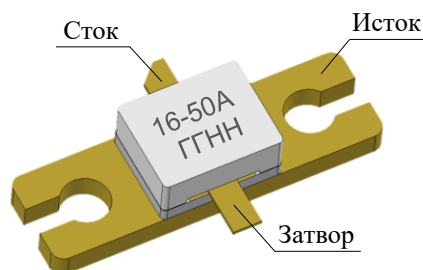


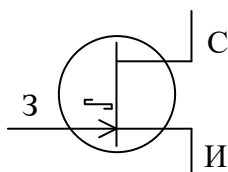
## Транзистор MGN16-50A

### Основные характеристики:



ГГ – год выпуска

НН – неделя выпуска



- Частотный диапазон: до 6000 МГц;
- Импульсная выходная мощность: не менее 50 Вт;
- Коэффициент усиления по мощности: не менее 15 дБ;
- КПД стока: не менее 50 %;
- Рабочее напряжение: до 50 В;
- Высокое пробивное напряжение сток-исток;
- Режимы работы: непрерывный\*, импульсный;
- Металлокерамический корпус КТ-81С-3 К;
- Масса транзистора: не более 0,6 г;
- Температурный диапазон\*\*:

от минус 10 °С среды до плюс 55 °С корпуса.

\* При работе транзисторов в непрерывном режиме параметры не нормируются.

\*\* Расширение температурного диапазона до значений от минус 60 °С среды до плюс 125 °С корпуса планируется по результатам дополнительных испытаний.

### Общее описание

Транзистор MGN16-50A – мощный СВЧ-транзистор с высокой подвижностью электронов на основе нитрида галлия с выходной номинальной импульсной мощностью 50 Вт. Производится по технологии GaN-on-SiC. Предназначен для работы в усилителях мощности в диапазоне частот до 6 000 МГц как в импульсном, так и в непрерывном режимах.

### Области применения

- радиосвязь, в том числе высоколинейные системы связи;
- радиопротиводействие;
- радиолокация, радионавигация, управление воздушным движением.

## 1 Электрические параметры

Таблица 1 – Значения электрических параметров транзисторов при приемке и поставке

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра		Температура* среды, (корпуса) °С
		не менее	не более	
Импульсная выходная мощность, Вт, $f = 1,6$ ГГц, $U_{СИ} = 50$ В, $\tau_{и} = 300$ мкс, $Q = 10$	$P_{ВЫХ И}$	50	–	$(25 \pm 5)$
Коэффициент усиления по мощности, дБ, $f = 1,6$ ГГц, $U_{СИ} = 50$ В, $P_{ВЫХ И} = 50$ Вт, $\tau_{и} = 300$ мкс, $Q = 10$	$K_{УР}$	15	–	$(25 \pm 5)$
Коэффициент полезного действия стока, %, $f = 1,6$ ГГц, $U_{СИ} = 50$ В, $P_{ВЫХ И} = 50$ Вт, $\tau_{и} = 300$ мкс, $Q = 10$	$\eta_C$	50	–	$(25 \pm 5)$
Остаточный ток стока, мкА, $U_{ЗИ} = -8$ В, $U_{СИ} = 85$ В	$I_{С ОСТ}$	–	300	$25 \pm 10$
				$-10$
Ток утечки затвора, мкА, $U_{ЗИ} = -8$ В, $U_{СИ} = 0$ В	$I_{З УТ}$	$-25$	–	$(55)$
<p>* Расширение температурного диапазона до значений от минус <math>60</math> °С среды до плюс <math>125</math> °С корпуса планируется по результатам дополнительных испытаний.</p> <p>Примечание – Обозначения в таблице:  <math>\tau_{и}</math> – длительность импульса;  <math>Q</math> – скважность</p>				

Транзисторы устойчивы к воздействию статического электричества с потенциалом не менее 30 В.

## 2 Предельно-допустимые характеристики

Таблица 2 – Предельно-допустимые режимы эксплуатации транзисторов и температура перехода

Наименование параметра, единица измерения (режим измерения)	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра		Температура* среды (корпуса), °С	Примечание
		не менее	не более		
Максимально допустимое постоянное напряжение сток-исток, В, при $U_{зи} = -8$ В	$U_{СИ\ МАКС}$	–	130	25, –10, (55)	–
Максимально допустимое постоянное напряжение затвор-исток, В	$U_{ЗИ\ МАКС}$	–10,0	1,2		
Постоянный ток стока, А	$I_C$	–	2,0		
Максимально допустимая импульсная рассеиваемая мощность, Вт	$P_{И\ МАКС}$	–	52	(25 ± 5)	2
Температура перехода, °С	$T_{П}$	–	180	25, –10, (55)	–

\* Расширение температурного диапазона до значений от минус 60 °С среды до плюс 125 °С корпуса планируется по результатам дополнительных испытаний.

### Примечания

1 Значения  $I_C$  приведены для всего диапазона рабочих температур при условии, что его величина в статическом режиме не выходит за пределы области безопасного режима.

2 Приведены значения максимально допустимой импульсной рассеиваемой мощности  $P_{И\ МАКС}$  при длительности импульса  $t_{и} = 300$  мкс и скважности  $Q = 10$ .

При эксплуатации транзисторов при температуре корпуса  $T_{кэ}$  свыше 25 °С необходимо учитывать снижение максимально допустимой импульсной рассеиваемой мощности транзисторов  $P_{ИЭ\ МАКС}$ , рассчитываемое по формуле

$$P_{ИЭ\ МАКС} = P_{И\ МАКС} \cdot \frac{T_{П} - T_{кэ}}{T_{П} - T_{к25}}, \quad (1)$$

где  $T_{П}$  – максимально допустимая температура перехода,  $T_{П} = 180$  °С,  
 $T_{к25}$  – температура корпуса, при которой нормирована мощность,  $T_{к25} = 25$  °С,  
 $T_{к1}$  – любая разрешенная повышенная температура корпуса, °С

### 3 Справочные параметры

Таблица 3 – Справочные параметры транзисторов при температуре среды ( $25 \pm 10$ ) °C

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра	
		не менее	не более
Крутизна характеристики, А/В	S	1,89	–
Ток стока насыщения, А, $U_{СИ} = 6 В, U_{ЗИ} = 1 В$	$I_{С НАС}$	5,9	–
Напряжение отсечки, В, $U_{СИ} = 1 В, I_{С} = 3 мА$	$U_{ЗИ ОТС}$	–3,1	–2,6
Пробивное напряжение, В, $U_{ЗИ} = -8 В, I_{С} = 2 мА$	$U_{СИ ПРОБ}$	150	–
Сопротивление сток-исток в открытом состоянии, Ом, $U_{ЗИ} = 1 В, I_{С} = 1 А$	$R_{СИ ОТК}$	–	0,522
Входная емкость, пФ, $U_{СИ} = 10 В, U_{ЗИ} = -8 В, f = 1 МГц$	$C_{11И}$	–	10,70
Проходная емкость, пФ, $U_{СИ} = 10 В, U_{ЗИ} = -8 В, f = 1 МГц$	$C_{12И}$	–	0,39
Выходная емкость, пФ, $U_{СИ} = 10 В, U_{ЗИ} = -8 В, f = 1 МГц$	$C_{22И}$	–	6,50

#### 4 Указания по применению и эксплуатации

Основное назначение транзисторов – работа в мощных каскадах передающих устройств для применения в системах связи, радиолокации, навигации и другой аппаратуре, работающей в диапазоне частот до 6000 МГц.

Требования к рабочим местам, оснастке и оборудованию в соответствии с ОСТ 11 073.062-2001.

Рабочие места должны быть оснащены антистатическими браслетами.

**ВАЖНО!** На всех этапах проведения работ с транзисторами и их монтажа в аппаратуру следует строго соблюдать меры защиты от статического электричества согласно ГОСТ Р 53734.5.6-2021 степень жесткости I.

Допускается работа транзисторов свыше тестовых частот, при этом параметры транзисторов не нормируются.

Допускается работа транзисторов в режиме классов А, АВ, В, С при условии, что рабочая точка находится в пределах области максимальных режимов.

В зависимости от положения рабочей точки в режиме покоя на семействе выходных характеристик транзисторов и уровня входных сигналов различают следующие режимы:

– А – постоянное напряжение затвор-исток транзистора в рабочем режиме составляет половину напряжения отсечки. Амплитуда сигнала, приведенного к затвору транзистора, меньше половины напряжения отсечки. Транзистор находится в активном режиме постоянно;

– В – постоянное напряжение затвор-исток транзистора в рабочем режиме равно напряжению отсечки полупроводникового элемента. В этом случае транзистор находится в активном режиме половину периода подводимого к затвору СВЧ-сигнала;

– АВ – постоянное напряжение затвор-исток транзистора находится между точками, характеризующими классы А и В. Амплитуда СВЧ-сигнала, приведенного к затвору транзистора, не превышает постоянное напряжение затвор-исток транзистора. Транзистор находится в активном режиме более половины периода СВЧ-сигнала;

– С – постоянное напряжение затвор-исток транзистора меньше напряжения отсечки. Транзистор находится в активном режиме менее половины периода СВЧ-сигнала.

Допускается применение транзисторов в аппаратуре, предназначенной для эксплуатации во всех климатических условиях, при покрытии транзисторов непосредственно в аппаратуре лаками (в три, четыре слоя) типа УР-231 по ТУ 6-21-14, ЭП-730 по ГОСТ 20824-81 с последующей сушкой.

В процессе эксплуатации не допускается превышать предельно-допустимые значения токов, напряжений, мощности во всем интервале температур.

#### 4.1 Режимы и условия монтажа транзисторов в аппаратуре

Выводы транзисторов, подлежащие электрическому соединению пайкой, должны обеспечивать возможность их пайки при температуре  $(235 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , расстояние от корпуса до места пайки – не менее 1 мм, продолжительность пайки  $(2 \pm 0,5)$  с.

Транзисторы должны выдерживать воздействие тепла, возникающего при температуре пайки  $(260 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , расстояние от корпуса до места пайки – не менее 1 мм, продолжительность пайки  $(10 \pm 1)$  с.

Выводы должны сохранять паяемость в течение 12 месяцев с даты изготовления при соблюдении режимов и правил выполнения пайки.

Режимы и условия монтажа транзисторов в аппаратуре – по ОСТ 11 336.907.0-79. Перепайка транзисторов не допускается.

##### 4.1.1 Монтаж методом пайки

При монтаже методом пайки рекомендуется использовать преформу из припоя ПОИ<sub>н</sub>-52 ТУ 48-0220-40-90, температура фланца не должна превышать  $150 ^\circ\text{C}$ , время пайки – не более 2 мин.

##### 4.1.2 Монтаж с помощью механического прижима

Монтаж транзисторов в аппаратуре с помощью механического прижима осуществляется без передачи усилия на крышку. С целью исключения механических повреждений крышки усилие необходимо распределять равномерно по всей ее поверхности через промежуточный материал, например, техническую резину толщиной 10 мм, принимая меры для сохранения маркировки.

Допускается монтаж транзисторов с помощью механического прижима через крепежные отверстия корпуса.

##### 4.1.3 Монтаж на теплоотвод

При монтаже транзистора на теплоотвод шероховатость контактной поверхности теплоотвода Ra должна быть не более 2,5 мкм, неплоскостность – не более 0,05 мм. Установка транзистора на теплоотвод рекомендуется методом пайки фланца. Допускается применение прокладок между фланцем транзистора и теплоотводом, обеспечивающих надежный электрический и термический контакт, например, прокладка из фольги Ин-00 48-21-467-75 ТУ толщиной 50 или 100 мкм.

##### 4.1.4 Ручной монтаж

Транзисторы пригодны для ручного монтажа в аппаратуре.

Формовка и обрезка выводов запрещены.

Пайку выводов сток, затвор производить при температуре корпуса не выше  $265 ^\circ\text{C}$  в течение времени не более 10 с.

Расстояние от корпуса до места лужения и пайки не менее 1 мм.

Жало паяльника должно быть надежно заземлено.

## 4.2 Требования по безопасному применению транзисторов в составе аппаратуры

Рекомендуется производить настройку аппаратуры при пониженной выходной мощности, постепенно подходя к номинальному значению.

При проектировании аппаратуры должны быть приняты меры, исключающие возникновение условий самовозбуждения усилительного каскада.

### 4.2.1 Порядок включения/выключения транзисторов

Необходимо соблюдать следующий порядок включения транзисторов в составе аппаратуры:

- убедиться, что на входе усилительного прибора отсутствует СВЧ-сигнал;
- подать на затвор напряжение затвор-исток  $U_{зи}$  ниже напряжения отсечки транзистора (рекомендуемое значение – не более минус 4 В);
- подать напряжение сток-исток  $U_{си} = 50$  В;
- увеличивая напряжение затвор-исток  $U_{зи}$  до минус (3,5 – 2,5) В (рекомендуемый шаг не более 10 мВ) установить требуемый ток стока транзистора;
- включить СВЧ-сигнал.

Необходимо соблюдать следующий порядок выключения транзисторов в составе аппаратуры:

- выключить СВЧ-сигнал;
- снизить напряжение затвор-исток  $U_{зи}$  транзистора ниже напряжения отсечки транзистора (рекомендуемое значение – не более минус 4 В);
- выключить напряжение сток-исток  $U_{си}$  транзистора;
- дождаться разряда или принудительно разрядить внешней цепью накопительные конденсаторы в цепи стока транзистора;
- снять отрицательное относительно потенциала «земли» напряжение затвора.

Несоблюдение данных требований может приводить к выходу транзисторов из строя.

