

# ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПО КРИТЕРИЮ РИСКА

И. А. Куликов, А. В. Игнатович, А. С. Ковалев

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

Научный руководитель М. И. Михайлов

Технологическая система состояла из накопителя инструментальных блоков, транспортной системы, позволяющей перемещать инструментальные блоки из накопителя в рабочую зону и обратно, инструментальных блоков и режущих частей инструмента.

Каждая составляющая обладала определенной надежностью и риском.

Целью оптимизации является:

- получение оптимальной технологической системы с риском отказа системы ниже допустимого;
- практическая реализация полученной структурной схемы технологической системы, при проведении оптимизации.

Этапы оптимизации:

1. Формирование структурной схемы на основе анализа влияния каждого элемента на вероятность безотказности системы. Принимаем, что система не ремонтируема и не резервируема. Отказ каждого элемента приведет к неработоспособному состоянию всей системы, а значит, что все элементы технологической системы расположены последовательно в структурной схеме. Структурная схема системы представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема технологической системы

2. Зная риск  $r_i$ , наработку на отказ  $T_i$  всех элементов системы и время работы системы  $t$ , находим по формуле (1) интенсивность отказа, а по формуле (2) риск отказа системы и сравниваем его с допустимым:

$$\lambda = \frac{1}{T}; \quad (1)$$

$$R(t) = \sum_{i=1}^n r_i \lambda_i \frac{(1 - e^{-\lambda t})}{\lambda}. \quad (2)$$

3. Если расчетное значение риска больше допускаемого, то для снижения риска используем резервирование. Оно может быть постоянным или с замещением. Для этого находим элемент, у которого риск отказа наибольший и в схеме присоединяем еще один резервный элемент, например, инструментальный блок (рис. 2). Далее находим вероятность безотказности  $P$  и вероятность отказа  $Q$  всех элементов и рассчитываем риск отказа системы по формуле (3). При расчете принимаем во внимание, что последующее состояние системы не зависит от предыдущего, т. е. вероятность безотказности подчиняется экспоненциальному закону:

$$P1(t) = e^{-\lambda_1 \cdot t} \quad P2(t) = e^{-\lambda_2 \cdot t} \quad P3(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda_3 \cdot t}) \quad P4(t) = e^{-\lambda_4 \cdot t};$$

$$R(t) = r1 \int_0^t \frac{d}{dt} Q1(t) P2(t) P3(t) P4(t) dt + r2 \int_0^t P1(t) \frac{d}{dt} Q2(t) P3(t) P4(t) dt +$$

$$+ r3 \int_0^t P1(t) P2(t) \frac{d}{dt} Q3(t) P4(t) dt + r4 \int_0^t P1(t) P2(t) P3(t) \frac{d}{dt} Q4(t) dt. \quad (3)$$

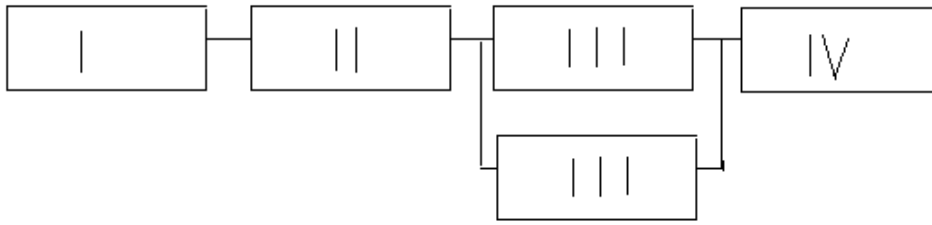


Рис. 2. Структурная схема технологической системы с одним резервным элементом при постоянно включенном резерве

В случае резерва замещением формулы расчета риска и вероятности безотказности примут вид:

$$R = \sum_{i=1}^m \int_0^t r_i Q_i P_i dt;$$

$$P_c = (1 + \lambda t) e^{-\lambda t}.$$

4. Сравниваем риск новой системы с допускаемым значением, если риск не превышает допускаемый, то система оптимизирована. Если превышает допускаемый, то резервируем снова этот же элемент до тех пор, пока риск системы не станет ниже допускаемого, либо пока риск системы значительно снижается. Если риск системы начинает снижаться незначительно, то переходим к резервированию следующего элемента, у которого риск отказа тоже велик.

