ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71693— 2024

ПРИБОРЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ

Методы установления норм и допусков на электрические параметры

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Российский научно-исследовательский институт «Электронстандарт» (АО «РНИИ «Электронстандарт»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 303 «Электронная компонентная база, материалы и оборудование»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 октября 2024 г. № 1455-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «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 (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

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

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПРИБОРЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ

Методы установления норм и допусков на электрические параметры

Semiconductor devices. Methods for establishing standards and tolerances for electrical parameters

Дата введения — 2025—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на дискретные полупроводниковые приборы (транзисторы биполярные и полевые разных диапазонов частот и мощностей, диоды выпрямительные, универсальные, импульсные и сверхвысокочастотные, стабилитроны, варикапы) (далее — приборы) и устанавливает методы установления норм и допусков на электрические параметры.

Стандарт следует применять при разработке технических заданий (ТЗ) на опытно-конструкторские работы (ОКР), технических условий (ТУ) и технологической документации на полупроводниковые приборы.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт:
ГОСТ Р 57436 Приборы полупроводниковые. Термины и определения

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 ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 57436.

4 Задание требований (норм) на электрические параметры в техническом задании на опытно-конструкторские работы

4.1 При задании в ТЗ на ОКР требований к электрическим параметрам на приборы следует исходить из необходимости обеспечения надежного функционирования схем, для которых предназначен прибор, во всем интервале воздействия эксплуатационных факторов (температуры, вибрации, уда-

Издание официальное

ров, влаги, специальных воздействий и пр.) в течение минимальной наработки и срока сохраняемости, предусмотренных в ТЗ. При этом учитывают современный уровень технологии и необходимость обеспечения задаваемых требований и технологических запасов в процессе серийного производства.

4.2 Состав электрических параметров, задаваемых в ТЗ, устанавливают из числа указанных в стандартах, регламентирующих систему параметров данного вида приборов, он должен включать в себя те из них, которые имеют первостепенное значение для выполнения основных функций прибора. В ТЗ могут быть указаны параметры, нормы на которые устанавливают по результатам ОКР.

4.3 Требования (нормы) задают на значение электрических параметров приборов при приемке (поставке), в течение минимальной наработки, для воздействия специальных факторов в течение срока сохраняемости, т. е. на значения параметров — критериев годности для оценки результатов различных испытаний. Нормы задают для нормальной температуры, и в необходимых случаях для верхнего или нижнего значения температуры окружающей среды или корпуса, указанных в ТЗ.

4.4 Нормы на значение параметров на момент приемки (поставки) задают в соответствии с 4.1. с учетом связи выходных параметров устройств с параметрами приборов.

Если выполнению ОКР предшествовала НИР, то нормы на электрические параметры следует задавать с учетом результатов НИР.

Нормы на значения параметров — критериев годности для оценки результатов испытаний задают:

- для испытаний на безотказность — в соответствии с 5.4.2;
- для испытаний на воздействие специальных факторов — в соответствии с 5.4.5;
- для испытаний на сохраняемость — в соответствии с 5.4.3;
- для механических и климатических испытаний — в соответствии с 5.4.4.

4.5 В технически обоснованных случаях в ТЗ на ОКР заданные нормы на параметры — критерии годности по результатам испытаний допускается уточнять.

5 Установление норм на электрические параметры в ТУ

5.1 Состав электрических параметров, включаемых в ТУ, устанавливают в соответствии со стандартами, регламентирующими систему параметров данного вида приборов.

5.2 На параметры, для которых нормы были заданы в ТЗ на ОКР, в ТУ устанавливают те же нормы, что и в ТЗ.

В технологически обоснованных случаях наряду с типами, соответствующими ТЗ, допускается введение в ТУ типов приборов с нормой на значение параметра (например, коэффициента шума, выходной мощности, граничной частоты), превосходящей или уступающей требованиям ТЗ. Введение типов приборов, не соответствующих требованиям ТЗ, допускается при условии, что эта норма жестче нормы аналогичного серийно выпускаемого прибора или разрабатываемый прибор, по сравнению с выпускаемыми, имеет важные для потребителя преимущества по другим параметрам или техническим показателям (конструкционным, надежности и др.). Оценку выполнения ТЗ по проценту выхода годных приборов производят только по приборам, соответствующим требованиям ТЗ.

Разделение типов в этом случае проводят в соответствии с разделом 7.

5.3 Нормы, которые не регламентированы в ТЗ на ОКР, устанавливают в ТУ по результатам статистической обработки и анализа материалов испытаний и измерений приборов, изготовленных по утвержденной конструкторской (КД) и технологической документации (ТД).

5.3.1 Установление норм на электрические параметры производят в следующей последовательности:

- определение минимального размера партии приборов, требуемой для установления нормы на параметр;
- формирование партии приборов для проведения измерения электрических параметров и испытаний;
- проведение измерений (испытаний) приборов партии с записью измеренных значений для каждого прибора;
- статистическая обработка результатов измерений;
- проверка наличия резко отличающихся результатов измерений;
- расчет норм на значение параметра.

