

Графики вероятности безотказности с общим резервированием и поэлементно при $t = 0-30$ мин изображены на рис. 4.

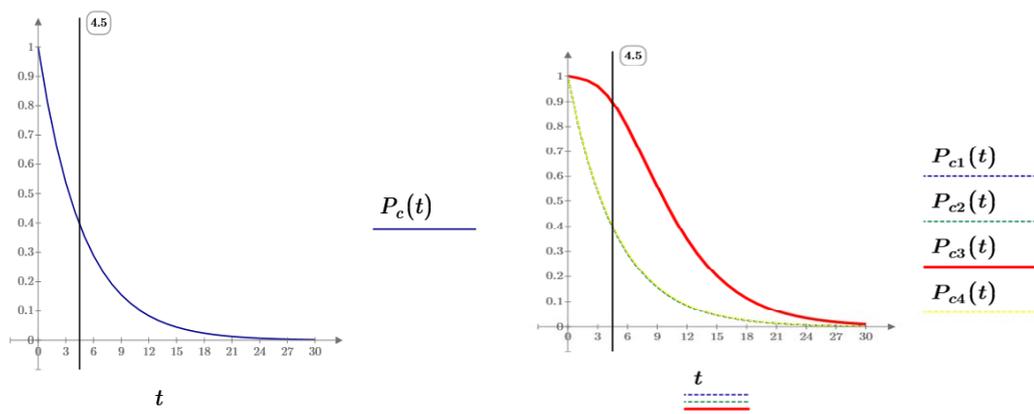


Рис. 4. Графики общего резервирования и поэлементно

Таким образом, по полученным результатам видно, что поэлементное резервирование более эффективно, так как резервируется только режущий инструмент.

Литература

1. Михайлов, М. И. Надежность и диагностика технологических систем : электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» / М. И. Михайлов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПО КРИТЕРИЮ РИСКА ОТКАЗА

А. В. Хихлуха

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. И. Михайлов

Постановка задачи. Произвести оптимизацию технологической системы, состоящей из станка, накопителя инструмента, режущего инструмента и устройства его транспортировки из накопителя в рабочую зону.

Исходные данные: среднее время безотказной работы: $T_1 = 500$ мин; $T_2 = 1000$ мин; $T_3 = 5$ мин; $T_4 = 250$ мин; риск отказа: $r_1 = 200$; $r_2 = 20$; $r_3 = 20$; $r_4 = 40$; рассматриваемый момент времени $t = 4,5$ мин.



Рис. 1. Исходная структурная схема без резервирования:
1 – станок; 2 – накопитель инструментов; 3 – режущий инструмент;
4 – устройство транспортировки режущего инструмента
в рабочую зону

Расчет без резервирования элементов. Расчет начинаем с нахождения интенсивности отказа, вероятности безотказности и вероятности отказа для каждого элемента, используя для нахождения формулы (1)–(3).

$$\lambda_i = \frac{1}{T_i}; \quad (1)$$

$$P_i = e^{-\lambda_i t}; \quad (2)$$

$$Q_i = 1 - P_i. \quad (3)$$

Для нахождения риска отказа всей системы воспользуемся формулой (4), подставив в нее исходные данные риска отказа r_i , полученные результаты вероятности безотказности P_i (табл. 1) и производную вероятности отказа Q'_i .

Риск отказа всей системы:

$$R_c = r_1 \int_0^t Q'_1(t) P_2(t) P_3(t) P_4(t) dt + r_2 \int_0^t Q'_2(t) P_1(t) P_3(t) P_4(t) dt + \\ + r_3 \int_0^t Q'_3(t) P_1(t) P_2(t) P_4(t) dt + r_4 \int_0^t Q'_4(t) P_1(t) P_2(t) P_3(t) dt. \quad (4)$$

Далее определяем предельно допустимое значение риска возникновения аварийной ситуации, подставив результаты расчета риска отказа всей системы R_c в формулу (5):

$$[R_c] = \frac{R_c}{3}. \quad (5)$$

Все полученные результаты вносим в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчетов без резервирования

