

## Тема 8. Расчет вероятности безотказной работы системы при последовательном соединении элементов

При последовательном соединении элементов элементная схема надежности выглядит в виде простой цепи (рисунок 3.1).

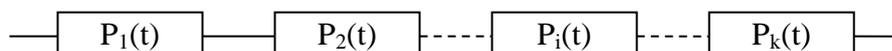


Рисунок 1 - Техническая система с последовательным соединением элементов

Вероятность безотказной работы  $P_c(t)$  технической системы, состоящей из  $k$  элементов, соединенных по вышеприведенной схеме, определяется как

$$P_c(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \dots \cdot P_i(t) \cdot \dots \cdot P_k(t) . \quad (1.1)$$

Для краткости выражение (3.1) записывают в виде

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^k P_i(t) . \quad (1.2)$$

Пусть  $\lambda_i(t)$  – интенсивность отказа  $i$  элемента. Тогда интенсивность отказа системы  $\lambda_c(t)$  определяется как

$$\lambda_c(t) = \sum_{i=1}^k \lambda_i(t) . \quad (1.3)$$

Таким образом, при последовательном соединении интенсивности отказа складываются. В частности, если время безотказной работы каждого элемента имеет показательное распределение

$$P_i(t) = e^{-\lambda_i t} , \quad (1.4)$$

то и время безотказной работы системы тоже имеет показательное распределение

$$P_c(t) = e^{-\lambda_c t}, \quad (1.5)$$

где  $\lambda_c = \sum_{i=1}^k \lambda_i$ .

Пусть  $\bar{t}_i$  – среднее время «жизни»  $i$  элемента

$$\bar{t}_i = \int_0^{+\infty} P_i(t) dt. \quad (3.6)$$

Тогда среднее время «жизни» системы  $T_c$  определяется как

$$T_c = \int_0^{+\infty} P_c(t) dt = \int_0^{+\infty} \prod_{i=1}^k P_i(t) dt. \quad (1.7)$$

Для случая показательного распределения времени безотказной работы каждого элемента  $T_c$  будет равно

$$T_c = \left( \sum_{i=1}^k \frac{1}{\bar{t}_i} \right)^{-1}. \quad (1.8)$$

Для систем с последовательным соединением характерно правило «слабейшего звена цепи», т.е. основной причиной отказа системы является отказ наименее надежного элемента («слабейшего звена»).

Например, если в системе из четырех последовательно соединенных элементов в момент времени  $t$  вероятности безотказной работы будут иметь следующие значения:  $P_1(t)=0,90$ ;  $P_2(t)=0,90$ ;  $P_3(t)=0,90$ ;  $P_4(t)=0,90$ , то вероятность безотказной работы  $P_c(t)$  технической системы не превысит 0,6561, что явно недостаточно с позиций обеспечения надежности системы.