

УДК 621.192

Проблема обеспечения требуемого уровня надежности технических систем

Окороков Максим Владимирович

okorokovm00@mail.ru

ВА РВСН, Балашиха, Россия

Аннотация. Рассмотрена проблема обеспечения требований по надежности сложных высоконадежных технических систем на этапах экспериментальной отработки. Показано, что для обеспечения высоких значений показателей надежности необходимо закладывать более жесткие требования к характеристикам создаваемой технической системы.

Ключевые слова: динамика оценки вероятности безотказной работы, вероятность подтверждения требований

Введение. В настоящее время при создании сложных высоконадежных технических систем (СТС) предъявляются высокие требования к показателям надежности (ПН), которые должны быть не только обеспечены, но и подтверждены в процессе их создания. Производитель для экономии средств старается создать СТС, ПН которой практически совпадают с требуемой, а иногда даже программируя уровень надежности своей продукции. При этом потребитель всегда заинтересован, чтобы приобретенная продукция была как можно дольше работоспособной (надежной).

Результаты исследования возможности обеспечения требований по надежности сложных технических систем. Для контроля ПН СТС необходимо провести цикл испытаний в условиях, максимально приближенных к условиям целевого использования и на основе полученных результатов по существующим методам теории надежности, например, изложенных в [1, 2], провести их оценивание и контроль. При этом возникает важная задача определения достоверности контроля соответствия оценок ПН СТС заданным требованиям.

Анализ существующих в теории и практике подходов по контролю вероятности безотказной работы (ВБР) — одного из основных ПН для большинства СТС, показал, что достоверно подтвердить требования к ожидаемой ВБР СТС невозможно даже при большом числе испытаний. Этот вывод можно продемонстрировать на примере динамики точечной оценки ВБР в процессе n испытаний СТС, определяемой по зависимости [2]:

$$\bar{P}(n) = \frac{1+n \cdot P_{TP}}{n+2}, \quad (1)$$

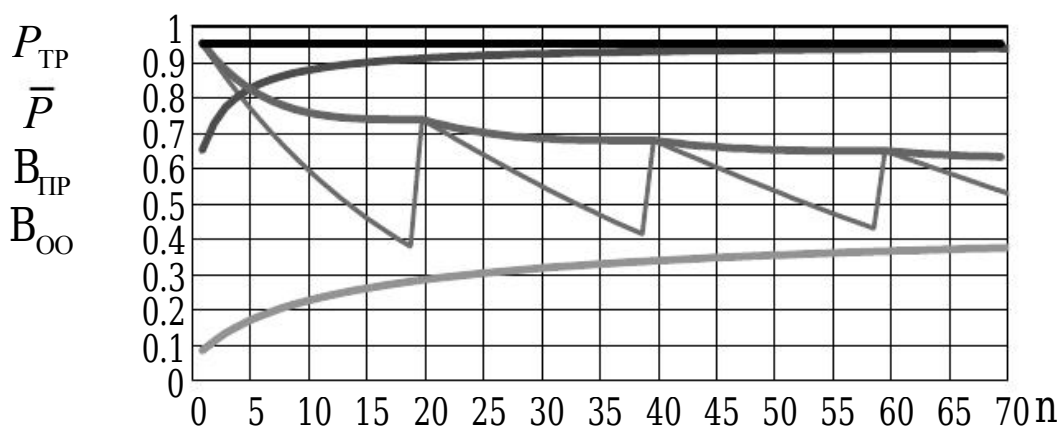
при требуемом уровне ВБР $P_{TP} = 0,95$.

Результаты исследований показаны на рисунке. Здесь же показаны вероятность положительного решения $V_{ПР}$ и вероятность ограниченных отказов

B_{00} при числе случайных отказов $m = 0$, которые определяются по зависимостям:

$$B_{\text{ПР}}(n) = \int_{P_{\text{ТР}}}^1 (n+1) C_n^m p^{n-m} (1-p)^m dp; \quad (2)$$

$$B_{00}(n) = \sum_{k=0}^{n(1-P_{\text{ТР}})} C_n^k P_{\text{ТР}}^{n-k} (1-P_{\text{ТР}})^k. \quad (3)$$



Требуемая ВБР (черная), оценка ВБР (1) (красная),
 $B_{\text{ПР}}$ (коричневая) (2), B_{00} (зеленая) (3) и непрерывная (синяя)

На рисунке видно, что требуемую ВБР СТС можно подтвердить с вероятностью не более $B_{\text{ПР}} < 0,40$ даже при значительном объеме испытаний.

Заключение. В результате проведенного исследования показано, что вероятность обеспечения требований по надежности СТС не превышает 0,4, в том числе при существенной объеме экспериментальной отработки [3]. Одним из способов решить проблему повышения гарантии подтверждения требуемой ВБР СТС по результатам испытаний является создание СТС с запасом по показателям безотказности, аналогично запасу прочности при производстве механических изделий и в строительстве. Благодаря такому запасу можно повысить вероятность подтверждения требуемой ВБР и ПН СТС по результатам испытаний.

Список источников

- [1] *Вероятность и математическая статистика*. Москва, Большая Российская энциклопедия, 2003, 918 с.
- [2] Сухорученков Б.И. *Методы контроля безотказности*. Москва, Вузовская книга, 2017, 330 с.
- [3] Сухорученков Б.И., Окорочков М.В., Белов П.Ю. *Способ контроля динамики показателей безотказности технических систем с учетом дефектов по результатам испытаний*. Патент № 2759714 С1 РФ, 2021, бюл. № 32.