5.3.2 Минимальный размер партии приборов, требуемый для установления нормы, определяют следующим образом.

5.3.2.1 Определяют долю генеральной совокупности изделий, которая должна соответствовать требованиям ТУ при контроле параметров, входящих в одну группу испытаний — уровень качества продукции *P*. Определение доли совокупности осуществляют в зависимости от предполагаемого объема годового выпуска в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 — Связь уровня качества продукции с объемом выпуска

Ориентировочный годовой выпуск (потребность), тыс. шт.	До 5	Св. 5 до 10	Св. 10 до 50	Св. 50 до 100	Св. 100
Рекомендуемый уровень качества, *P*, %	95,0	97,5	98,0	98,5	99,0

Для приборов, отличающихся сложной технологией и низким процентом выхода годных, а также для приборов, контроль параметров которых связан с выполнением сложных трудоемких измерений (например, выходная мощность в сверхвысокочастотном диапазоне (СВЧ), коэффициент подавления комбинационных составляющих и др.), величина *P* может быть меньше 95 %. Не рекомендуется выбирать *P* менее 90 %. Этими же значениями *P* можно пользоваться при определении объема партии для установления норм на значения параметров — критериев годности для оценки результатов испытаний на безотказность, воздействие специальных факторов, воздействие повышенной и пониженной температуры среды при эксплуатации. При этом объем партии не должен быть меньше объема выборки, установленного в общих технических условиях для соответствующего вида испытаний.

5.3.2.2 Выбирают доверительную вероятность $\gamma_{гр}$, с которой будет контролировать уровень качества по группе испытаний. Рекомендуется принимать $\gamma_{гр} \geq 90$ %.

5.3.2.3 В соответствии с таблицей 2 определяют доверительную вероятность, γ_1, с которой контролируют уровень качества приборов по одному параметру, и зависимости от числа параметров, контролируемых в одной группе испытаний. Если в группе испытаний контролируют всего один параметр, то $\gamma_1 = \gamma_{гр}$.

Таблица 2

Число параметров, контролируемых в одной группе	$\gamma_{гр}$, %			
	90	95	98	99
2	95,0	98,0	99,0	99,5
3	95,0	98,0	99,5	99,5
4	98,0	99,0	99,5	99,5
5	98,0	99,0	99,5	99,9
6	98,0	99,0	99,5	99,9
7	98,0	99,5	99,5	99,9
8 и более	98,0	99,5	99,5	99,9

5.3.2.4 По значениям *P* (см. 5.3.2.1) и γ_1 (см. 5.3.2.3) определяют минимальный размер партии приборов *N*, требуемой для установления нормы на каждый параметр:

- по таблице 3 для параметра с односторонним ограничением нормы;
- по таблице 4 для параметра с двухсторонним ограничением нормы.

Таблица 3

γ_1, %	*P*, %							
	90,0	95,0	97,5	98,0	98,5	99,0	99,3	99,5
90,0	22	45	91	114	153	230	326	460
95,0	29	59	119	149	199	299	427	598
98,0	38	77	153	194	259	390	557	781
99,0	44	90	182	228	305	459	656	919
99,5	51	104	210	263	351	528	754	1058
99,9	66	135	273	342	457	688	983	1380

Таблица 4

γ_1, %	P, %							
	90,0	95,0	97,5	98,0	98,5	99,0	99,3	99,5
90,0	38	77	155	194	267	388	562	777
95,0	46	93	188	236	316	473	700	947
98,0	56	115	231	290	390	581	840	1165
99,0	64	130	263	330	445	662	937	1325
99,5	72	146	294	369	496	740	1062	1483
99,9	89	181	366	458	616	920	1321	1843

Допускается округление полученного размера выборки до ближайшего меньшего или большего значения, кратного 10, и использование не указанных в таблицах значений P, γ_1 и N, выбираемых путем интерполяции.

5.3.3 Формирование партии приборов для проведения измерений электрических параметров и испытаний проводят приборами, изготовленными в соответствии с действующей КД и ТД.

В партию включают только приборы, которые соответствуют установленным в ТЗ или ТУ нормам.

5.3.4 У каждого прибора данной партии измеряют значение параметров, подлежащих нормированию.

Режим и условия измерений должны соответствовать ТЗ или ТУ, измерение проводят согласно стандартам или другой нормативной документации на методы измерения. Измеренные значения параметров, включая параметры — критерии годности до и после испытаний, каждого прибора фиксируют в протоколе.

5.3.5 По результатам измерений параметра проводят определение его статистических показателей: минимального x_{min} и максимального x_{max} значений, размаха $R = x_{max} - x_{min}$, среднего арифметического значения $\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$, среднеквадратического отклонения $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}{n-1}}$.

