

ВОЕННО-КОСМИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ А.Ф. МОЖАЙСКОГО

Кафедра информационно-вычислительных систем и сетей

УТВЕРЖДАЮ

Начальник 24 кафедры

ПОЛКОВНИК

А. Басыров

« ____ » _____ 20 ____ года

Автор: старший преподаватель 24 кафедры,
кандидат технических наук, доцент В.Тимофеев

Тема3. Испытания и контроль надёжности АС

Лекция № 9

Контроль уровня надёжности АС

по дисциплине

Надёжность автоматизированных систем

Обсуждено и одобрено на заседании 24 кафедры
« ____ » _____ 20 ____ года протокол № ____

Санкт - Петербург

Цель занятия: ознакомить слушателей с методами контроля уровня надежности АС.

СОДЕРЖАНИЕ ЗАНЯТИЯ И ВРЕМЯ

Введение	5 мин.
1. Метод однократной и двукратной выборки	24 мин.
2. Метод последовательного анализа	56 мин.
Заключение	5 мин.

Введение

Цель контроля надежности – проверить гипотезу о том, что надежность не ниже установленного уровня.

Результатом контроля является решение: принять партию аппаратуры или забраковать как ненадежную.

Испытания на надежность серийного производства проводит предприятие-изготовитель не реже двух раз в год в течение первого года выпуска, в дальнейшем – не реже одного раза.

1. Метод однократной и двукратной выборки

Поскольку решение принимается на основании статистической оценки значения параметра надежности, существует вероятность ошибки при принятии решения:

1. Ошибка первого рода – хорошая партия бракуется (вероятность ошибки первого рода α – риск поставщика),
2. Ошибка второго рода – плохая партия принимается (вероятность ошибки второго рода β – риск заказчика).

Существует три основных метода контроля надёжности:

- метод однократной выборки;
- метод двукратной выборки;
- метод последовательных испытаний.

МЕТОД ОДНОКРАТНОЙ ВЫБОРКИ

При использовании этого метода в технических условиях записывают объем n выборки, время $t_{\text{исп}}$ испытаний и приемочное число c .

Если число d отказавших изделий в выборке за время испытания меньше или равно числу c , то партия принимается, в противном случае - бракуется. В этом и заключается сущность **метода однократной выборки**.

Объем выборки n для $c = 0$ определяется выражением

$$n = N(1 - \beta^{\frac{1}{Nq}}),$$

где N – число изделий в партии;

β – риск заказчика (потребителя);

$$q \approx \frac{t_{\text{исп}}}{T_0} ;$$

T_0 – наработка на отказ, заданная в ТУ.

На практике для определения объема выборки и времени испытаний при заданных рисках поставщика и заказчика, а также $c \neq 0$ обычно пользуются специальными таблицами.

Недостатком метода является большой объем выборки, а его достоинством – простота планирования испытаний и небольшое, по сравнению с последовательным методом, время испытаний.

