ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ

ПНСТ 147— 2016

МЕНЕДЖМЕНТ РИСКА

Повышение надежности
Статистические критерии и методы оценки

(ISO 61164: 2004, NEQ)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Автономной некоммерческой организацией «Международный институт образования» (АНО «МИО»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК-010 «Менеджмент риска»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 октября 2016 г. № 69-пнст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений международного стандарта МЭК 61164:2004 «Повышение надежности. Статистические критерии и методы оценки» (IEC 61164:2004 «Reliability growth — Statistical test and estimation methods», NEQ)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта и проведения его мониторинга установлены в ГОСТ Р 1.16—2011 (разделы 5 и 6).

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии собирает сведения о практическом применении настоящего стандарта. Данные сведения, а также замечания и предложения по содержанию стандарта можно направить не позднее чем за девять месяцев до истечения срока его действия разработчику настоящего стандарта по адресу: Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, корп. 2 и в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии по адресу: Москва, Ленинский пр-т, д.9.

*В случае отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячных изданиях: информационном указателе «Национальные стандарты» и журнале «Вестник технического регулирования». Уведомление также будет размещено на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2016

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Модели повышения надежности на этапах проектирования и испытаний 2
5 Планируемое повышение надежности и мониторинг испытаний на повышение надежности продукции 3
6 Статистические методы обработки данных для непрерывной степенной модели 5

Введение

Настоящий предварительный стандарт гармонизирован с основными положениями международного стандарта МЭК 61164:2004 «Повышение надежности. Статистические критерии и методы оценки». Настоящий стандарт учитывает требования к повышению надежности, установленные после введения указанного стандарта в действие, и является переходным перед выходом актуализированной версии международного стандарта МЭК 61164:2004.

Существует несколько моделей повышения надежности, однако степенная модель является одной из наиболее используемых. В настоящем стандарте приведено общее описание степенной модели повышения надежности и модели прогнозирования в соответствии с требованиями актуализированных стандартов в области надежности, риска и статистических методов.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ

МЕНЕДЖМЕНТ РИСКА

Повышение надежности. Статистические критерии и методы оценки

Risk management. Reliability growth. Statistical test and estimation methods

Срок действия — с 2017—01—01 по 2018—01—01

1 Область применения

В настоящем стандарте установлены основные модели и методы оценки повышения надежности на основе данных об отказах, а также применения при разработке программы повышения надежности (см. ГОСТ Р 51901.6—2005).

Приведенные методы позволяют определять уровень повышения надежности, точечные оценки показателей надежности и соответствующие доверительные интервалы.

Настоящий стандарт не предназначен для целей оценки соответствия и использования в качестве обязательных или договорных требований.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 27.002—2015 Надежность в технике. Термины и определения

ГОСТ Р ИСО 31010—2011«Менеджмент риска. Методы оценки риска».

ГОСТ Р 50779.10—2000 Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения

ГОСТ Р 51897—2011 Руководство ИСО 73:2009 Менеджмент риска. Термины и определения

ГОСТ Р 51901-6—2005 (МЭК 61014:2003) Менеджмент риска. Программа повышения надежности

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 50779.10—2000, ГОСТ Р 51897—2011/ Руководство ИСО 73:2009, ГОСТ 27.002—2015 и ГОСТ Р 51901-6—2005.

Издание официальное

4 Модели повышения надежности на этапах проектирования и испытаний

4.1 Общие положения

В настоящем стандарте приведено общее описание моделей повышения надежности продукции на различных этапах ее жизненного цикла. Руководство по разработке программ повышения надежности и выбору методов анализа, используемых при проектировании, приведено в ГОСТ Р 51901-6—2005, при этом необходимо учитывать, что модели повышения надежности продукции на этапах проектирования и испытаний аналогичны.

Математические модели повышения надежности предназначены для оценки достигнутого уровня повышения надежности, направлены на поддержку разработки программ повышения надежности и могут быть представлены с помощью интенсивности отказов и/или вероятности успешного завершения испытаний к установленному времени.

Методы оценки повышения надежности на этапах проектирования и испытаний можно разделить на классические и байесовские. Байесовский анализ отличается от классической статистики предположением, что параметры распределений являются не постоянными, а случайными величинами. Описание Байесовского анализа приведено в ГОСТ Р ИСО 31010—2011.

4.2 Модели повышения надежности продукции на этапе проектирования

4.2.1 Модифицированная степенная модель

С помощью модифицированной степенной модели на этапе проектирования, проводят планирование повышения надежности продукции путем минимизации режимов отказов, снижения вероятности их возникновения. Внедрение этой модели позволяет сократить время от проектирования до внедрения улучшений, направленных на повышение надежности.