5.3.6 Измеренные значения параметров, резко отличающиеся от основной массы наблюдений (далее — анормальные наблюдения), отбрасывают при дальнейшем расчете норм по 5.3.7. При расчете показателей, указанных в 5.3.5, не следует учитывать приборы, полностью потерявшие работоспособность.

В тех случаях, когда закон распределения параметра неизвестен, выявление резко отличающихся значений производят в соответствии с таблицей 5. Этой же таблицей можно пользоваться для приближенной оценки анормальности результатов измерений при нормальном законе распределения параметров.

Анормальным наблюдением следует считать измеренное значение параметра, выходящее за пределы $\overline{X} \pm K_1 S$. Число K_1 выбирают из таблицы 5, задаваясь вероятностью, с которой измеренное значение параметра должно входить в интервал $\overline{X} \pm K_1 S$.

Для практических целей можно принимать:

$K_1 = 3$ — для нормального закона распределения параметра;

$K_1 = 5$ — для распределения, не подчиняющегося нормальному закону, но симметрично;

$K_1 = 6$ — для любого (произвольного) распределения параметра.

Таблица 5

K_1	Для нормального распределения		Для симметричного распределения	Для произвольного распределения
	с двухсторонним ограничением	с односторонним ограничением		
1,65	90,10	95,46	83,80	63,60
2,00	95,46	97,32	88,89	75,00

Окончание таблицы 5

K_1	Для нормального распределения		Для симметричного распределения	Для произвольного распределения
	с двухсторонним ограничением	с односторонним ограничением		
2,20	97,32	98,36	90,85	79,40
2,40	98,36	99,06	92,30	82,80
2,60	99,06	99,48	93,47	85,30
2,80	99,48	99,62	94,35	87,28
2,90	99,62	99,74	94,70	88,10
3,00	99,74	99,96	95,05	88,90
3,50	99,96	99,99	95,38	91,83
4,00	99,99	99,99	97,23	93,75
5,00	99,99	99,99	98,22	96,00
6,00	99,99	99,99	98,22	97,22

5.3.7 Установление норм на значение параметров проводят в три этапа:

- расчет норм по данным измерений;
- корректировка норм, учитывающая степень воспроизводимости технологии изготовления продукции;
- корректировка норм, учитывающая погрешность измерений.

5.3.7.1 Норму на максимальное значение параметра $x'_{N\max}$ принимают равной максимальному измеренному значению параметров $x_{\max}$, т. е. $x'_{N\max} = x_{\max}$ или $x'_{N\max} = \overline{x} + K_1 S$, если $x_{\max} > \overline{x} + K_1 S$.

Норму на минимальное значение параметра $x'_{N\min}$ устанавливают равной минимальному измеренному значению параметра $x_{\min}$, т. е. $x'_{N\min} = x_{\min}$ или $x'_{N\min} = \overline{x} - K_1 S$, если $x_{\min} > \overline{x} - K_1 S$. K_1 берется равным 3,5 или 6 в соответствии с 5.3.6.

5.3.7.2 Корректировку нормы, учитывающей степень воспроизводимости технологии изготовления продукции, производят увеличением максимального значения нормы $x'_{N\max}$ или уменьшением минимального значения нормы $x'_{N\min}$, полученных согласно 5.3.7.1, на 10 %—20 % (для СВЧ диодов до 10 %), что необходимо для обеспечения запаса в соответствии с формулами:

$$x'_{N\max} = (1{,}1 - 1{,}2)x'_{N\max};$$

$$x'_{N\min} = (0{,}8 - 0{,}9)x'_{N\min}.$$

Конкретную величину этого запаса выбирают с учетом степени влияния на параметр отклонений технологических режимов, периодов производства приборов, разброса параметров исходных материалов и других особенностей, характерных для данного типа прибора или других типов с аналогичной технологией изготовления. Полученное значение принимают в качестве технологической нормы на параметр.

5.3.7.3 Корректировку нормы, учитывающей погрешность измерений контрольно-измерительной аппаратуры, производят путем прибавления к максимальному значению нормы $x''_{N\max}$ или вычитания из минимального значения нормы $x''_{N\min}$ величины, пропорциональной основной погрешности измерений $\delta_{\text{осн}}$, с коэффициентом m, выбранным согласно разделу 6:

$$x_{N\max} = x''_{N\max} + m|\delta_{\text{осн}}|,$$

$x_{N\min} = x''_{N\min} - m|\delta_{\text{осн}}|$, если $\delta_{\text{осн}}$ указано в абсолютных значениях;

$$x_{N\max} = x''_{N\max}\left(1 + m\left|\frac{\delta_{\text{осн}}}{100}\right|\right),$$

$$x_{N\min} = x''_{N\min}\left(1 - m\left|\frac{\delta_{\text{осн}}}{100}\right|\right),$$ если $\delta_{\text{осн}}$ указано в процентах.