Номер расчета	T_i	r_i	λ_i	λ_c	P_i	P_c	Q_i	Q_c	R_c	$[R_c]$
1	500	200	0,002	0,207	0,991	0,394	0,009	0,606	13,409	4,47
2	1000	20	0,001		0,996		0,004			
3	5	20	0,2		0,407		0,593			
4	250	40	0,004		0,982		0,018			

После полученных результатов без резервирования элементов (см. табл. 1) выполняем расчет с общим и поэлементным резервированием элементов.

Расчет с общим резервированием элементов. Расчет начинаем с нахождения вероятности безотказности и вероятности отказа всей системы, подставив полученные значения (см. табл. 1) в формулы (6) и (7).

Вероятность безотказности всей системы:

$$P_{c.o} = 1 - \left(1 - \sum_{i=1}^m P_i \right)^{n+1}, \quad (6)$$

где n – количество резервных подсистем.

Вероятность отказа всей системы:

$$Q_{c.o} = 1 - P_{c.o}. \quad (7)$$

Для нахождения риска отказа всей системы воспользуемся формулой (8):

$$R_{c.o} = R_c Q_{c.o}. \quad (8)$$

Далее выполняем проверку.

По условию риск системы должен быть меньше предельно допустимого значения риска возникновения аварийной ситуации:

$$R_{c.o} = 2,985 < [R_c] = 4,47.$$

В нашем случае условие выполняется. Если условие не выполняется, то необходимо увеличить количество резервных подсистем n .

Все полученные результаты вносим в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчетов с общим резервированием

Номер расчета	T_i	r_i	λ_i	λ_c	P_i	$P_{c.o}$	Q_i	$Q_{c.o}$	$R_{c.o}$	$[R_c]$	n
1	500	200	0,002	0,207	0,991	0,777	0,009	0,223	2,985	4,47	2
2	1000	20	0,001		0,996		0,004				
3	5	20	0,2		0,407		0,593				
4	250	40	0,004		0,982		0,018				

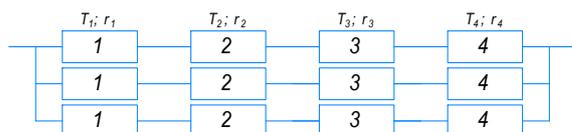


Рис. 2. Структурная схема с общим резервированием:
 1 – станок; 2 – накопитель инструментов;
 3 – режущий инструмент; 4 – устройство
 транспортировки режущего инструмента
 в рабочую зону

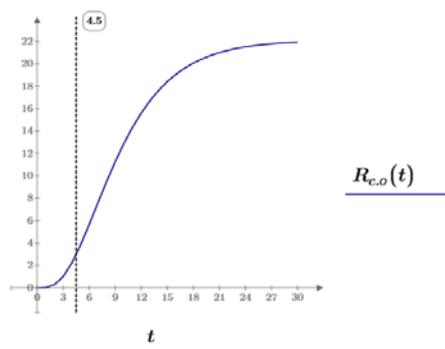


Рис. 3. График риска всей системы с общим резервированием при $t = 0-30$ мин

Расчет с поэлементным резервированием. Резервируем режущий инструмент, так как вероятность безотказности его составляет $P_3 = 0,407$, а вероятность отказа $Q_3 = 0,593$ (см. табл. 1). Для остальных элементов производим расчет табличным методом.

Расчет начинаем с нахождения вероятности безотказности и вероятности отказа подсистемы, подставив полученные значения (см. табл. 1) в формулы (9) и (10):

$$P_{п.с3} = 1 - (1 - P_3)^{n+1}, \quad (9)$$

где n – количество резервных элементов.

$$Q_{п.с3} = 1 - P_{п.с3}. \quad (10)$$

Для нахождения риска отказа всей системы воспользуемся формулой (11), подставив в нее исходные данные риска отказа r_i , полученные результаты вероятности безотказности P_i (см. табл. 1), $P_{п.с3}$ (табл. 3) и производную вероятности отказа Q'_i .