## 5 Результаты тестирования методом Load-Pull

Таблица 4 – Значения параметров, полученные методом оптимизации полного сопротивления нагрузки (Load-Pull) в режиме по постоянному току, при  $U_{си} = 50 \text{ В}$ ,  $I_C = 10 \text{ мА}$ ,  $\tau_{и} = 100 \text{ мкс}$ ,  $Q = 10$ ,  $T_K = 25 \text{ °С}$

Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение параметра	Типовое значение параметра						
		Частота тестирования, $f_{тест}$ , ГГц						
		1,8	1,85	1,9	2,7	2,9	3,1	4,2
Импульсная выходная мощность в насыщении, Вт	$P_{вых и нас}$	73,95	73,13	64,65	74,02	64,31	70,25	72,64
Коэффициент усиления по мощности, дБ, при $P_{вых и} = 50 \text{ Вт}$	$K_{ур}$	20,69	19,71	18,86	17,2	16,59	15,7	14,31
Коэффициент полезного действия, %, при $P_{вых и} = 50 \text{ Вт}$	$\eta_1$	63,05	57,56	58,43	52,29	61,32	57,98	58,54
Коэффициент полезного действия, %, при $P_{вых и нас}$	$\eta_2$	72,83	66,46	64,65	60,6	63,5	63,41	61,73

Продолжение таблицы 4

Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение параметра	Типовое значение параметра						
		Частота тестирования, $f_{тест}$ , ГГц						
		4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0
Импульсная выходная мощность в насыщении, Вт	$P_{вых и нас}$	66,06	66,92	71,66	65,67	61,38	66,46	64,9
Коэффициент усиления по мощности, дБ, при $P_{вых и} = 50 \text{ Вт}$	$K_{ур}$	13,48	12,9	11,62	12,04	13,28	11,96	11,67
Коэффициент полезного действия, %, при $P_{вых и} = 50 \text{ Вт}$	$\eta_1$	60,93	52,68	49,75	57,95	59,91	52,82	44,92
Коэффициент полезного действия, %, при $P_{вых и нас}$	$\eta_2$	64,6	59,00	57,08	61,4	62,58	58,07	54,9

Схема теста приведена на рисунке 1.

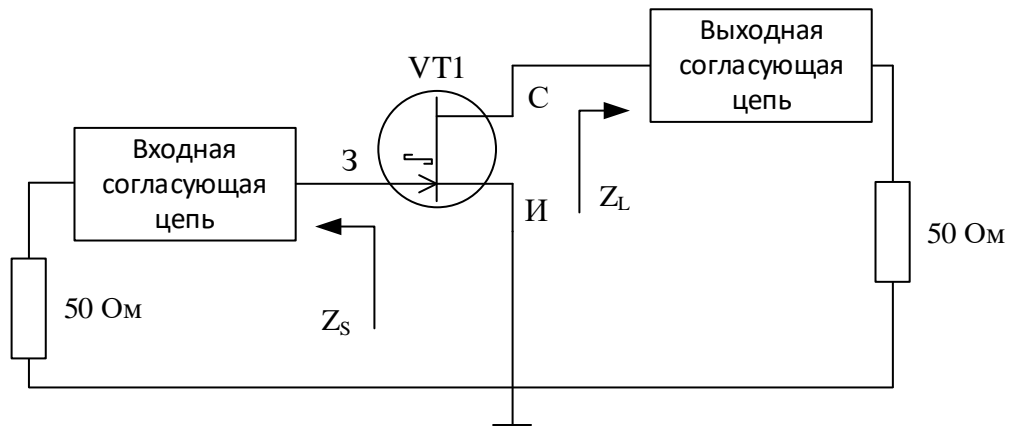
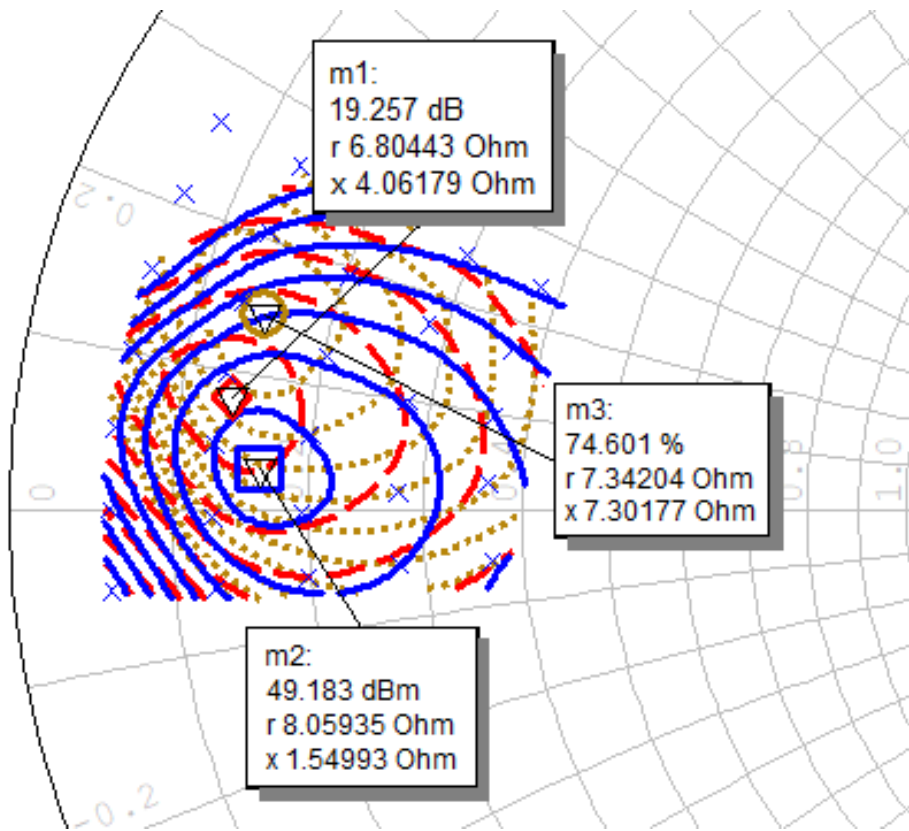


Рисунок 1 – Схема теста для определения импедансов источника и нагрузки

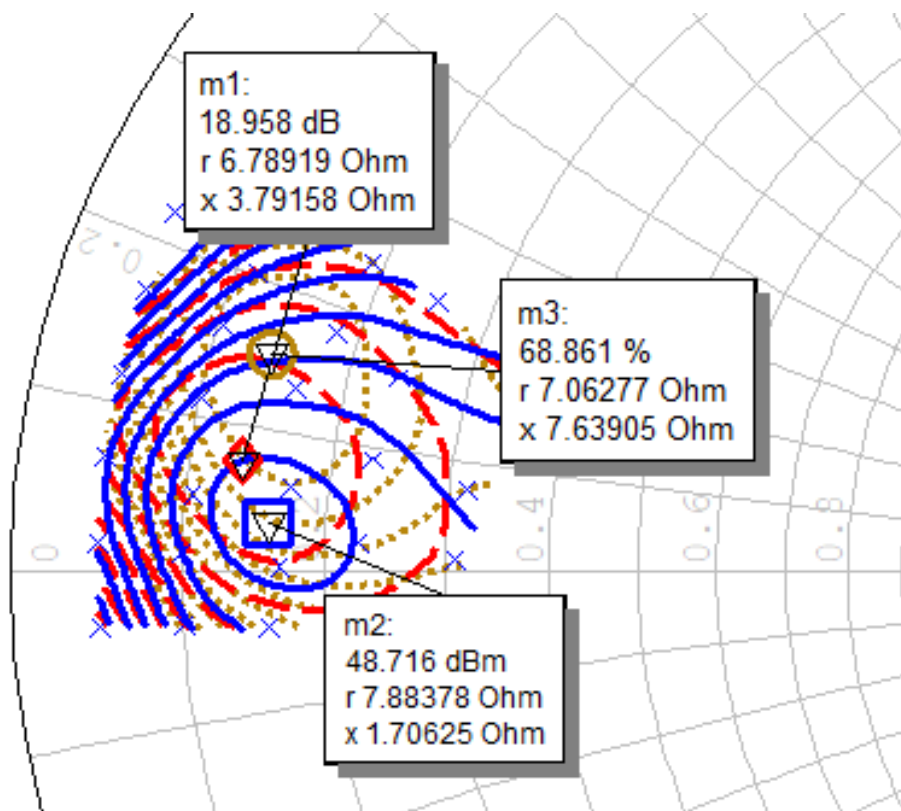
Таблица 5 – Значения импедансов источника и нагрузки для точки оптимальной мощности

Частота тестирования, $f_{\text{ТЕСТ}}$ , ГГц	Импеданс источника, $Z_S$ , Ом	Импеданс нагрузки, $Z_L$ , Ом
1,8	$1,30 - j \cdot 0,03$	$8,05 + j \cdot 1,54$
1,85	$1,66 - j \cdot 0,27$	$7,88 + j \cdot 1,70$
1,9	$1,52 - j \cdot 0,56$	$7,91 + j \cdot 0,66$
2,7	$1,55 - j \cdot 4,17$	$7,31 - j \cdot 0,55$
2,9	$1,39 - j \cdot 5,17$	$7,71 - j \cdot 1,29$
3,1	$1,61 - j \cdot 6,03$	$7,34 - j \cdot 1,77$
4,2	$1,73 - j \cdot 11,11$	$6,01 - j \cdot 4,11$
4,4	$1,78 - j \cdot 11,31$	$5,53 - j \cdot 5,15$
4,5	$1,76 - j \cdot 11,12$	$6,82 - j \cdot 6,52$
4,6	$2,39 - j \cdot 11,84$	$5,42 - j \cdot 5,06$
4,7	$2,08 - j \cdot 12,30$	$5,49 - j \cdot 5,15$
4,8	$1,71 - j \cdot 13,12$	$5,10 - j \cdot 5,77$
4,9	$2,23 - j \cdot 13,62$	$5,60 - j \cdot 6,27$
5,0	$2,44 - j \cdot 14,36$	$5,72 - j \cdot 6,68$

На диаграммах Смита (см. рисунок 2) приведены маркеры  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$ , которые показывают оптимальные значения  $K_{ур}$ ,  $R_{\text{вых}}$  и  $\text{наС}$  (дБм) и  $\eta_2$  соответственно и их соответствующие значения активных ( $r$ ) и реактивных ( $x$ ) частей импеданса нагрузки  $Z_L$ .