Полученное значение принимают в качестве нормы ТУ на параметр.

5.3.8 Для параметров, величина которых в сильной степени связана с состоянием поверхности прибора и не влияет существенно на нормальное функционирование оборудования (например, обратные токи переходов, токи утечки и др. при нормальной температуре), норма на максимальное значение, рассчитанная согласно 5.3.7 для K_1 = 6, может быть увеличена в несколько (3—5) раз, но не более чем на порядок.

В технически обоснованных случаях допускается увеличение рассчитанного значения нормы более чем на один порядок (например, для тока утечки затвора полевого МДП-транзистора на два порядка).

5.4 Нормы на параметры — критерии годности при испытаниях на безотказность, на воздействие повышенной и пониженной температуры среды при эксплуатации рассчитываются согласно 5.3.1—5.3.8.

5.4.1 Значения норм для этих испытаний рекомендуется устанавливать в виде абсолютной (максимальной или минимальной) величины параметра. Для параметров с двухсторонним ограничением норму устанавливает в виде допуска на изменение параметра относительно начального (исходного) значения.

5.4.2 Нормы на параметры — критерии годности, если к моменту составления ТУ экспериментальные данные отсутствуют, а в ТЗ они не были оговорены, рекомендуется устанавливать в соответствии с таблицей 6. При этом для испытаний на безотказность принимают единую норму.

При проведении ускоренных испытаний (в том числе в форсированных режимах) могут дополнительно устанавливать и другие, более жесткие, значения норм.

Таблица 6 — Рекомендуемые нормы на основные параметры — критерии годности при нормальной температуре для испытаний приборов на безотказность

Подкласс приборов	Наименование параметра — критерия годности	Условное обозначение параметра	Рекомендуемая норма (по сравнению со сдаточной нормой)	Группы приборов	Примечание
Транзисторы биполярные	Обратный ток коллектора (обратный ток коллектор — эмиттер)	$I_{КБ0}$ ($I_{КЭR}$)	$2I_{КБ0}$ ($2I_{КЭR}$)	1—5	—
	Обратный ток эмиттера	$I_{ЭБ0}$	$2I_{ЭБП}$	4,5	1
	Критический ток	$I_{КР}$	0,8 $I_{КР}$	4	1
	Напряжение насыщения коллектор — эмиттер	$U_{КЭнас}$	1,2 $U_{КЭнас}$	5	1
	Статический коэффициент передачи тока в схеме с общим эмиттером (минимальное значение)	$h_{21Эmin}$	0,7 $h_{21Эmin}$	1,2	1
	Статический коэффициент передачи тока в схеме с общим эмиттером (максимальное значение)	$h_{21Эmax}$	1,35 $h_{21Эmax}$	1,2	1,3
	Коэффициент шума	$K_ш$	$K_ш$ + 0,3дБ		1,2
	Выходная мощность (коэффициент усиления по мощности) при нормированной $P_{вх}$	$P_{вых}$ ($K_{уP}$)	(0,5—0,6) $P_{вых}$ (0,5—0,6) $K_{уP}$	3,4	1,2
Транзисторы полевые	Крутизна характеристики	S	0,7S	1,2,3	—
	Ток утечки затвора	$I_{з.ут}$	(5—10) $I_{з.ут}$	1,2	1,4
	Начальный ток стока	$I_{с.нач}$	(2—5) $I_{с.нач}$	2,3	1
	Разность напряжений затвор — сток	$\|U_{зс1}—U_{зс2}\|$	(1,5—2) $\|U_{зс1}—U_{зс2}\|$	4	—
	Сопротивление сток — исток в открытом состоянии	$R_{си.отк}$	(1,5—2) $R_{си.отк}$	3	1

Продолжение таблицы 6

Подкласс приборов	Наименование параметра — критерия годности	Условное обозначение параметра	Рекомендуемая норма (по сравнению со сдаточной нормой)	Группы приборов	Примечание
Диоды	Прямое напряжение	$U_{пр}$	1,1 $U_{пр}$	1, 2, 3	—
	Обратный ток	$I_{обр}$	2 $I_{обр}$	1, 2, 3	—
	Время восстановления обратного сопротивления (заряд переключения)	$t_{вос.обр}$ ($Q_{пк}$)	1,2 $t_{вос.обр}$ (1,2$Q_{пк}$)	1, 3	1
Варикапы подстроечные	Добротность	$Q_в$	0,7$Q_в$	—	5
	Номинальная емкость (максимальное или минимальное значение)	$C_н$	(0,9—1,1) $C_н$	—	—
	Постоянный обратный ток	$I_{обр}$	2 $I_{обр}$	—	1, 5
Стабилитроны	Напряжение стабилизации	$U_{ст}$	(0,9—1,1)$U_{ст}$	—	—
	Дифференциальное сопротивление	$r_{ст}$	1,2$r_{ст}$	—	—
	Температурный коэффициент напряжения стабилизации	$\alpha_{Uст}$	$\alpha_{Uст}$	—	1
Диоды СВЧ	Потери преобразования	$L_{прб}$	$L_{прб}$ + 0,7дБ	1	—
	Чувствительность по току	β_I	0,8β_I	2	—
	Постоянный обратный ток	$I_{обр}$	2$I_{обр}$	3, 4	—
	Предельная частота (постоянная времени)	$f_{пред}$ (τ)	0,8 $f_{пред}$ (1,2τ)	3, 4 (3, 4)	—
	Пробивное напряжение	$U_{проб}$	0,8$U_{проб}$	5	—
	Критическая частота	$f_{кр}$	0,9$f_{кр}$	5	—
	Дифференциальное сопротивление	$r_{диф}$	1,2$r_{диф}$	6	—
	Сопротивление при низком значении СВЧ мощности	$r_{низ}$	1,2$r_{низ}$	6	—