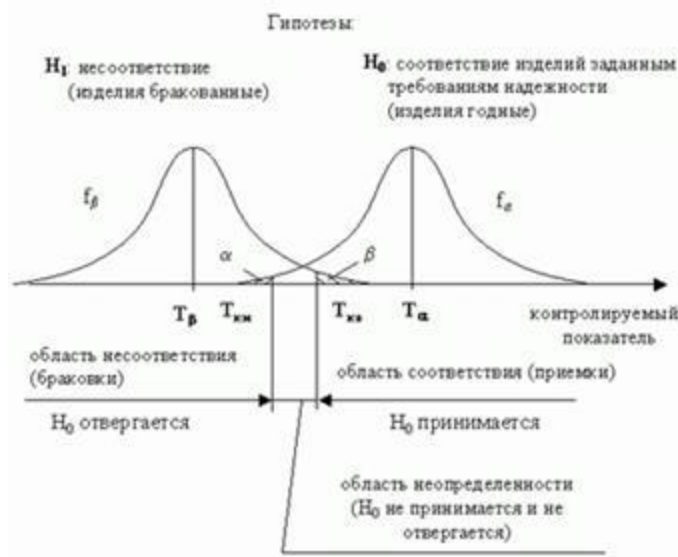
МЕТОД ДВУКРАТНОЙ ВЫБОРКИ

1. Из общего числа изделий N выбирается n_1 изделий ($n_1 < N$);
2. Эта выборка подвергается контролю на надежность и подсчитывается число дефектных изделий $d(n_1)$;
3. Если $d(n_1) \leq c_1$, то партия принимается, если $d(n_1) > c_2$ – партия бракуется;
4. Если $c_1 < d(n_1) \leq c_2$ (зона неопределенности), то берется вторая выборка n_2 , такая, что $(n_1 + n_2 < N)$ и подвергается контролю на надежность;
5. Если $d(n_1 + n_2) \leq c_3$ – партия принимается, если $d(n_1 + n_2) > c_3$ – партия бракуется.

Данный метод применим только для больших партий изделий. Возможен вариант, когда $c_2 = c_3$.

2. Метод последовательного анализа

В основе построения планов испытаний лежит процедура проверки статистических гипотез при последовательном анализе.



Построение планов последовательного контроля и процедура принятия решений при последовательном анализе основаны на вычислении **отношения правдоподобия** (статистики Вальда)

$$L = \frac{P_1}{P_0}$$

где P_1 - вероятность получения приемочных значений показателя при условии, что верна гипотеза H_1 (несоответствие изделий заданным требованиям надежности); P_0 - вероятность получения приемочных значений показателя при условии, что верна гипотеза H_0 (соответствие изделий заданным требованиям надежности).

Порядок принятия решений при последовательном анализе:

1) если $L \leq \frac{\beta}{1-\alpha}$
 - принять гипотезу H_0 (изделия признаются годными);

2) если $L \geq \frac{1-\beta}{\alpha}$
 - принять гипотезу H_1 (изделия бракуются);

3) если $\frac{\beta}{1-\alpha} < L < \frac{1-\beta}{\alpha}$
 - продолжить испытания

(количество полученной при испытаниях информации недостаточно для вынесения решения о соответствии или несоответствии изделий требованиям надежности по контролируемому показателю).

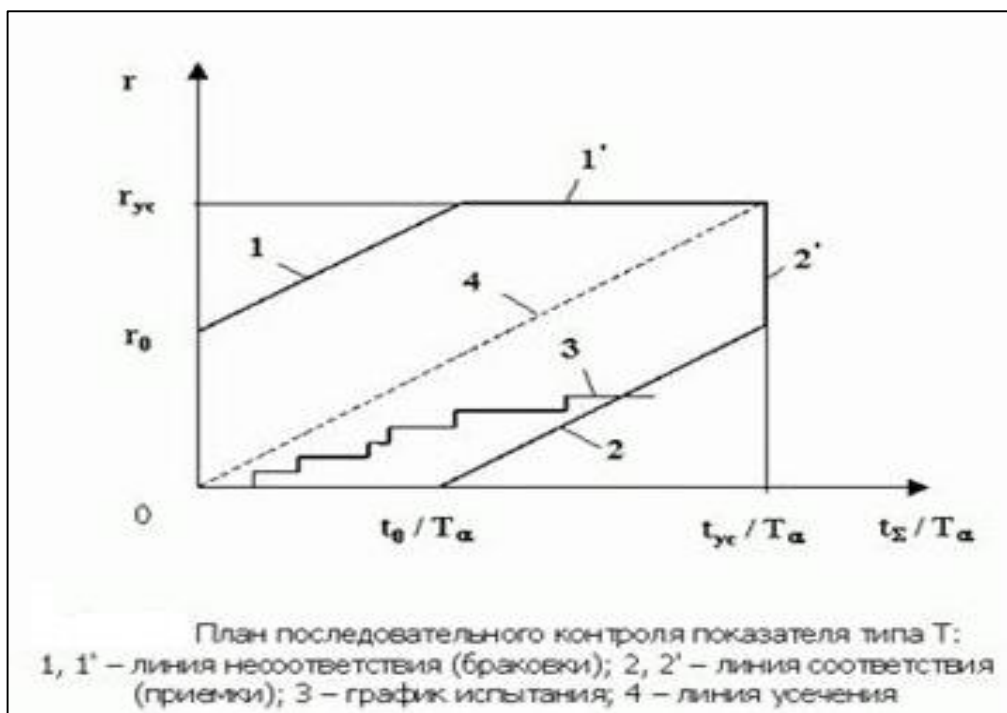
Для случая экспоненциального распределения наработки до отказа функции плотности распределения описываются формулами:

