

# АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ИНСТРУМЕНТООБЕСПЕЧЕНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Н. Э. Тетерич

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

Научный руководитель М. И. Михайлов

Проблеме обеспечения надежности технологических систем уделяется высокое внимание, при этом необходимо решить ряд задач: получение оптимальной технологической системы с риском отказа системы ниже допускаемого, практическая реализация полученной структурной схемы технологической системы при проведении оптимизации.

Надежность – это свойство технологической системы находиться в работоспособном состоянии, при условии регламентных работ обслуживания и ремонта, а также обеспечения заданных режимов эксплуатации. Надежность состоит из безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости.

Безотказность – это свойство технологической системы сохранять свое рабочее состояние до первого отказа. Безотказность характеризуется вероятностью безотказности, наработкой на отказ, вероятностью отказа, периодом работы до отказа.

Долговечность – это свойство технологической системы сохранять свое работоспособное состояние, при условии технологического обслуживания и ремонта до его списания.

Отказ технологической системы – это прекращение ее функционирования в результате выхода из строя одного или всех элементов. Отказ может быть параметрическим и функциональным.

Параметрический отказ – это отказ, при котором в процессе эксплуатации технологической системы не обеспечивается какой-либо из параметров (точность обработки, шероховатость поверхности и т. п.).

Функциональный отказ – это отказ, при котором не выполняется какая-либо функция станка или системы. Например, невозможно обеспечить одно из движений при обработке на токарном станке.

Если произошел отказ элемента системы и он привел к отказу всей системы, то элементы в условно-структурной схеме соединены последовательно, если отказ элемента не привел к отказу всей системы, то элементы соединены параллельно.

Риск отказа системы – это риск, выражаемый в условных единицах затрат при отказе элемента технологической системы или в уровне опасности условий труда.

Интенсивность отказа – это величина, обратная наработке на отказ и характеризующая частоту отказов элемента во времени.

Наработка на отказ – это время работоспособного состояния элемента до первого отказа.

Восстановление элемента – это комплекс работ по возвращению рабочего состояния элемента для последующего его использования в системе.

Время восстановления – это промежуток времени, за который происходит комплекс работ по возвращению работоспособного состояния элемента.

Интенсивность восстановления – это величина, обратная времени восстановления и характеризующая частоту восстановления элемента во времени.

Резервирование – это процесс включения в технологическую систему элементов аналогичных тем, из которых состоит система, для введения их в работу при отказе исходных элементов системы. Резервирование подразделяется на нагруженное и ненагруженное. При нагруженном резервировании резервный элемент находится в рабочем состоянии и воспринимает нагрузку по мере отказа рабочего элемента. При ненагруженном резервировании резервный элемент находится вне рабочей зоны и вводится в рабочую зону после отказа рабочего элемента.

Резервирование может быть также полным, когда все элементы технологической системы резервируются, и неполным, когда резервируются только отдельные элементы технологической системы.

Этапы анализа системы: принимаем систему из режущих элементов, накопителей инструментов, режущей и рабочей частей инструмента

1. Составляем структурную схему на основе анализа влияния каждого элемента на вероятность безотказности системы. Принимаем, что система не ремонтируема и не резервируема. Структурная схема системы представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема технологической системы

2. Зная риск  $r$ , наработку на отказ  $T$  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 допусковым.

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

$$R(t) = \sum_{i=1}^n \left[ r_i \cdot \lambda_i \frac{(1 - e^{-\lambda_i t})}{\lambda_i} \right]. \quad (2)$$

3. Если расчетное значение риска больше допускового, производим резервирование. Для этого находим элемент, у которого риск отказа наибольший, и в схеме присоединяем еще один резервный элемент. 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, так как последующее состояние системы не зависит от предыдущего, вероятность безотказности подчиняется экспоненциальному закону.

$$P_1(t) = e^{-\lambda_1 t}; \quad P_2(t) = e^{-\lambda_2 t}; \quad P_3(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda_3 t}); \quad P_4(t) = e^{-\lambda_4 t}.$$

$$R(t) = r_1 \cdot \int_0^L \frac{d}{dt} Q_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t) \cdot P_4(t) dt + r_2 \cdot \int_0^L P_1(t) \cdot \frac{d}{dt} Q_2(t) \cdot P_3(t) \cdot P_4(t) dt + \\ + r_3 \cdot \int_0^t P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \frac{d}{dt} Q_3(t) \cdot P_4(t) dt + r_4 \cdot \int_0^t P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t) \cdot \frac{d}{dt} Q_4(t) dt. \quad (3)$$

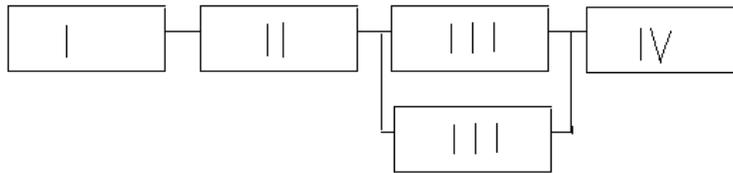


Рис. 2. Структурная схема технологической системы с одним резервным элементом

4. Сравниваем риск новой системы с допусаемым, если риск не превышает допусаемый, то система оптимизирована.

Если превышает, то резервируем снова этот же элемент до тех пор, пока риск системы не станет ниже допусаемого либо пока риск системы значительно снижается. Если риск системы начинает снижаться незначительно, то мы переходим к резервированию следующего элемента, у которого риск отказа тоже велик.

5. Достигнув необходимого значения риска, мы 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. По этой планировке определяются дополнительные пространственно-временные элементы, обеспечивающие работоспособность выбранной структуры. Кроме того, она корректируется из расчета габаритных размеров помещения или механизма. В качестве примера технологической системы может служить система инструментообеспечения токарного станка. Элементами этой системы являются режущая часть инструмента, рабочая часть инструмента, режущий инструмент и накопитель инструментов. 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.

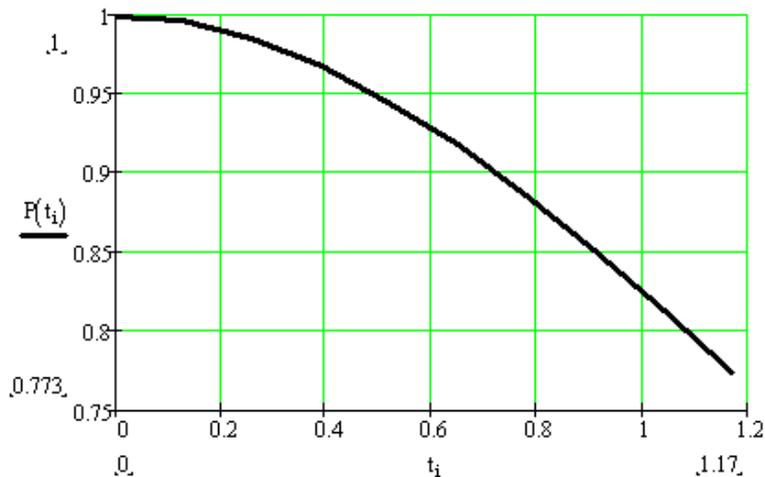


Рис. 3. График зависимости вероятности безотказности от времени работы

### Выводы

После проведения оптимизации технологической системы по критерию наработки на отказ можно сделать вывод о том, что резервирование замещением имеет более простую структуру при тех же показателях, что и структурная схема с постоянным резервированием.