Модифицированная степенная модель позволяет проводить сравнение показателей надежности объекта с их первоначальными и целевыми значениями. Степень данной модели оценивают на основе предположения о том, что более ранние улучшения способствуют большему повышению надежности, т.е. отказы с наибольшей вероятностью появления необходимо устранять в первую очередь, при этом последующие улучшения влияют на надежность меньше. Фактические показатели надежности, достигнутые на этапе проектирования, затем отображают в графическом виде в соответствии со временем их реализации, и сравнивают с моделью.

Таким образом, модифицированную степенную модель используют для планирования стратегии повышения надежности объекта за определенный период времени: от пересмотра начального проекта до его внедрения.

4.2.2 Модифицированная байесовская модель IBM-Рознера

Данная модель описывает повышение надежности на этапе проектирования восстанавливаемого объекта и основана на байесовской адаптированной версии модели IBM-Рознера, разработанной для анализа данных испытаний.

В данной модели приняты следующие предположения:

- проект детально проработан и проведена первоначальная оценка надежности;
- определен целевой показатель надежности.

Изменения в конструкции производят для повышения надежности до достижения целевого показателя. Модель охватывает возможные периоды времени, необходимые на внедрение модифицированной конструкции.

В соответствии с данной моделью выполняют анализ надежности конструкции объекта и повторяют его оценку. Результатом является внедрение модифицированной конструкции, повышение надежности и достижение целевого показателя надежности. Коэффициент повышения надежности, характеризующий изменения надежности от начального до целевого уровня. Фактическое значение зависит от устранения недостатков конструкции, способствующих возникновению систематических отказов. При внедрении данной модели предполагают, что повышение надежности дает более значимые результаты на ранних этапах проектирования.

Модель можно использовать следующими двумя способами:

а) для прогнозирования продолжительности времени, необходимого для достижения целевого показателя надежности, путем прогнозирования изменений показателя надежности конструкции (рассчитывают ожидаемый коэффициент повышения надежности);

б) для оценки коэффициента повышения надежности, необходимого для достижения целевого показателя надежности.

5 Планируемое повышение надежности и мониторинг испытаний на повышение надежности продукции

5.1 Непрерывная модель повышения надежности

Модели непрерывного повышения надежности включают:

- степенную модель;
- модель с фиксированным количеством отказов.

В статистических процедурах для степенной модели повышения надежности в качестве исходных данных используют отказы и наработки в процессе испытаний. За исключением метода прогнозирования, модель применяют к общей совокупности отказов (см. ГОСТ Р 51901-6- 2005) без подразделения на категории.

Математическое ожидание общего количества отказов за время испытаний T описывают степенной функцией:

$$E[N(T)] = \lambda T^{\beta},\ \lambda > 0,\ \beta > 0,\ T > 0, \quad (1)$$

где λ — параметр масштаба;

β — параметр формы (функция общей эффективности улучшения соответствует повышению надежности, если $0 < \beta < 1$; сохранению надежности, если $\beta = 1$; снижению надежности, если $\beta > 1$).

Параметр потока отказов в момент времени T $z(T)$ описывают уравнением:

$$z(T) = \frac{d}{dT} E[N(T)] = \lambda\beta T^{\beta-1}, \text{ где } T > 0, \quad (2)$$

где T — срок эксплуатации продукции, включая такие характеристики как назначение, гарантийный период или рабочее время;

d — общее количество внедренных конструктивных улучшений;

$d(t)$ — количество конструктивных модификаций в любое время в течение периода проектирования;

$E[N(T)]$ — математическое ожидание общего количества отказов за время T.

Таким образом, оба параметра λ и β влияют на параметр потока отказов. Уравнение (2) представляет собой угол наклона касательной $N(T)$ к оси T в момент времени T (см. ГОСТ Р 51901.6, рисунок 6).

Значение средней наработки на отказ за период испытаний T $Q(T)$ описывают следующим уравнением:

$$Q(T) = \frac{1}{z(T)}. \quad (3)$$

Для степенной модели используют оценки максимального правдоподобия для параметров λ и β.

Степенная модель имеет следующие особенности:

- модель проста для проведения оценок;
- если оценки параметров определены ранее в предыдущих испытаниях, то данная модель может стать удобным инструментом разработки программ, использующих аналогичные условия испытаний и коэффициенты эффективности улучшения;
- иногда модель дает нереальные значения, однако эти ограничения не влияют на практическое использование модели;
- модель является относительно инертной и нечувствительной к повышению надежности сразу после корректирующей модификации и может давать заниженную (пессимистическую) оценку $\theta(T)$ (кроме применения в прогнозировании);
- при применении обычных методов оценки предполагают, что известно точное значение наблюдаемых наработок, но возможен альтернативный подход, когда отказы сгруппированы в пределах известного интервала времени.

Модель фиксированного количества отказов основана на следующих предположениях:

- существуют случайные отказы (функция интенсивности отказов постоянна);
- существует фиксированное, но неизвестное количество неслучайных конструктивных, производственных и иных отказов, присущих продукции в начале испытаний.