Примечания

1 Норму устанавливают в том случае, если в ТУ параметр отнесен к параметрам — критериям годности.

2 В отдельных случаях допускается установление двух норм на значение параметра — критерия годности: на всю совокупность и на часть ее.

3 Для *p-n-p* кремниевых транзисторов допускается увеличение до $2h_{21Э}$.

4 Для полевых МДП-транзисторов допускается увеличение до 50—100$I_{з.ут}$.

5 Параметр используют и для СВЧ варикапов.

В графе «Группы приборов» приняты следующие условные обозначения групп приборов:

а) транзисторы биполярные:
- усилительные — 1,
- усилительные СВЧ диапазона — 2,
- генераторные — 3,
- генераторные СВЧ диапазона — 4,
- переключающие (мощные и высоковольтные) — 5;

б) транзисторы полевые:
- с *p-n* переходом (с *p*- или *n*-каналом) — 1,
- МДП (с *p* или *n*-каналом) — 2,
- генераторные (мощные) — 3,
- сдвоенные — 4;

в) диоды:
- выпрямительные — 1,
- универсальные — 2,
- импульсные — 3;

Окончание таблицы 6

г) диоды СВЧ диапазона:
- смесительные — 1,
- детекторные — 2,
- параметрические — 3,
- переключательные — 5,
- ограничительные — 6.

5.4.3 В качестве норм на значения параметров — критериев годности при испытаниях на сохраняемость, следует принимать нормы, установленные в ТУ на эти параметры для приемки и поставки.

В отдельных случаях для параметров, изменяющихся при хранении, допускается устанавливать специальные нормы, отличающиеся от сдаточных норм. Эти нормы устанавливают в соответствии с 5.3.1—5.3.8 по результатам испытаний в течение первых 3-х лет хранения или по статистическим данным более длительных испытаний, проводившихся на приборах других типов, близких по конструкции и технологии.

5.4.4 В качестве норм на значения параметров — критериев годности, контролируемых после механических и климатических испытаний, устанавливают нормы, принятые в ТУ для приемки и поставки.

5.4.5 Нормы на параметры — критерии годности для проведения испытаний на воздействие специальных факторов устанавливают в соответствии с 5.3.1—5.3.8, за исключением объема партии (выборки), размер которой устанавливают согласно ТУ.

Значение нормы устанавливают в виде абсолютной (максимальной или минимальной) величины параметра. Если к моменту составления ТУ отсутствуют экспериментальные данные, а в ТЗ на ОКР специальные нормы не оговорены, то нормы на значения параметров — критериев годности устанавливают в соответствии с таблицей 7.

Таблица 7 — Рекомендуемые нормы на остаточные значения параметров — критериев годности после испытаний на воздействие специальных факторов

Подкласс приборов	Наименование параметра — критерия годности	Условное обозначение параметра	Рекомендуемая норма (по сравнению со сдаточной нормой)	Группы приборов, на которые распространяются рекомендации	Примечание
Транзисторы биполярные	Обратный ток коллекторов	$I_{КБ0}$ ($I_{КЭR}$)	$3I_{КБ0}$ ($3I_{КЭR}$)	1—5	—
	Критический ток	$I_{кр}$	$0{,}7I_{кр}$	4	1
	Напряжение насыщения коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\ нас}$	$3U_{КЭ\ нас}$	5	1
	Статистический коэффициент передачи тока в схеме с общим эмиттером (минимальное значение)	$h_{21Эmin}$	(0,4—0,5) $h_{21Эmin}$	1, 2, 5	1
	Коэффициент шума	$К_ш$	$К_ш$ + 3дБ	1, 2	1
	Граничная частота коэффициента передачи тока в схеме с общим эмиттером	$f_{гр}$	$0{,}7f_{гр}$	3, 4	1
Транзисторы полевые	Крутизна характеристики	S	$0{,}5S$	1—4	—
	Ток утечки затвора	$I_{з.ут}$	$50I_{з.ут}$	1, 2	1
	Начальный ток стока	$I_{с.нач}$	$3I_{с.нач}$	2, 3	1
	Пороговое напряжение	$U_{зи.пор}$	0,7 $U_{зи.пор}$	2	1
	Разность напряжений затвор — исток	$\lvert U_{зи1}—U_{зи2}\rvert$	(1,5—2)$\lvert U_{зи1}—U_{зи2}\rvert$	4	1
Диоды	Прямое напряжение	$U_{пр}$	1,5 $U_{пр}$	1—3	—

Окончание таблицы 7

Подкласс приборов	Наименование параметра — критерия годности	Условное обозначение параметра	Рекомендуемая норма (по сравнению со сдаточной нормой)	Группы приборов, на которые распространяются рекомендации	Примечание
Диоды	Обратный ток	$I_{обр}$	10 $I_{обр}$	1—3	—
Варикапы подстроечные	Добротность	$Q_в$	0,5Q	—	3
	Номинальная емкость (максимальное и/или минимальное значение)	$C_н$	1,1 (или 0,8)$C_н$	—	3
	Постоянный обратный ток	$I_{обр}$	10$I_{обр}$	—	—
Стабилитроны	Напряжение стабилизации	$U_{ст}$	(0,9—1,1) $U_{ст}$	—	—
	Дифференциальное сопротивление	$r_{ст}$	1,3$r_{ст}$	—	1
Диоды СВЧ	Нормированный коэффициент шума	$F_{норм}$	1,5$F_{норм}$	1	—
	Коэффициент качества	M	0,5M	2	—
	Постоянный обратный ток	$I_{обр}$	10$I_{обр}$	3, 4	—
	Предельная частота (или постоянная времени)	$f_{пред}$ (или τ)	0,5$f_{пред}$ (или 1,5 τ)	3, 4	1
	Общая емкость (минимальное или максимальное значение)	$C_Д$	0,8 (или 1,2) $C_Д$	3, 4	1
	Пробивное напряжение	$U_{проб}$	0,5$U_{проб}$	5	—
	Критическая частота	$f_{кр}$	0,5$f_{кр}$	5	—
	Дифференциальное сопротивление	$r_{диф}$	2$r_{диф}$	6	—
	Сопротивление при низком значении СВЧ мощности	$r_{низ}$	2$r_{низ}$	6	—

Примечания

1 Норму устанавливают в том случае, если в ТУ параметр отнесен к параметрам — критериям годности.

2 Приняты те же обозначения групп приборов, что и в таблице 6.

3 Параметр используют и для СВЧ варикапов.

6 Установление технологических норм

6.1 Наличие погрешности у средств измерения может привести к отличию измеренного значения параметра от истинного, т. е. к ошибке в определении качества — признанию прибора, не соответствующего нормам ТУ, годным и наоборот. Учитывая это, необходимо кроме норм ТУ устанавливать технологические нормы — нормы на значения электрических параметров, которыми следует руководствоваться при контроле качества приборов изготовителю.

6.2 Технологическую норму устанавливают с запасом относительно норм ТУ, т. е. более жесткой, чем норма ТУ на величину, пропорциональную основной погрешности средств измерения. Этот запас устанавливают исходя из необходимости обеспечить достаточно малую вероятность превышения граничного значения параметра при повторных измерениях.

6.3 В качестве меры погрешности средств измерения электрических параметров приборов следует использовать максимальную величину основной погрешности $\delta_{осн}$, приводимую в стандартах на методы измерения, в ТД на измерительную установку (технических описаниях, паспортах) или в ТУ на прибор.

6.4 Погрешность измерения учитывают при установлении нормы на значение параметров в соответствии с 5.3.7.3. При этом значение коэффициента пропорциональности m при основной погрешности измерений рекомендуют принимать равным 1.

6.5 В тех случаях, когда норма на параметр установлена в ТУ исходя из требований ТЗ (см. 5.2), и выбор $m \geq 1$ при установлении технологической нормы на параметр сопряжен с заметным уменьшением процента выхода годных приборов в производстве, допускается принимать m меньше единицы. При этом необходимо учитывать из таблицы 8, что с уменьшением значения m возрастает вероятность забракования приборов с крайним значением параметра.

Таблица 8 — Наибольшая вероятность забракования прибора с крайним значением параметра в зависимости от величины запаса относительно основной погрешности измерения

Величина запаса относительно основной погрешности измерений	Наибольшая вероятность забракования приборов, %	Величина запаса относительно основной погрешности измерений	Наибольшая вероятность забракования приборов, %
0,3	10,650	1,2	0,130
0,4	7,550	1,3	0,070
0,5	5,130	1,4	0,030
0,6	3,390	1,5	0,020
0,7	2,160	1,6	0,007
0,8	1,330	1,7	0,003
0,9	0,780	1,8	0,001
1,0	0,450	1,9	$5 \cdot 10^{-4}$
1,1	0,200	2,0	$1{,}8 \cdot 10^{-4}$

6.6 Для параметров, погрешность измерения которых соизмерима с нормой (например, для коэффициента шума у СВЧ транзисторов, выходной мощности у транзисторов и др.), можно принимать m меньше 1 (до 0,5) или вместо основной погрешности средств измерения $\delta_{осн}$ использовать фактическую погрешность измерения δ', определяемую по методике, изложенной в техническом описании или инструкции по проверке измерителя.

Стабильность действительной погрешности необходимо систематически проверять (не реже одного раза в смену перед началом работы) путем измерения специально отобранных контрольных образцов. При использовании для расчета норм на параметр действительной погрешности, в ТУ следует указывать, что все измерения параметра проводят на той же установке, на которой осуществлялись первоначальные измерения при установлении норм.

6.7 Для параметров, разброс значений которых на несколько порядков превышает погрешность измерений ($I_{КБ0}$, $I_{ЭБ0}$, $I_{обр}$ и др.), последняя при установлении норм ТУ или технологических норм (если нормы ТУ установлены согласно ТЗ на ОКР) не учитывают. В этом случае технологические нормы устанавливают с такими запасами относительно норм ТУ, которые обеспечивают высокий уровень сдачи продукции с первого предъявления и позволяют контролировать стабильность технологического процесса. При этом следует учитывать опыт производства изделий с аналогичной (близкой) технологией изготовления.

6.8 В ТД устанавливают специальную норму отдела технического контроля (ОТК), отличную от ТУ. Норму ОТК можно устанавливать равной норме ТУ или технологической, либо промежуточное значение между ними.

7 Установление норм на параметры, по которым проводят разделение типов приборов, входящих в группу, выпускаемую по одним ТУ

7.1 Допускается классификация приборов, выпускаемых по единой ТД, на ряд типов, отличающихся по значениям одного или нескольких параметров, с установлением норм не только по краям, но и внутри распределения. Число типов и нормы на параметры устанавливают в ТУ исходя из требований ТЗ и назначения приборов, в соответствии с нормализованными рядами, регламентированными действующими стандартами. Не рекомендуется вводить типы приборов, выход которых менее 10 % от общего выхода годных приборов всей группы типов.

7.2 Нормы на значения параметров с двухсторонними ограничениями устанавливают таким образом, чтобы обеспечить перекрытие между максимальным значением параметра приборов одного типа и минимальным значением другого типа. Величину этого перекрытия выбирают так, чтобы она была не менее двух основных погрешностей измерения $2\delta_{осн}$.

7.3 Технологическую норму на значение классификационного параметра, разделяющую соседние типы, устанавливают без перекрытия между минимальным значением одного типа и максимальным значением другого типа (например, $h_{21э\ max}$ второго типа ≤ 50 и $h_{21э\ min}$ третьего типа > 50), либо с меньшим перекрытием по сравнению с перекрытием, установленным в ТУ.

8 Уточнение норм на параметры в ТУ

8.1 Уточнение норм на параметры проводят по правилам, изложенным в разделе 5. При этом размер выборки должен быть большим, чем при установлении норм. Объем выборки устанавливают из достоверности не менее γ_1 = 98 % и фактического объема годового выпуска.

8.2 Приборы выборки отбирают из продукции нескольких (не менее четырех) месяцев при непрерывном производстве и установившейся технологии изготовления.

9 Проверка выполнения требований технического задания и технических условий

9.1 Проверка соответствия приборов требованиям ТУ проводят в объемах и по правилам, установленным в ТУ, а требованиям ТЗ — по правилам, установленным в нормативных документах, регламентирующих контроль качества продукции при испытаниях.

9.2 Количество приборов, на которых проводят проверку выполнения требований ТЗ по электрическим параметрам, устанавливают согласно таблице 3 или $P \geq 95$ % и γ_1 = 95 %.

Для приборов повышенной сложности, не массового производства допускается принимать $P \geq 90$ %.

9.3 При проверке соответствия электрических параметров требованиям ТЗ на ОКР следует учитывать наличие в ТД запасов, предусмотренных в 6.2.

9.4 Примеры расчета норм и допусков на электрические параметры в приложении А.

Приложение А
(справочное)

Примеры расчета норм и допусков на электрические параметры

Пример 1

Определить объем партии, требуемой для установления норм на значения параметров с односторонним и двухсторонним ограничением, если известно, что:

ориентировочный годовой выпуск приборов составляет 8 тыс.шт.;

число параметров, контролируемых по одной группе испытаний — 6.

По таблице 1 находим P = 97,5 %, выбираем доверительную вероятность $\gamma_{гр}$ = 90 % по таблице 2. Получаем доверительную вероятность, с которой контролируют уровень качества для одного параметра, при шести параметрах, проверяемых по одной группе испытаний, γ_1 = 98 %.

