
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р
27.404—
2009

Надежность в технике

**ПЛАНЫ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ
КОЭФФИЦИЕНТА ГОТОВНОСТИ**

Издание официальное

БЗ 6—2009/290



Москва
Стандартинформ
2010

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения».

Сведения о стандарте

- 1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» (ФГУП «ВНИИНМАШ»)
- 2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 119 «Надежность в технике»
- 3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. № 1245-ст
- 4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

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

Надежность в технике

ПЛАНЫ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КОЭФФИЦИЕНТА ГОТОВНОСТИ

Dependability in technics. Compliance test plans for steady-state availability

Дата введения — 2010—09—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на восстанавливаемые (ремонтируемые) изделия, распределения наработок между отказами которых аппроксимируют экспоненциальным распределением, и устанавливает планы контрольных испытаний для проверки соответствия коэффициента готовности заданным требованиям. Требования стандарта применимы при испытании одного изделия.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт: ГОСТ 27.002—89 Надежность в технике. Основные понятия, термины и определения

П р и м е ч а н и е — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочного стандарта в информационной системе общего пользования — на официальном сайте федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и обозначения

3.1 В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 27.002, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **план испытаний**: Совокупность правил, определяющих продолжительность испытаний и принятие решений в зависимости от суммарного учитываемого числа наблюдений (проб, опытов) и учитываемого числа отказов (неудач), достигнутых (накопленных) к данному моменту испытаний.

3.1.2 **приемочный уровень**: Пороговое значение коэффициента готовности для принятия решения о приемке изделий.

П р и м е ч а н и е — Решение о приемке принимают, если истинное значение коэффициента готовности равно или более приемочного уровня.

3.1.3 **браковочный уровень**: Пороговое значение коэффициента готовности для принятия решения о браковке изделий.

Примечание — Решение о браковке принимают, если истинное значение коэффициента готовности равно или менее браковочного уровня.

3.1.4 риск поставщика (изготовителя): Вероятность принятия решения о браковке изделий при условии, что истинное значение коэффициента готовности равно приемочному уровню.

3.1.5 риск потребителя: Вероятность принятия решения о приемке изделий при условии, что истинное значение коэффициента готовности равно браковочному уровню.

3.2 В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

α — номинальный (заданный) риск поставщика;

β — номинальный (заданный) риск потребителя;

A_0 — приемочный уровень;

A_1 — браковочный уровень;

U_0 — приемочный уровень коэффициента простоя; $U_0 = 1 - A_0$;

U_1 — браковочный уровень коэффициента простоя; $U_1 = 1 - A_1$;

D — разрешающий коэффициент; $D = U_1/U_0$;

$Ac(r)$ — граница приемки в последовательных испытаниях;

$Re(r)$ — граница браковки в последовательных испытаниях;

U_{lim} — критерий принятия решения;

$U_{1-\alpha}$ — квантиль уровня $(1 - \alpha)$ нормированного нормального распределения;

$F_{1-\alpha}(V_1, V_2)$ — квантиль уровня $(1 - \alpha)$ F -распределения с (V_1, V_2) степенями свободы;

m_α — среднее время пребывания изделия в неработоспособном состоянии;

m_u — наработка на отказ;

n — объем выборки; число отказов (восстановлений) изделия за время испытаний ограниченной продолжительности;

r — число отказов в последовательных испытаниях;

T — суммарное время пребывания изделия в работоспособном состоянии; $T = \sum t_i$;

T^* — продолжительность испытаний;

t_i — наработка между отказами; $i = 1, 2, 3, \dots$;

Y — суммарное время пребывания изделия в неработоспособном состоянии; $Y = \sum y_i$;

y_i — время пребывания изделия в неработоспособном состоянии; $i = 1, 2, 3, \dots$;

$f(t)$, $E(t)$, $E(t^2)$ — плотность, математическое ожидание (среднее значение) и дисперсия распределений случайных величин;

гамма-распределение:

$$f(t) = S(st)^{p-1} \exp(-st) / \Gamma(p),$$

$$E(t) = p/s,$$

$$E(t^2) = p/s^2;$$

p — параметр формы;

s — параметр масштаба;

$\Gamma(p)$ — гамма-функция:

$$\Gamma(p) = \int_0^{\infty} y^{p-1} \exp(-y) dy; \Gamma(p) = (p-1)! \text{ при целых } p;$$

экспоненциальное распределение (частный случай гамма-распределения при $p = 1$):

$$f(t) = s \exp(-st),$$

$$E(t) = 1/s,$$

$$E(t^2) = 1/s^2.$$

4 Основные положения

4.1 Контролируемыми показателями готовности являются стационарный коэффициент готовности или стационарный коэффициент технического использования (далее — коэффициент готовности).