Риск отказа всей системы:

$$R_{с3} = r_1 \int_0^t Q'_1(t) P_2(t) P_{п.с3}(t) P_4(t) dt + r_2 \int_0^t Q'_2(t) P_1(t) P_{п.с3}(t) P_4(t) dt + r_3 \int_0^t Q'_{п.с3}(t) P_1(t) P_2(t) P_4(t) dt + r_4 \int_0^t Q'_4(t) P_1(t) P_2(t) P_{п.с3}(t) dt. \quad (11)$$

Далее выполняем проверку.

По условию риск системы должен быть меньше предельно допустимого значения риска возникновения аварийной ситуации:

$$R_{с3} = 3,963 < [R_c] = 4,47.$$

В нашем случае условие выполняется.

Все полученные результаты вносим в табл. 3.

Таблица 3

Результаты расчетов резервирования каждого элемента в отдельности

Номер расчета	$P_{п.ci}$	P_{ci}	$Q_{п.ci}$	Q_{ci}	R_{ci}	n
1	1	0,398	0	0,602	12,285	4
2	1	0,396	0	0,604	13,376	4
3	0,926	0,898	0,074	0,102	3,963	4
4	1	0,401	0	0,599	13,04	4

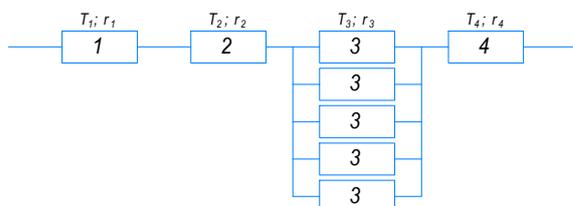


Рис. 4. Структурная схема с поэлементным резервированием:
 1 – станок; 2 – накопитель инструментов;
 3 – режущий инструмент; 4 – устройство транспортировки режущего инструмента в рабочую зону

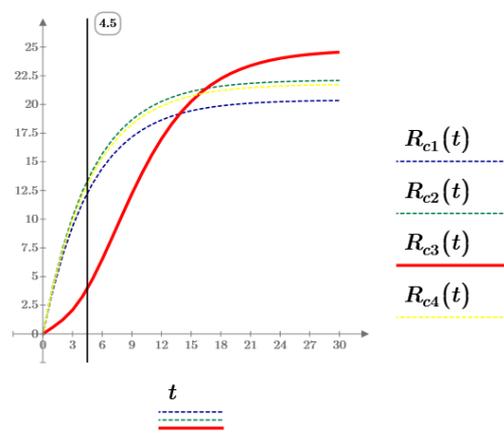


Рис. 5. График риска всей системы с резервированием каждого элемента в отдельности при $t = 0-30$ мин

Подводя итог, можем сделать следующий вывод: при общем резервировании элементов риск возникновения аварийной ситуации составляет $R_{c_0} = 2,985$, а при поэлементном резервировании $R_{c_3} = 3,963$. Как видно из полученных результатов расчета, в обоих случаях риск аварийной ситуации не превышает допустимый $[R_c] = 4,47$. Однако во втором случае оптимизация технологической системы будет наиболее эффективна и экономически выгодна, так как резервируется только режущий инструмент.

Литература

1. Михайлов, М. И. Надежность и диагностика технологических систем : электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» / М. И. Михайлов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016.

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ПОСТОЯННОМ РЕЗЕРВИРОВАНИИ С ВОССТАНОВЛЕНИЕМ

С. И. Воробей

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. И. Михайлов

Постановка задачи. Произвести оптимизацию технологической системы состоящей из станка, накопителя инструмента, режущего инструмента и устройства его транспортировки из накопителя в рабочую зону при постоянном резервировании с восстановлением.