- для группы изделий, соответствующих установленным требованиям по надежности (верна гипотеза H_0)

$$f_{\alpha}(t) = \frac{1}{T_{\alpha}} e^{-\frac{t}{T_{\alpha}}};$$

- для группы изделий, не соответствующих установленным требованиям по надежности (верна гипотеза H_1)

$$f_{\beta}(t) = \frac{1}{T_{\beta}} e^{-\frac{t}{T_{\beta}}}.$$



Вероятность появления r отказов в течение суммарной наработки t_{Σ} может быть подсчитана по формуле распределения Пуассона:

$$P_r(t_{\Sigma}) = \left(\frac{t_{\Sigma}}{T} \right)^r \frac{e^{-\frac{t_{\Sigma}}{T}}}{r!},$$

где T – средняя наработка до отказа (на отказ – для восстанавливаемых объектов).

Вероятность получения r отказов при условии, что верна гипотеза H_1 (несоответствие изделий заданным требованиям надежности

$$P_1 = \left(\frac{t_{\Sigma}}{T_{\beta}} \right)^r \frac{e^{-\frac{t_{\Sigma}}{T_{\beta}}}}{r!}.$$

Вероятность получения r отказов при условии, что верна гипотеза H_0 (соответствие изделий заданным требованиям надежности):

$$P_0 = \left(\frac{t_{\Sigma}}{T_{\alpha}} \right)^r \frac{e^{-\frac{t_{\Sigma}}{T_{\alpha}}}}{r!}.$$

Отношение правдоподобия

$$L = \frac{P_1}{P_0} = \left(\frac{T_\alpha}{T_\beta} \right)^r e^{-\left(\frac{1}{T_\beta} - \frac{1}{T_\alpha} \right) t_r}$$

Условие приемки дает

$$\left(\frac{T_\alpha}{T_\beta} \right)^r e^{-\left(\frac{1}{T_\beta} - \frac{1}{T_\alpha} \right) t_r} \leq \frac{\beta}{1-\alpha}$$

Логарифмируя последнее выражение, получаем

$$r \ln \left(\frac{T_\alpha}{T_\beta} \right) - \left(\frac{1}{T_\beta} - \frac{1}{T_\alpha} \right) t_\Sigma \leq \ln \frac{\beta}{1-\alpha},$$

откуда после преобразований получаем условие соответствия:

$$r \leq \frac{\ln \frac{\beta}{1-\alpha}}{\ln(T_\alpha/T_\beta)} + \frac{T_\alpha - T_\beta}{T_\beta \ln(T_\alpha/T_\beta)} \frac{t_\Sigma}{T_\alpha}$$

Замена знака \leq на $=$ в неравенстве дает уравнение линии соответствия 2 на плане последовательного контроля.