Методы контроля, установленные в настоящем стандарте, в качестве контролируемого показателя используют также коэффициент простоя, дополняющий значения коэффициента готовности и коэффициента технического использования до единицы.

4.2 По результатам испытаний в отношении контролируемого показателя принимают одно из следующих решений:

- соответствие установленным требованиям (приемка);
- несоответствие установленным требованиям (браковка).

4.3 При испытаниях высоконадежного изделия отказ может не наступить, поэтому не могут быть получены количественные данные о готовности изделия. В подобных случаях заинтересованные стороны должны прийти к согласованному решению.

4.4 Исходными данными для выбора плана испытаний являются номинальный риск поставщика α и риск потребителя β , а также приемочный и браковочный коэффициенты простоя (разрешающий коэффициент D).

4.5 Планы испытаний, установленные в настоящем стандарте, предназначены для непрерывно работающих изделий, готовность которых определяют относительно суммарного времени их эксплуатации.

При использовании планов испытаний для изделий с прерывающимся режимом работы должны быть приняты соответствующие решения в отношении учета числа восстановлений изделия в перерывах между рабочими периодами.

4.6 Методы испытаний, установленные в настоящем стандарте, применимы только для изделий, которые могут находиться в двух состояниях — работоспособном и неработоспособном.

Для сложных изделий могут быть установлены несколько режимов работы. В этом случае планы испытаний следует применять отдельно для каждого режима работы изделия. При получении противоречащих друг другу результатов контроля готовности для разных режимов работы должны быть установлены требования к принятию решений.

4.7 В зависимости от вида контролируемого показателя, составляющие времени пребывания изделия в работоспособном состоянии подразделяют на учитываемые и неучитываемые. Классификация составляющих времени пребывания в неработоспособном состоянии должна быть установлена до начала испытаний.

5 Распределения временных характеристик

5.1 Испытаниям подвергают работоспособное изделие. По истечении интервала времени возникает первый отказ и изделие переходит в неработоспособное состояние. После восстановления изделие возвращается в работоспособное состояние. Затем начинается новый цикл «работоспособность — отказ — неработоспособность — восстановление». Реализация этого процесса представлена на рисунке 1.

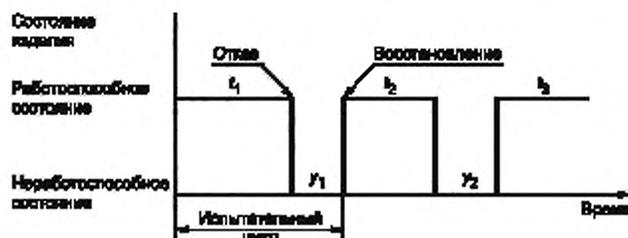


Рисунок 1 — Типовая реализация процесса функционирования изделий при испытаниях в виде испытательных циклов

5.2 В основе планов испытаний лежит предположение, что наработка изделия между отказами представляют собой выборку из экспоненциального распределения, а продолжительность пребывания в неработоспособном состоянии — выборку из гамма-распределения. Значение параметра формы p определяют по согласованию между поставщиком и потребителем до начала испытаний (по результатам испытаний аналогичных изделий или оценивают по статистическим данным, полученным в процессе испытаний).

Примечание — При отсутствии информации допускается по согласованию между поставщиком и потребителем принимать $p = 1$ (экспоненциальное распределение пребывания изделия в неработоспособном состоянии).

6 Виды планов испытаний

6.1 План испытаний с ограниченным числом отказов

Определяют число отказов n , которое должно быть получено в ходе испытаний как минимальное из возможных чисел, для которых выполняется неравенство

$$F_{1-\alpha}(2pn; 2n)F_{1-\beta}(2n; 2pn) \leq D(1 - U_0)/(1 - DU_0). \quad (1)$$

Вычисляют значение критерия принятия решения U_{lim} по формуле

$$U_{\text{lim}} = F_{1-\alpha}(2pn; 2n)U_0/(1 - U_0). \quad (2)$$

По результатам испытаний после получения n отказов вычисляют значение Y/T .

Решение о приемке изделий принимают в случае, если $Y/T \leq U_{\text{lim}}$.

В противном случае принимают решение о браковке.