5. Достигнув необходимого значения риска, переходим к практической реализации полученной структурной схемы.

При практической реализации необходимо уточнить полученную структуру. При уточнении изображается либо структурная схема механизма, габаритный чертеж, либо габаритная планировка в двух проекциях. В качестве примера технологической системы может служить система инструментообеспечения токарного станка. Элементами этой системы являются: рабочая часть инструмента, режущий инстру-

ментальный блок, накопитель инструментов, транспортное устройство. В ходе проведения оптимизации данной системы необходимо по проведенным расчетам ввести резервные элементы, у которых риск отказа наибольший, и расположить их в рабочем пространстве станка либо рядом со станком в зависимости от вида резервирования (нагруженное и ненагруженное).

В процессе эксплуатации технологической системы вероятность безотказности будет снижаться. Это представлено на графике зависимости вероятности безотказности от времени работы системы (рис. 3). Полученные данные позволяют определить время наработки системы при требуемой вероятности безотказности либо найти вероятность безотказности системы, по которой можно определить вероятность безотказности элементов системы.

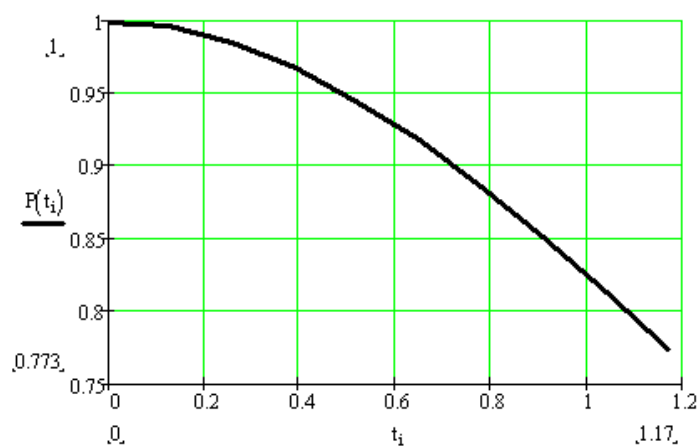


Рис. 3. График зависимости вероятности безотказности от времени работы.

В завершение можно отметить, что оптимизация позволяет повысить надежность технологических систем и снизить затраты, связанные с межремонтными простоями оборудования.

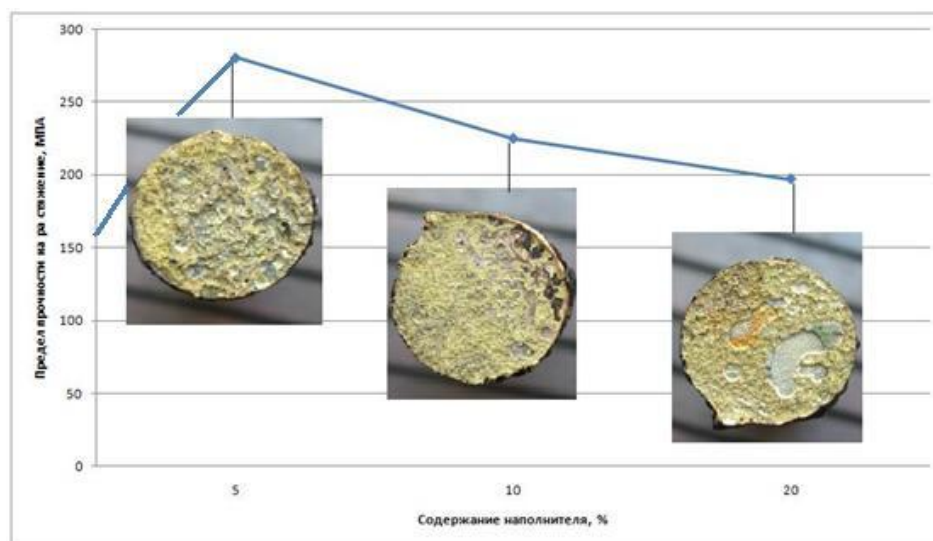


Рис. 4. График зависимости предела прочности при испытании на растяжение от содержания наполнителя марки 25A25