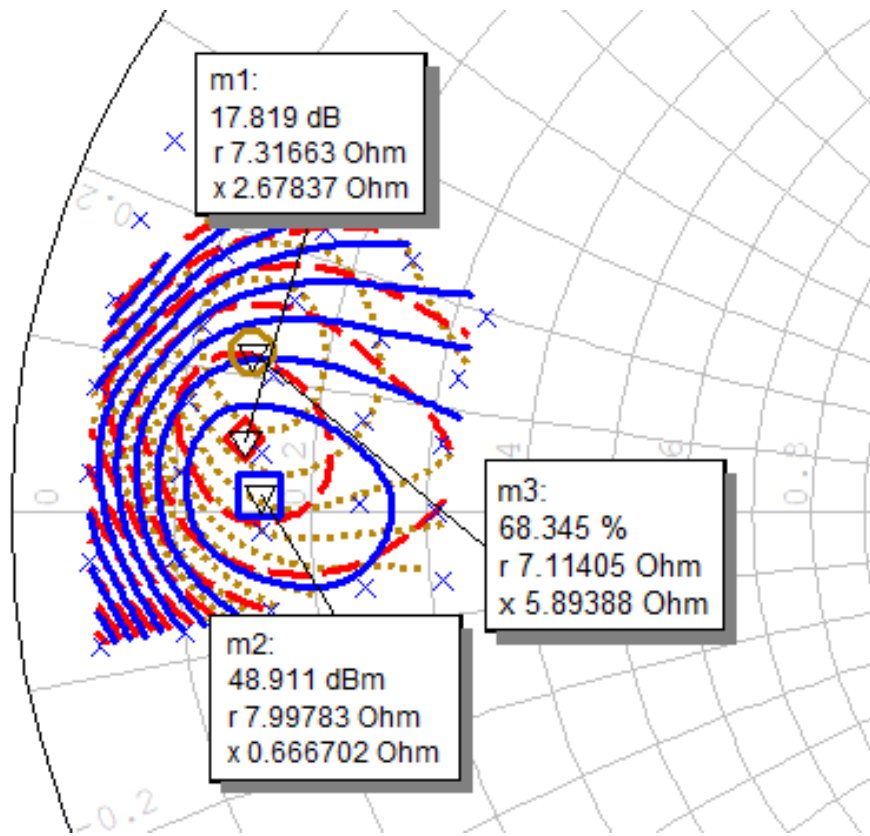


а)  $f_{\text{ТЕСТ}} = 1,8 \text{ ГГц}$

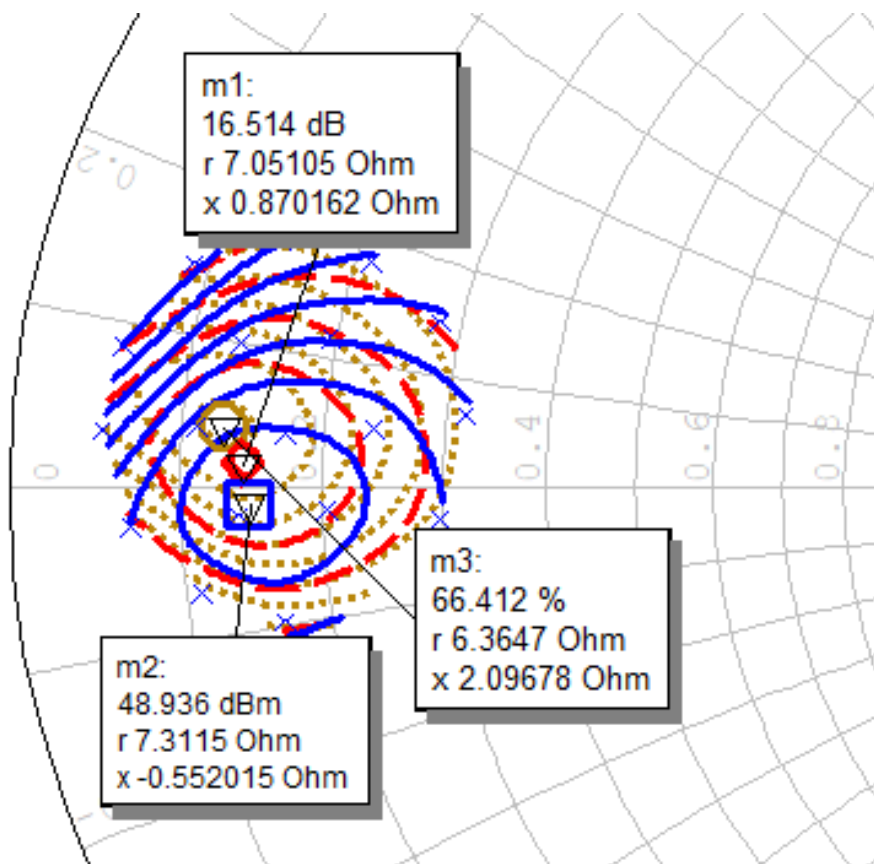


б)  $f_{\text{ТЕСТ}} = 1,85 \text{ ГГц}$

Рисунок 2 – Диаграммы Смита при  $U_{\text{СИ}} = 50 \text{ В}$ ,  $\tau_{\text{И}} = 100 \text{ мкс}$ ,  $Q = 10$ , референсный импеданс диаграммы 50 Ом (лист 1 из 7)

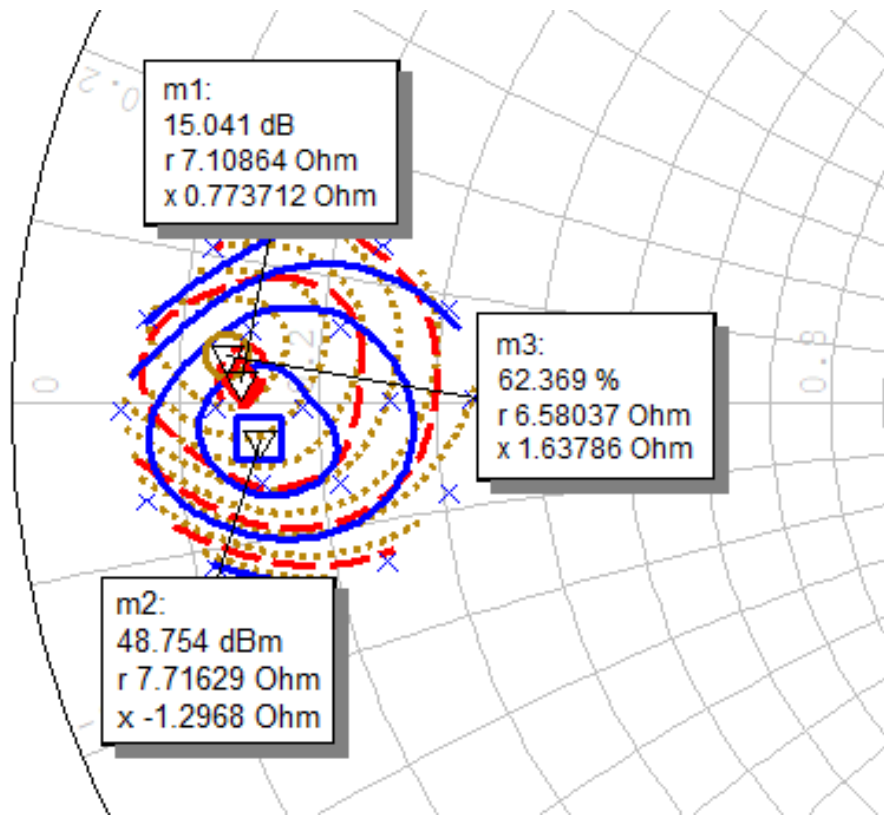


в)  $f_{\text{ТЕСТ}} = 1,9 \text{ ГГц}$

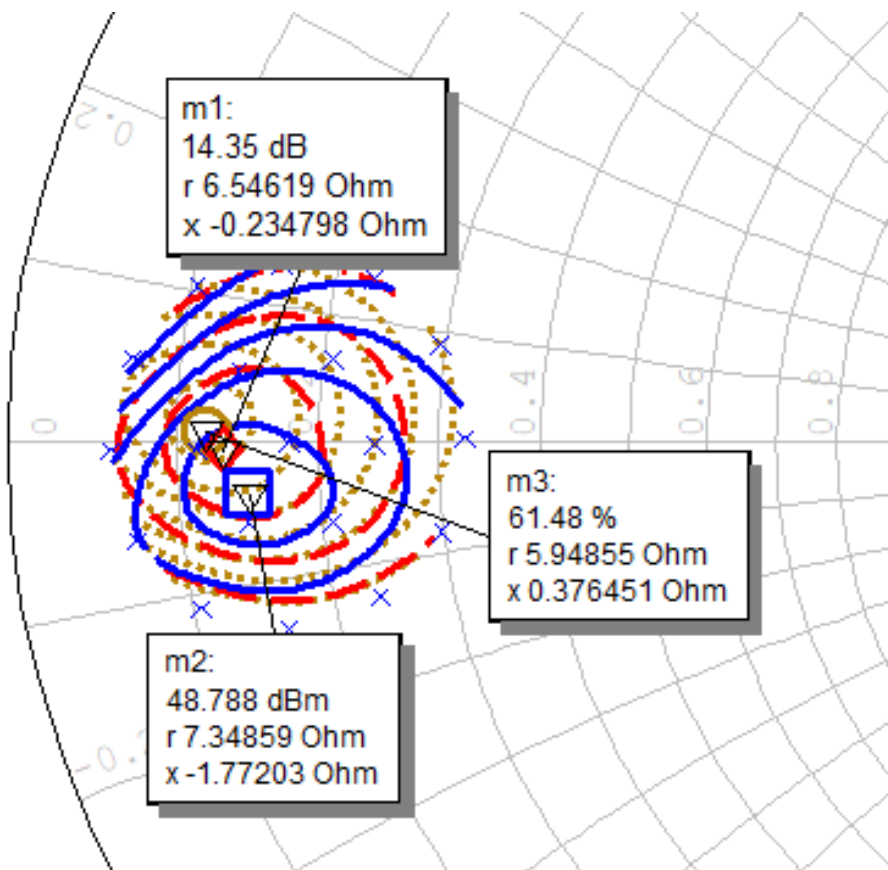


г)  $f_{\text{ТЕСТ}} = 2,7 \text{ ГГц}$

Рисунок 2 (лист 2 из 7)

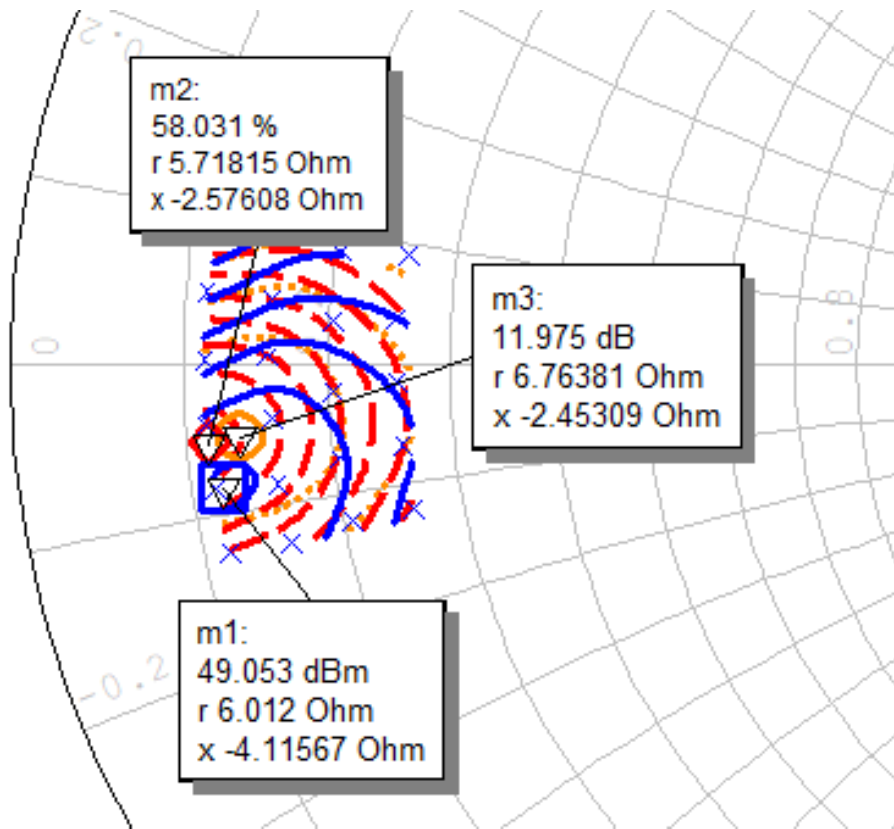


д)  $f_{\text{ТЕСТ}} = 2,9 \text{ ГГц}$

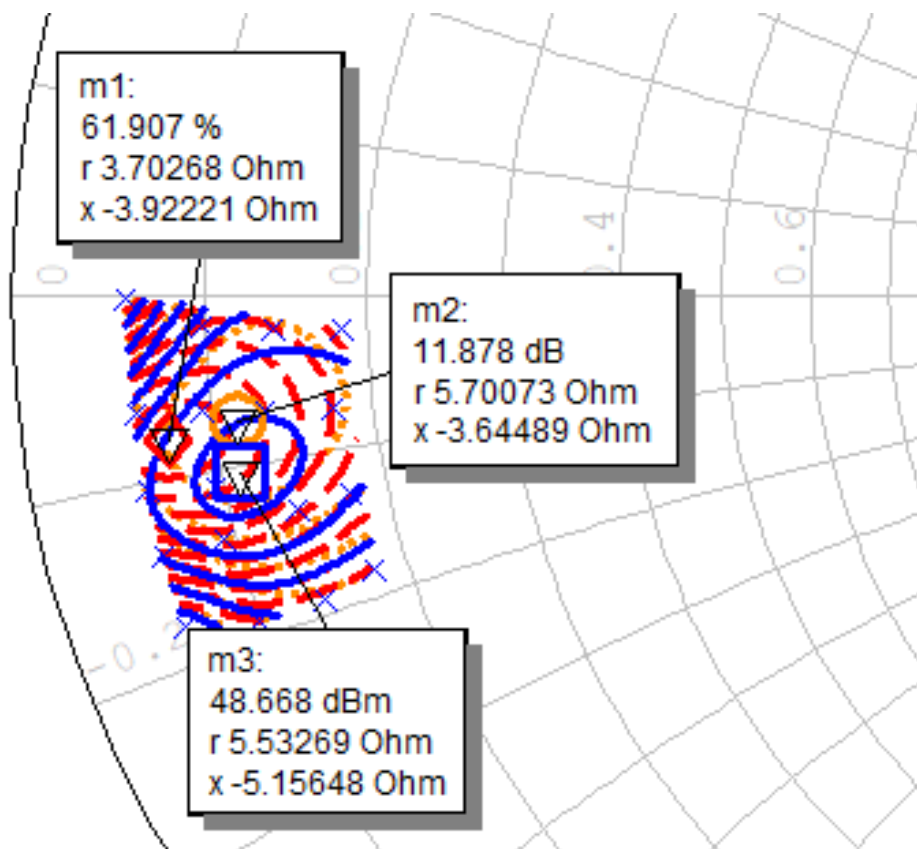


е)  $f_{\text{ТЕСТ}} = 3,1 \text{ ГГц}$

Рисунок 2 (лист 3 из 7)

