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

gost.e-ecolog.ru

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

© Стандартинформ, 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

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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 невосстанавливаемые 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

Примечание — 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.

Примечание — 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.

Примечание — 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.

Издание официальное

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_α — значение приемочного уровня;

P_β — значение браковочного уровня;

Q — истинное (неизвестное) значение вероятности отказа;

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

Q_β — 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;

α — заданное значение риска поставщика;

α_1 — истинное значение риска поставщика;

β — заданное значение риска потребителя;

β_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;

$P_з$ — 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 Наработку 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_α и браковочного P_β уровней (значение разрешающего коэффициента D);
- значения риска поставщика α и потребителя β.

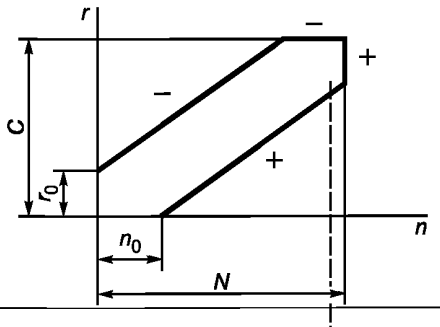
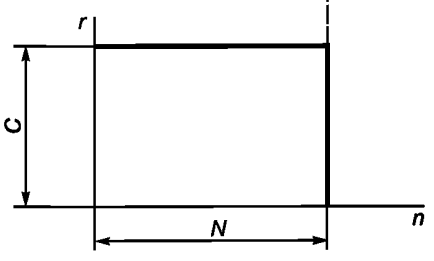
5 Виды планов испытаний, их характеристики и ограничения применения

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.

Таблица 2 — Виды планов испытаний

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

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 $P = P_\alpha$.

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 испытуемых 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_α и браковочного P_β уровней;
- устанавливают значения рисков поставщика α и потребителя β.

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

Уровни P_α и P_β допускается устанавливать двумя равнозначными способами: (P_α и P_β) или (P_α и D). При втором способе значение разрешающего коэффициента D рекомендуется выбирать из ряда: 1,5; 2,0; 3,0.

6.2 Значения рисков α и β поставщик и потребитель устанавливают следующим образом.

Значение риска потребителя β устанавливает потребитель по своему усмотрению.

Значение риска поставщика α устанавливает поставщик по своему усмотрению, равным значению β 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.

Таблица 3 — Рекомендуемые соотношения исходных данных

D	P_α	$\alpha = \beta$
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.

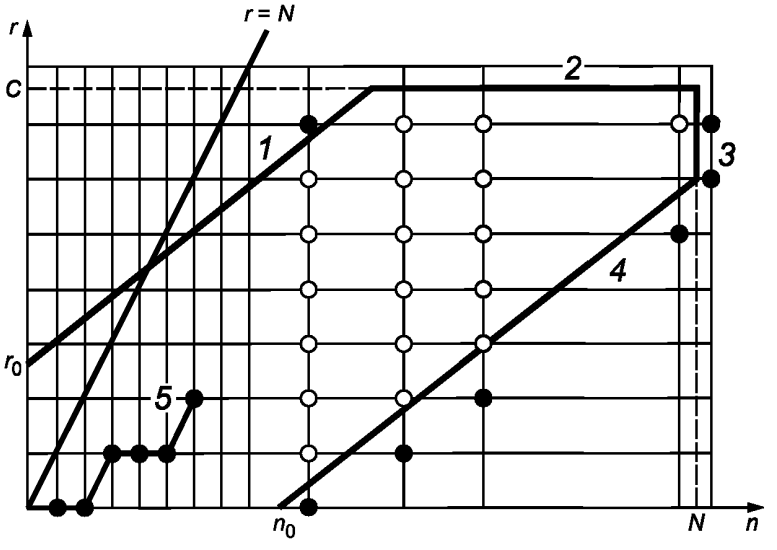
8.2 Планы испытаний приведены в виде таблиц, устанавливающих границы приемки и браковки.

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.

Таблица А.1 — Одноступенчатые планы испытаний

P_α	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_α	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

Таблица А.2 — Последовательные планы испытаний

P_α	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_α	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

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

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.

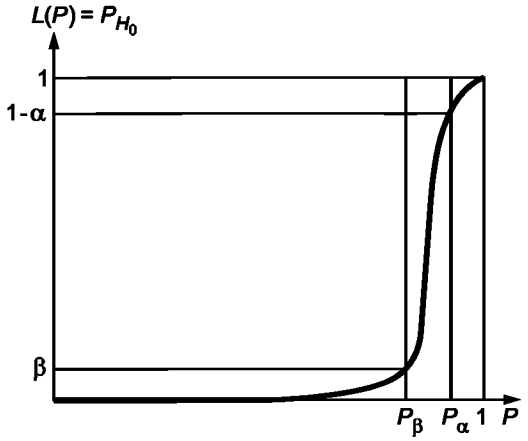


Рисунок Б.1

Б.1.2 План испытаний выбирают следующим образом. Для заданных значений P_α, P_β, α, β подбирают пару целочисленных значений N и c таким образом, чтобы одновременно выполнялись равенства

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

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

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:

$r = an + r_0$ — линия несоответствия (браковки); (Б.4)

$r = a(n - n_0)$ — линия соответствия (приемки). (Б.5)

Константы, входящие в формулы, равны:

$$a = \frac{\ln\left(\frac{P_\alpha}{P_\beta}\right)}{\ln D + \ln\left(\frac{P_\alpha}{P_\beta}\right)};\ r_0 = \frac{\ln\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)}{\ln D + \ln\left(\frac{P_a}{P_\beta}\right)};\ n_0 = \frac{\ln\left(\frac{1-\alpha}{\beta}\right)}{\ln\left(\frac{P_\alpha}{P_\beta}\right)}. \quad (Б.6)$$

Примечание — 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 α^1, β^1 в последовательном плане не равны установленным значениям α, β. 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 вычисляют следующим образом:

- установленные значения α и β умножают на коэффициент K меньше единицы. В диапазоне значений α, β = 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 c по формулам (Б.2) и (Б.3) с помощью любой программы по статистическим методам, содержащей формулу биномиального распределения;
- увеличивают границы N и c 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, …, r – 1;

N_k — число наблюдений к k-му сечению;

ΔN_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.

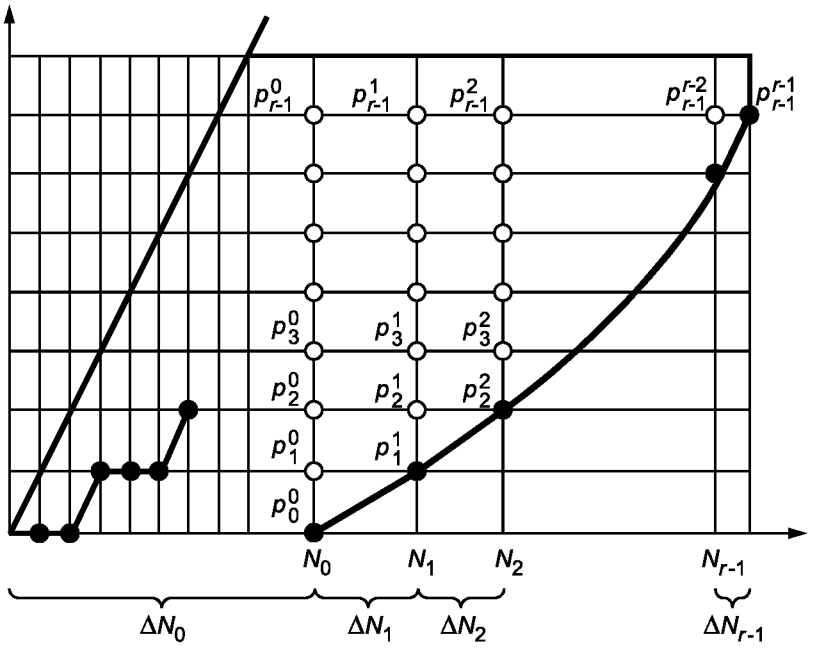


Рисунок Б.2

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

$$p_0^0 = P^{\Delta N_0};$$

$$p_1^0 = \Delta N_0 P^{\Delta N_0 - 1}(1 - P); \qquad (Б.7)$$

...

$$p_s^0 = C_{\Delta N_0}^s \Delta N_0 P^{\Delta N_0 - s}(1 - P)^s,$$

где $s = \min \{\Delta N_0, r - 1\}$.

Для произвольного k-го сечения

$$p_k^k = p_k^{k-1} P^{\Delta N_k};$$

$$p_{k+1}^k = P_k^{k-1} \Delta N_k P^{\Delta N_k - 1}(1 - P) + p_{k+1}^{k-1} P^{\Delta N_k}, \qquad (Б.8)$$

при $k = 0, \ldots, r - 1$.

При браковочном P_β и приемочном P_α значениях ВБР сумма вероятностей достижения границы приемки равна соответственно значению риска потребителя β и дополнению до единицы риска поставщика α.

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^*} при $k = 0, \ldots, r - 1$, последовательно находят искомые значения ΔN_k из системы уравнений

$$p_k^k = p_k^{k-1} P_\beta^{\Delta N_k} = p_{k^*}. \qquad (Б.9)$$

Общее решение системы имеет вид

$$\Delta N_k = \ln \frac{p_{k^*}}{p_k^{k-1}} / \ln P_\beta. \qquad (Б.10)$$

Б.4.3 Фактор дискретности значений ΔN_k и N_k не позволяет получать точное решение системы уравнений. Значения истинных рисков всегда не равны установленным значениям. Перебор планов с округленными значениями ΔN_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 Т59

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 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.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.
gost.e-ecolog.ru