эксплуатации.

Инв. N подп.	Подп. и дата	Взам. инв. N	Инв. N дубл.	Подп. и дата

4 ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Общие сведения и примеры входных и выходных данных системы АСОНИКА-К-РЭС приведены выше, в п. 3. Фрагмент файла с временными рядами значений вероятности безотказной работы и интенсивности отказов, формируемого системой, приведен на рис. 4.1.



result.txt — Блокнот

Файл	Правка	Формат	Вид	Справка
				53203
				113196
				64461
				189744
				75362
				72001
				85294
				108009
				42881
				93082
				269446
				93420
				82854
				161291
				86164

Рис. 4.1. Система АСОНИКА-К-РЭС: Фрагмент файла с временными рядами значений вероятности безотказной работы

<i>Инв. N подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. N</i>	<i>Инв. N дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ РВ 20.39.302-98. Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования к программам обеспечения надёжности и стойкости к воздействию ионизирующих и электромагнитных излучений.
2. РДВ 319.01.05-94, ред. 2-2000. Комплексная система контроля качества. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Принципы применения математического моделирования при проектировании.
3. РДВ 319.01.16-98. Радиоэлектронные системы военного назначения. Типовые методики оценки показателей безотказности и ремонтпригодности расчетно-экспериментальными методами.
4. ОСТ 4Г0.012.242-84. Аппаратура радиоэлектронная. Методика расчета показателей надежности.
5. ГОСТ 27.301-95. Надёжность в технике. Расчёт надёжности. Основные положения.
6. ГОСТ 27.002-89. Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
7. ГОСТ РВ 20.39.304-98. Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам.
8. Абрамешин А.Е., Жаднов В.В., Полесский С.Н. Информационная технология обеспечения надёжности электронных средств наземно-

<i>Инв. N подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. N</i>	<i>Инв. N дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

RU.17701729.22004-01 31 01

- космических систем: научное издание. / Отв. ред. В.В. Жаднов. - Екатеринбург: Изд-во ООО «Форт Диалог-Исеть», 2012. - 565 с.
9. ГОСТ РВ 20.39.303-98. Комплексная система общих технических требований. Требования к надёжности. Состав и порядок задания.
10. ГОСТ РВ 27.3.01-2005. Надёжность военной техники. Программа обеспечения надёжности. Общие требования.
11. RU.17701729.22002-01 35 01. Программный комплекс АСОНИКА-К. Система АСОНИКА-К-РЭС. Описание языка.
12. RU.17701729.22002-01 33 01. Программный комплекс АСОНИКА-К. Система АСОНИКА-К-РЭС. Руководство программиста.
13. Карчевский Е.М., Филиппов И.Е. Excel 2007 в примерах: Учебно-методическое пособие. - Казань: Казанский федеральный университет, 2010. - 75 с.

<i>Инв. N подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. N</i>	<i>Инв. N дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

Текст формальной модели БП

```

distribution Dis_BP_Normal (1e-5);
distribution Dis_BP_Hard (7e-6);

knot BP_1
{
state: Fail, Work;
mode: Normal,Hard;
startState: Work;
startMode: Normal;

cntrlMode: unDistribution;

tableDistribution:
    | Normal    | Hard    |
Work | Dis_BP_Normal| Dis_BP_Hard;

tableStateChange:
    Normal | Hard
Work    |Fail |Fail ;

};
knot BP_2
{
state: Fail, Work;
mode: Normal,Hard;
startState: Work;
startMode: Normal;

cntrlMode: unDistribution;

tableDistribution:
    | Normal    | Hard    |
Work | Dis_BP_Normal| Dis_BP_Hard;

tableStateChange:

```

<i>Инв. N подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. N</i>	<i>Инв. N дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

RU.17701729.22004-01 31 01

```

        Normal | Hard
Work      |Fail |Fail ;

};

general knot groupBP
{
state: Fail, Work;
mode: Normal;
startState: Work;
startMode: Normal;

cntrlMode: unFunction;

tableStateChange:
    Normal
Work |FunctGroupBP ;
};
switch_Event BP_FAIL
(->BP_2:Fail | ->BP_1:Fail )
{

set_mode ( BP_1:Hard );
set_mode ( BP_2:Hard );

};

function FunctGroupBP
{
return BP_1|BP_2;
};

```

<i>Инв. N подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. N</i>	<i>Инв. N дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

