

Лабораторная работа

Определение количества необходимых объектов для испытания в зависимости от поставленной задачи

Порядок выбора плана испытаний ограниченной продолжительности и принятия решения по результатам испытаний следующий:

– по известным значениям T_0 и T_i уровня наработки на отказ определяют отношение T_0 / T_1 ;

– для установленных α и β находят число, ближайшее к полученному значению T_0 / T_1 и определяют $r_{пр}$ и T_{Σ} / T_0 (см. табл.6.2), где $T_{\Sigma} = \sum T_i$;

– определяют число изделий, необходимое для проведения испытаний:

$$N = \frac{T_{\Sigma}}{T_0} / \frac{T}{T_0}; \quad (6.2)$$

– принимают решение о соответствии партии изделий установленным требованиям, если за наработку изделий, равную T , число отказов меньше $r_{пр}$.

Таблица 6.2

Соотношение значений $r_{пр}$, T_0 / T_1 , α , β и T_{Σ} / T_0

| Число отказов $r_{пр}$ | T_0 / T_1 при $\alpha = 0,30$ и различных значениях β | | | | T_{Σ} / T_0 |
|------------------------|---|------|------|------|--------------------|
| | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | |
| 2 | 4,33 | 3,55 | 2,73 | 2,22 | 1,1 |
| 4 | 2,81 | 2,42 | 1,99 | 1,72 | 2,76 |
| 6 | 2,32 | 2,05 | 1,75 | 1,55 | 4,52 |
| 8 | 2,08 | 1,86 | 1,62 | 1,46 | 6,31 |
| 10 | 1,93 | 1,75 | 1,54 | 1,40 | 8,13 |
| 12 | 1,82 | 1,66 | 1,48 | 1,36 | 9,97 |

Пример 6.1. Исходные данные для испытаний следующие: $\alpha = 0,30$, $\beta = 0,20$, $T_0 = 2000$ ч, $T = 500$ ч, $T_1 = 1000$ ч. Необходимо спланировать испытания.

Решение.

1. Определяем отношение: $\frac{T_0}{T_1} = \frac{2000}{1000} = 2$.

2. Для заданных α и β по таблице 6.2 находим число, ближайшее к числу 2.

3. Из таблицы 6.2 получаем 1,99. Соответственно, число отказов составит $r_{пр} = 4$, а отношение $\frac{T_{\Sigma}}{T_0} = 2,76$.

4. Число изделий, необходимое для проведения испытаний, $N = \frac{2,76}{0,25} = 11,04 \approx 12$.

5. Если за время $T = 500$ ч испытаний 12 изделий произойдет не более трех отказов, то выносят решение о принятии партии изделий. Партию бракуют в случае, если четвертый отказ произойдет за время, меньшее T .

При выборе плана испытаний необходимо также учитывать минимум средней продолжительности и стоимости испытаний. В отдельных случаях выбирают план испытаний, обеспечивающий достаточную точность. Рекомендации по выбору плана, удовлетворяющего перечисленным требованиям, приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3

Сравнительная эффективность планов испытаний

| План испытаний | Функции эффективности | | |
|---------------------------|---------------------------|-------------------|----------|
| | средняя продолжительность | средняя стоимость | точность |
| $[N, U, N]$ | – | – | + |
| $[N, U, r]$, $[N, U, T]$ | \pm | \pm | \pm |
| $[N, R, r]$, $[N, R, T]$ | + | + | – |

Вычисление числа испытываемых образцов базируется на использовании зависимости точности (δ) и доверительной веро-

ятности (β) от результатов испытаний. Для расчета параметров планов предварительно задаются значениями δ и β по таблице 6.4.

Таблица 6.4

Параметры δ и β для различных объектов испытаний

| Объект | δ | β |
|--|-------------|-------------|
| Изделие в целом; деталь, обуславливающая внешний вид изделия | 0,15...0,20 | 0,80...0,90 |
| Базовая деталь | 0,10...0,15 | 0,90...0,95 |
| Детали, обеспечивающие безопасность изделия | 0,05 | 0,95...0,99 |

Закон распределения показателей надежности предварительно выбирают по значению коэффициента вариации в зависимости от механизма отказа по таблице 6.5. Для выбранных значений δ , β и V параметры планов испытаний определяют с учетом формул, приведенных в таблице 6.6.

Таблица 6.5

Коэффициент вариации ресурса изделий машиностроения

| Закон распределения | Вид предельного состояния, причины отказа | Коэффициент вариации |
|---------------------------|---|----------------------|
| Нормальный | Достижение предельного состояния целого изделия | 0,10...0,20 |
| | Достижение предельного состояния агрегата | 0,30 |
| | Износ деталей, узлов до предельного состояния | 0,30 |
| | Наработка до предельного состояния деталей и сборочных единиц, обусловленного сочетанием износа, усталости и коррозии | 0,30 |
| Логарифмически-нормальный | Разрушение от усталости при изгибе, кручении | 0,40...0,50 |
| | Наработка резьбовых соединений до разрушения | 0,70 |
| Вейбулла | Межремонтный ресурс | 0,60...0,80 |
| | Наработка до разрушения от контактной усталости | 0,70 |
| | Наработка до разрушения от усталости при изгибе, кручении | 0,30...0,50 |
| | Наработка до разрушения резьбовых соединений | 0,80 |

Таблица 6.6
Формулы для расчета параметров плана испытаний

| План испытаний, параметр | Расчетная формула | |
|---|--|--|
| | закон распределения Вейбулла | закон нормального распределения |
| 1. $[N, U, N];$ N | $\frac{2N}{\chi_{1-\beta}^2} = \delta + 1$ | $\frac{t_{\beta}(N-1)}{\sqrt{N}} = \frac{\delta}{V}$ |
| 2. $[N, U, r];$ N, r | $\frac{2r}{\chi_{1-\beta}^2(2r)} = (\delta + 1)^b; N = \frac{r}{V}$ | $\frac{t_{\beta}(r-1)}{\sqrt{r}} = \frac{\delta}{V}$ |
| | $V = \sqrt{\left\{ \frac{\Gamma\left(1 + \frac{2}{b}\right)}{\left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right)\right]^2} \right\} - 1}$ | $N = \frac{r}{V}$ |
| 3. $[N, U, T];$ N, T | $T = \bar{T} \cdot \kappa$ | $T = \bar{T} \cdot \kappa$ |
| | $\kappa = \left[\ln \frac{N + 0,5}{N + 0,5 - r} \right] \frac{1}{b} \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right) \right]^{-1}$ | $\kappa = 1 + H_{\kappa} \cdot V$ |
| Примечание: b – параметр распределения Вейбулла; $\Gamma(x)$ – гамма-функция; H_{κ} – квантиль нормального распределения уровня β ; \bar{T} – средняя продолжительность испытаний; V – допустимая степень цензурирования | | |

Пример 6.2. Определить объем выборки, достаточный для оценки среднего ресурса восстановленного ножа бульдозера с предельной относительной погрешностью $\delta = 0,1$ и доверительной вероятностью $\beta_0 = 0,8$.

Решение. Для определения среднего ресурса восстановленного ножа в соответствии с таблицами 6.1 и 6.3 выбираем план $[N, U, N]$. Предположительное значение коэффициента вариации для наработки до предельного состояния детали выбираем по таблице 6.5, равный 0,30 для нормального распределения. Затем подсчитываем соотношение $\delta / V = 0,33$. Используя данные таблиц 9 и 15 приложения, выбираем t_{β} и подсчитываем со-

отношение $t_{\beta}(N-1)/\sqrt{N}$. Порядок расчета приведен в таблице 6.7. По данным расчета объем выборки составит $N=7$.

Таблица 6.7

Порядок расчета объема выборки

| N | \sqrt{N} | $t_{\beta}(N-1)$ | $t_{\beta}(N-1)/\sqrt{N}$ |
|-----|------------|------------------|---------------------------|
| 5 | 2,236 | 0,920 | 0,411 |
| 6 | 2,449 | 0,906 | 0,370 |
| 7 | 2,646 | 0,896 | 0,338 |
| 8 | 2,828 | 0,889 | 0,314 |

Для плана $[N, U, T]$ параметры N и T определяют по следующей схеме:

- для заданных δ , β и V находят параметры r и N по формулам для плана $[N, U, r]$;
- подсчитывают коэффициент k ;
- вычисляют среднюю продолжительность испытаний для плана

$$\begin{cases} [N, U, N] \bar{T} = \frac{1}{\lambda} (\ln N + C) = \frac{1}{\lambda} \ln 1,781 N; \\ [N, U, r] \bar{T} = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{N + 0,5}{N + 0,5 - r}, \end{cases} \quad (6.3)$$

- подсчитывают параметр T .

Значения параметра λ определяют по формулам для плана

$$\begin{cases} [N, U, N] \lambda = (N-1) / S; \quad S = \sum_{i=1}^N R_i; \\ [N, U, r] \lambda = r / S; \quad S = \sum_{i=1}^r R_i + \sum_{k=1}^{N-r} T_k, \end{cases} \quad (6.4)$$

где R_i – наработка отказавших изделий;

T_k – наработка до снятия с испытания работоспособного изделия.

После выбора плана испытаний и определения его параметров отбирают образцы по принципу случайной выборки и проводят испытания. Результаты отбора оформляют актом. Информацию о надежности отобранных образцов собирают в течение установленного периода испытаний. Началом испытаний считают момент получения образца испытательной организацией (для опытных образцов) или момент отбора на испытания (для серийных и отремонтированных объектов). Испытания начинают и заканчивают технической экспертизой.