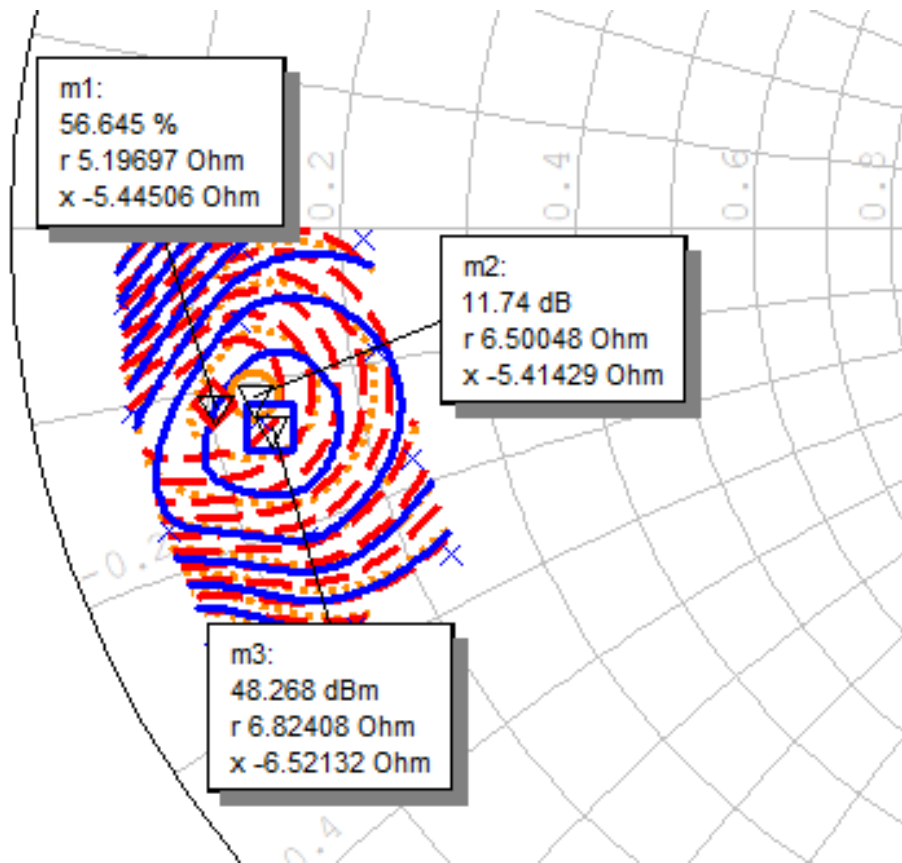


ж)  $f_{\text{ТЕСТ}} = 4,2 \text{ ГГц}$

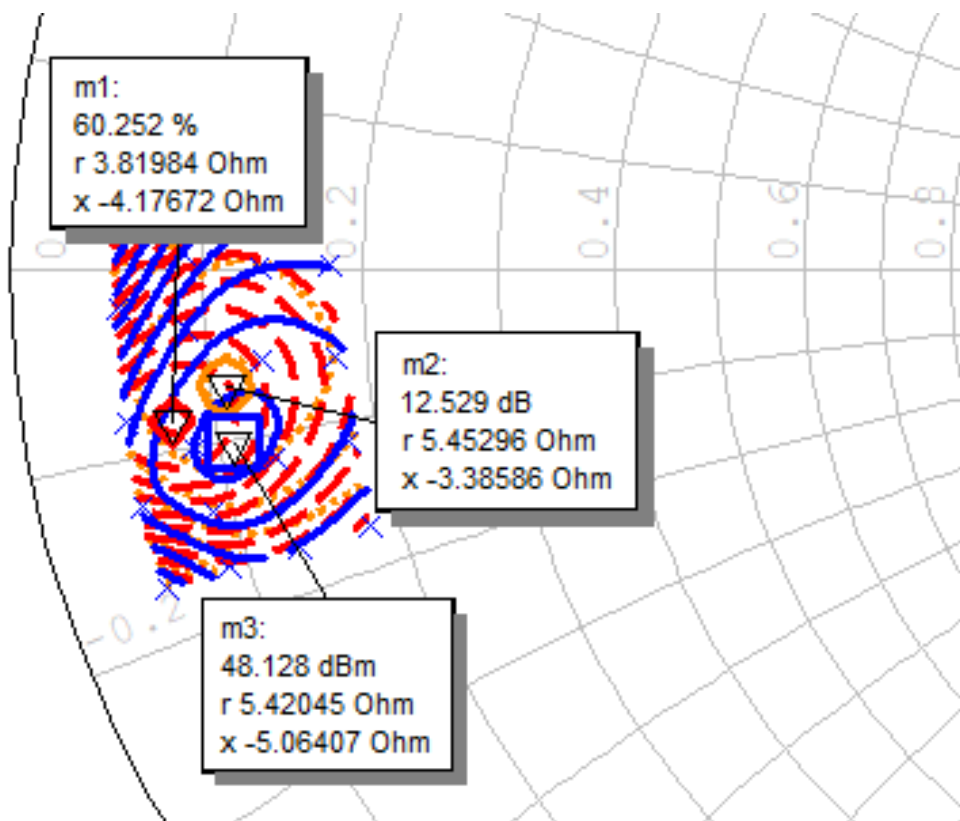


и)  $f_{\text{ТЕСТ}} = 4,4 \text{ ГГц}$

Рисунок 2 (лист 4 из 7)

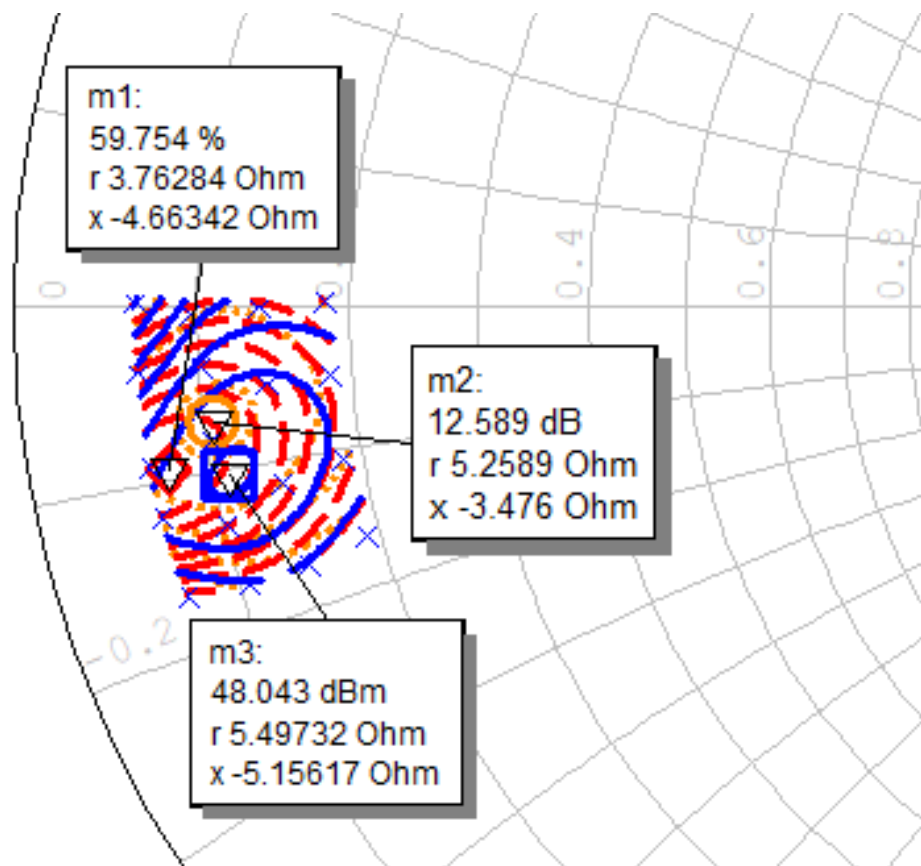


к)  $f_{\text{ТЕСТ}} = 4,5 \text{ ГГц}$

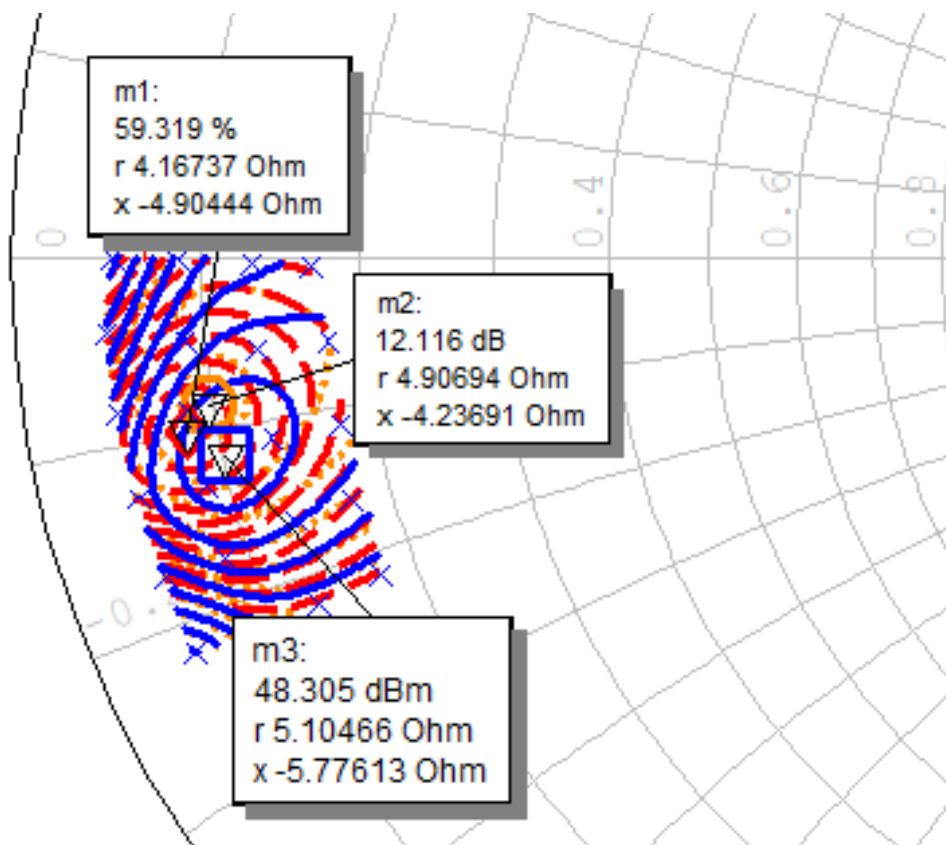


л)  $f_{\text{ТЕСТ}} = 4,6 \text{ ГГц}$

Рисунок 2 (лист 5 из 7)

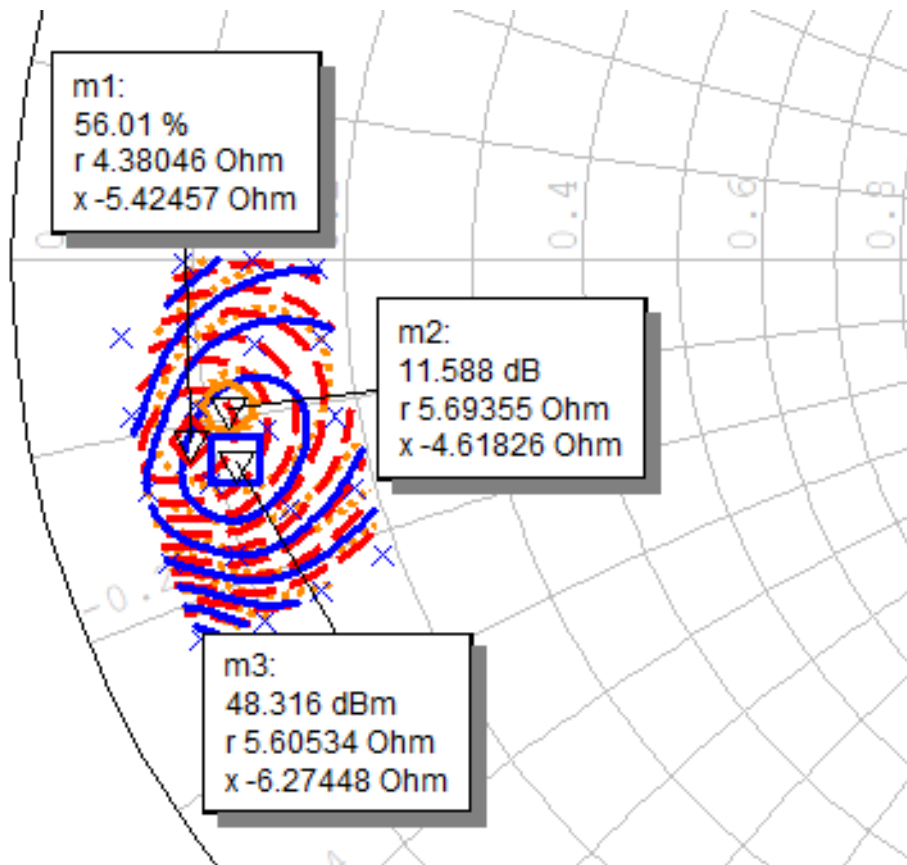


м)  $f_{\text{ТЕСТ}} = 4,7 \text{ ГГц}$

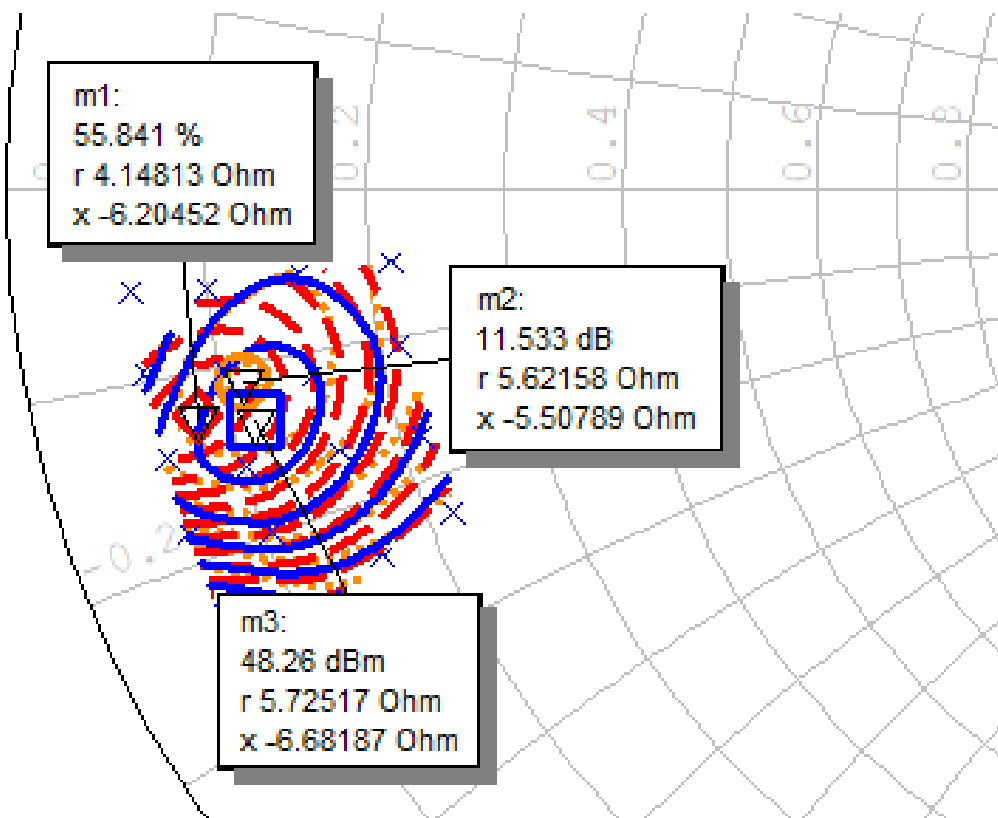


н)  $f_{\text{ТЕСТ}} = 4,8 \text{ ГГц}$

Рисунок 2 (лист 6 из 7)



п)  $f_{\text{ТЕСТ}} = 4,9 \text{ ГГц}$

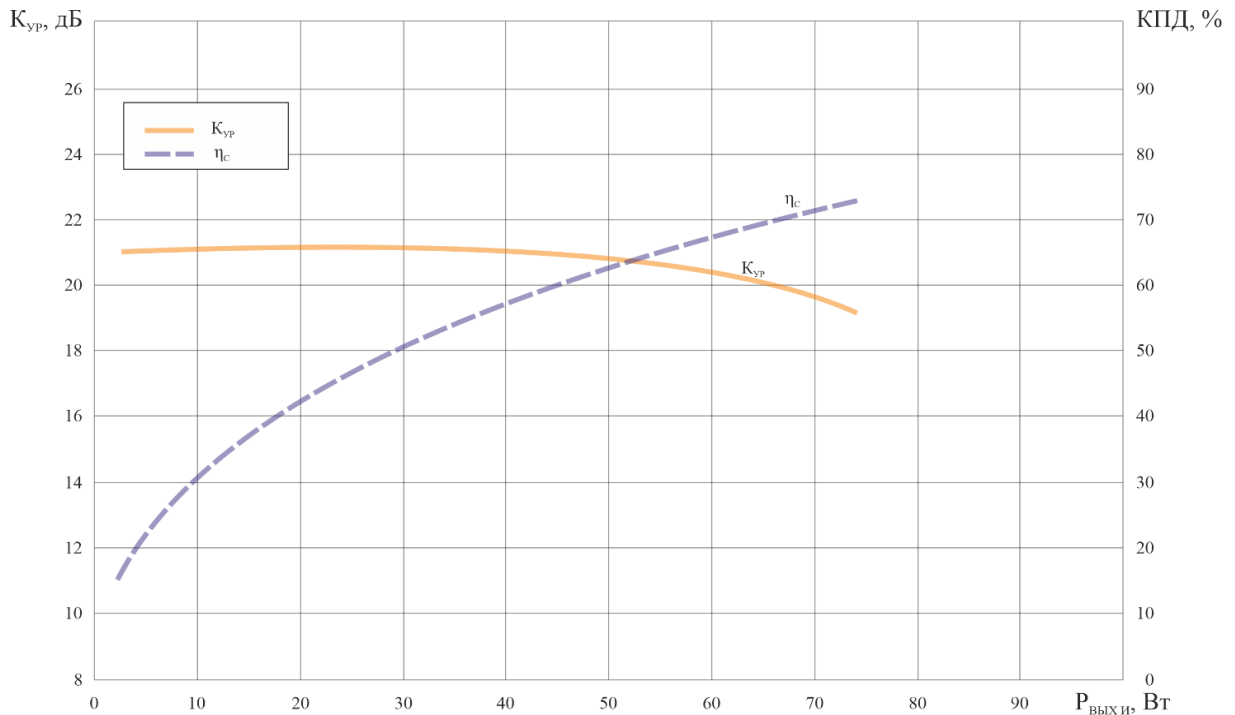


р)  $f_{\text{ТЕСТ}} = 5,0 \text{ ГГц}$

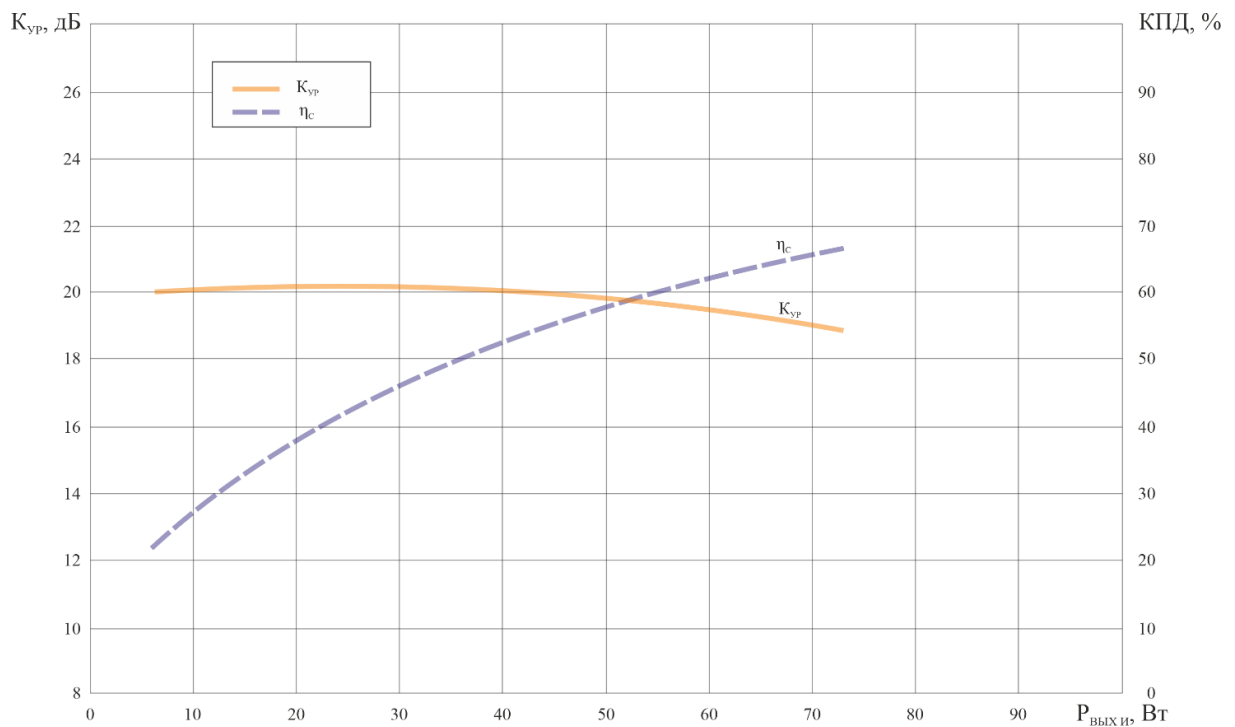
Рисунок 2 (лист 7 из 7)

## 6 Типовые зависимости

Зависимости коэффициента полезного действия (КПД) стока,  $\eta_c$ , и коэффициента усиления по мощности,  $K_{ур}$ , от импульсной выходной мощности,  $P_{ВЫХ И}$ , и, приведены на рисунке 3.

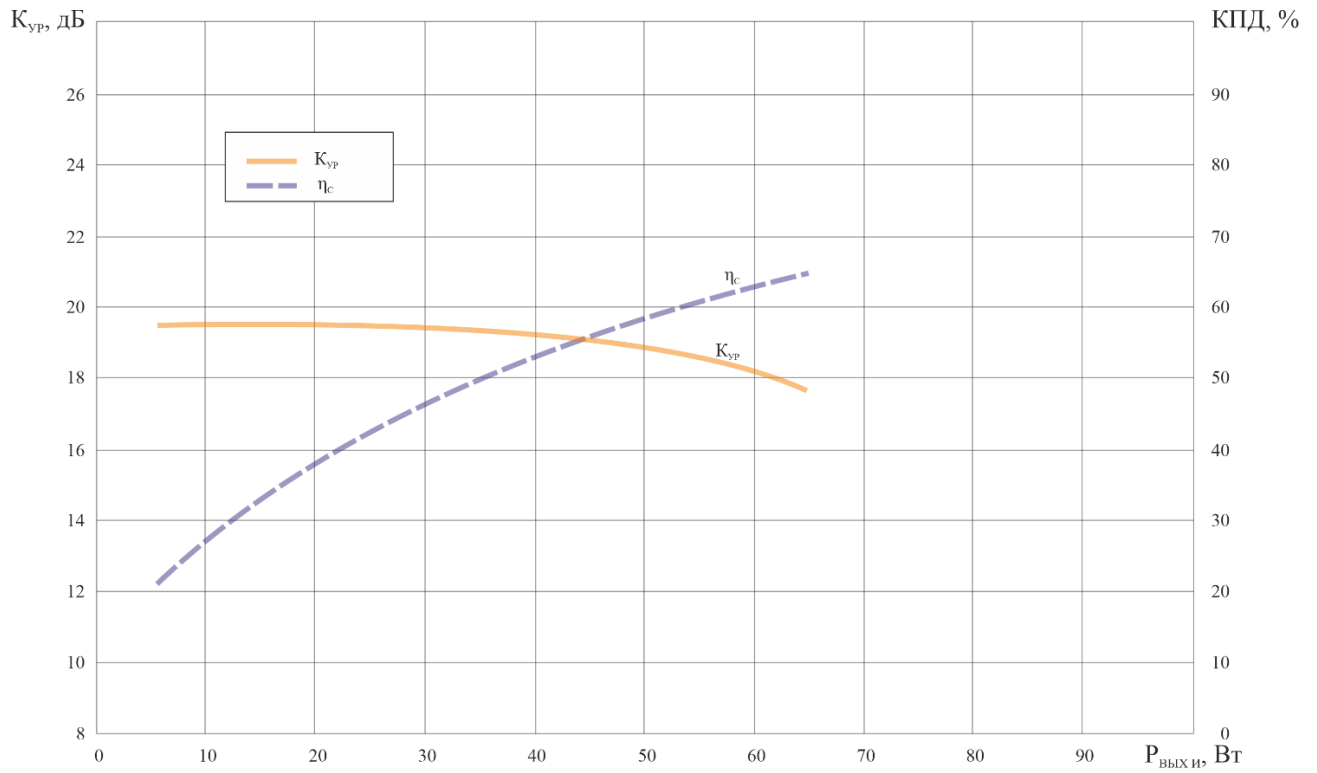


а)  $f_{ТЕСТ} = 1,8$  ГГц

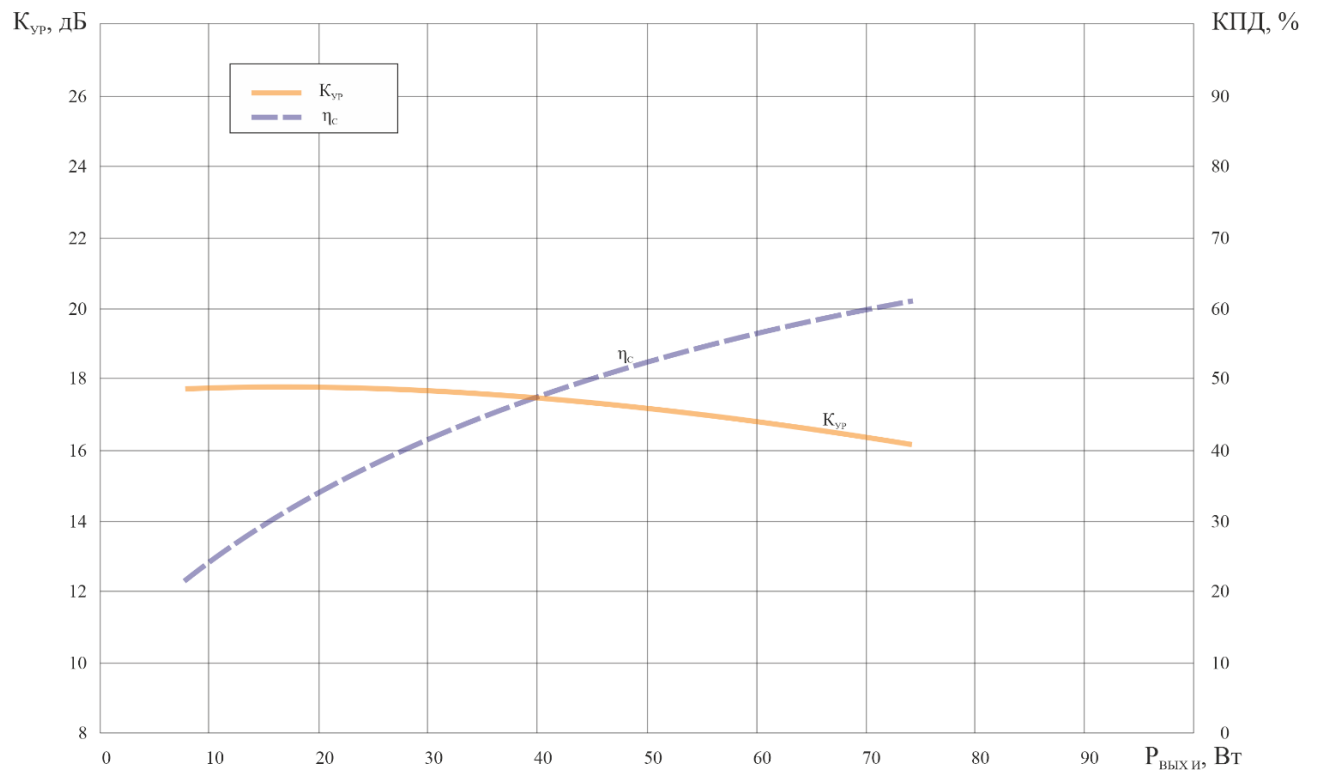


б)  $f_{ТЕСТ} = 1,85$  ГГц

Рисунок 3 – Зависимость КПД стока,  $\eta_c$ , и коэффициента усиления по мощности,  $K_{ур}$ , от импульсной выходной мощности,  $P_{ВЫХ И}$ , при  $U_{СИ} = 50$  В,  $\tau_{И} = 100$  мкс,  $Q = 10$   
(лист 1 из 7)



в)  $f_{\text{ТЕСТ}} = 1,9 \text{ ГГц}$



г)  $f_{\text{ТЕСТ}} = 2,7 \text{ ГГц}$

Рисунок 3 (лист 2 из 7)

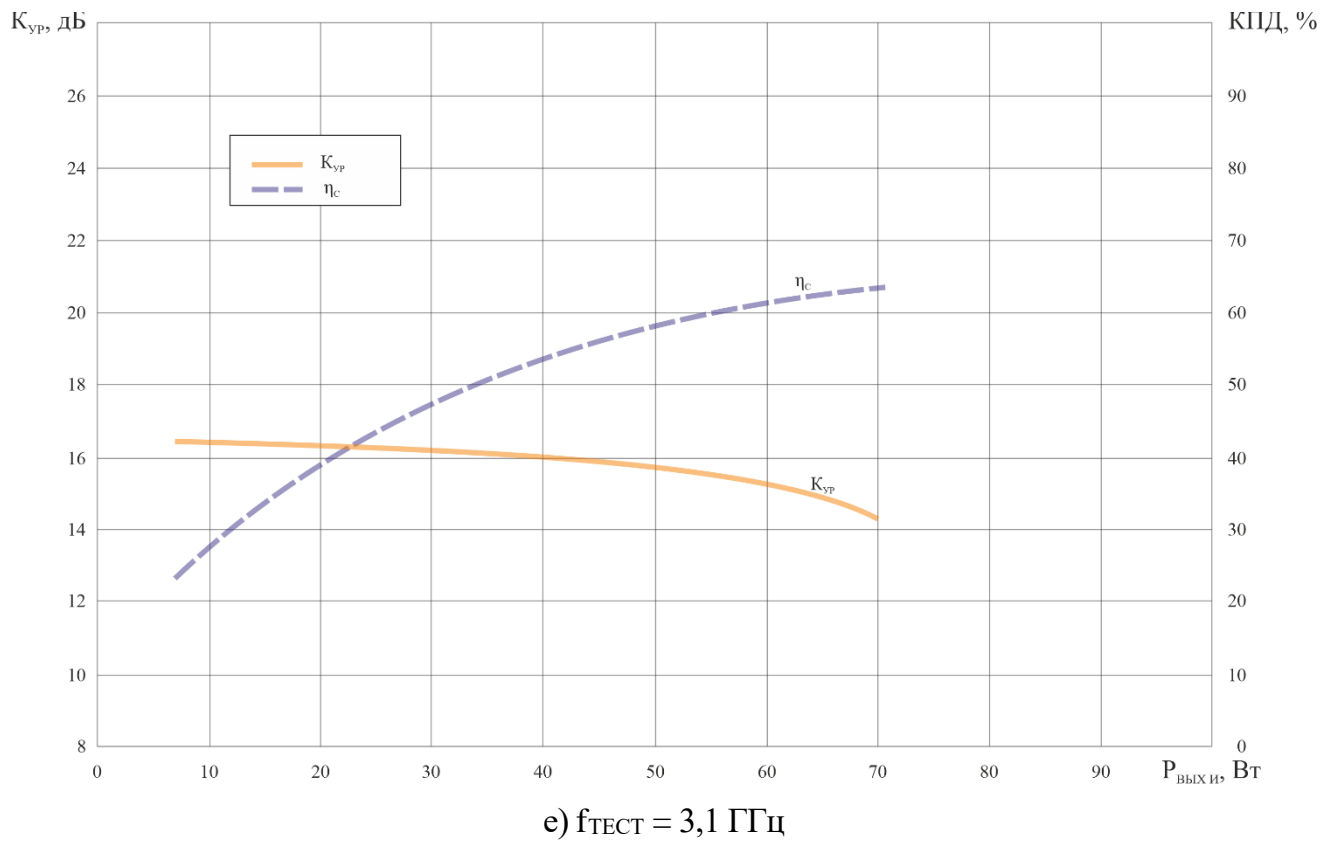
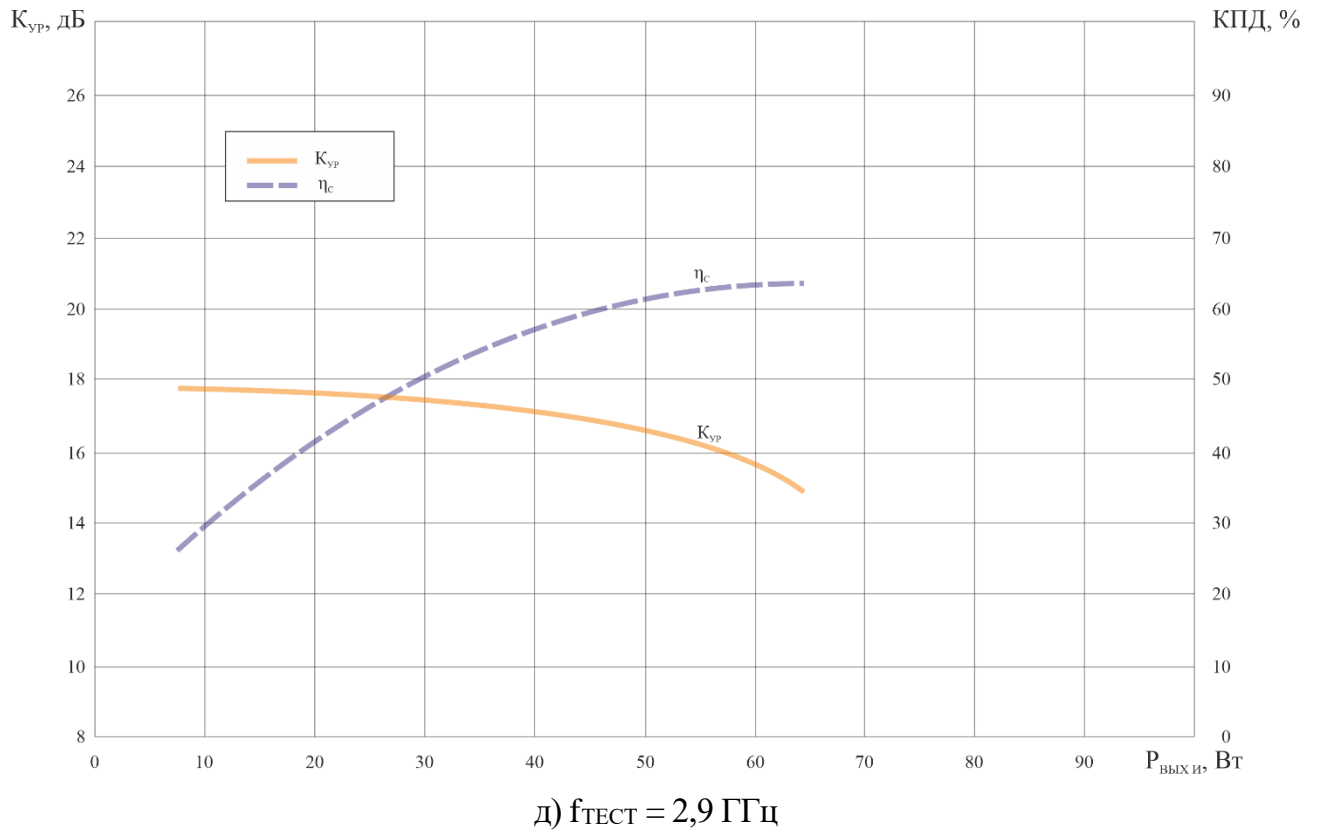
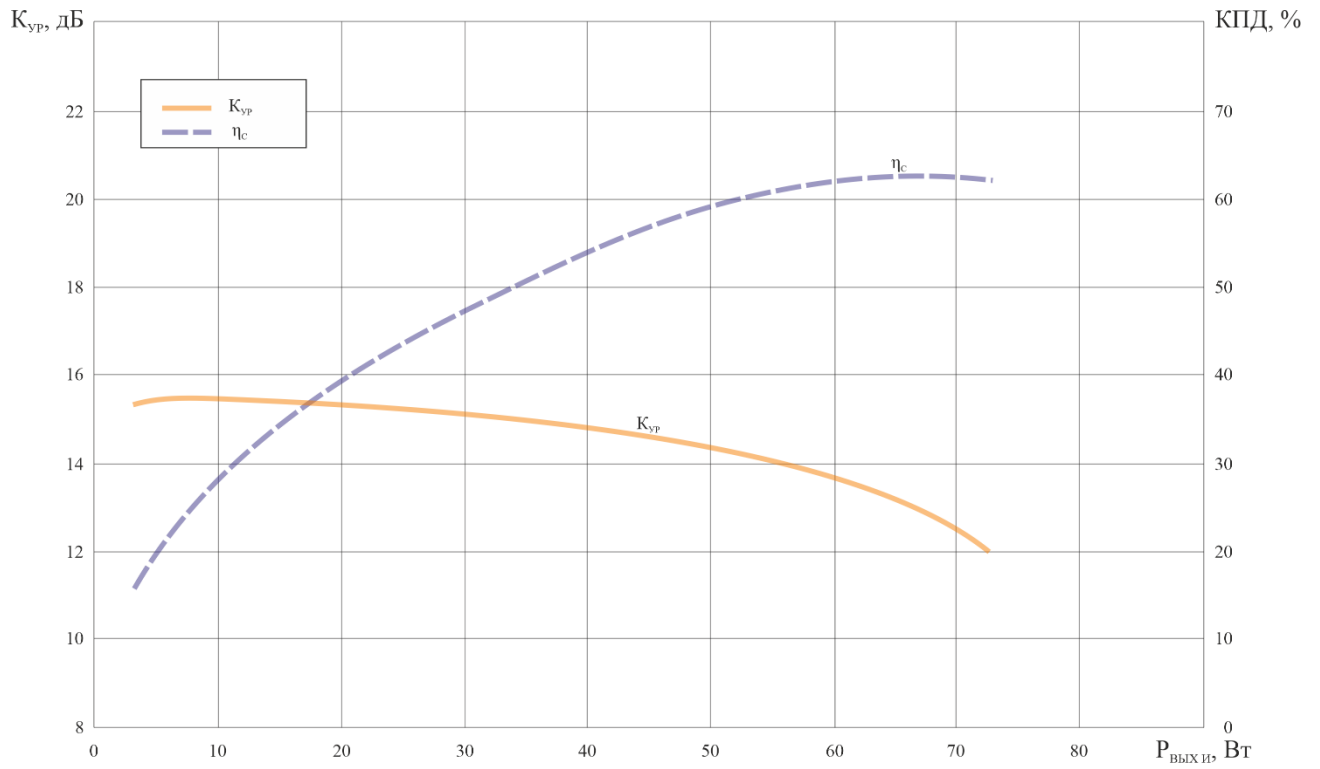
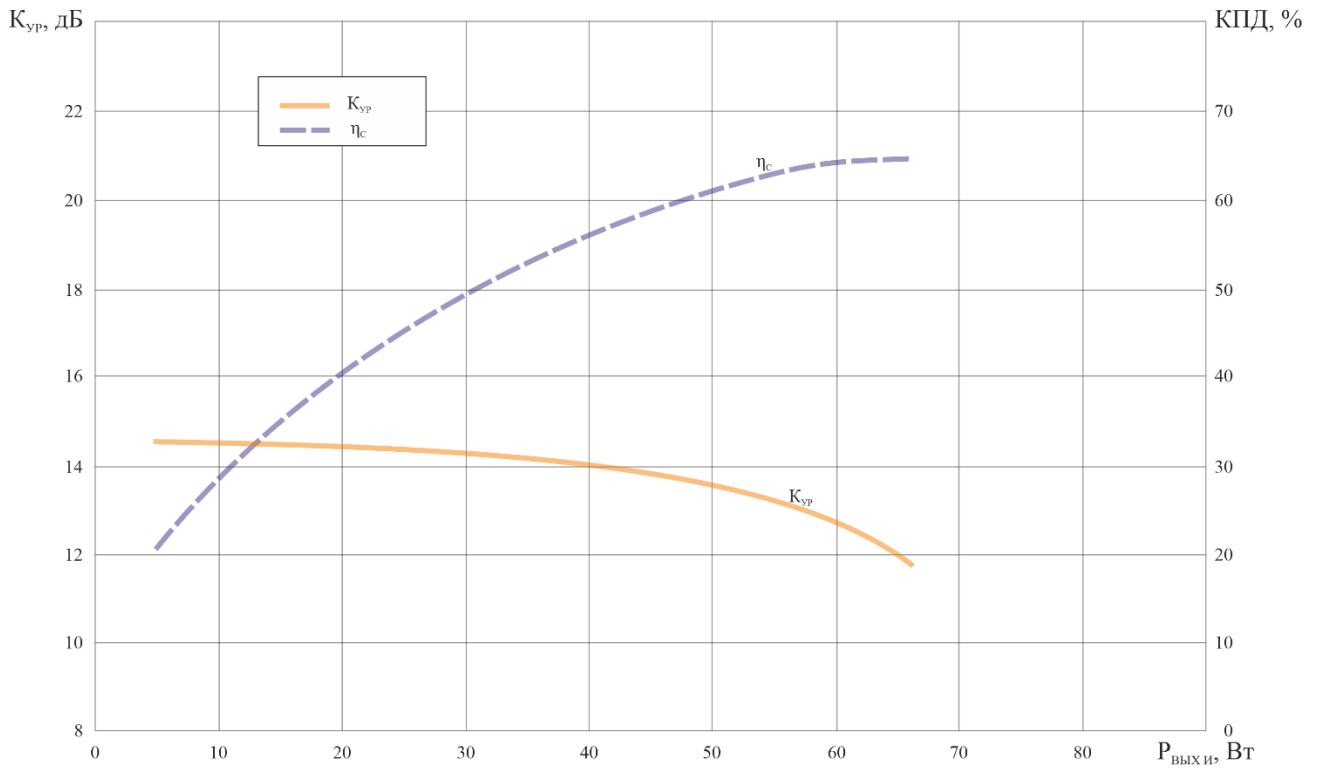


Рисунок 3 (лист 3 из 7)

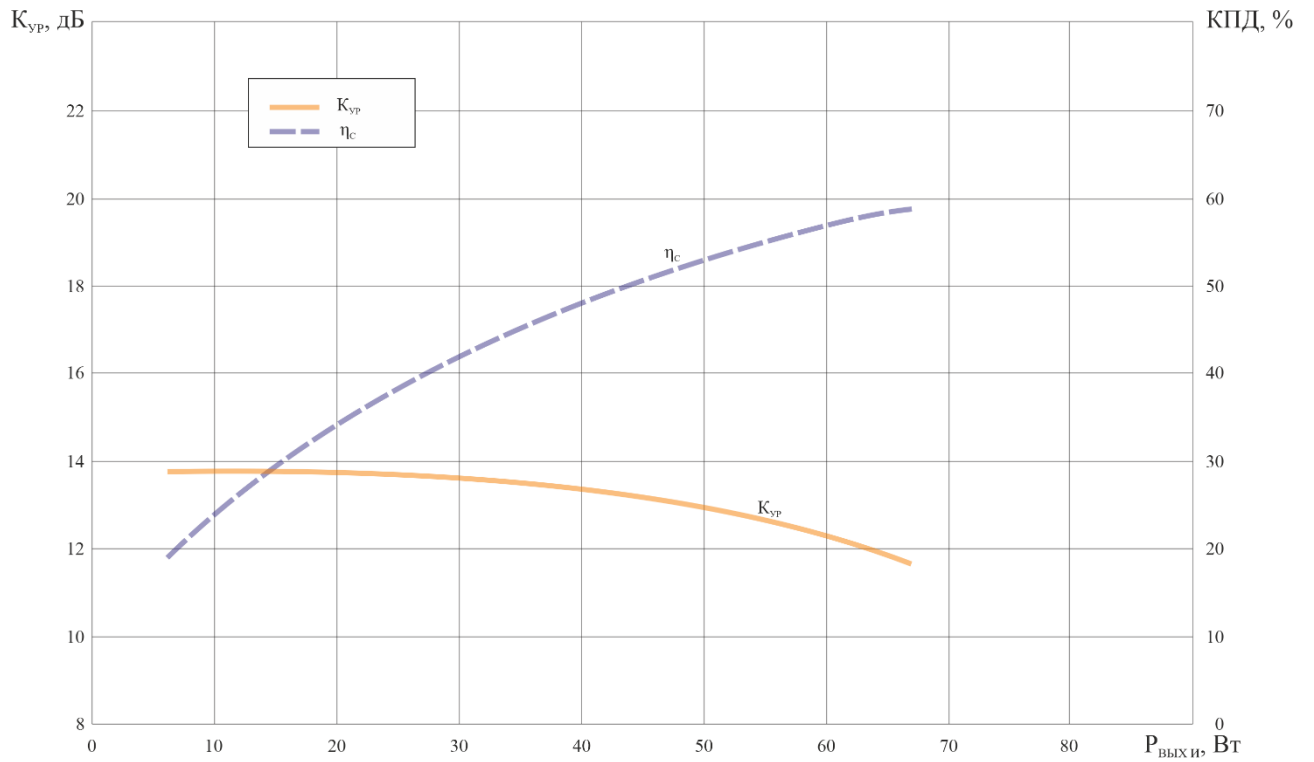


ж)  $f_{TEST} = 4.2$  ГГц

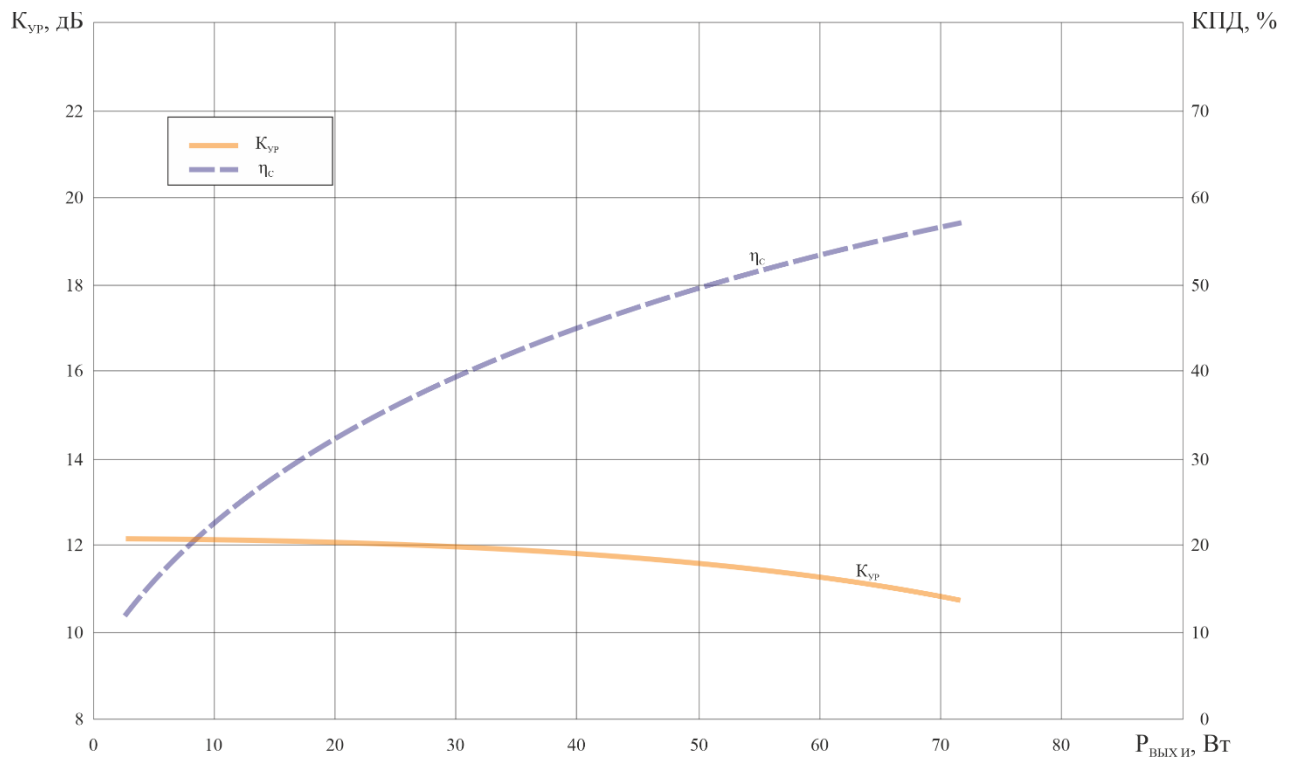


и)  $f_{TEST} = 4.4$  ГГц

Рисунок 3 (лист 4 из 7)



к)  $f_{\text{ТЕСТ}} = 4,5 \text{ ГГц}$



л)  $f_{\text{ТЕСТ}} = 4,6 \text{ ГГц}$

Рисунок 3 (лист 5 из 7)

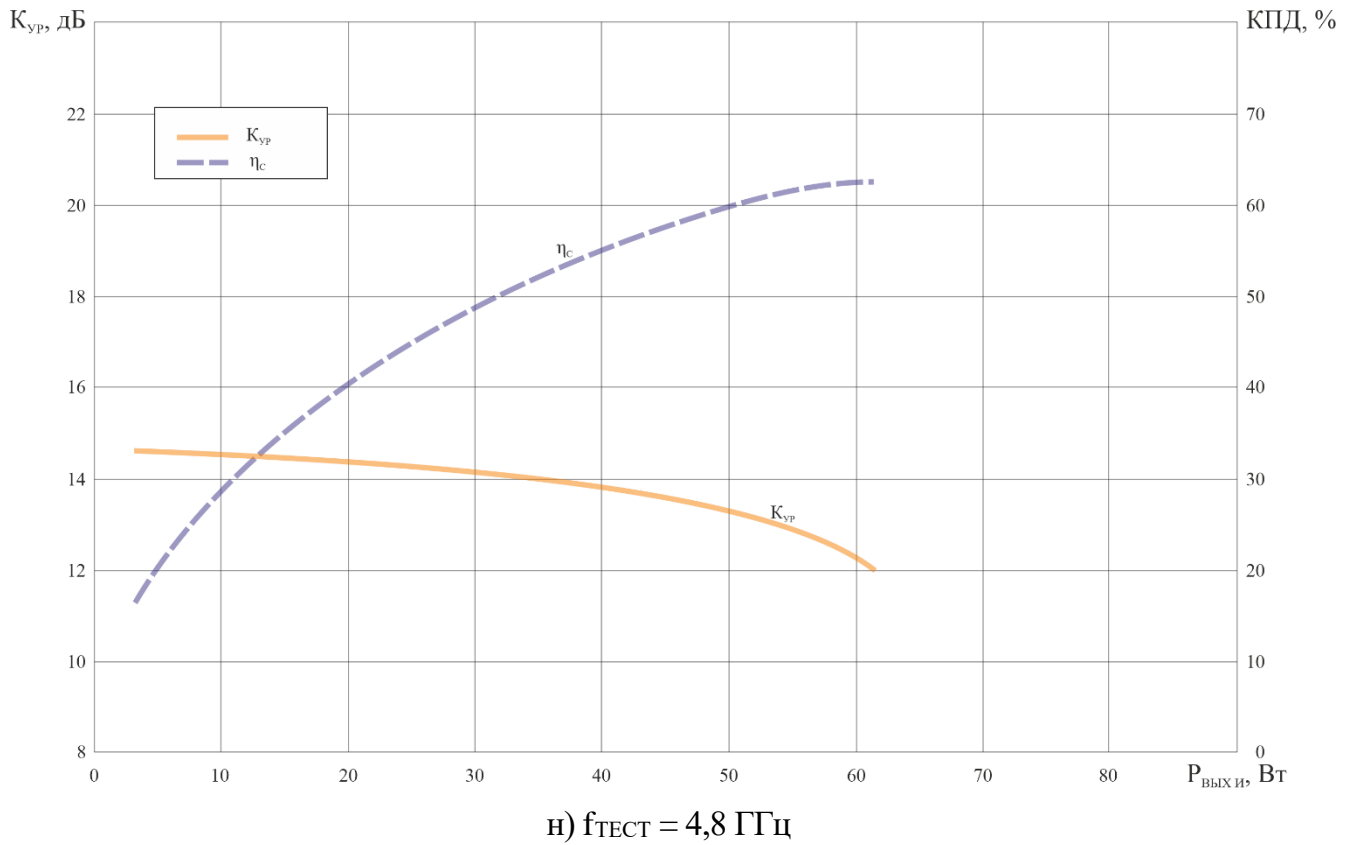
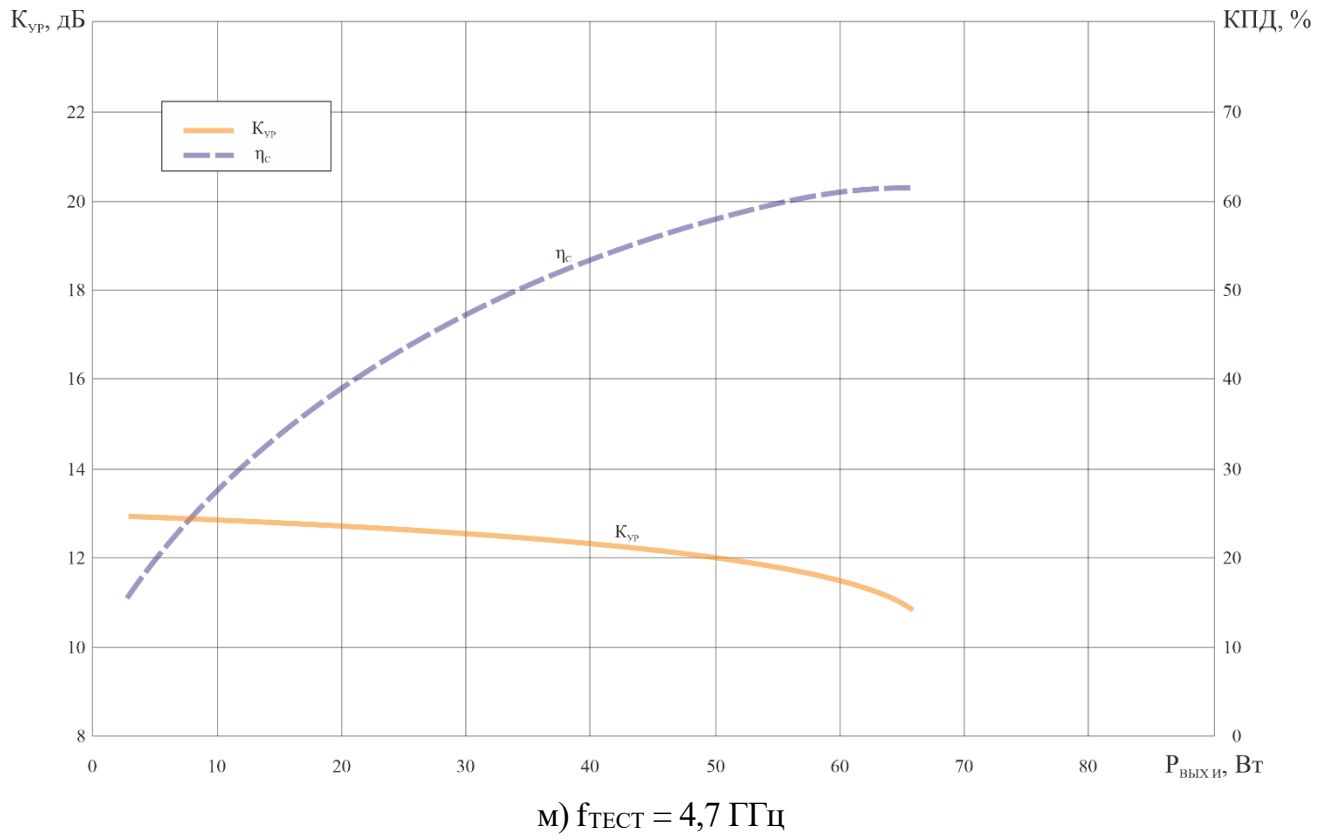


Рисунок 3 (лист 6 из 7)

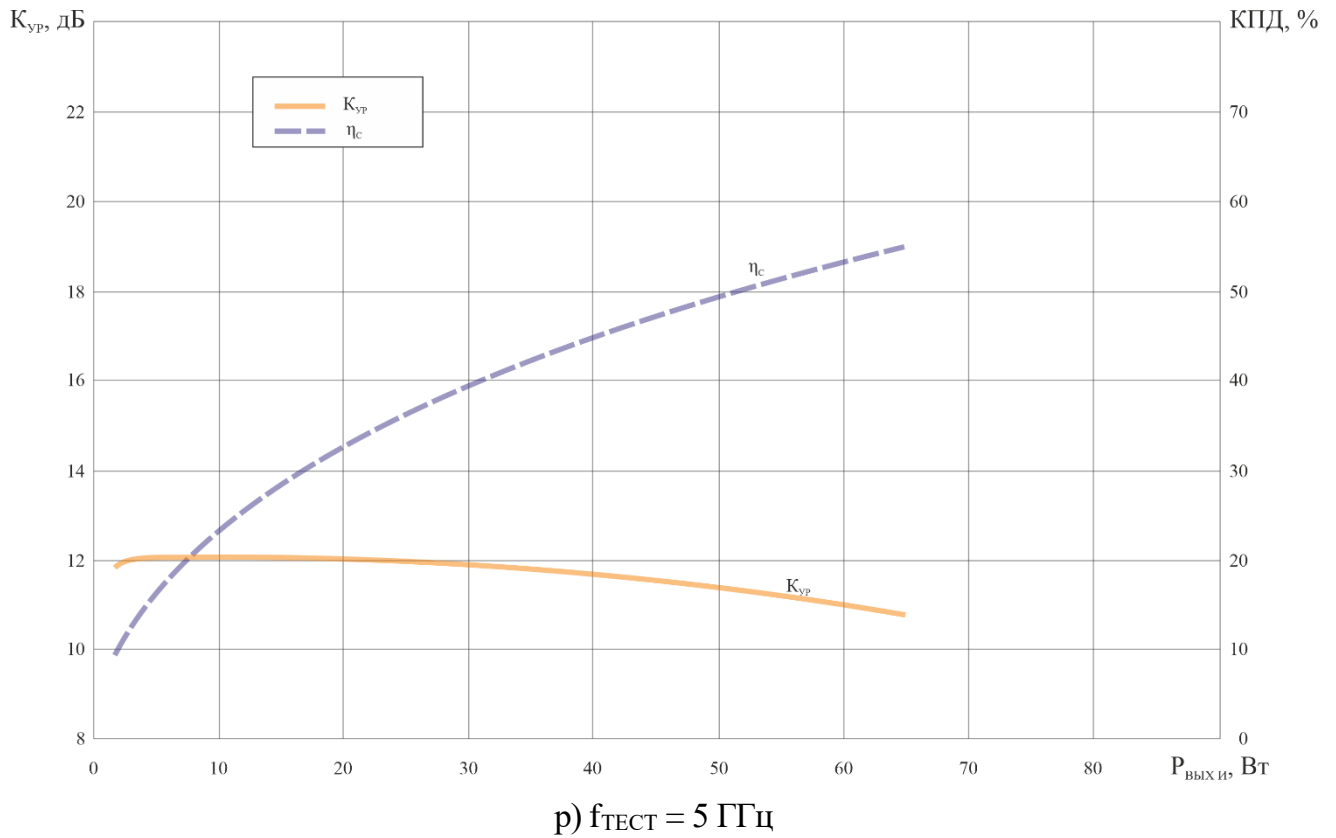
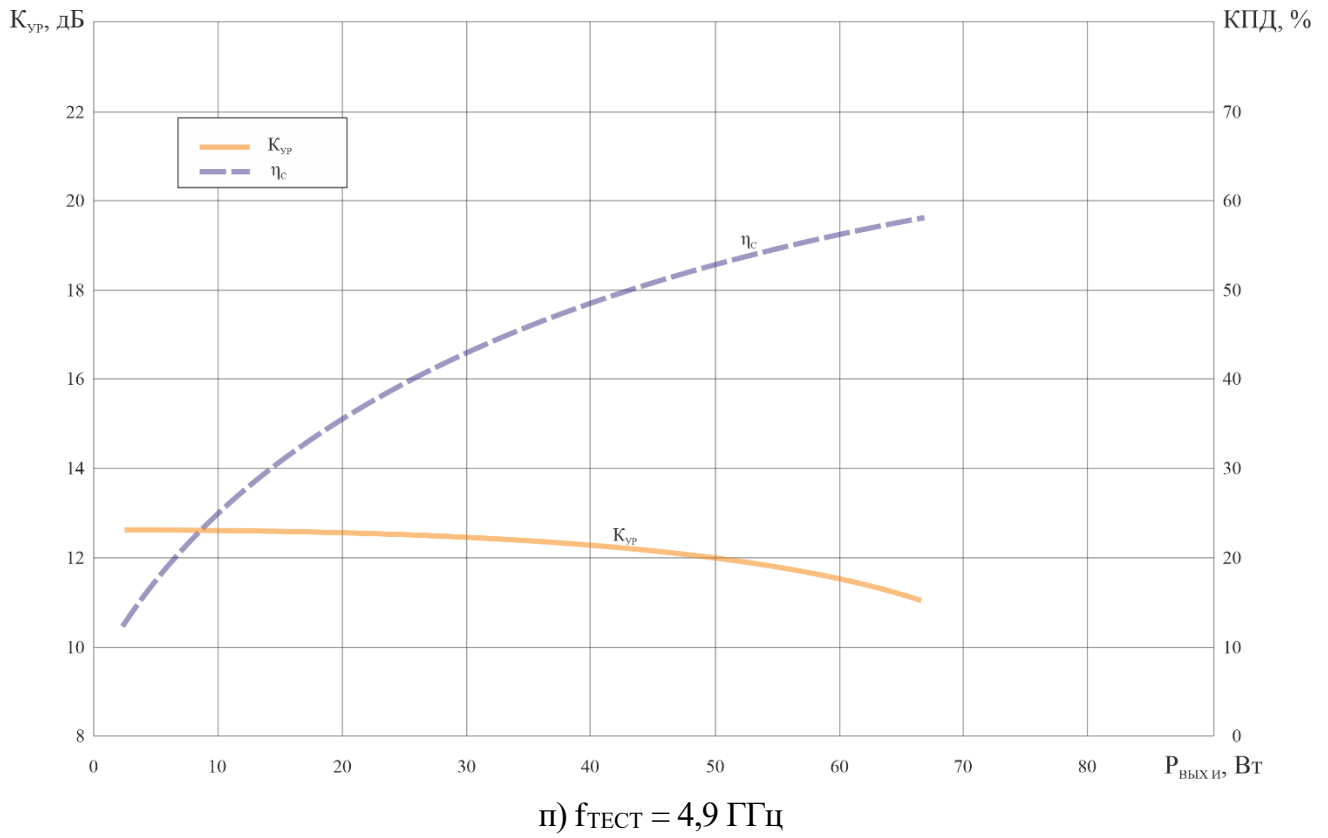


Рисунок 3 (лист 7 из 7)

## 7 Габаритный чертеж

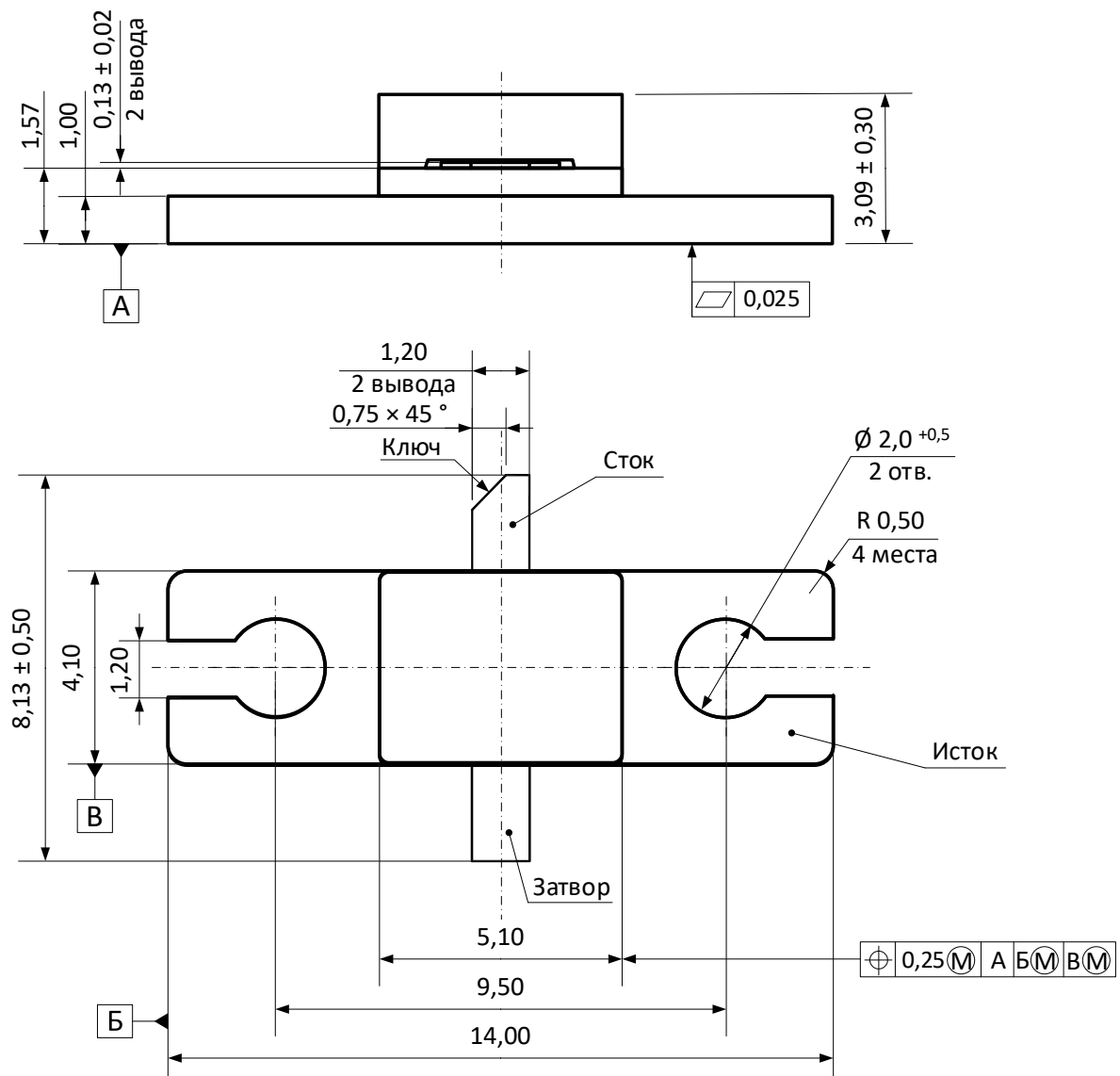


Рисунок 4 – Габаритный чертеж транзисторов MGN16-50A

## 8 Информация для заказа

Обозначение	Маркировка	Тип корпуса
MGN16-50A	16-50A	КТ-81С-3 К

Условное обозначение транзистора при заказе в договоре на поставку и в конструкторской документации другой продукции:

«Транзистор MGN16-50A, ТСКЯ.432149.004ТУ».