Значения $F_{1-\alpha}(v_1, v_2)$ и $F_{1-\beta}(v_1, v_2)$ приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 — Квантили F -распределения с (v_1, v_2) степенями свободы

v_2	v_1									
	2	4	6	8	10	20	30	40	60	120
0,80 квантиля										
2	4,00	4,24	4,32	4,36	4,38	4,43	4,45	4,46	4,46	4,47
4	2,47	2,48	2,47	2,47	2,46	2,44	2,44	2,44	2,43	2,43
6	2,13	2,09	2,06	2,04	2,03	2,00	1,98	1,98	1,97	1,96
8	1,98	1,92	1,88	1,86	1,84	1,80	1,78	1,77	1,76	1,75
10	1,90	1,83	1,78	1,75	1,73	1,68	1,66	1,65	1,64	1,63
12	1,85	1,77	1,72	1,69	1,66	1,61	1,59	1,58	1,56	1,55
14	1,81	1,73	1,67	1,65	1,62	1,56	1,53	1,52	1,51	1,49
16	1,78	1,70	1,64	1,61	1,58	1,52	1,49	1,48	1,47	1,45
18	1,76	1,67	1,62	1,58	1,55	1,49	1,46	1,45	1,43	1,42
20	1,75	1,65	1,60	1,56	1,53	1,47	1,44	1,42	1,41	1,39
30	1,70	1,60	1,54	1,50	1,47	1,39	1,36	1,35	1,33	1,31
40	1,68	1,57	1,51	1,47	1,44	1,36	1,33	1,31	1,29	1,26
60	1,65	1,55	1,48	1,44	1,41	1,32	1,29	1,27	1,24	1,22
120	1,63	1,52	1,45	1,41	1,37	1,29	1,25	1,23	1,20	1,17
0,90 квантиля										
2	9,00	9,24	9,33	9,37	9,39	9,44	9,46	9,47	9,47	9,48
4	4,32	4,11	4,01	3,96	3,92	3,84	3,82	3,80	3,79	3,78
6	3,46	3,18	3,05	2,98	2,94	2,84	2,80	2,78	2,76	2,74
8	3,11	2,81	2,67	2,59	2,54	2,42	2,38	2,36	2,34	2,32
10	2,92	2,61	2,46	2,38	2,32	2,20	2,16	2,13	2,11	2,08
12	2,81	2,48	2,33	2,24	2,19	2,06	2,01	1,99	1,96	1,93
14	2,73	2,39	2,24	2,15	2,10	1,96	1,91	1,89	1,86	1,83
16	2,67	2,33	2,18	2,09	2,03	1,89	1,84	1,81	1,78	1,75
18	2,62	2,29	2,13	2,04	1,98	1,84	1,78	1,75	1,72	1,69
20	2,59	2,25	2,09	2,00	1,94	1,78	1,74	1,71	1,68	1,64
30	2,49	2,14	1,98	1,88	1,82	1,67	1,61	1,57	1,54	1,50
40	2,44	2,09	1,93	1,83	1,76	1,61	1,54	1,51	1,47	1,42
60	2,39	2,04	1,87	1,77	1,71	1,54	1,48	1,44	1,40	1,35
120	2,35	1,99	1,82	1,72	1,65	1,48	1,41	1,37	1,32	1,26

Окончание таблицы 1

v_2	v_1									
	2	4	6	8	10	20	30	40	60	120
0,95 квантиля										
2	19,00	19,25	19,33	19,37	19,40	19,45	19,46	19,47	19,48	19,49
4	6,94	6,39	6,16	6,04	5,96	5,80	5,75	5,72	5,69	5,66
6	5,14	4,53	4,28	4,15	4,06	3,87	3,81	3,77	3,74	3,71
8	4,46	3,84	3,58	3,44	3,35	3,15	3,08	3,04	3,01	2,97
10	4,10	3,48	3,22	3,07	2,98	2,77	2,70	2,66	2,62	2,58
12	3,89	3,26	3,0	2,85	2,75	2,54	2,47	2,43	2,38	2,34
14	3,74	3,11	2,85	2,70	2,60	2,39	2,31	2,27	2,22	2,18
16	3,63	3,01	2,74	2,59	2,49	2,28	2,19	2,15	2,11	2,06
18	3,55	2,93	2,66	2,51	2,41	2,19	2,11	2,06	2,02	1,97
20	3,49	2,87	2,60	2,45	2,35	2,12	2,04	1,99	1,95	1,90
30	3,32	2,69	2,42	2,27	2,16	1,93	1,84	1,79	1,74	1,68
40	3,23	2,61	2,34	2,18	2,08	1,84	1,74	1,69	1,64	1,58
60	3,15	2,53	2,25	2,10	1,99	1,75	1,65	1,59	1,53	1,47
120	3,07	2,45	2,17	2,02	1,91	1,66	1,55	1,50	1,43	1,35

