

Определение количества объектов в выборке в зависимости от заданного распределения исследуемых показателей надёжности

2.10. Определение количества объектов в выборке

Показатели надёжности определяются методом выборки. Учитывая значительное рассеивание первичной информации, при испытании машин главное значение имеет правильный выбор количества одновременно испытываемых машин (повторность информации).

Недостаточное количество машин при испытании может внести ошибку в результаты расчета показателей надёжности и сделать их непригодными для практического использования. Слишком большая повторность испытаний, хотя и обеспечивает высокую точность расчета, неприемлема из экономических соображений вследствие высокой стоимости таких испытаний. Поэтому необходимо испытывать такое количество машин, при котором получается достаточная точность конечных результатов при невысоких затратах.

В теории вероятностей получены уравнения, связывающие величину относительной ошибки и количество объектов в выборке:

а) для нормального закона распределения:

$$\frac{\delta}{V}; \quad (2.84)$$

122

б) для закона распределения Вейбулла:

$$(\delta + 1)^b. \quad (2.85)$$

Для упрощения расчетов по этим формулам составлена статистическая таблица 14 приложения. При этом определение необходимого числа испытываемых машин выполняется в следующей последовательности:

- задаются величиной доверительной вероятности β_0 и величиной относительной ошибки δ не более 20%;
- по коэффициенту вариации V или параметру « b » определяют значение левой части уравнений (2.84) или (2.85);
- по таблице 14 приложения определяют количество объектов наблюдений, необходимых для расчета показателей надёжности.

Значения доверительной вероятности $\beta_0 = 0,80...0,90$ выбирают для машин, неожиданный выход из строя которых не влечет за собой тяжелых последствий: человеческих жертв, больших материальных затрат на устранение отказа или потерь от вынужденных простоев. Для высокопроизводительных машин (например, роторные экскаваторы, самоходные скреперы с вместимостью ковша 25 м³ и др.) значения доверительной вероятности принимают в пределах $\beta_0 = 0,90...0,99$. Аналогичным образом определяют число объектов наблюдений N , когда значения показателя распределяются по другим законам.

Пример 2.24. Требуется определить необходимое количество двигателей, испытываемых на ресурсные показатели при $\delta = 10\%$, $\beta_0 = 0,90$, если известно, что коэффициент вариации $V = 0,36$.

Решение. Для закона распределения Вейбулла при $V = 0,36$ коэффициент $b = 3$ (см. табл.5 приложения). По уравнению (2.85) определим значение:

$$(\delta + 1)^b = (0,1 + 1)^3 = 1,33.$$

По таблице 14 приложения при $\beta_0 = 0,90$ находим $N = 24$.

Ответ: $N = 24$ двигателя.

Если заранее невозможно предположить, какой теоретический закон распределения использовать для выравнивания информации, то можно задаться вероятностью безотказной работы агрегата или машины, а также величиной односторонней доверительной вероятности β_0 и ориентировочно определить повторность информации N :

$$N = \frac{\ln(1 - \beta_0)}{\ln P(t)}, \quad (2.86)$$

где $P(t)$ – заданная вероятность безотказной работы машины (элемента) в интервале наработки t .

Для этого можно также использовать данные, приведенные в таблице 2.6.

Таблица 2.6

Определение минимального числа объектов наблюдений при неизвестном законе распределения показателей надежности

$P(t)$	Значение N при β_0			
	0,80	0,90	0,95	0,99
0,80	8	10	13	20
0,90	15	21	30	44
0,95	30	40	60	85
0,98	75	120	140	230
0,99	150	220	280	430

Порядок определения числа объектов наблюдения при неизвестном законе распределения следующий:

1. Задаются установленной в нормативной документации минимальной величиной вероятности безотказной работы $P(t)$ в течение времени t ;

2. Выбирают так же, как и в предыдущем случае, значения доверительной вероятности β_0 ;

3. Для заданных значений $P(t)$ и β_0 по таблице 2.6 находят соответствующее число N объектов наблюдений.

Пример 2.25. Определить число N и с доверительной вероятностью $\beta_0 = 0,95$ проверить, что вероятность безотказной работы $P(t)$ не менее 0,9.

Решение. Согласно уравнению (2.86) минимальное количество наблюдений при вероятности $P(t) = 0,9$ безотказной работы в течение времени t и доверительной вероятности $\beta_0 = 0,95$ составит:

$$N = \frac{\ln(1 - 0,95)}{\ln 0,9} = 28,4 \approx 30 \text{ ед.}$$

Пример 2.26. Определить необходимое число наблюдений тормозных устройств N , распределение наработки до отказа которых подчиняется нормальному закону, чтобы получить результаты с доверительной вероятностью $\beta_0 = 0,95$, относительной ошибкой $\delta = 0,1$ и коэффициентом вариации $V = 0,2$.

Решение. Определяем соотношение $\delta / V = 0,1 / 0,2 = 0,5$. По таблице 14 приложения для этого значения и $\beta_0 = 0,95$ получим $N = 13$.

Для предварительного определения необходимой повторяемости информации N можно также пользоваться данными таблицы 2.7, в которой приведены значения N для односторонней доверительной вероятности β_0 , равной 0,80; 0,90 и 0,95 при относительной ошибке $\leq 15\%$ и значения коэффициента вариации V в интервале 0,3...0,9.

Таблица 2.7

Повторность информации N при относительной ошибке $\leq 15\%$

V	Принятый теоретический закон распределения	Односторонняя доверительная вероятность		
		$\beta_0 = 0,80$	$\beta_0 = 0,90$	$\beta_0 = 0,95$
0,3	ЗНР	4	8	14
0,4	ЗНР, ЗРВ	6...7	14	22...24
0,5	ЗНР, ЗРВ	9...12	20...24	30...40
0,6	ЗРВ	16	35	50
0,7	ЗРВ	26	55	90
0,8	ЗРВ	30	65	100
0,9	ЗРВ	40	80	120

При этом необходимо иметь в виду, что в процессе длительного наблюдения за совокупностью машин повторность информации увеличивается по мере роста наработки и, следовательно, первоначальная величина относительной ошибки постепенно убывает.