Условие браковки дает

$$\left(\frac{T_\alpha}{T_\beta} \right)^r e^{-\left(\frac{1}{T_\beta} - \frac{1}{T_\alpha} \right) t_r} \geq \frac{1-\beta}{\alpha}$$

Логарифмируя выражение, после преобразований получаем условие несоответствия:

$$r \geq \frac{\ln \frac{1-\beta}{\alpha}}{\ln(T_\alpha/T_\beta)} + \frac{T_\alpha - T_\beta}{T_\beta \ln(T_\alpha/T_\beta)} \frac{t_\Sigma}{T_\alpha}$$

Заменой знака \geq на $=$ в последнем неравенстве можно получить уравнение линии несоответствия 1 на плане последовательного контроля.

Усечение плана осуществляется по одноступенчатому методу. Уравнение линии усечения 4 на плане последовательного контроля:

$$r = \frac{T_\alpha - T_\beta}{T_\beta \ln(T_\alpha/T_\beta)} \frac{t_\Sigma}{T_\alpha}$$

Уравнение дополнительной линии соответствия 2' на плане последовательного контроля:

$$\frac{t_{yc}}{T_{\alpha}} = \frac{(1-\alpha)\ln\frac{1-\alpha}{\beta} - \alpha\ln\frac{1-\beta}{\alpha}}{T_{\alpha}/T_{\beta} - 1 - \ln(T_{\alpha}/T_{\beta})}.$$

Уравнение дополнительной линии несоответствия 1' на плане последовательного контроля:

$$r_{yc} = \frac{T_{\alpha} - T_{\beta}}{T_{\beta} \ln(T_{\alpha}/T_{\beta})} \frac{t_{yc}}{T_{\alpha}}.$$

При испытаниях без восстановления или замены отказавших изделий минимальный объем выборки $N_{\min} = r_{yc}$. При испытаниях с восстановлением или заменой объем выборки может быть любым.

При наличии отрицательных исходов графиком последовательных испытаний является ступенчатая линия 3 (слайд 11), сумма отрезков которой, параллельных оси t_{Σ}/T_{α} , равна отношению суммарной наработки испытываемых образцов в момент времени t испытаний к значению T_{α} , а сумма отрезков, параллельных оси r , равна числу отрицательных исходов (отказов) к моменту t

При отсутствии отрицательных исходов графиком последовательных испытаний является прямая линия с началом в начале координат, совпадающая с осью t_{Σ}/T_{α} . При этом суммарная наработка испытываемых образцов в момент времени t испытаний составит $t_{\Sigma} = Nt$.

При испытаниях с восстановлением или заменой суммарная наработка в момент времени t испытаний составит

$$t_{\Sigma} = Nt - \sum_{j=1}^r \tau_j,$$

где τ_j - длительность восстановления работоспособности j -го из r отказавших образцов изделия или длительность замены j -го из отказавших образцов.

При испытаниях без восстановления или замены суммарная наработка в момент времени t испытаний может быть подсчитана по формуле

$$t_{\Sigma} = (N - r)t + \sum_{j=1}^r t_j$$

где $г$ - текущее число отказов, соответствующее наработке t каждого работоспособного изделия, отсчитанной от начала испытаний; t_j - наработка j -го из $г$ отказавших изделий, отсчитанная от начала испытаний;

Результаты испытания положительны, если график испытаний достигает линии соответствия (ступенчатая ломаная линия 3 на слайде 11), и отрицательны, если график достигает линии несоответствия.

Если конечная точка графика испытаний находится в области неопределенности между линиями соответствия и несоответствия, то испытания должны быть продолжены (количество полученной при испытаниях информации недостаточно для вынесения решения о соответствии или несоответствии изделий требованиям надежности по контролируемому показателю).

Заключение

Таким образом, сегодня был рассмотрены цель и методы контроля уровня надежности АС.

Задание на самостоятельную работу:

- 1) Отработать учебный материал по конспекту лекций.
- 2) Изучить материал рекомендуемой литературы.

В.Тимофеев

(воинское звание, подпись, инициал имени, фамилия автора)

« ____ » _____ 20__ г.