

# Обеспечение заданных уровней радиационной стойкости ЭКБ в процессе ее производства. Опыт АО «Ангстрем»



**АНГСТРЕМ**  
группа компаний

Докладчик - Романов А.А.,  
начальник службы инновационных технологий

XII научно-техническая конференция  
«Обеспечение предприятий ракетно-космической  
отрасли электронной компонентной базой (ЭКБ)»  
АО «ТЕСТПРИБОР», 7-8 сентября 2023 г.

# Радиационно-стойкие КМОП технологии и ЭКБ. Серийное производство.

Подложка	Тип технологии	Линия	Тип ЭКБ	Статус
ГЭС КНС	3,0 мкм 1P1M	100 мм	Серия 1825	Лит.«А». Сер. пр-во. Мод. 2
	2,0 мкм 1P1M	100 мм	Серии 1620,1825,5517	Лит.«А». Сер. пр-во. Мод. 2
	2,0 мкм 1P1M	100 мм	БМК серия 5517	Лит.«А». Сер. пр-во. Мод. 2
	3,0 мкм 1P1M	150 мм	1620PY2 и 1620PY6	Лит.«А». Сер. пр-во. Мод. 2
	0,8 мкм 1P2M	150 мм	БМК серия 5516, 1620PY12	Лит.«А». Сер. пр-во. Мод. 2
Объемный кремний	3,0 мкм 1P2M	150 мм	1537XM1,1537XM2	Лит.«А». Оп. пр-во. Мод. 2
	0,8 мкм 1P2M	150 мм	1537XM2A	Лит.«А». Оп. пр-во. Мод. 2
	1,6 мкм 1P1M	150 мм	Серия 5514	Лит.«А». Сер. пр-во. Мод. 2
	0,8 мкм 1P8M	150 мм	Серия 5522	Лит.«А». Сер. пр-во. Мод. 2

Название презентации

# Радиационно-стойкие КМОП технологии и ЭКБ. Серийное производство.

Подложка	Тип технологии	Линия	Тип ЭКБ	Статус
Эпи структура	1,6 мкм БидКМОП	150 мм	Драйверы MOSFET	Лит.«А». Сер. пр-во. Мод. 2
	1,2 мкм БИП	150 мм	ОУ с JFET	Лит.«А». Сер. пр-во. Мод. 2
	1,6 мкм БикМОП	150 мм	Аналого-цифровые схемы	Лит.«А». Сер. пр-во. Мод. 2
	0,8 мкм БидКМОП	150 мм	Схемы управления питанием	Лит.«А». Сер. пр-во. Мод. 2
	Силовая электроника	150 мм	ДМОП, IGBT, БВД	Лит.«А». Сер. пр-во.

# Серия 1494 интегральных микросхем операционных усилителей, устойчивых к ВВФ

Обозначение	Наименование ТУ исполнения (базовое ТУ АЕНВ.431130.133ТУ)	Аналог	Корпус
1494УА01А5, 494УА01Б5, 1494УА01А3, 494УА01Б3, 1494УА01БН4	Прецизионный операционный усилитель АЕНВ.431130.133-01ТУ	140УД17 ОР07 РН07	Н02.8-1В, 3101.8-8
1494УА02А5, 1494УА02Б5, 1494УА02В5, 1494УА02А3, 1494УА02Б3, 1494УА02В3, 1494УА02БН4	Прецизионный малошумящий операционный усилитель АЕНВ.431130.133-02ТУ	140УД25 ОР27 РН27	Н02.8-1В, 3101.8-8
1494УА03А5, 1494УА03Б5, 1494УА03В5, 1494УА03А3, 1494УА03Б3, 1494УА03В3, 1494УА03БН4	Прецизионный малошумящий операционный усилитель с повышенным быстродействием АЕНВ.431130.133-03ТУ	140УД26 ОР37 РН37	Н02.8-1В, 3101.8-8
1494УА04А5, 494УА04Б5, 1494УА04А3, 494УА04Б3, 1494УА04БН4	Прецизионный малошумящий операционный усилитель АЕНВ.431130.133-04ТУ	140УД17 с расширенной полосой пропускания	Н02.8-1В, 3101.8-8

# Стойкость микросхем серии 1494 к воздействию специальных факторов 7И, 7С, 7К

Виды специальных факторов	Характеристик и специальных факторов	Значения характеристик специальных факторов	Примечание	
			U <sub>CC1</sub> , В	U <sub>CC2</sub> , В
7.И	7.И <sub>1</sub>	4У <sub>С</sub>	15	-15
	7.И <sub>6</sub>	4У <sub>С</sub>		
	7.И <sub>7</sub>	0,85•6У <sub>С</sub>		
7.С	7.С <sub>1</sub>	50•1У <sub>С</sub>		
	7.С <sub>4</sub>	8,5•4У <sub>С</sub>		
7.К	7.К <sub>1</sub>	5•2К		
	7.К <sub>4</sub>	2К		
	7.К <sub>9</sub> (7.К <sub>10</sub> )	1 ГэВ [35 МэВ] <sup>1)</sup>		
	7.К <sub>11</sub> (7.К <sub>12</sub> )	60 МэВ•см <sup>2</sup> /мг [5 МэВ•см <sup>2</sup> /мг] <sup>1)</sup>		

<sup>1)</sup>По эффектам отказов (по сбоям)

**Одноканальные ОУ с низким шумом, малым входным током, работающие в расширенном диапазоне питающих напряжений**

<i>Обозначение</i>	<i>Корпус</i>	<i>Функциональное назначение</i>
1496УА025	Н02.8-1В	Одноканальный ОУ с высоковольтными рМОП-транзисторами на входе с входным током не более 45 пА с выводом частотной коррекции (или выводом, подтягивающим выходное напряжение к низкопотенциальному состоянию) и номинальным напряжением питания в однополярном режиме 5 В, в двухполярном режиме $\pm 15$ В
1496УА03А5, 1496УА03В5		Одноканальный малошумящий ОУ с JFET-транзисторами на входе и с входным током не более 45 пА, с номинальным напряжением питания в двухполярном режиме от $\pm 5$ В до $\pm 15$ В
1496УА04А5, 1496УА04В5		Одноканальный малошумящий быстродействующий ОУ с JFET-транзисторами на входе с входным током не более 45 пА и выходом «rail-to-rail», с номинальным напряжением питания в однополярном режиме от 3,3 В до 30 В, в двухполярном режиме от $\pm 3,3$ В до $\pm 15$ В
1496УА05А5, 1496УА05В5		Одноканальный широкополосный малошумящий ОУ с JFET-транзисторами на входе с входным током не более 45 пА и выходом «rail-to-rail», с номинальным напряжением питания в однополярном режиме от 5 В до 10 В, в двухполярном режиме $\pm 5$ В

***Двухканальные ОУ с низким шумом, малым входным током, работающие в расширенном диапазоне питающих напряжений***

<b><i>Обозначение</i></b>	<b><i>Корпус</i></b>	<b><i>Функциональное назначение</i></b>
1496УА015	Н02.8-1В	Двухканальный ОУ с малым током потребления с номинальным напряжением питания в однополярном режиме от 5 до 30 В, в двухполярном режиме от $\pm 2,5$ В до $\pm 15$ В
1496УА06А5, 1496УА06В5	Н04.16-1В	Двухканальный малошумящий ОУ с JFET-транзисторами на входе с входным током не более 45 пА, с номинальным напряжением питания в двухполярном режиме от $\pm 5$ В до $\pm 15$ В
1496УА07А5, 1496УА07В5	Н04.16-1В	Двухканальный малошумящий быстродействующий ОУ с JFET-транзисторами на входе с входным током не более 45 пА и выходом «rail-to-rail», с номинальным напряжением питания в однополярном режиме от 5 В до 30 В, в двухполярном режиме от $\pm 5$ В до $\pm 15$ В

# Стойкость микросхем серии 1496 к воздействию специальных факторов 7И, 7С, 7К

Виды специальных факторов	Характеристики специальных факторов	Значения характеристик специальных факторов
7.И	7.И <sub>1</sub>	2Ус
	7.И <sub>2</sub> , 7.И <sub>3</sub>	4Ус
	7.И <sub>6</sub>	4Ус <sup>1)</sup> ; 2Ус <sup>2)</sup>
	7.И <sub>7</sub>	5Ус
	7.И <sub>12</sub>	2Р
	7.И <sub>13</sub>	0,1×1Р
7.С	7.С <sub>1</sub>	5×5Ус
	7.С <sub>4</sub>	5×5Ус
7.К	7.К <sub>1</sub> , 7.К <sub>4</sub> , 7.К <sub>7</sub>	1К <sup>3), 4)</sup> ; 2К <sup>5)</sup>
	7.К <sub>11</sub> (7.К <sub>12</sub> )	60 МэВ·см <sup>2</sup> /мг <sup>6)</sup>

1) Для микросхем 1496УА015, 1496УА025, 1496УА03А5, 1496УА03В5, 1496УА06А5, 1496УА06В5.

2) Для микросхем 1496УА04А5, 1496УА04В5, 1496УА05А5, 1496УА05В5, 1496УА07А5 и 1496УА07В5.

3) При независимом воздействии фактора 7.К с характеристиками 7.К<sub>4</sub>, 7.К<sub>7</sub> и совместном воздействии фактора 7.К с характеристиками 7.К<sub>1</sub>, 7.К<sub>4</sub>, 7.К<sub>7</sub>.

4) Требования стойкости по характеристикам 7.К<sub>1</sub>, 7.К<sub>4</sub>, 7.К<sub>7</sub> по дозовым эффектам подтверждают с учетом заданных значений характеристик 7.К<sub>2</sub>, 7.К<sub>5</sub> и 7.К<sub>8</sub>.

5) При независимом воздействии фактора 7.К с характеристикой 7.К<sub>1</sub>.

6) По катастрофическим отказам и тиристорному эффекту.

Название презентации



# Стойкость силовой ЭКБ к воздействиям специальных факторов. ОКР «Вольт-И7-РК»

ОКР «Вольт-И7 РК». Разработаны и освоены в серийном производстве 29 типов диодов, 27 типов транзисторов и 9 типов силовых модулей.

Характеристики специальных факторов	Тип диода					
	2ДВ109А9	2ДВ109Б9	2ДВ106А2, 2ДВ106А92, 2ДВ107А1, 2ДВ107А91, 2ДВ108А, 2ДВ108А3	2ДВ106Б2, 2ДВ106Б92, 2ДВ107Б1, 2ДВ107Б91, 2ДВ108Б, 2ДВ108Б3, 2ДВ110А93, 2ДВ110А4	2ДВ106В2, 2ДВ106В92, 2ДВ107В1, 2ДВ107В91, 2ДВ111А3, 2ДВ112А3, 2ДВ113А4	2ДВ201А3
7.И <sub>1</sub>	2·4У <sub>с</sub> <sup>1)</sup>	2·4У <sub>с</sub> <sup>1)</sup>	2·2У <sub>с</sub> <sup>1)</sup>	2·4У <sub>с</sub> <sup>1)</sup>	2·4У <sub>с</sub> <sup>1)</sup>	2·2У <sub>с</sub> <sup>1)</sup>
7.И <sub>6</sub>	4У <sub>с</sub> <sup>2), 6)</sup>	4У <sub>с</sub> <sup>2), 6)</sup>	2У <sub>с</sub> <sup>6)</sup>	4У <sub>с</sub> <sup>6)</sup>	4У <sub>с</sub> <sup>6)</sup>	2У <sub>с</sub> <sup>6)</sup>
7.И <sub>7</sub>	4У <sub>с</sub> <sup>7)</sup>	4У <sub>с</sub> <sup>7)</sup>	2У <sub>с</sub> <sup>7)</sup>	4У <sub>с</sub> <sup>7)</sup>	4У <sub>с</sub> <sup>7)</sup>	2У <sub>с</sub> <sup>7)</sup>
7.И <sub>12</sub>	0,02·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,03·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,04·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,02·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,03·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,03·1Р <sup>3), 4)</sup>
7.И <sub>13</sub>	0,006·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,007·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,009·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,006·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,007·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,007·1Р <sup>3), 4)</sup>
7.С <sub>1</sub>	100·4У <sub>с</sub>	100·4У <sub>с</sub>	28·2У <sub>с</sub>	100·4У <sub>с</sub>	100·4У <sub>с</sub>	9·2У <sub>с</sub>
7.С <sub>4</sub>	2·4У <sub>с</sub>	2·4У <sub>с</sub>	2·2У <sub>с</sub>	2·4У <sub>с</sub>	2·4У <sub>с</sub>	2·2У <sub>с</sub>
7.К <sub>1</sub> , 7.К <sub>4</sub>	1К <sup>5)</sup>	1К <sup>5)</sup>	1К <sup>5)</sup>	1К <sup>5)</sup>	1К <sup>5)</sup>	1К <sup>5)</sup>
7.К <sub>1</sub>	21·1К <sup>4)</sup>	20·1К <sup>4)</sup>	21·1К <sup>4)</sup>	21·1К <sup>4)</sup>	20·1К <sup>4)</sup>	22·1К <sup>4)</sup>
7.К <sub>4</sub> <sup>1)</sup>	6·1К <sup>1)</sup> / 1К <sup>4)</sup>	6·1К <sup>1)</sup> / 1К <sup>4)</sup>	3·1К <sup>1)</sup> / 1К <sup>4)</sup>	6·1К <sup>1)</sup> / 1К <sup>4)</sup>	6·1К <sup>1)</sup> / 1К <sup>4)</sup>	3·1К <sup>1)</sup> / 1К <sup>4)</sup>
7.К <sub>9</sub> , 7.К <sub>10</sub>	не менее 14 МэВ <sup>2)</sup>					
	при U <sub>обр</sub> ≤ 600 В	при U <sub>обр</sub> ≤ 800 В	при U <sub>обр</sub> ≤ 400 В	при U <sub>обр</sub> ≤ 600 В	при U <sub>обр</sub> ≤ 800 В	при U <sub>обр</sub> ≤ 1 000 В
7.К <sub>11</sub> , 7.К <sub>12</sub>	не менее 60 МэВ·см <sup>2</sup> /мг <sup>2)</sup>					
	при U <sub>обр</sub> ≤ 600 В	при U <sub>обр</sub> ≤ 600 В	при U <sub>обр</sub> ≤ 400 В	при U <sub>обр</sub> ≤ 600 В	при U <sub>обр</sub> ≤ 600 В	при U <sub>обр</sub> ≤ 1 000 В
7.И <sub>8</sub>	10 <sup>-4</sup> ·1У <sub>с</sub>	10 <sup>-4</sup> ·1У <sub>с</sub>	10 <sup>-4</sup> ·1У <sub>с</sub>	10 <sup>-4</sup> ·1У <sub>с</sub>	10 <sup>-4</sup> ·1У <sub>с</sub>	10 <sup>-4</sup> ·1У <sub>с</sub>
<b>Примечания</b>						
1) По структурным повреждениям.						
2) По эффектам отказа.						
3) Соответствует уровню ЗР по термомеханическим эффектам.						
4) По ионизационным эффектам.						
5) При совместном воздействии фактора 7.К с характеристиками 7.К <sub>1</sub> , 7.К <sub>4</sub> .						

# Стойкость силовой ЭКБ к воздействиям специальных факторов. ОКР «Вольт-И7-РК»

Характеристики специальных факторов	Тип диода				
	2ДВ201АН5	2ДВ302АН5	2ДВ303АН5	2ДВ304АН5	2ДВ305АН5
7.И <sub>1</sub>	$2 \cdot 2У_c^{1)}$	$2 \cdot 2У_c^{1)}$	$2 \cdot 2У_c^{1)}$	$2 \cdot 2У_c^{1)}$	$2 \cdot 2У_c^{1)}$
7.И <sub>6</sub>	$2У_c^{6)}$	$2У_c^{6)}$	$2У_c^{6)}$	$2У_c^{6)}$	$2У_c^{6)}$
7.И <sub>7</sub>	$2У_c^{7)}$	$2У_c^{7)}$	$2У_c^{7)}$	$2У_c^{7)}$	$2У_c^{7)}$
7.И <sub>8</sub>	$0,006 \cdot 1У_c$	$0,0003 \cdot 1У_c$	$0,006 \cdot 1У_c$	$0,006 \cdot 1У_c$	$0,006 \cdot 1У_c$
7.И <sub>12</sub>	$0,035 \cdot 1P^{3), 4)}$	$0,03 \cdot 1P^{3), 4)}$	$0,04 \cdot 1P^{3), 4)}$	$0,04 \cdot 1P^{3), 4)}$	$0,04 \cdot 1P^{3), 4)}$
7.И <sub>13</sub>	$0,007 \cdot 1P^{3), 4)}$	$0,007 \cdot 1P^{3), 4)}$	$0,009 \cdot 1P^{3), 4)}$	$0,008 \cdot 1P^{3), 4)}$	$0,009 \cdot 1P^{3), 4)}$
7.С <sub>1</sub>	$9 \cdot 2У_c$	$11 \cdot 2У_c$	$11 \cdot 2У_c$	$14 \cdot 2У_c$	$14 \cdot 2У_c$
7.С <sub>4</sub>	$2 \cdot 2У_c$	$2 \cdot 2У_c$	$2 \cdot 2У_c$	$2 \cdot 2У_c$	$2 \cdot 2У_c$
7.К <sub>1</sub> , 7.К <sub>4</sub>	$1K^{5)}$	$1K^{5)}$	$1K^{5)}$	$1K^{5)}$	$1K^{5)}$
7.К <sub>1</sub>	$22 \cdot 1K^{4)}$	$20 \cdot 1K^{4)}$	$20 \cdot 1K^{4)}$	$21 \cdot 1K^{4)}$	$22 \cdot 1K^{4)}$
7.К <sub>4</sub>	$3 \cdot 1K^{1}) / 1K^{4)}$	$3 \cdot 1K^{1}) / 1K^{4)}$	$3 \cdot 1K^{1}) / 1K^{4)}$	$3 \cdot 1K^{1}) / 1K^{4)}$	$3 \cdot 1K^{1}) / 1K^{4)}$
7.К <sub>9</sub> , 7.К <sub>10</sub>	не менее 14 МэВ <sup>2)</sup>				
	при $U_{обр} \leq 1000$ В	при $U_{обр} \leq 1250$ В	при $U_{обр} \leq 1600$ В	при $U_{обр} \leq 1900$ В	при $U_{обр} \leq 1800$ В
7.К <sub>11</sub> (7.К <sub>12</sub> )	не менее 60 МэВ·см <sup>2</sup> /мг <sup>2)</sup>				
	при $U_{обр} \leq 1000$ В	при $U_{обр} \leq 1250$ В	при $U_{обр} \leq 1300$ В	при $U_{обр} \leq 1450$ В	при $U_{обр} \leq 1200$ В
<p><b>П р и м е ч а н и я</b></p> <p>1) По структурным повреждениям.</p> <p>2) По эффектам отказа.</p> <p>3) Соответствует уровню ЗР по термомеханическим эффектам.</p> <p>4) По ионизационным эффектам.</p> <p>5) При совместном воздействии фактора 7.К с характеристиками 7.К<sub>1</sub>, 7.К<sub>4</sub>.</p> <p>6) Ограничено ОБР, при <math>R_{и, макс}</math> не более 1 мс.</p> <p>7) При <math>U_{обр} = 20</math> В.</p>					

Название презентации

# Стойкость силовой ЭКБ к воздействиям специальных факторов. ОКР «Вольт-И7-РК»

Характеристики специальных факторов	Условное обозначение транзистора		
	2ТЕ301А1, 2ТЕ301А91, 2ТЕ302А3, 2ТЕ303А4, 2ТЕ304А4	2ТЕ305А3, 2ТЕ306А4	2ТЕ305Б3
7.И <sub>1</sub>	$0,8 \cdot 2У_c^{1)}$	$0,8 \cdot 2У_c^{1)}$	$0,8 \cdot 2У_c^{1)}$
7.И <sub>6</sub>	$2У_c^{6)}$	$2У_c^{6)}$	$2У_c^{6)}$
7.И <sub>7</sub>	$0,11 \cdot 2У_c^{7)}$	$0,13 \cdot 2У_c^{7)}$	$0,10 \cdot 2У_c^{7)}$
7.И <sub>12</sub>	$0,04 \cdot 1P^{3), 4)}$	$0,03 \cdot 1P^{3), 4)}$	$0,04 \cdot 1P^{3), 4)}$
7.И <sub>13</sub>	$0,007 \cdot 1P^{3), 4)}$	$0,005 \cdot 1P^{3), 4)}$	$0,008 \cdot 1P^{3), 4)}$
7.С <sub>1</sub>	$4 \cdot 2У_c$	$4 \cdot 2У_c$	$4 \cdot 2У_c$
7.С <sub>4</sub>	$0,02 \cdot 2У_c$	$0,03 \cdot 2У_c$	$0,02 \cdot 2У_c$
7.К <sub>1</sub> , 7.К <sub>4</sub>	$0,01 \cdot 1K^{5)}$	$0,012 \cdot 1K^{5)}$	$0,01 \cdot 1K^{5)}$
7.К <sub>1</sub>	$0,2 \cdot 1K^{4)}$	$0,27 \cdot 1K^{4)}$	$0,2 \cdot 1K^{4)}$
7.К <sub>4</sub>	$0,15 \cdot 1K^{1}) / 0,011 \cdot 1K^{4)}$	$0,15 \cdot 1K^{1}) / 0,013 \cdot 1K^{4)}$	$0,15 \cdot 1K^{1}) / 0,01 \cdot 1K^{4)}$
7.К <sub>9</sub> , 7.К <sub>10</sub>	не менее 14 МэВ <sup>2)</sup>		
	при $U_{КЭ} \leq 600 В$ , $U_{ЗЭ} = 0 В$ ; при $U_{КЭ} \leq 100 В$ , $U_{ЗЭ} = -20 В$ ;	при $U_{КЭ} \leq 240 В$ , $U_{ЗЭ} = 0 В$ ; при $U_{КЭ} \leq 120 В$ , $U_{ЗЭ} = -20 В$ ;	при $U_{КЭ} \leq 800 В$ , $U_{ЗЭ} = 0 В$ ;
7.К <sub>11</sub> , 7.К <sub>12</sub>	не менее 60 МэВ·см <sup>2</sup> /мг <sup>2)</sup>		
	при $U_{КЭ} \leq 100 В$ , $U_{ЗЭ} = 0 В$ ; при $U_{КЭ} \leq 50 В$ , $U_{ЗЭ} = -20 В$	при $U_{КЭ} \leq 120 В$ , $U_{ЗЭ} = 0 В$	при $U_{КЭ} \leq 340 В$ , $U_{ЗЭ} = 0 В$ ; при $U_{КЭ} \leq 170 В$ , $U_{ЗЭ} = -20 В$ ;
7.И <sub>8</sub>	$10^{-4} \cdot 1У_c$	$10^{-4} \cdot 1У_c$	$10^{-4} \cdot 1У_c$
<p><b>П р и м е ч а н и я</b></p> <p>1) По структурным повреждениям.</p> <p>2) По эффектам отказа.</p> <p>3) Соответствует уровню ЗР по термомеханическим эффектам.</p> <p>4) По ионизационным эффектам.</p> <p>5) При совместном воздействии фактора 7.К с характеристиками 7.К<sub>1</sub>, 7.К<sub>4</sub>.</p>			

# Стойкость силовой ЭКБ к воздействиям специальных факторов. ОКР «Вольт-И7-РК»

Характеристики специальных факторов	Тип транзистора						
	2ТЕ307А3, 2ТЕ307А5, 2ТЕ308А4, 2ТЕ309А4, 2ТЕ309А5	2ТЕ310А, 2ТЕ310А3, 2ТЕ311А3, 2ТЕ311А5, 2ТЕ312А4, 2ТЕ313А4, 2ТЕ314А5	2ТЕ315А3, 2ТЕ316А5, 2ТЕ317А6	2ТЕ317Б6	2ТЕ317В7	2ТЕ317Г7	2ТЕ317Д7
7.И <sub>1</sub>	0,8·2У <sub>с</sub> <sup>1)</sup>	0,8·2У <sub>с</sub> <sup>1)</sup>	0,8·2У <sub>с</sub> <sup>1)</sup>	0,8·2У <sub>с</sub> <sup>1)</sup>	0,8·2У <sub>с</sub> <sup>1)</sup>	0,8·2У <sub>с</sub> <sup>1)</sup>	0,8·2У <sub>с</sub> <sup>1)</sup>
7.И <sub>6</sub>	2У <sub>с</sub> <sup>6)</sup>	2У <sub>с</sub> <sup>6)</sup>	2У <sub>с</sub> <sup>6)</sup>	2У <sub>с</sub> <sup>6)</sup>	2У <sub>с</sub> <sup>6)</sup>	2У <sub>с</sub> <sup>6)</sup>	2У <sub>с</sub> <sup>6)</sup>
7.И <sub>7</sub>	0,1·2У <sub>с</sub> <sup>7)</sup>	0,1·2У <sub>с</sub> <sup>7)</sup>	0,1·2У <sub>с</sub> <sup>7)</sup>	0,1·2У <sub>с</sub> <sup>7)</sup>	0,08·2У <sub>с</sub> <sup>7)</sup>	0,08·2У <sub>с</sub> <sup>7)</sup>	0,07·2У <sub>с</sub> <sup>7)</sup>
7.И <sub>12</sub>	0,04·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,03·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,04·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,04·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,04·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,03·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,03·1Р <sup>3), 4)</sup>
7.И <sub>13</sub>	0,007·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,005·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,008·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,008·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,007·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,006·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,005·1Р <sup>3), 4)</sup>
7.С <sub>1</sub>	4·2У <sub>с</sub>	4·2У <sub>с</sub>	4·2У <sub>с</sub>	4·2У <sub>с</sub>	4·2У <sub>с</sub>	4·2У <sub>с</sub>	4·2У <sub>с</sub>
7.С <sub>4</sub>	0,02·2У <sub>с</sub>	0,03·2У <sub>с</sub>	0,02·2У <sub>с</sub>	0,02·2У <sub>с</sub>	0,01·2У <sub>с</sub>	0,01·2У <sub>с</sub>	0,01·2У <sub>с</sub>
7.К <sub>1</sub> , 7.К <sub>4</sub>	0,01·1К <sup>5)</sup>	0,012·1К <sup>5)</sup>	0,01·1К <sup>5)</sup>	0,01·1К <sup>5)</sup>	0,008·1К <sup>5)</sup>	0,008·1К <sup>5)</sup>	0,007·1К <sup>5)</sup>
7.К <sub>1</sub>	0,2·1К <sup>4)</sup>	0,27·1К <sup>4)</sup>	0,2·1К <sup>4)</sup>	0,2·1К <sup>4)</sup>	0,16·1К <sup>4)</sup>	0,16·1К <sup>4)</sup>	0,16·1К <sup>4)</sup>
7.К <sub>4</sub>	0,15·1К <sup>1)</sup> / 0,011·1К <sup>4)</sup>	0,15·1К <sup>1)</sup> / 0,013·1К <sup>4)</sup>	0,15·1К <sup>1)</sup> / 0,01·1К <sup>4)</sup>	0,15·1К <sup>1)</sup> / 0,01·1К <sup>4)</sup>	0,15·1К <sup>1)</sup> / 0,008·1К <sup>4)</sup>	0,15·1К <sup>1)</sup> / 0,008·1К <sup>4)</sup>	0,15·1К <sup>1)</sup> / 0,007·1К <sup>4)</sup>
7.К <sub>9</sub> , 7.К <sub>10</sub>	не менее 14 МэВ <sup>2)</sup>						
	при U <sub>кэ</sub> ≤ 600 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В	при U <sub>кэ</sub> ≤ 240 В, 120 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В, -20 В	при U <sub>кэ</sub> ≤ 800 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В	при U <sub>кэ</sub> ≤ 1 250 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В	при U <sub>кэ</sub> ≤ 1 200 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В	при U <sub>кэ</sub> ≤ 1 350 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В	при U <sub>кэ</sub> ≤ 1 800 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В
7.К <sub>11</sub> 7.К <sub>12</sub>	не менее 60 МэВ·см <sup>2</sup> /мг <sup>2)</sup>						
	при U <sub>кэ</sub> ≤ 100 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В; при U <sub>кэ</sub> ≤ 50 В, U <sub>зэ</sub> = -20 В	при U <sub>кэ</sub> ≤ 120 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В	при U <sub>кэ</sub> ≤ 340 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В; при U <sub>кэ</sub> ≤ 170 В, U <sub>зэ</sub> = -20 В	при U <sub>кэ</sub> ≤ 250 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В; при U <sub>кэ</sub> ≤ 250 В, U <sub>зэ</sub> = -20 В	при U <sub>кэ</sub> ≤ 300 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В; при U <sub>кэ</sub> ≤ 200 В, U <sub>зэ</sub> = -20 В	при U <sub>кэ</sub> ≤ 450 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В; при U <sub>кэ</sub> ≤ 200 В, U <sub>зэ</sub> = -20 В	при U <sub>кэ</sub> ≤ 1200 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В; при U <sub>кэ</sub> ≤ 600 В, U <sub>зэ</sub> = -20 В
7.И <sub>8</sub>	10 <sup>-4</sup> ·1У <sub>с</sub>	10 <sup>-4</sup> ·1У <sub>с</sub>	10 <sup>-4</sup> ·1У <sub>с</sub>	10 <sup>-4</sup> ·1У <sub>с</sub>	10 <sup>-4</sup> ·1У <sub>с</sub>	10 <sup>-4</sup> ·1У <sub>с</sub>	10 <sup>-4</sup> ·1У <sub>с</sub>

# Стойкость силовой ЭКБ к воздействиям специальных факторов. ОКР «Вольт-И7-РК»

Характеристики специальных факторов	Тип модуля		
	2МЕ101А	2МЕ102А	2МЕ103А
7.И <sub>1</sub>	0,8·2У <sub>с</sub> <sup>1)</sup>	0,8·2У <sub>с</sub> <sup>1)</sup>	0,8·2У <sub>с</sub> <sup>1)</sup>
7.И <sub>6</sub>	2У <sub>с</sub> <sup>6)</sup>	2У <sub>с</sub> <sup>6)</sup>	2У <sub>с</sub> <sup>6)</sup>
7.И <sub>7</sub>	0,11·2У <sub>с</sub>	0,13·2У <sub>с</sub>	0,10·2У <sub>с</sub>
7.И <sub>8</sub>	0,0003·1У <sub>с</sub>	0,0003·1У <sub>с</sub>	0,0003·1У <sub>с</sub>
7.И <sub>12</sub>	0,04·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,03·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,04·1Р <sup>3), 4)</sup>
7.И <sub>13</sub>	0,007·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,005·1Р <sup>3), 4)</sup>	0,008·1Р <sup>3), 4)</sup>
7.С <sub>1</sub>	4·2У <sub>с</sub>	4·2У <sub>с</sub>	4·2У <sub>с</sub>
7.С <sub>4</sub>	0,02·2У <sub>с</sub>	0,027·2У <sub>с</sub>	0,02·2У <sub>с</sub>
7.К <sub>1</sub> , 7.К <sub>4</sub>	0,01·1К <sup>5)</sup>	0,012·1К <sup>5)</sup>	0,01·1К <sup>5)</sup>
7.К <sub>1</sub>	0,2·1К <sup>4)</sup>	0,27·1К <sup>4)</sup>	0,2·1К <sup>4)</sup>
7.К <sub>4</sub>	0,15·1К <sup>1)</sup> / 0,011·1К <sup>4)</sup>	0,15·1К <sup>1)</sup> / 0,013·1К <sup>4)</sup>	0,15·1К <sup>1)</sup> / 0,01·1К <sup>4)</sup>
7.К <sub>9</sub> , 7.К <sub>10</sub>	не менее 14 МэВ <sup>2)</sup>		
	при U <sub>кэ</sub> ≤ 600 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В; при U <sub>кэ</sub> ≤ 200 В, U <sub>зэ</sub> = - 20 В;	при U <sub>кэ</sub> ≤ 240 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В; при U <sub>кэ</sub> ≤ 120 В, U <sub>зэ</sub> = -20 В;	при U <sub>кэ</sub> ≤ 600 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В; при U <sub>кэ</sub> ≤ 340 В, U <sub>зэ</sub> = - 20 В;
7.К <sub>11</sub> , 7.К <sub>12</sub>	не менее 60 МэВ·см <sup>2</sup> /мг <sup>2)</sup>		
	при U <sub>кэ</sub> ≤ 100 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В; при U <sub>кэ</sub> ≤ 50 В, U <sub>зэ</sub> = -20 В	при U <sub>кэ</sub> ≤ 120 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В	при U <sub>кэ</sub> ≤ 340 В, U <sub>зэ</sub> = 0 В; при U <sub>кэ</sub> ≤ 170 В, U <sub>зэ</sub> = - 20 В;
<b>Примечания:</b> <sup>1)</sup> По структурным повреждениям. <sup>2)</sup> По эффектам отказа. <sup>3)</sup> Соответствует уровню ЗР по термомеханическим эффектам. <sup>4)</sup> По ионизационным эффектам. <sup>5)</sup> При совместном воздействии фактора 7.К с характеристиками 7.К <sub>1</sub> , 7.К <sub>4</sub> . <sup>6)</sup> Ограничено ОБР, при Р <sub>и.макс</sub> не более 1 мс.			

# Стойкость силовой ЭКБ к воздействиям специальных факторов. ОКР «Вольт-И7-РК»

Характеристики специальных факторов	Значения характеристик специальных факторов		
	2МЕ101А1, 2МЕ101Б2	2МЕ102А1, 2МЕ102Б2	2МЕ103А1, 2МЕ103Б2
7.И <sub>1</sub>	$0,8 \cdot 2У_c^{1)}$	$0,8 \cdot 2У_c^{1)}$	$0,8 \cdot 2У_c^{1)}$
7.И <sub>6</sub>	$2У_c^{6)}$	$2У_c^{6)}$	$2У_c^{6)}$
7.И <sub>7</sub>	$0,11 \cdot 2У_c$	$0,13 \cdot 2У_c$	$0,10 \cdot 2У_c$
7.И <sub>8</sub>	$0,0003 \cdot 1У_c$	$0,0003 \cdot 1У_c$	$0,0003 \cdot 1У_c$
7.И <sub>12</sub>	$0,04 \cdot 1P^{3), 4)}$	$0,03 \cdot 1P^{3), 4)}$	$0,04 \cdot 1P^{3), 4)}$
7.И <sub>13</sub>	$0,007 \cdot 1P^{3), 4)}$	$0,005 \cdot 1P^{3), 4)}$	$0,008 \cdot 1P^{3), 4)}$
7.С <sub>1</sub>	$4 \cdot 2У_c$	$4 \cdot 2У_c$	$4 \cdot 2У_c$
7.С <sub>4</sub>	$0,02 \cdot 2У_c$	$0,027 \cdot 2У_c$	$0,02 \cdot 2У_c$
7.К <sub>1</sub> , 7.К <sub>4</sub>	$0,01 \cdot 1K^{5)}$	$0,012 \cdot 1K^{5)}$	$0,01 \cdot 1K^{5)}$
7.К <sub>1</sub>	$0,2 \cdot 1K^{4)}$	$0,27 \cdot 1K^{4)}$	$0,2 \cdot 1K^{4)}$
7.К <sub>4</sub>	$0,15 \cdot 1K^{1}) / 0,011 \cdot 1K^{4)}$	$0,15 \cdot 1K^{1}) / 0,013 \cdot 1K^{4)}$	$0,15 \cdot 1K^{1}) / 0,01 \cdot 1K^{4)}$
7.К <sub>9</sub> , 7.К <sub>10</sub>	не менее 14 МэВ <sup>2)</sup>		
	при $U_{кэ} \leq 600$ В, $U_{зэ} = 0$ В; при $U_{кэ} \leq 200$ В, $U_{зэ} = -20$ В;	при $U_{кэ} \leq 240$ В, $U_{зэ} = 0$ В; при $U_{кэ} \leq 120$ В, $U_{зэ} = -20$ В;	при $U_{кэ} \leq 600$ В, $U_{зэ} = 0$ В; при $U_{кэ} \leq 340$ В, $U_{зэ} = -20$ В;
7.К <sub>11</sub> , 7.К <sub>12</sub>	не менее 60 МэВ·см <sup>2</sup> /мг <sup>2)</sup>		
	при $U_{кэ} \leq 100$ В, $U_{зэ} = 0$ В; при $U_{кэ} \leq 50$ В, $U_{зэ} = -20$ В	при $U_{кэ} \leq 120$ В, $U_{зэ} = 0$ В	при $U_{кэ} \leq 340$ В, $U_{зэ} = 0$ В; при $U_{кэ} \leq 170$ В, $U_{зэ} = -20$ В;
<p><b>П р и м е ч а н и я</b></p> <p><sup>1)</sup> По структурным повреждениям.</p> <p><sup>2)</sup> По эффектам отказа.</p> <p><sup>3)</sup> Соответствует уровню ЗР по термомеханическим эффектам.</p> <p><sup>4)</sup> По ионизационным эффектам.</p> <p><sup>5)</sup> При совместном воздействии фактора 7.К с характеристиками 7.К<sub>1</sub>, 7.К<sub>4</sub>.</p>			

Название презентации

# Стойкость силовой ЭКБ к воздействиям специальных факторов. ОКР «Сила-И8»

ОКР «Сила–И8». Разработаны и освоены в серийном производстве 95 типов транзисторов

Характеристика специально фактора	Значение характеристики					
	2ПЕ208А9, 2ПЕ304А	2ПЕ208Б9, 2ПЕ304Б	2ПЕ208В9, 2ПЕ304В	2ПЕ209А9, 2ПЕ305А	2ПЕ209Б9, 2ПЕ305Б	2ПЕ209В9, 2ПЕ305В
7.И <sub>1</sub>	4Ус			4Ус		
7.И <sub>6</sub>	5Ус			0,2×1Ус		
7.И <sub>8</sub>	0,0005×1Ус			0,0003×1Ус		
7.И <sub>7</sub>	0,2×4Ус			5Ус		
7.С <sub>1</sub>	50×1Ус			50×1Ус		
7.С <sub>4</sub>	0,1×1Ус			5×5Ус		
7.К <sub>1</sub>	0,05×2К			2×2К		
7.К <sub>4</sub>	0,05×1К			2×1К		
7К <sub>11</sub> , 7К <sub>12</sub> <sup>1)</sup>	68 МэВ×см <sup>2</sup> /мг			68 МэВ×см <sup>2</sup> /мг		
	при U <sub>СИ</sub> ≤ 28 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 25 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 30 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -24 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -25 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -30 В
	40 МэВ×см <sup>2</sup> /мг			40 МэВ×см <sup>2</sup> /мг		
	при U <sub>СИ</sub> ≤ 28 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 35 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 40 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -30 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -40 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -50 В
	17 МэВ×см <sup>2</sup> /мг			17 МэВ×см <sup>2</sup> /мг		
	при U <sub>СИ</sub> ≤ 30 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 40 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 60 В		при U <sub>СИ</sub> ≥ -60 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -100 В
	7 МэВ×см <sup>2</sup> /мг			7 МэВ×см <sup>2</sup> /мг		
		при U <sub>СИ</sub> ≤ 50 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 70 В			
1) При U <sub>ЗИ</sub> = 0 В						

# Стойкость силовой ЭКБ к воздействиям специальных факторов. ОКР «Сила-И8»

Характеристика специально фактора	Значение характеристики					
	2ПЕ208А2, 2ПЕ208А92, 2ПЕ210А1, 2ПЕ210А91	2ПЕ208Б2, 2ПЕ208Б92, 2ПЕ210Б1, 2ПЕ210Б91	2ПЕ208В2, 2ПЕ208В92, 2ПЕ210В1, 2ПЕ210В91	2ПЕ209А2, 2ПЕ209А92, 2ПЕ211А1, 2ПЕ211А91	2ПЕ209Б2, 2ПЕ209Б92, 2ПЕ211Б1, 2ПЕ211Б91	2ПЕ209В2, 2ПЕ209В92, 2ПЕ211В1, 2ПЕ211В91
7.И <sub>1</sub>	4Ус			4Ус		
7.И <sub>6</sub>	5Ус			0,2×1Ус		
7.И <sub>8</sub>	0,0005×1Ус			0,0003×1Ус		
7.И <sub>7</sub>	0,2×4Ус			5Ус		
7.С <sub>1</sub>	50×1Ус			50×1Ус		
7.С <sub>4</sub>	0,1×1Ус			5×5Ус		
7.К <sub>1</sub>	0,05×2К			2×2К		
7.К <sub>4</sub>	0,05×1К			2×1К		
7К <sub>11</sub> , 7К <sub>12</sub> <sup>1)</sup>	68 МэВ×см <sup>2</sup> /мг			68 МэВ×см <sup>2</sup> /мг		
	при U <sub>СИ</sub> ≤ 28 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 25 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 30 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -24 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -25 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -30 В
	40 МэВ×см <sup>2</sup> /мг			40 МэВ×см <sup>2</sup> /мг		
	при U <sub>СИ</sub> ≤ 28 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 35 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 40 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -30 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -40 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -50 В
	17 МэВ×см <sup>2</sup> /мг			17 МэВ×см <sup>2</sup> /мг		
	при U <sub>СИ</sub> ≤ 30 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 40 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 60 В		при U <sub>СИ</sub> ≥ -60 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -100 В
	7 МэВ×см <sup>2</sup> /мг			7 МэВ×см <sup>2</sup> /мг		
		при U <sub>СИ</sub> ≤ 50 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 70 В			
1) При U <sub>ЗИ</sub> = 0 В.						



# Стойкость силовой ЭКБ к воздействиям специальных факторов. ОКР «Сила-И8»

Характеристика специально фактора	Значение характеристики					
	2ПЕ212А, 2ПЕ213А9, 2ПЕ214А9, 2ПЕ306А9	2ПЕ212Б, 2ПЕ213Б9, 2ПЕ214Б9, 2ПЕ306Б9	2ПЕ212В, 2ПЕ213В9, 2ПЕ214В9, 2ПЕ306В9	2ПЕ215А, 2ПЕ219А9, 2ПЕ220А9, 2ПЕ307А9	2ПЕ215Б, 2ПЕ219Б9, 2ПЕ220Б9, 2ПЕ307Б9	2ПЕ215В, 2ПЕ219В9, 2ПЕ220В9, 2ПЕ307В9
7.И <sub>1</sub>	4Ус			4Ус		
7.И <sub>6</sub>	1Ус			0,1×1Ус		
7.И <sub>8</sub>	0,0003×1Ус			0,0007×1Ус		
7.И <sub>7</sub>	0,4×4Ус / 5×4Ус <sup>1)</sup>			5Ус		
7.С <sub>1</sub>	50×1Ус			50×1Ус		
7.С <sub>4</sub>	0,2×1Ус / 2×5Ус <sup>1)</sup>			5×5Ус		
7.К <sub>1</sub>	1К / 2К <sup>1)</sup>			2×2К		
7.К <sub>4</sub>	0,1×1К / 1К <sup>1)</sup>			2×1К		
7К <sub>11</sub> , 7К <sub>12</sub> <sup>2)</sup>	68 МэВ×см <sup>2</sup> /мг			68 МэВ×см <sup>2</sup> /мг		
	при U <sub>СИ</sub> ≤ 60 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 100 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 160 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -60 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -100 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -160 В
	40 МэВ×см <sup>2</sup> /мг			40 МэВ×см <sup>2</sup> /мг		
			при U <sub>СИ</sub> ≤ 200 В			при U <sub>СИ</sub> ≥ -200 В
<p>1) При режиме работы транзисторов при постоянном напряжении U<sub>с</sub> = U<sub>и</sub> = 0 В и переменном сигнале U<sub>зи</sub> с амплитудой 20 В с коэффициентом заполнения сигнала 50 %.</p> <p>2) При U<sub>зи</sub> = 0 В.</p>						

# Стойкость силовой ЭКБ к воздействиям специальных факторов. ОКР «Сила-И8»

Характеристика специально фактора	Значение характеристики					
	2ПЕ213А2, 2ПЕ213А92,	2ПЕ213Б2, 2ПЕ213Б92,	2ПЕ213В2, 2ПЕ213В92,	2ПЕ219А2, 2ПЕ219А92,	2ПЕ219Б2, 2ПЕ219Б92,	2ПЕ219В2, 2ПЕ219В92,
7.И <sub>1</sub>	4Ус			4Ус		
7.И <sub>6</sub>	1Ус			0,1×1Ус		
7.И <sub>8</sub>	0,0003×1Ус			0,0007×1Ус		
7.И <sub>7</sub>	0,4×4Ус / 5×4Ус <sup>1)</sup>			5Ус		
7.С <sub>1</sub>	50×1Ус			50×1Ус		
7.С <sub>4</sub>	0,2×1Ус / 2×5Ус <sup>1)</sup>			5×5Ус		
7.К <sub>1</sub>	1К / 2К <sup>1)</sup>			2×2К		
7.К <sub>4</sub>	0,1×1К / 1К <sup>1)</sup>			2×1К		
7К <sub>11</sub> , 7К <sub>12</sub> <sup>2)</sup>	68 МэВ×см <sup>2</sup> /мг			68 МэВ×см <sup>2</sup> /мг		
	при U <sub>СИ</sub> ≤ 60 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 100 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 160 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -60 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -100 В	при U <sub>СИ</sub> ≥ -160 В
	40 МэВ×см <sup>2</sup> /мг			40 МэВ×см <sup>2</sup> /мг		
			при U <sub>СИ</sub> ≤ 200 В			при U <sub>СИ</sub> ≥ -200 В
<p><sup>1)</sup> При режиме работы транзисторов при постоянном напряжении U<sub>С</sub> = U<sub>И</sub> = 0 В и переменном сигнале U<sub>ЗИ</sub> с амплитудой 20 В с коэффициентом заполнения сигнала 50 %.</p> <p><sup>2)</sup> При U<sub>ЗИ</sub> = 0 В.</p>						

# Стойкость силовой ЭКБ к воздействиям специальных факторов. ОКР «Сила-И8»

Характеристика специально фактора	Значение характеристики		
	2ПЕ221А	2ПЕ221Б	2ПЕ221В
7.И <sub>1</sub>	4Ус		
7.И <sub>6</sub>	0,007×1Ус		
7.И <sub>8</sub>	0,00002×1Ус		
7.И <sub>7</sub>	0,4×4Ус / 5×4Ус <sup>1)</sup>		
7.С <sub>1</sub>	50×1Ус		
7.С <sub>4</sub>	0,2×1Ус / 2×5Ус <sup>1)</sup>		
7.К <sub>1</sub>	2×1К / 2К <sup>1)</sup>		
7.К <sub>4</sub>	0,1×1К / 1К <sup>1)</sup>		
7К <sub>11</sub> , 7К <sub>12</sub> <sup>2)</sup>	68 МэВ×см <sup>2</sup> /мг		
	при U <sub>СИ</sub> ≤ 240 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 360 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 270 В
	40 МэВ×см <sup>2</sup> /мг		
	при U <sub>СИ</sub> ≤ 280 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 420 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 450 В
	16 МэВ×см <sup>2</sup> /мг		
	при U <sub>СИ</sub> ≤ 320 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 420 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 540 В
	7 МэВ×см <sup>2</sup> /мг		
при U <sub>СИ</sub> ≤ 320 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 420 В	при U <sub>СИ</sub> ≤ 540 В	
<sup>1)</sup> При режиме работы транзисторов при постоянном напряжении U <sub>С</sub> = U <sub>И</sub> = 0 В и переменном сигнале U <sub>ЗИ</sub> с амплитудой 20 В с коэффициентом заполнения сигнала 50 %. <sup>2)</sup> При U <sub>ЗИ</sub> = 0 В.			

# Стойкость силовой ЭКБ к воздействиям специальных факторов. ОКР «Сила-И8»

Характеристика специально фактора	Значение характеристики				
	2ПЕ222А1, 2ПЕ222А91, 2ПЕ223А2, 2ПЕ223А92	2ПЕ222Б1, 2ПЕ222Б91, 2ПЕ223Б2, 2ПЕ223Б92	2ПЕ222В1, 2ПЕ222В91, 2ПЕ223В2, 2ПЕ223В92	2ПЕ222Г1, 2ПЕ222Г91, 2ПЕ223Г2, 2ПЕ223Г92	2ПЕ222Д1, 2ПЕ222Д91, 2ПЕ223Д2, 2ПЕ223Д92
7.И <sub>1</sub>	4Ус			4Ус	
7.И <sub>6</sub>	0,007×1Ус			0,03×1Ус	
7.И <sub>8</sub>	0,00002×1Ус			0,00001×1Ус	
7.И <sub>7</sub>	0,4×4Ус / 5×4Ус <sup>1)</sup>			4Ус	
7.С <sub>1</sub>	50×1Ус			50×1Ус	
7.С <sub>4</sub>	0,2×1Ус / 2×5Ус <sup>1)</sup>			0,5×1Ус / 2×5Ус <sup>1)</sup>	
7.К <sub>1</sub>	2×1К / 2К <sup>1)</sup>			5×1К / 2К <sup>1)</sup>	
7.К <sub>4</sub>	0,1×1К / 1К <sup>1)</sup>			0,2×1К / 1К <sup>1)</sup>	
7К <sub>11</sub> , 7К <sub>12</sub> <sup>2)</sup>	68 МэВ×см <sup>2</sup> /мг				
	при U <sub>си</sub> ≤ 240 В	при U <sub>си</sub> ≤ 360 В	при U <sub>си</sub> ≤ 270 В	при U <sub>си</sub> ≤ 600 В	при U <sub>си</sub> ≤ 450 В
	40 МэВ×см <sup>2</sup> /мг				
	при U <sub>си</sub> ≤ 280 В	при U <sub>си</sub> ≤ 420 В	при U <sub>си</sub> ≤ 450 В	при U <sub>си</sub> ≤ 600 В	при U <sub>си</sub> ≤ 600 В
	16 МэВ×см <sup>2</sup> /мг				
	при U <sub>си</sub> ≤ 320 В	при U <sub>си</sub> ≤ 420 В	при U <sub>си</sub> ≤ 540 В	при U <sub>си</sub> ≤ 600 В	при U <sub>си</sub> ≤ 600 В
	7 МэВ×см <sup>2</sup> /мг				
при U <sub>си</sub> ≤ 320 В	при U <sub>си</sub> ≤ 420 В	при U <sub>си</sub> ≤ 540 В	при U <sub>си</sub> ≤ 600 В	при U <sub>си</sub> ≤ 600 В	
<sup>1)</sup> При режиме работы транзисторов при постоянном напряжении U <sub>с</sub> = U <sub>и</sub> = 0 В и переменном сигнале U <sub>зи</sub> с амплитудой 20 В с коэффициентом заполнения сигнала 50 %. <sup>2)</sup> При U <sub>зи</sub> = 0 В.					

## ○ Новации ОАО «Ангстрем» в области радиационной стойкости ЭКБ

1. Разработка и внедрение в производство процедуры обеспечения гарантии радиационной стойкости ЭКБ в условиях серийного производства
2. Проведение испытаний по подгруппам E1 и E2 по радиационной стойкости производственных партий на территории АО «Ангстрем».
3. Проведение оценочных испытаний ЭКБ в ходе исполнения ОКР на территории АО «Ангстрем».
4. Проведение исследований влияния материала подложки, технологии и конструкции ЭКБ на радиационную стойкость ЭКД в ходе исполнения ОКР.

# Процедура обеспечения гарантии радиационной стойкости ЭКБ

Процедура обеспечения радиационной стойкости ЭКБ защищена патентом РФ №2708815 «Способ получения однородной по параметрам радиационной стойкости группы изделий электронной техники». Патентообладатель: АО «Ангстрем».



Применение предложенного способа позволяет получить в условиях промышленного производства высокий уровень однородности параметров радиационной стойкости ИЭТ в группе изделий в корпусном или бескорпусном исполнении, собранных из кристаллов изделия в составе пластины, партии пластин, совокупности партий пластин.

Технический результат достигается за счет получения статистической однородности значений информативных параметров и характеристик полупроводникового материала, необходимого для изготовления ИЭТ, информативных параметров и характеристик технологического процесса его изготовления и, через них, статистической однородности радиационно-термических характеристик тестовых полупроводниковых структур и уровней стойкости к радиационным воздействиям ИЭТ. Следует отметить, что вклад в достижение высокого уровня однородности параметров радиационной стойкости группы ИЭТ дает каждая из указанных составляющих (стабильность параметров и характеристик материала, технологии, радиационной чувствительности), но максимальный положительный результат достигается только совокупностью всех составляющих.

# Процедура обеспечения гарантии радиационной стойкости ЭКБ

Материал подложки (кремний или ГЭС КНС)

Подложка обеспечивающая потенциальную радиационную стойкость (РС) ЭКБ

Процедура аттестации подложки на потенциальную РС ЭКБ

Производство on-line

РС маршрут изготовления ЭКБ

Аттестация операций на технологическую устойчивость и РС

Процедуры СМК – Процесс «Управление технологией»

Тестовый контроль

SPC-мониторинг

Процедура аттестации партии пластин ЭКБ на РС к фактору 7И7 по параметрам тестового контроля

Радиационно-термический отжиг ЭКБ, мод. 4

Функциональный контроль

SPC-мониторинг

Процедура отбраковки резко выделяющихся отклонений (РВО)

100% Функциональный контроль (ФК) ЭКБ с радиационно-термическим отжигом ЭКБ, мод.4

Испытания на РС

Аттестация партии ЭКБ на стойкость (7И6)

Аттестация партии ЭКБ на стойкость (7И7)

Аттестация партии ЭКБ на стойкость (7И8)

Испытания партии ЭКБ на стойкость E1-E2

Измерительные системы оценки параметров подложек

Системы измерения электрических параметров тестовых мониторов на пластинах

Системы измерения электрических параметров тестовых структур на пластине

Базы данных  
Стат. методы

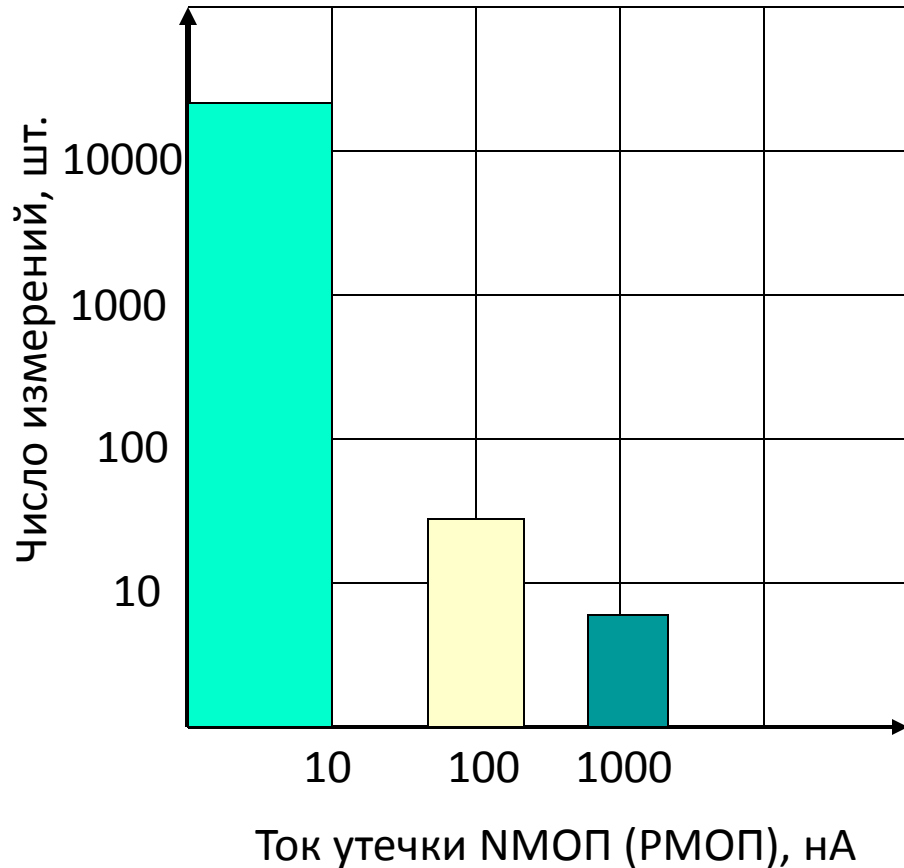
Системы измерения электрических параметров ФК

Базы данных  
Стат. Методы  
Метод РВО

Гамма установка  
Автоматизированный комплекс лазерных имитационных испытаний ЭКБ

Название презентации

# Методы обеспечения радиационной стойкости ЭКБ в производстве. Тестовый контроль.

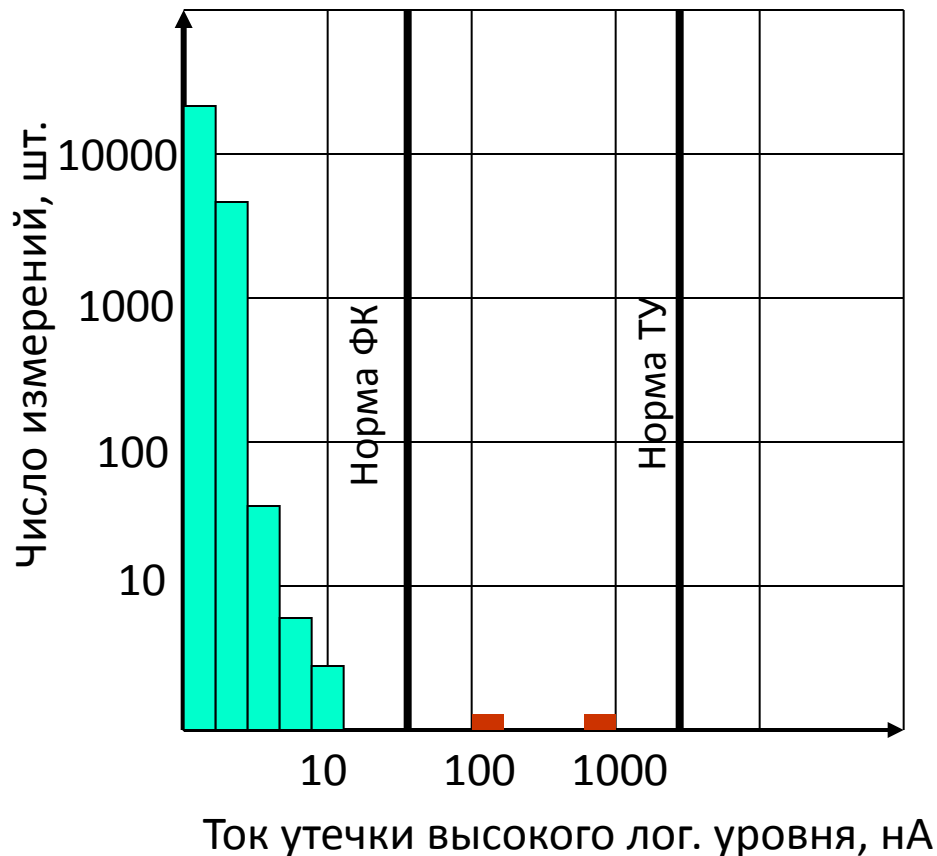


## Процедура аттестации производственной партии СБИС на радиационную стойкость:

1. SPC мониторинг параметров тестового контроля.
2. Контроль изменения пороговых напряжений и токов утечек НМОП и РМОП транзисторов после гамма-облучения на гамма-установке «Исследователь».
3. Радиационно-термический отжиг микросхем в составе пластины (модификация 4).



# Методы обеспечения радиационной стойкости ЭКБ в производстве. Функциональный контроль.



## Процедура аттестации производственной партии микросхем на радиационную стойкость:

1. SPC мониторинг параметров функционального контроля (ФК).
2. Процедура отбраковки резко выделяющихся отклонений параметров ФК.
3. Процедура аттестации партии микросхем по фактору 7И7 на гамма-установке «Исследователь» (испытания по подгруппе E2)
4. Процедура аттестации микросхем по факторам 7И6, 7И8 на автоматизированном комплексе лазерных имитационных испытаний (испытания по подгруппе E1)

# Автоматизированный комплекс для лазерных имитационных испытаний микросхем

АИК-1: Аттестат №13/642 от 25 марта 2010 г. Периодическая аттестация – каждый год (32ГНИИИ МО РФ)

АИК-2: Аттестат №13/768 от 25 марта 2011 г. Периодическая аттестация – каждый год (32ГНИИИ МО РФ)

Источник лазерного излучения LS-2134

Длина волны генерируемого излучения, нм	1064 532
Энергия импульса излучения, мкДж: 1064, не менее 532, не менее	250 150
Частота повторения импульсов, не более, Гц	0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10
Длительность импульса излучения по уровню 0,5, нс	8-12
Диаметр пучка лазерного излучения, не более, мм	6,5
Энергетическая расходимость лазерного излучения по уровню 0,5, не более, мрад	2,5
Электрическая энергия импульса накачки, не менее, Дж	35
Потребляемая мощность, не более, Вт,	750



Название презентации

# Установка гамма-излучения «Исследователь»

Источник гамма-излучения  $^{60}\text{Co}$

Лицензия на право эксплуатации радиационных источников  
рег. № ЦО-03-206-13386 от 03.07.2023г. (Федеральная служба по  
экологическому, технологическому и атомному надзору)

Свидетельство № 4/411-0600-23 об аттестации радиационной установки по  
мощности поглощенной дозы в воде от 21.02.2023г. (ФГУП «ВНИИФТРИ»):



<b>Активность источника излучения <math>^{60}\text{Co}</math> на декабрь 2022 г., Бк</b>	<b><math>4,52 \times 10^{14}</math></b>
<b>Мощность поглощенной дозы, Гр/с на 16.02.2023:</b>	
<b>зона 1 (5 детекторов)</b>	<b>1,91-2,25</b>
<b>зона 2 (5 детекторов)</b>	<b>2,09-2,36</b>
<b>зона 3 (5 детекторов)</b>	<b>1,59-1,82</b>
<b>Расширенная неопределенность измерения мощности поглощенной дозы в воде, % (K2)</b>	<b><math>\pm 8</math></b>

# БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ

## Контакты:

**Романов Александр Аркадьевич – начальник службы  
инновационных технологий АО «Ангстрем»**

[romanov@angstrem.ru](mailto:romanov@angstrem.ru)

Тел. (499) 720-80-04

Моб. (726) 001-25-58