6.2 План испытаний с ограниченной продолжительностью (превышающей пятнадцатикратное значение наработки на отказ)

Определяют продолжительность испытаний T^* по формуле

$$T^* = m_0(1 + p^{-1}) \left\{ \frac{U_{1-\alpha} \sqrt{1-U_0} + \frac{U_{1-\beta}(1-DU_0)\sqrt{D}}{\sqrt{1-U_0}}}{(D-1)} \right\}^2 \quad (3)$$

Значение критерия принятия решения U_{lim} вычисляют по формуле

$$U_{lim} = U_0 \frac{U_{1-\alpha} D(1-U_0) - U_{1-\beta} \sqrt{D}(1-DU_0)}{U_{1-\alpha}(1-U_0) - U_{1-\beta} \sqrt{D}(1-DU_0)} \quad (4)$$

По результатам испытаний вычисляют значения Y ; T .

Решение о приеме принимают в том случае, если $Y(Y+T) \leq U_{lim}$.

В противном случае принимают решение о браковке.

Значения $U_{1-\alpha}$ и $U_{1-\beta}$ приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 — Квантили нормированного нормального распределения

$1 - \alpha$ $1 - \beta$	$U_{1-\alpha}$ $U_{1-\beta}$
0,80	0,842
0,90	1,282
0,95	1,645

6.3 План испытаний с ограниченной продолжительностью ($U < 0,05$)

Этот план применяют, если m_α/m_U менее 0,05.

Продолжительность испытаний — T^* .

Критерий принятия решения U_{lim} является функцией продолжительности испытаний и его значение определяют по таблице 3 с учетом соотношения между продолжительностью испытаний T^* и разрешающим коэффициентом D .

По результатам испытаний определяют значения Y, T .

Решение о приемке принимают в том случае, если $Y(Y = T) < U_{lim}$.

В противном случае принимают решение о браковке.

Т а б л и ц а 3 — Разрешающие коэффициенты D и браковочные пределы U_{lim} для плана испытаний

T^*/m_U	$\alpha = \beta = 0,05$		$\alpha = \beta = 0,10$		$\alpha = \beta = 0,20$	
	D	U_{lim}/U_0	D	U_{lim}/U_0	D	U_{lim}/U_0
$\rho = 1$						
1,0	24,72	3,92	15,01	2,91	7,37	1,86
1,2	20,01	3,64	12,39	2,75	6,30	1,83
1,4	16,88	3,42	10,64	2,63	5,56	1,80
1,6	14,66	3,24	9,38	2,52	5,03	1,77
1,8	13,01	3,10	8,44	2,44	4,63	1,74
2,0	11,73	2,98	7,70	2,36	4,31	1,71
2,5	9,52	2,75	6,42	2,22	3,74	1,65
3,0	8,12	2,58	5,59	2,11	3,37	1,61
3,5	7,15	2,45	5,01	2,03	3,10	1,57
4,0	6,44	2,34	4,58	1,96	2,90	1,54
5,0	5,46	2,19	3,98	1,86	2,61	1,49
6,0	4,82	2,07	3,58	1,78	2,42	1,45
7,0	4,36	1,99	3,29	1,72	2,28	1,42
8,0	4,02	1,92	3,07	1,67	2,17	1,40
9,0	3,75	1,86	2,90	1,63	2,08	1,37
10,0	3,53	1,81	2,76	1,60	2,01	1,36
15,0	2,88	1,65	2,33	1,49	1,78	1,29
20,0	2,53	1,56	2,10	1,42	1,65	1,26
$\rho = 2$						
1,0	18,94	3,47	11,74	2,59	6,01	1,87
1,2	15,43	3,22	9,78	2,54	5,19	1,81
1,4	13,11	3,04	8,46	2,42	4,63	1,76
1,6	11,45	2,89	7,52	2,33	4,22	1,72
1,8	10,22	2,77	6,80	2,25	3,91	1,69
2,0	9,26	2,67	6,25	2,18	3,66	1,66
2,5	7,62	2,47	5,28	2,06	3,22	1,60
3,0	6,56	2,33	4,65	1,96	2,93	1,55
3,5	5,83	2,22	4,20	1,89	2,72	1,51
4,0	5,29	2,13	3,84	1,83	2,56	1,48

Окончание таблицы 1

T'/m_a	$\alpha = \beta = 0,05$		$\alpha = \beta = 0,10$		$\alpha = \beta = 0,20$	
	D	U_{lim}/U_0	D	U_{lim}/U_0	D	U_{lim}/U_0
$\rho = 2$						
5,0	4,54	2,00	3,40	1,74	2,33	1,44
6,0	4,05	1,91	3,09	1,67	2,17	1,40
7,0	3,70	1,84	2,87	1,62	2,06	1,37
8,0	3,43	1,78	2,70	1,58	1,97	1,35
9,0	3,22	1,73	2,56	1,54	1,90	1,33
10,0	3,06	1,69	2,45	1,51	1,84	1,31
15,0	2,54	1,56	2,10	1,42	1,65	1,26
20,0	2,26	1,48	1,92	1,36	1,55	1,22
$\rho = 5$						
1,0	15,37	3,14	9,64	2,52	5,05	1,83
1,2	12,72	2,93	8,19	2,38	4,48	1,77
1,4	10,87	2,77	7,15	2,27	4,04	1,72
1,6	9,54	2,64	6,38	2,19	3,71	1,68
1,8	8,55	2,54	5,80	2,11	3,45	1,61
2,0	7,78	2,45	5,36	2,05	3,25	1,61
2,5	6,47	2,28	4,57	1,94	2,89	1,55
3,0	5,62	2,16	4,06	1,85	2,65	1,51
3,5	5,03	2,07	3,70	1,79	2,47	1,47
4,0	4,59	1,99	3,43	1,73	2,34	1,44
5,0	3,98	1,88	3,04	1,65	2,15	1,40
6,0	3,58	1,80	2,79	1,60	2,02	1,36
7,0	3,29	1,73	2,60	1,55	1,92	1,34
8,0	3,07	1,68	2,46	1,51	1,84	1,32
9,0	2,90	1,64	2,34	1,48	1,78	1,30
10,0	2,76	1,61	2,25	1,46	1,73	1,28
15,0	2,32	1,49	1,96	1,37	1,57	1,23
20,0	2,09	1,42	1,80	1,32	1,48	1,20

6.4 Последовательные испытания

Продолжительность испытаний изделий по этому плану зависит от коэффициента готовности. После очередного восстановления в соответствии с приведенными ниже правилами принимают решение о завершении испытаний или об их продолжении. Границы приемки и браковки зависят от числа циклов (отказов и восстановлений) изделия, произошедших на данный момент времени.

Изделие бракует, если $Y/T > Re(r)U_0/(1 - U_0)$.

Изделие принимают, если $Y/T < Ac(r)U_0/(1 - U_0)$.

Испытания продолжают, если $Ac(r)U_0/(1 - U_0) \leq Y/T \leq Re(r)U_0/(1 - U_0)$.

Границы областей приемки и браковки рассчитывают по формулам:

$$Ac(r) = \frac{D - H(r)}{\rho [H(r) - 1]}, \text{ если } r > \frac{\ln \frac{1-\beta}{\alpha}}{\ln D} \text{ и } Ac(r) = 0 \text{ — в противном случае;}$$

$$Re(r) = \frac{D - G(r)}{p[G(r) - 1]}, \text{ если } r > \frac{\ln \frac{1-\alpha}{\beta}}{p \ln(D)} \text{ и } Re(r) = \infty \text{ — в противном случае,}$$

$$\text{где } G(r) = D^{1/(1+p)} [\alpha(1-\beta)]^{1/(r+rp)},$$

$$H(r) = D^{1/(1+p)} [(1-\alpha)/\beta]^{1/(r+rp)}.$$

Значения $Ac(r)$ и $Re(r)$ приведены в таблице 4.

Пример плана последовательных испытаний для исходных данных $p = 1$, $D = 5$, $\alpha = \beta = 0,1$ приведен на рисунке 2.

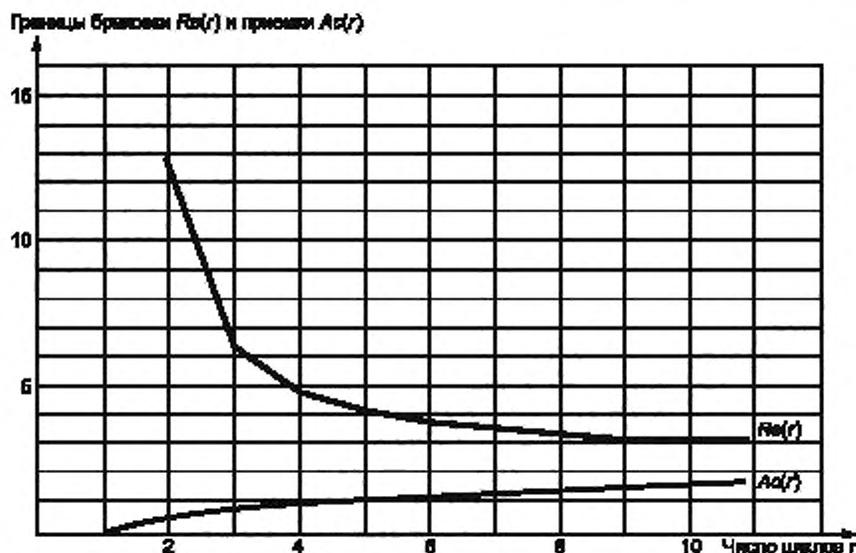


Рисунок 2 — Пример плана испытаний

Т а б л и ц а 4 — Границы областей приемки $Ac(r)$ и браковки $Re(r)$ для последовательного плана испытаний

r	$\alpha = \beta = 0,05$		$\alpha = \beta = 0,10$		$\alpha = \beta = 0,20$	
	$Ac(r)$	$Re(r)$	$Ac(r)$	$Re(r)$	$Ac(r)$	$Re(r)$
$D = 2, p = 1$						
1	0,00	—	0,00	—	0,00	—
2	0,00	—	0,00	—	0,00	—
3	0,00	—	0,00	—	0,28	7,17
4	0,00	—	0,16	12,41	0,47	4,29
5	0,11	17,69	0,31	6,39	0,60	3,33
6	0,24	8,39	0,43	4,63	0,70	2,85
7	0,34	5,85	0,53	3,79	0,78	2,56
8	0,43	4,67	0,61	3,30	0,84	2,37
9	0,50	3,98	0,67	2,97	0,90	2,23
10	0,57	3,53	0,73	2,74	0,94	2,13
11	0,62	3,22	0,78	2,57	0,98	2,05
12	0,67	2,99	0,82	2,44	1,01	1,99

Продолжение таблицы 4

r	$\alpha = \beta = 0,05$		$\alpha = \beta = 0,10$		$\alpha = \beta = 0,20$	
	$Ac(r)$	$Re(r)$	$Ac(r)$	$Re(r)$	$Ac(r)$	$Re(r)$
$D = 2, \rho = 1$						
13	0,71	2,81	0,86	2,34	1,03	1,93
14	0,75	2,66	0,89	2,25	1,06	1,89
15	0,79	2,55	0,92	2,18	1,08	1,85
16	0,82	2,45	0,94	2,12	1,10	1,82
17	0,84	2,37	0,97	2,07	1,11	1,80
18	0,87	2,30	0,99	2,03	1,13	1,77
19	0,89	2,24	1,01	1,99	1,14	1,75
20	0,91	2,19	1,02	1,95	1,15	1,73
$D = 2, \rho = 2$						
1	0,00	—	0,00	—	0,00	—
2	0,00	—	0,11	—	0,35	—
3	0,17	—	0,32	—	0,56	5,75
4	0,32	—	0,47	9,68	0,71	3,58
5	0,44	13,64	0,59	5,17	0,81	2,86
6	0,53	6,66	0,68	3,84	0,89	2,50
7	0,61	4,76	0,75	3,21	0,95	2,29
8	0,68	3,87	0,81	2,84	0,99	2,14
9	0,73	3,35	0,86	2,60	1,03	2,04
10	0,78	3,02	0,91	2,42	1,06	1,96
11	0,82	2,78	0,94	2,30	1,09	1,90
12	0,86	2,61	0,97	2,20	1,12	1,85
13	0,89	2,47	1,00	2,12	1,14	1,82
14	0,92	2,36	1,03	2,05	1,15	1,78
15	0,95	2,28	1,05	2,00	1,17	1,76
16	0,97	2,20	1,07	1,96	1,18	1,73
17	0,99	2,14	1,09	1,92	1,20	1,71
18	1,01	2,09	1,10	1,88	1,21	1,69
19	1,03	2,04	1,12	1,86	1,22	1,68
20	1,05	2,01	1,13	1,83	1,23	1,66
$D = 2, \rho = 5$						
1	0,04	—	0,12	—	0,28	—
2	0,26	—	0,37	—	0,57	—
3	0,42	—	0,55	—	0,74	4,89
4	0,54	—	0,67	8,04	0,86	3,16
5	0,64	11,21	0,76	4,43	0,94	2,59
6	0,72	5,63	0,84	3,37	1,00	2,30
7	0,78	4,10	0,89	2,87	1,05	2,13

Продолжение таблицы 4

r	$\alpha = \beta = 0,05$		$\alpha = \beta = 0,10$		$\alpha = \beta = 0,20$	
	Ac(r)	Re(r)	Ac(r)	Re(r)	Ac(r)	Re(r)
$D = 2, p = 5$						
8	0,83	3,39	0,94	2,57	1,09	2,01
9	0,88	2,98	0,98	2,37	1,12	1,93
10	0,92	2,71	1,02	2,24	1,15	1,87
11	0,95	2,52	1,05	2,13	1,17	1,82
12	0,99	2,38	1,07	2,05	1,19	1,78
13	1,01	2,27	1,09	1,99	1,20	1,75
14	1,03	2,19	1,11	1,94	1,22	1,72
15	1,05	2,12	1,13	1,90	1,23	1,70
16	1,07	2,06	1,15	1,86	1,24	1,68
17	1,09	2,01	1,16	1,83	1,25	1,66
18	1,10	1,97	1,17	1,80	1,26	1,65
19	1,12	1,93	1,19	1,78	1,27	1,64
20	1,13	1,90	1,20	1,76	1,28	1,63
$D = 5, p = 1$						
1	0,00	—	0,00	—	0,15	32,89
2	0,09	55,32	0,39	12,75	0,85	5,86
3	0,51	9,84	0,80	6,27	1,20	4,16
4	0,79	6,31	1,06	4,72	1,41	3,54
5	1,00	5,01	1,24	4,03	1,55	3,23
6	1,15	4,34	1,37	3,64	1,65	3,03
7	1,27	3,93	1,48	3,39	1,72	2,90
8	1,37	3,65	1,56	3,21	1,78	2,81
9	1,45	3,45	1,62	3,09	1,83	2,74
10	1,51	3,30	1,67	2,99	1,86	2,68
11	1,57	3,18	1,72	2,91	1,90	2,64
12	1,62	3,09	1,76	2,84	1,92	2,60
13	1,66	3,01	1,79	2,79	1,94	2,57
14	1,70	2,95	1,82	2,75	1,96	2,55
15	1,73	2,89	1,84	2,71	1,98	2,52
16	1,76	2,85	1,87	2,68	2,00	2,50
17	1,78	2,81	1,89	2,65	2,01	2,49
18	1,80	2,77	1,91	2,62	2,02	2,47
19	1,82	2,74	1,92	2,60	2,03	2,46
20	1,84	2,71	1,94	2,58	2,04	2,45
$D = 5, p = 2$						
1	0,06	—	0,28	—	0,67	25,40
2	0,62	42,23	0,86	10,27	1,23	5,10

Окончание таблицы 4

r	$\alpha = \beta = 0,05$		$\alpha = \beta = 0,10$		$\alpha = \beta = 0,20$	
	Ac(r)	Re(r)	Ac(r)	Re(r)	Ac(r)	Re(r)
<i>D = 5, p = 5</i>						
3	0,96	8,09	1,19	5,39	1,51	3,79
4	1,19	5,42	1,40	4,22	1,68	3,32
5	1,35	4,44	1,54	3,69	1,78	3,08
6	1,47	3,93	1,65	3,39	1,86	2,93
7	1,57	3,61	1,73	3,20	1,92	2,83
8	1,64	3,40	1,79	3,07	1,96	2,76
9	1,71	3,25	1,84	2,97	2,00	2,70
10	1,76	3,14	1,88	2,89	2,03	2,66
11	1,80	3,05	1,92	2,83	2,05	2,63
12	1,84	2,97	1,95	2,79	2,07	2,60
13	1,87	2,92	1,97	2,75	2,09	2,58
14	1,90	2,87	1,99	2,71	2,11	2,56
15	1,92	2,82	2,01	2,68	2,12	2,54
16	1,94	2,79	2,03	2,66	2,13	2,52
17	1,96	2,76	2,05	2,64	2,14	2,51
18	1,98	2,73	2,06	2,62	2,15	2,50
19	2,00	2,71	2,07	2,60	2,16	2,49
20	2,01	2,68	2,08	2,58	2,17	2,48
<i>D = 5, p = 5</i>						
1	0,50	—	0,70	—	1,04	20,91
2	0,99	34,38	1,20	8,80	1,51	4,65
3	1,28	7,05	1,48	4,88	1,74	3,60
4	1,47	4,91	1,65	3,94	1,88	3,21
5	1,61	4,11	1,77	3,52	1,97	3,02
6	1,71	3,70	1,85	3,27	2,03	2,90
7	1,79	3,45	1,92	3,12	2,08	2,82
8	1,85	3,28	1,97	3,01	2,11	2,76
9	1,90	3,16	2,01	2,93	2,14	2,71
10	1,94	3,06	2,04	2,87	2,17	2,68
11	1,98	2,99	2,07	2,82	2,19	2,64
12	2,01	2,93	2,10	2,78	2,20	2,63
13	2,03	2,89	2,12	2,75	2,22	2,61
14	2,06	2,85	2,14	2,72	2,23	2,59
15	2,08	2,81	2,15	2,70	2,24	2,58
16	2,10	2,78	2,17	2,68	2,25	2,57
17	2,11	2,76	2,18	2,66	2,26	2,56
18	2,13	2,74	2,19	2,64	2,26	2,55
19	2,14	2,72	2,20	2,63	2,27	2,54
20	2,15	2,70	2,21	2,62	2,28	2,53
Примечание — Знак «—» в таблице означает, что принятие решения о браковке в данном случае невозможно.						

Примеры

А.1 Пример 1

План с ограниченным числом отказов

Исходные данные для определения плана испытаний: $U_0 = 0,01$; $U_1 = 0,05$; $\alpha = 0,10$; $\beta = 0,05$; $p = 2$.

Определяют необходимое число отказов изделия в соответствии с неравенством (1), в том числе:

- вычисляют значение $D(1 - U_0)/(1 - DU_0) = 5(0,99)/0,95 = 5,2105$;

- вычисляют значения $F_{1-\alpha}(2pn; 2n) F_{1-\beta}(2n; 2pn)$ для различных значений n до получения неравенства (1).

Результаты вычислений приведены в таблице.

n	10	4	5
$F_{1-\alpha}(2pn; 2n) F_{1-\beta}(2n; 2pn)$	3,15	6,40	5,17

Например, для $n = 10$ в таблице

$$F_{1-\alpha}(2pn; 2n) F_{1-\beta}(2n; 2pn) = F_{0,9}(40; 20) F_{0,95}(40; 20) = 1,71 \times 1,84 = 3,15.$$

Таким образом, испытания изделия продолжают до наступления пятого отказа и последующего восстановления.

Вычисляют значение критерия принятия решения по формуле (2)

$$U_{\text{lim}} = F_{1-\alpha}(2pn; 2n) U_0 / (1 - U_0) = F_{0,9}(20; 10) U_0 / (1 - U_0) = 2,20 \times 0,01 / 0,99 = 0,0222.$$

Если отношение Y/T , вычисленное по результатам испытаний, не превышает значение $U_{\text{lim}} = 0,0222$, то изделие принимают.

В противном случае изделие бракуют.

Пример 2

План с ограниченной продолжительностью испытаний

Исходные данные для определения плана испытаний: $U_0 = 0,10$; $U_1 = 0,20$ ($D = 2$); $\alpha = \beta = 0,05$; $p = 1$ (продолжительность неработоспособного состояния изделия предполагают распределенной экспоненциально).

Вычисляют продолжительность испытаний T^* по формуле (3) и таблице 2

$$T^* = m_u(1 + 1^{-1}) \left\{ \frac{1645\sqrt{0,9} + \left[\frac{1645 \times 0,8\sqrt{2}}{\sqrt{0,9}} \right]^2}{2 - 1} \right\} = \left[\frac{15806 + 19618}{1} \right] = 24,8 m_u$$

и значение критерия принятия решения U_{lim} по формуле (4)

$$U_{\text{lim}} = \frac{0,10 [1645 \times 2 \times (1 - 0,10) - 1645\sqrt{2}(1 - 2 \times 0,10)]}{1645(1 - 0,10) + 1645\sqrt{2}(1 - 2 \times 0,10)} = 0,2288.$$

Если отношение $Y/Y + T$, вычисленное по результатам испытаний, не превышает $U_{\text{lim}} = 0,2288$, то изделие принимают.

В противном случае изделие бракуют.

УДК 62-192:658.562:006.354

ОКС 21.020

T59

Ключевые слова: надежность и безотказность техники, коэффициент готовности, коэффициент технического использования, планы контрольных испытаний

Редактор *Т.А. Леонова*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 31.05.2010. Подписано в печать 30.06.2010. Формат 60 × 84 $\frac{1}{8}$. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,30. Тираж 421 экз. Зак. 538.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123895 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.