Ограничение модели состоит в предположении о том, что коэффициент эффективности сокращения количества отказов равен единице.

Коэффициент изменения $N(T)$ пропорционален количеству неслучайных отказов, оставшихся на момент времени T:

$$\frac{dN(T)}{dT} = -K_2 \cdot N(T), \quad (4)$$

следовательно,

$$N(T) = e^{-K_2 T + c},$$

где T — заранее определенный период времени (период выполнения задачи, гарантийный срок, наработка до предельного состояния);

$N(T)$ — общее количество отказов за время испытаний T;

K_i — количество наблюдаемых отказов i-го типа.

Если количество отказов в момент времени T=0 равно K_1, то:

$$N(T) = K_1 \cdot e^{-K_2 T}, \quad (5)$$

при условии, что

$$T > 0,\ K_1 K_2 > 0.$$

Если $E[N(T)]$ — математическое ожидание общего количества отказов за время T, то:

$$E[N(T)] = z \cdot T + K_1(1 - e^{-K_2 T}). \quad (6)$$

В уравнении (6) предполагается, что к моменту времени T общее количество отказов равно сумме случайных и неслучайных отказов. Здесь $E[N(0)]$=0.

При условии, что время стремится к бесконечности:

$$E[N(t)] \to \infty. \quad (7)$$

Так как модель является нелинейной, параметры λ, K_1 и K_2 определяют итеративным методом.

Модель позволяет прогнозировать время устранения доли отказов q (часть первоначальных неслучайных отказов будет устранена при $0 < q < 1$).

В соответствии с моделью количество отказов, устраненных к моменту времени t, равно:

$$N(0) - N(t) = K_1 - K_1 \cdot e^{-K_2 T}. \quad (8)$$

Следовательно, доля отказов, устраненных к моменту времени t, равна:

$$q(T) = \frac{K_1 - K_2 \cdot e^{-K_2 T}}{K_1} = 1 - e^{-K_2 T}. \quad (9)$$

Таким образом, определив $\widehat{K}_2$, время, необходимое для достижения целевого значения доли отказов q, t_q можно вычислить по формуле

$$t_q = -\frac{\ln(1-q)}{\widehat{K}_2}. \quad (10)$$

Количество оставшихся неслучайных отказов в момент времени T вычисляют по формуле: $K_1 \cdot e^{-K_2 T}$.

Среднюю наработку на отказ в момент времени t вычисляют по формуле

$$Q(t) = \frac{t}{\textit{общее количество отказов за период времени}\ (0, t)}. \quad (11)$$

5.2 Дискретная модель повышения надежности

Данная модель является дискретным вариантом степенной модели повышения надежности. В дискретной модели данные представляют собой результаты последовательных испытаний продукции.

Испытания продукции проводят на каждом этапе с последующим применением корректирующих действий. Результатом испытаний является безотказная работа объекта или отказ.

На основе информации о результатах испытаний проводят корректирующие действия с целью повышения надежности объекта. В конце каждого этапа на основе выполненных корректирующих действий создают модифицированную конструкцию. Такая измененная конструкция проходит фиксированное количество испытаний на следующем этапе. Дискретная модель применима к невосстанавливаемым системам, таким как ракеты.

5.3 Использование степенной модели для планирования программ испытаний на повышение надежности

В качестве исходных данных для описанных процедур используют две величины, определяемые с помощью моделей повышения надежности:

- общая продолжительность испытаний в часах, необходимая для достижения целей программы надежности;
- математическое ожидание количества отказов за время испытаний.

Общее время испытаний затем преобразуют в календарное время с запланированным временем испытаний в неделю или месяц с учетом ожидаемого полного времени простоя и других непредвиденных обстоятельств, а количество отказов изменяют с учетом появления посторонних отказов, и прогноза общего времени простоя.

В качестве исходных данных могут быть использованы параметры модели, оцененные по предыдущим программам надежности, отобранные с учетом применения для испытаний аналогичных изделий, условий испытаний, процедур управления и других существенных факторов.

6 Статистические методы обработки данных для непрерывной степенной модели

В процедурах проверки гипотез о повышении надежности и оценки параметров модели, используют данные об отказах объекта в процессе выполнения программы испытаний. Оцениваемое повышение надежности является результатом корректирующих модификаций конструкции объекта, выполненных по результатам испытаний. Процедуры проверки гипотез, критерии согласия и методы определения параметров моделей приведены в стандартах серии ГОСТ Р 50779.10.

УДК 658:562.014:006.354 ОКС 13.180

Ключевые слова: менеджмент риска, анализ надежности, показатели надежности, параметр потока отказов, модель повышения надежности

Редактор *Р.Е. Макарюк*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *А.С. Тыртышного*

Сдано в набор 12.10.2016. Подписано в печать 18.10.2016. Формат 60 × 84 $^1/_8$. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,27. Тираж 29 экз. Зак. 2567.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru