

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_i ;

– для установленных α и β находят число, ближайшее к полученному значению T_0 / T_i 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_i , α , β и T_{Σ} / T_0

Число отказов $r_{пр}$	T_0 / T_i 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, $T_i = 1000$ ч. Необходимо спланировать испытания.

Решение.

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

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
$[N, U, N]$	–	–	+
$[N, U, r]$, $[N, U, T]$	±	±	±
$[N, R, r]$, $[N, R, T]$	+	+	–

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.