По полученным значениям P и γ_1 из таблиц 3 и 4 находим минимальный размер партии, по результатам измерения параметров которой следует устанавливать значение нормы:

для параметров с односторонним ограничением 155 шт.;

для параметров с двухсторонним ограничением 231 шт.

Решаем, что объем партии для параметров с одно- и двухсторонним ограничением должен быть единым N = 230 шт.

При этом норму на параметр с односторонним ограничением устанавливают с доверительной вероятностью γ_1 не 98 %, а с вероятностью γ_1 более 99,5 %.

Пример 2

Установить технологическую норму и норму ТУ на параметры генераторного транзистора повышенной мощности, требований на которые в ТЗ не оговаривалось:

а) τ_s; б) $I_{ЭБ0}$.

По результатам измерения параметров партии транзисторов, объем которой выбран согласно примеру 1, в соответствии с 5.3.4 и 5.3.5 определяем статистические показатели:

а) для τ_s

были получены x_{min} = 4,9 пс; x_{max} = 9,6 пс; $\overline{X}$ = 6,7 пс; S = 1,2 пс; $\overline{X}$ + 3S = 10,3 пс.

Так как $\overline{X}$ + 3S = 10,3 пс превышает x_{max} = 9,6 пс, то согласно 5.3.7.1 в качестве исходного значения принимаем x'_{Nmax} = 9,6 пс.

В соответствии с 5.3.7.2 при расчете технологической нормы берем коэффициент запаса 1,2 и получаем технологическую норму x''_{Nmax} = 9,6 · 1,2 = 11,5 пс.

В соответствии с 5.3.7.3 определяем норму ТУ. Согласно ГОСТ 18604.1 на метод измерения постоянной времени цепи обратной связи на высокой частоте τ_s основная погрешность измерения $\delta_{осн}$ = ±15 % конечного значения рабочей частоты шкалы.

Задаваясь наибольшей вероятностью случайного забракования прибора с крайним значением 0,02 %, получим из таблицы 8 значение m = 1,5 и согласно 5.3.7.3 получаем норму на ТУ

$$x_{Nmax} = 11{,}5 \cdot \left(1 + 1{,}5 \cdot \frac{15}{100}\right) = 14{,}0 \text{ пс};$$

б) для $I_{ЭБ0}$

были получены x_{max} = 9,8 мкА; $\overline{X}$ = 0,364 мкА; S = 1,44 мкА.

Так как распределение $I_{ЭБ0}$ (как и других обратных токов) не только ненормальное, но и несимметричное, то в соответствии с 5.3.6 следует взять K_1 = 6. Вычисляем значение $\overline{X}$ + 6S = 9,0 мкА.

Так как $x_{max} > \overline{X} + 6S$, то согласно 5.3.7.1 в качестве исходного значения принимаем x_{Nmax} = 9,04 мкА, т. е. отбрасываем резко отличающееся наблюдение (9,8 мкА).

В соответствии с 5.3.7.2 при расчете технологической нормы берем коэффициент запаса 1,2 и получаем технологическую норму:

$$x''_{Nmax} = 10{,}9 \text{ мкА}.$$

В соответствии с 6.7 погрешность измерения при установлении нормы на $I_{ЭБ0}$ не учитывают.

Согласно 5.3.8 с учетом 6.7 принимаем для нормы ТУ значение

$I_{ЭБ0}$ = 100 мкА, для технологической (цеховой) нормы

$I_{ЭБ0}$ = 50 мкА.

Пример 3

Установить норму ТУ и технологическую норму для параметра $f_{гр}$ транзистора. В ТЗ на разработку установлено, что $f_{гр} \geq 1000$ МГц.

В соответствии с 5.2 методики норма ТУ должна быть та же, что и в ТЗ, т. е. минимальное значение $f_{гр} \geq 1000$ МГц.

В соответствии с 6.2 методики технологическую норму устанавливают с запасом относительно нормы ТУ на величину, пропорциональную основной погрешности измерений $\delta_{осн}$. Согласно ГОСТ 18604.9 для параметра $h_{21Э}$, т. е. $f_{гр}$, основная погрешность $\delta_{осн} = \pm 15$ % конечного значения рабочей частоты шкалы.

Приняв наибольшую допустимую вероятность случайного забракования прибора с крайним значением 0,01 %, получаем из таблицы 8 значение $m = 1{,}6$ и согласно 5.3.7.8 технологическую норму

$$x_{N\max} = 1000\left(1 + \frac{15}{100} \cdot 1{,}6\right) = 1000 \cdot 1{,}24 = 1240 \text{ МГц}.$$

В качестве технологической нормы берем округленное значение 1200 МГц.

УДК 621.382.089:621.753.1:006.354 ОКС 31.080

Ключевые слова: приборы полупроводниковые, методы установления норм и допуска на электрические параметры

Редактор *Е.Ю. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 17.10.2024. Подписано в печать 01.11.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,58.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru