

---

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

---



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р  
27.403—  
2009

---

Надежность в технике

**ПЛАНЫ ИСПЫТАНИЙ  
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЕРОЯТНОСТИ  
БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ**

Издание официальное



Москва  
Стандартинформ  
2011

## 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. № 1246-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Март 2011 г.

*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*

© Стандартиформ, 2010  
© СТАНДАРТИНФОРМ, 2011

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

## Содержание

1 Область применения . . . . .	1
2 Нормативные ссылки . . . . .	1
3 Термины, определения и обозначения . . . . .	1
4 Основные положения . . . . .	2
5 Виды планов испытаний, их характеристики и ограничения применения . . . . .	3
6 Исходные данные для выбора планов испытаний . . . . .	4
7 Выбор плана испытаний . . . . .	4
8 Таблицы и графики планов испытаний . . . . .	5
9 Методика испытаний и правила принятия решений . . . . .	5
Приложение А (рекомендуемое) Планы испытаний . . . . .	6
Приложение Б (справочное) Теоретические основы планов испытаний . . . . .	10



Надежность в технике

ПЛАНЫ ИСПЫТАНИЙ  
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ

Dependability in technics. Compliance test plans for reliability

Дата введения — 2010—09—01

**1 Область применения**

Настоящий стандарт распространяется на восстанавливаемые и невозстанавливаемые изделия любых видов техники, в нормативных документах на которые установлены требования к показателю безотказности — вероятности безотказной работы (ВБР).

Настоящий стандарт устанавливает планы контрольных испытаний для проверки соответствия ВБР изделий установленным требованиям.

**2 Нормативные ссылки**

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 27.002—89\* Надежность в технике. Основные понятия, термины и определения

ГОСТ 27.003—90 Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности

**П р и м е ч а н и е** — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов 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 **вероятность отказа**: Вероятность того, что в пределах заданной наработки возникнет отказ изделия.

**П р и м е ч а н и е** — Вероятность отказа является дополнением до единицы ВБР.

3.1.2 **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) на данный момент испытаний.

3.1.3 **приемочный уровень**: Пороговое значение ВБР для принятия решения о приемке изделий.

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

\* На территории Российской Федерации с 1 января 2011 г. действует ГОСТ Р 27.002—2009.

**3.1.4 браковочный уровень:** Пороговое значение ВБР для принятия решения о браковке изделий.

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

**3.1.5 риск поставщика (изготовителя):** Вероятность принятия решения о браковке изделий при условии, что истинное значение ВБР равно приемочному уровню.

**3.1.6 риск потребителя:** Вероятность принятия решения о приемке изделий при условии, что истинное значение ВБР равно браковочному уровню.

**3.2** В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

$P$  — истинное (неизвестное) значение ВБР;

$P_\alpha$  — значение приемочного уровня;

$P_\beta$  — значение браковочного уровня;

$Q$  — истинное (неизвестное) значение вероятности отказа;

$Q_\alpha$  — приемочное значение вероятности отказа,  $Q_\alpha = 1 - P_\alpha$ ;

$Q_\beta$  — браковочное значение вероятности отказа,  $Q_\beta = 1 - P_\beta$ ;

$D = Q_\beta / Q_\alpha = (1 - P_\beta) / (1 - P_\alpha)$  — разрешающий коэффициент, равный отношению значений дополнений до единицы браковочного уровня к приемочному;

$P(t_{б.р})$  — вероятность безотказной работы в течение  $t_{б.р}$ ;

$t_{б.р}$  — время непрерывной безотказной работы (наработка), для которого устанавливают  $P(t_{б.р})$ ;

$P(t_{ож})$  — вероятность безотказного ожидания применения по назначению;

$t_{ож}$  — время ожидания применения по назначению;

$P_0$  — вероятность безотказного срабатывания;

$P_{вкл}$  — вероятность безотказного включения;

$n$  — суммарное число наблюдений на данный момент испытаний;

$n_0$  — точка пересечения границы приемки последовательного плана испытаний с осью абсцисс на графике планов испытаний;

$r$  — суммарное учитываемое число отказов на данный момент испытаний;

$r_0$  — точка пересечения границы браковки последовательного плана испытаний с осью ординат на графике планов испытаний;

$c$  — предельное (браковочное) суммарное учитываемое число отказов на данный момент испытаний;

$\alpha$  — заданное значение риска поставщика;

$\alpha_1$  — истинное значение риска поставщика;

$\beta$  — заданное значение риска потребителя;

$\beta_1$  — истинное значение риска потребителя;

$L(P)$  — вероятность принятия решения о приемке изделий (оперативная характеристика);

$N_0(P)$  — среднее (ожидаемое) число наблюдений до принятия решения о приемке или браковке;

$N$  — максимальное (максимально возможное, допустимое) число наблюдений до принятия решения о приемке или браковке;

$P_s$  — заданное значение ВБР.

## 4 Основные положения

**4.1** В соответствии с требованиями ГОСТ 27.003 показатель безотказности ВБР устанавливают для изделий конкретного назначения в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

Применение изделия по назначению	Возможность восстановления изделия после отказа	Показатель ВБР
Изделия непрерывного длительного применения	Невосстанавливаемые	$P(t_{б.р})$
Изделия многократного циклического применения	Невосстанавливаемые	$P_{вкл}$ или $P_0$
Изделия однократного применения	Восстанавливаемые	$P(t_{б.р})$
	Невосстанавливаемые	$P(t_{ож})$ и $P(t_{б.р})$ или $P_0$

4.2 Планы испытаний, установленные в настоящем стандарте, основаны на предположении, что испытания являются статистически независимыми и значение ВБР является постоянным.

4.3 Нарботку изделий  $t_{б.р}$  измеряют временем их работы в часах или величинами, пропорциональными времени: количеством выпущенной продукции (шт.), пробегом (км), числом циклов срабатываний, оборотов и др.

4.4 Планы испытаний представляют в виде таблиц значений и графиков границ приемки и браковки в координатах:

- ось абсцисс (дискретная) — суммарное учитываемое число наблюдений;
- ось ординат (дискретная) — суммарное учитываемое число отказов.

4.5 По результатам испытаний принимают одно из следующих решений:

- ВБР соответствует заданным требованиям (приемка);
- ВБР не соответствует заданным требованиям (браковка).

4.6 Исходными данными для выбора плана испытаний являются:

- значения приемочного  $P_a$  и браковочного  $P_b$  уровней (значение разрешающего коэффициента  $D$ );
- значения риска поставщика  $\alpha$  и потребителя  $\beta$ .

## 5 Виды планов испытаний, их характеристики и ограничения применения

5.1 В зависимости от вида границ в настоящем стандарте установлены два следующих вида планов испытаний:

- ограниченные числом наблюдений или числом отказов (одноступенчатые);
- усеченные последовательные.

Виды планов испытаний приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 — Виды планов испытаний

Вид плана и обозначения управляющих параметров	Наименование вида плана и его характеристики
	<p>Усеченный последовательный план</p> <p>Имеет четыре управляющих параметра.</p> <p>Дает экономию объемов испытаний до 40 % и более по сравнению с одноступенчатым планом.</p> <p>Неустойчив к возможной приработке изделий в начале испытаний — возрастает риск поставщика</p>
	<p>Одноступенчатый план</p> <p>Имеет два управляющих параметра.</p> <p>Устойчив к возможной приработке изделий в начале испытаний — риск поставщика изменяется незначительно</p>

Границы приемки на графиках таблицы 2 обозначены знаком «плюс», а границы браковки — знаком «минус».

5.2 Характеристикой, определяющей экономичность (оптимальность) планов испытаний, является  $N_0(P)$  — среднее ожидаемое число наблюдений до принятия решения о приемке или браковке при  $P = P_a$ .

5.3 Основным ограничением при выборе плана испытаний является максимально возможное число наблюдений и/или число изделий, которые могут быть подвергнуты испытаниям  $N$ .

Другим ограничением может быть календарная продолжительность испытаний. При этом учитывают число одновременно испытываемых изделий и возможные перерывы в процессе испытаний по любым техническим, организационным или иным причинам.

## 6 Исходные данные для выбора планов испытаний

6.1 Выбор исходных данных для планов испытаний осуществляют в следующем порядке:

- устанавливают значения приемочного  $P_\alpha$  и браковочного  $P_\beta$  уровней;
- устанавливают значения рисков поставщика  $\alpha$  и потребителя  $\beta$ .

6.2 Значения уровней  $P_\alpha$  и  $P_\beta$  устанавливают поставщик и потребитель по согласованному решению. Рекомендуется  $P_\alpha$  и  $P_\beta$  устанавливать таким образом, чтобы значение  $P_\beta$  находилось в интервале  $[(P_\beta + P_\alpha)/2, P_\alpha]$  ближе к приемочному уровню  $P_\alpha$ .

Уровни  $P_\alpha$  и  $P_\beta$  допускается устанавливать двумя равнозначными способами:  $(P_\alpha \text{ и } P_\beta)$  или  $(P_\alpha \text{ и } D)$ . При втором способе значение разрешающего коэффициента  $D$  рекомендуется выбирать из ряда: 1,5; 2,0; 3,0.

6.2 Значения рисков  $\alpha$  и  $\beta$  поставщик и потребитель устанавливают следующим образом.

Значение риска потребителя  $\beta$  устанавливает потребитель по своему усмотрению.

Значение риска поставщика  $\alpha$  устанавливает поставщик по своему усмотрению, равным значению  $\beta$  или больше него.

6.3 В настоящем стандарте приведены таблицы с равными значениями рисков  $\alpha = \beta$ .

Значения рисков рекомендуется выбирать из ряда: 0,05; 0,1; 0,2; 0,3.

6.4 Не рекомендуется устанавливать исходные данные, сочетающие большие значения разрешающего коэффициента с малыми значениями рисков. Такие исходные данные следует изменять путем уменьшения значения разрешающего коэффициента и увеличения значений рисков.

6.5 Рекомендуемые соотношения исходных данных для планов испытаний приведены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 — Рекомендуемые соотношения исходных данных

$D$	$P_\alpha$	$\alpha = \beta$
1,50—1,75	0,9995 0,9990 0,9950	0,05 0,10 0,20
1,75—2,00	От 0,99 до 0,90 с шагом 0,01	0,10 0,20 0,30
2,00—2,50	0,8500	0,20 0,30
3,00	0,8000	0,20

## 7 Выбор плана испытаний

7.1 Определяют вид плана испытаний.

Одноступенчатые планы испытаний применяют в том случае, если:

- экономия затрат на проведение испытаний не имеет существенного (решающего) значения;
- возможен период приработки изделий в начале испытаний.

Последовательные усеченные планы испытаний применяют в том случае, если:

- экономия затрат на проведение испытаний имеет существенное значение;
- отсутствует период приработки изделий в начале испытаний.

7.2 Из планов испытаний, приведенных в приложении А, соответствующих установленному (заданному) набору исходных данных, выбирают конкретный план испытаний определенного вида, наиболее подходящий к конкретным условиям с учетом ограничения максимального числа наблюдений  $N$  (максимальной продолжительности испытаний).



7.3 В конкретных условиях ограничение  $N$  отличается от значений, установленных в приложении А. Кроме того, поставщик может быть готов рисковать больше потребителя.

В этих случаях могут быть более предпочтительными другие планы испытаний.

Допускается применять другой план испытаний, если имеется возможность вычислить его характеристики и установить, что выбранный (найденный) план испытаний является более предпочтительным.

Теоретические основы планов испытаний приведены в приложении Б.

## 8 Таблицы и графики планов испытаний

8.1 Для одного набора исходных данных в приложении А приведены два плана испытаний: последовательный усеченный план и одноступенчатый план.

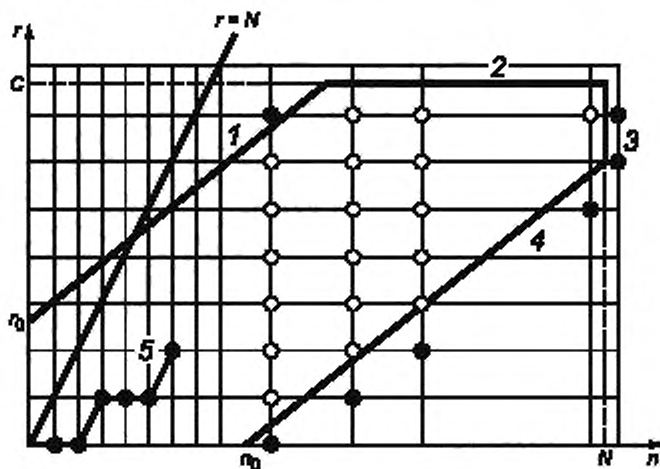
8.2 Планы испытаний приведены в виде таблиц, устанавливающих границы приемки и браковки.

8.3 Границы планов испытаний не могут быть установлены таким образом, чтобы истинные значения обоих рисков были равны установленным значениям. В приложении А приведены планы испытаний с истинными значениями рисков, максимально близкими к установленным значениям.

## 9 Методика испытаний и правила принятия решений

9.1 Изделие (или несколько изделий) подвергают испытаниям в соответствии с программой испытаний и последовательно суммируют учитываемое число наблюдений и учитываемое число отказов.

9.2 По результатам суммирования наблюдений и отказов строят график плана испытаний в виде ступенчатой линии реализации процесса отказов, состоящей из единичных горизонтальных или диагональных скачков, как показано на рисунке 1.



1; 2 — границы браковки;

3; 4 — границы приемки;

5 — линия реализации процесса отказов.

Примечание — Линия реализации процесса отказов не может попадать в область, расположенную на рисунке выше границы  $r = N$ .

Рисунок 1

9.5 Испытания продолжают до тех пор, пока линия реализации процесса отказов впервые пересечет границу приемки или браковки плана испытаний.

В зависимости от того, какую из границ плана испытаний пересекла линия реализации процесса отказов, испытания завершают и принимают соответствующее решение.

**Приложение А**  
**(рекомендуемое)**

**Планы испытаний**

Планы испытаний двух видов (одноступенчатые и усеченные последовательные) приведены в таблицах А.1 и А.2.

**Т а б л и ц а А.1** — Одноступенчатые планы испытаний

$P_a$	$D$	$\alpha = \beta = 5 \%$		$\alpha = \beta = 10 \%$		$\alpha = \beta = 20 \%$		$\alpha = \beta = 30 \%$	
		$N$	$c$	$N$	$c$	$N$	$c$	$N$	$c$
0,9995	1,50	108002	66	65849	40	28584	17	10814	6
	1,75	51726	34	32207	21	14306	9	5442	3
	2,00	31410	22	20125	14	9074	6	3615	2
	3,00	10476	9	6181	5	2852	2	1626	1
0,9990	1,50	53998	66	32922	40	14291	17	5407	6
	1,75	25861	34	16102	21	7152	9	2721	3
	2,00	15703	22	10061	14	4537	6	1807	2
	3,00	5232	9	3090	5	1426	2	813	1
0,9950	1,50	10647	65	6581	40	2857	17	1081	6
	1,75	5186	34	3218	21	1429	9	544	3
	2,00	3137	22	1893	13	906	6	361	2
	3,00	1044	9	617	5	285	2	162	1
0,9900	1,50	5320	65	3215	39	1428	17	540	6
	1,75	2581	34	1607	21	714	9	272	3
	2,00	1567	22	945	13	453	6	180	2
	3,00	521	9	308	5	142	2	81	1
0,9800	1,50	2620	64	1605	39	713	17	270	6
	1,75	1288	34	770	20	356	9	136	3
	2,00	781	22	471	13	226	6	90	2
	3,00	259	9	153	5	71	2	40	1
0,9700	1,50	1720	63	1044	38	450	16	180	6
	1,75	835	33	512	20	237	9	90	3
	2,00	519	22	313	13	150	6	60	2
	3,00	158	8	101	5	47	2	27	1
0,9600	1,50	1288	63	782	38	337	16	135	6
	1,75	625	33	383	20	161	8	68	3
	2,00	374	21	234	13	98	5	45	2
	3,00	117	8	76	5	35	2	20	1

Окончание таблицы А.1

$P_{\alpha}$	$D$	$\alpha = \beta = 5 \%$		$\alpha = \beta = 10 \%$		$\alpha = \beta = 20 \%$		$\alpha = \beta = 30 \%$	
		$N$	$c$	$N$	$c$	$N$	$c$	$N$	$c$
0,9500	1,50	1014	62	610	37	269	16	108	6
	1,75	486	32	306	20	129	8	54	3
	2,00	298	21	187	13	78	5	36	2
	3,00	93	8	60	5	28	2	16	1
0,9400	1,50	832	61	508	37	224	16	90	6
	1,75	404	32	244	19	107	8	45	3
	2,00	248	21	155	13	65	5	30	2
	3,00	77	8	50	5	23	2	13	1
0,9300	1,50	702	60	424	36	192	16	77	6
	1,75	336	31	208	19	92	8	38	3
	2,00	203	20	125	12	55	5	25	2
	3,00	66	8	42	5	20	2	11	1
0,9200	1,50	613	60	371	36	168	16	67	6
	1,75	294	31	182	19	80	8	34	3
	2,00	177	20	109	12	48	5	22	2
	3,00	57	8	37	5	17	2	10	1
0,9100	1,50	536	59	329	36	149	16	60	6
	1,75	253	30	154	18	71	8	30	3
	2,00	157	20	96	12	43	5	20	2
	3,00	51	8	33	5	15	2	9	1
0,9000	1,50	474	58	288	35	134	16	53	6
	1,75	227	30	138	18	64	8	27	3
	2,00	135	19	86	12	39	5	18	2
	3,00	41	7	25	4	14	2	8	1
0,8500	1,50	294	54	181	33	79	14	35	6
	1,75	141	28	87	17	42	8	18	3
	2,00	85	18	53	11	21	4	12	2
	3,00	26	7	16	4	9	2	5	1
0,8000	1,50	204	50	127	31	55	13	26	6
	1,75	98	26	61	16	28	7	13	3
	2,00	60	17	36	10	19	5	9	2
	3,00	17	6	9	3	4	1	4	1

Т а б л и ц а А.2 — Последовательные планы испытаний

$P_\alpha$	$D$	$\alpha = \beta = 0,05$			$\alpha = \beta = 0,10$			$\alpha = \beta = 0,20$			$\alpha = \beta = 0,30$		
		$r_0$	$N$	$c$	$r_0$	$N$	$c$	$r_0$	$N$	$c$	$r_0$	$N$	$c$
0,999	1,50	7,2529	102220	121	5,4123	61291	72	3,4148	25125	29	2,0871	8819	10
	1,75	5,2545	47677	60	3,2910	20040	36	2,4739	11334	14	1,5120	4093	5
	2,00	4,2418	28536	38	3,1654	16563	22	1,9971	6930	9	1,2206	2197	3
	3,00	2,6753	8609	14	1,9964	4932	8	1,2596	1718	3	0,7698	973	2
0,995	1,50	7,2171	20038	119	5,3856	12037	71	3,3979	5025	29	2,0768	1766	10
	1,75	5,2263	9269	59	3,9000	5561	35	2,4606	2269	14	1,5039	917	5
	2,00	4,2173	5458	37	3,1471	3296	22	1,9856	1384	9	1,2136	439	3
	3,00	2,6557	1540	13	1,9818	971	8	1,2504	342	3	0,7642	194	2
0,990	1,50	7,1723	9803	117	5,3522	5012	70	3,3709	2508	29	2,0639	883	10
	1,75	5,1910	4530	58	3,8737	2765	35	2,4440	1129	14	1,4938	406	5
	2,00	4,1866	2634	36	3,1242	1638	22	1,9711	691	9	1,2047	220	3
	3,00	2,6313	767	13	1,9635	482	8	1,2388	173	3	0,7572	97	2
0,980	1,50	7,0827	4713	113	5,2853	2856	68	3,3347	1196	28	2,0381	493	10
	1,75	5,1204	2169	56	3,8210	1329	34	2,4108	560	14	1,4735	204	5
	2,00	4,1252	1263	35	3,0784	767	21	1,9422	340	9	1,1871	108	3
	3,00	2,5822	374	13	1,9269	234	8	1,2157	83	3	0,7431	48	2
0,970	1,50	6,9931	3015	109	5,2184	1833	66	3,2925	760	27	2,0123	291	10
	1,75	5,0498	1389	54	3,7683	827	32	2,3775	371	14	1,4531	134	5
	2,00	4,0637	817	34	3,0325	481	20	1,9133	193	8	1,1694	73	3
	3,00	2,5329	228	12	1,8901	152	8	1,1925	57	3	0,7289	32	2
0,960	1,50	6,9034	2220	107	5,1515	1356	65	3,2503	571	27	1,9865	216	10
	1,75	4,9791	1017	53	3,7155	619	32	2,3442	255	13	1,4328	101	5
	2,00	4,0022	589	33	2,9865	361	20	1,8843	146	8	1,1517	55	3
	3,00	2,4835	170	12	1,8532	99	7	1,1693	43	3	0,7146	24	2
0,950	1,50	6,8137	1721	105	5,0846	1047	63	3,2080	436	26	1,9607	176	10
	1,75	4,9083	701	51	3,6627	476	31	2,3109	201	13	1,4121	79	5
	2,00	3,9406	455	32	2,9406	286	20	1,8553	116	8	1,1339	43	3
	3,00	2,4337	133	12	1,8161	79	7	1,1459	32	3	0,7003	19	2
0,940	1,50	6,7240	1419	103	5,0176	857	62	3,1658	363	26	1,9349	126	9
	1,75	4,8375	636	50	3,6099	383	30	2,2776	167	13	1,3920	65	5
	2,00	3,8788	366	31	2,8945	238	20	1,8262	94	8	1,1162	36	3
	3,00	2,3838	103	11	1,7789	62	7	1,1223	26	3	0,6860	16	2
0,930	1,50	6,6342	1117	100	4,9506	722	61	3,1235	299	25	1,9091	108	9
	1,75	4,7666	533	49	3,5570	327	30	2,2442	143	13	1,3716	56	5
	2,00	3,8170	303	30	2,8484	192	19	1,7971	82	8	1,0984	31	3
	3,00	2,3336	86	11	1,7414	54	7	1,0987	23	3	0,6715	13	2
0,920	1,50	6,5444	1008	98	4,8836	609	59	3,0812	249	24	1,8832	93	9
	1,75	4,6956	455	48	3,5040	276	30	2,2108	115	12	1,3512	48	5
	2,00	3,7551	264	30	2,8022	158	18	1,7680	70	8	1,086	26	3
	3,00	2,2831	74	11	1,7037	46	7	1,0749	19	3	0,6570	11	2

Окончание таблицы А.2

$P_{\alpha}$	$D$	$\alpha = \beta = 0,05$			$\alpha = \beta = 0,10$			$\alpha = \beta = 0,20$			$\alpha = \beta = 0,30$		
		$r_0$	$N$	$c$	$r_0$	$N$	$c$	$r_0$	$N$	$c$	$r_0$	$N$	$c$
0,910	1,50	6,4546	881	86	4,8166	589	57	3,0389	220	24	1,8574	85	9
	1,75	4,6246	395	47	3,4510	236	29	2,1774	102	12	1,3308	43	5
	2,00	3,6931	234	30	2,7559	132	17	1,7388	63	8	1,0627	22	3
	3,00	2,2323	64	11	1,6658	39	6	1,0510	17	3	0,6424	10	2
0,900	1,50	6,3647	772	85	4,7495	461	56	2,9966	190	23	1,8315	75	9
	1,75	4,5535	343	46	3,3980	212	28	2,1439	92	12	1,3103	38	5
	2,00	3,6309	204	28	2,7095	119	17	1,7095	49	7	1,0448	20	3
	3,00	2,1812	54	10	1,6277	32	6	1,0269	15	3	0,6277	9	2
0,850	1,50	5,9144	457	84	4,4135	278	51	2,7846	114	21	1,7020	53	8
	1,75	4,1968	204	41	3,1318	119	24	1,9759	55	11	1,2077	21	4
	2,00	3,3184	115	25	2,4763	69	15	1,5624	31	7	0,9549	13	3
	3,00	1,9195	31	9	1,4324	19	6	0,9038	9	3	0,5524	6	2
0,800	1,50	5,4628	304	75	4,0765	187	46	2,5720	77	19	1,5720	28	7
	1,75	3,8376	137	37	2,8637	81	22	1,8060	36	10	1,1043	13	4
	2,00	3,0020	78	23	2,2402	44	13	1,4134	20	6	0,8639	10	2
	3,00	1,6433	17	7	1,2263	12	5	0,7737	5	2	0,4729	4	2

**Приложение Б**  
**(справочное)**

**Теоретические основы планов испытаний**

**Б.1 Одноступенчатый план**

Б.1.1 Оперативная характеристика — вероятность принятия основной гипотезы  $P_{H_0}$  представляет собой формулу биномиального распределения

$$L(P) = P_{H_0} = \sum_{i=0}^{c-1} C_N^i P^i (1-P)^{N-i}, \quad (Б.1)$$

где  $P$  — значение ВБР;

$N$  — максимальное число наблюдений;

$c$  — предельное браковочное число отказов.

Общий вид зависимости  $L(P)$  от  $P$  при фиксированных значениях  $N$  и  $c$  представлен на рисунке Б.1.

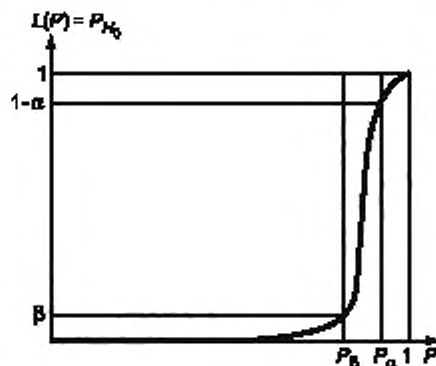


Рисунок Б.1

Б.1.2 План испытаний выбирают следующим образом. Для заданных значений  $P_\alpha$ ,  $P_\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  подбирают пару целочисленных значений  $N$  и  $c$  таким образом, чтобы одновременно выполнялись равенства

$$1 - \alpha = \sum_{i=0}^{c-1} C_N^i P_\alpha^i (1-P_\alpha)^{N-i}; \quad (Б.2)$$

$$\beta = \sum_{i=0}^{c-1} C_N^i P_\beta^i (1-P_\beta)^{N-i}. \quad (Б.3)$$

Б.1.3 Для проведения необходимых вычислений по приведенным формулам следует использовать любую прикладную компьютерную программу по статистическим методам, где имеется формула биномиального распределения.

**Б.2 Усеченный последовательный план**

Б.2.1 Вероятность принятия основной гипотезы  $P_{H_0}$  как функции неизвестного значения  $P$  не может быть представлена формулой простого вида — биномиального распределения, как в случае для одноступенчатого плана.

Объем выборки, необходимый для принятия решения, не фиксируется заранее, а определяется в процессе анализа статистических данных, получаемых последовательно по мере их поступления.

Б.2.2 Границы неусеченного последовательного плана испытаний представляют собой две наклонные прямые линии:

$$r = an + r_0 \text{ — линия несоответствия (браковки);} \quad (Б.4)$$

$$r = a(n - n_0) \text{ — линия соответствия (приемки).} \quad (Б.5)$$

Константы, входящие в формулы, равны:

$$a = \frac{\ln\left(\frac{p_a}{p_b}\right)}{\ln D + \ln\left(\frac{p_a}{p_b}\right)}, \quad r_a = \frac{\ln\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)}{\ln D + \ln\left(\frac{p_a}{p_b}\right)}, \quad n_a = \frac{\ln\left(\frac{1-\alpha}{\beta}\right)}{\ln\left(\frac{p_a}{p_b}\right)} \quad (Б.6)$$

**П р и м е ч а н и е** — Следует учитывать дискретный (целочисленный) характер множества точек в пределах координат графика последовательного плана. Линии границ разбивают все множество точек на три области: несоответствия, соответствия и продолжения испытаний.

Преимуществом последовательного плана является минимизация среднего числа наблюдений.

Истинные значения рисков  $\alpha^1$ ,  $\beta^1$  в последовательном плане не равны установленным значениям  $\alpha$ ,  $\beta$ . Известно, что сумма значений истинных рисков не превышает суммы значений установленных, т. е.

$$\alpha^1 + \beta^1 < \alpha + \beta,$$

и если один истинный риск больше заданного, то другой — обязательно меньше.

**Б.2.3** Границы усеченного последовательного плана испытаний вычисляются следующим образом:

- установленные значения  $\alpha$  и  $\beta$  умножают на коэффициент  $K$  меньше единицы. В диапазоне значений  $\alpha, \beta = 0,05 - 0,2$  рекомендуемое значение  $K = 0,9$ ;
- вычисляют границы последовательного плана испытаний по формулам (Б.4)–(Б.6),
- вычисляют границы одноступенчатого плана испытаний  $N$  и  $s$  по формулам (Б.2) и (Б.3) с помощью любой программы по статистическим методам, содержащей формулу биномиального распределения;
- увеличивают границы  $N$  и  $s$  на 5 %–7 %, округляют их до целых значений и используют для усечения последовательного плана испытаний.

Рекомендуемый способ усечения является эвристическим и основан на исследованиях свойств планов испытаний для контроля средней наработки до отказа или на отказ.

#### Б.4 Комбинированный план

**Б.4.1** Комбинированный план изображен на рисунке Б.2. Его верхняя граница несоответствия представляет собой горизонтальную прямую.

Чтобы получить расчетные формулы следует рассмотреть вертикальные сечения в точках границы приемки и ввести следующие обозначения:

$k$  — порядковый номер сечения,  $k = 0, \dots, r-1$ ;

$N_k$  — число наблюдений к  $k$ -му сечению;

$\Delta N_k$  — число наблюдений, необходимое для перехода от  $(k-1)$ -го сечения к  $k$ -му сечению;

$p_i^k$  — вероятность попадания линии реализации в  $k$ -м сечении на  $i$ -й уровень.

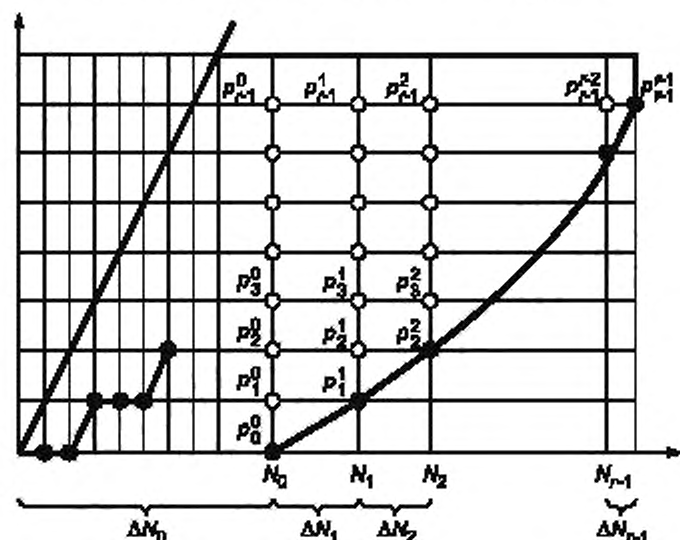


Рисунок Б.2

Вероятности попадания линии реализации в точки сечений вычисляют последовательно, начиная с  $k = 0$ , по формулам.

$$\begin{aligned} p_0^0 &= P^{\Delta N_0}; \\ p_1^0 &= \Delta N_0 P^{\Delta N_0 - 1} (1 - P); \\ &\dots \\ p_s^0 &= C_{\Delta N_0}^s \Delta N_0 P^{\Delta N_0 - s} (1 - P)^s, \end{aligned} \quad (5.7)$$

где  $s = \min \{\Delta N_0, r - 1\}$ .

Для произвольного  $k$ -го сечения

$$\begin{aligned} p_k^k &= p_k^{k-1} P^{\Delta N_k}; \\ p_{k+1}^k &= p_k^{k-1} \Delta N_k P^{\Delta N_k - 1} (1 - P) + p_{k+1}^{k-1} P^{\Delta N_k}, \end{aligned} \quad (5.8)$$

при  $k = 0, \dots, r - 1$ .

При браковочном  $P_\beta$  и приемочном  $P_\alpha$  значениях ВБР сумма вероятностей достижения границы приемки равна соответственно значению риска потребителя  $\beta$  и дополнению до единицы риска поставщика  $\alpha$ .

Таким образом, зная (или устанавливая) границы плана, можно вычислять значения оперативной характеристики, включая значения рисков, и из нескольких видов планов выбрать подходящий. Для этих целей необходима программная реализация метода на персональном компьютере.

Б.4.2 Боковую границу приемки плана определяют путем распределения значения риска заказчика, как квоты между вероятностями  $p_k^k$ . Задав требуемые значения  $p_k^k$ , при  $k = 0, \dots, r - 1$ , последовательно находят искомые значения  $\Delta N_k$  из системы уравнений

$$p_k^k = p_k^{k-1} P_\beta^{\Delta N_k} = p_k^*, \quad (5.9)$$

Общее решение системы имеет вид

$$\Delta N_k = \ln \frac{p_k^*}{p_k^{k-1}} / \ln P_\beta. \quad (5.10)$$

Б.4.3 Фактор дискретности значений  $\Delta N_k$  и  $N_k$  не позволяет получать точное решение системы уравнений. Значения истинных рисков всегда не равны установленным значениям. Перебор планов с округленными значениями  $\Delta N_k$  в обе стороны дает  $2^r$  вариантов планов. Рекомендуется следующий прием округления: на каждом шаге, начиная с первого, округление выполняют так, чтобы сумма отклонений  $\sum \Delta p_k^*$  была минимальной.

УДК 62—192:658.562:006.354

ОКС 21.020

T59

Ключевые слова: надежность, безотказность, вероятность безотказной работы, планы контрольных испытаний

Редактор *М.И. Максимова*  
Технический редактор *Н.С. Гришанова*  
Корректор *В.Е. Нестерова*  
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Подписано в печать 08.04.2011. Формат 60 × 84  $\frac{1}{8}$ . Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,20. Тираж 55 экз. Зак. 241.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 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.