

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СТАНДАРТОВ
СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ
И РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ (ВНИИФТРИ)

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
ИЗМЕРИТЕЛЯ Л2-22 μ -ПАРАМЕТРОВ
МАЛОМОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ
МИ 94-76**

ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва — 1977

**РАЗРАБОТАНА Всесоюзным орденом Трудового Красного Знамени
научно-исследовательским институтом физико-технических и радио-
технических измерений (ВНИИФТРИ)**

Директор В. Н. Коробов
Руководитель темы Н. М. Крынин
Исполнитель А. С. Адерер

**ПОДГОТОВЛЕНА К УТВЕРЖДЕНИЮ Сектором государственных
испытаний и стандартизации ВНИИФТРИ**

Руководитель сектора И. И. Турунцова
Исполнитель И. Ш. Генфок

**УТВЕРЖДЕНА Научно-техническим советом ВНИИФТРИ 18 июля
1973 г. (Протокол № 9)**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ ИЗМЕРИТЕЛЯ Л2-22 h -ПАРАМЕТРОВ МАЛОМОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ МИ 94-76

Настоящая методика распространяется на измерители Л2-22 h -параметров маломощных транзисторов и устанавливает методы и средства их поверки.

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

- 1.1. При проведении поверки должны выполняться следующие операции:
 - внешний осмотр (п. 4.1);
 - опробование (п. 4.2);
 - определение метрологических параметров (п. 4.3):
 - погрешности измерения h -параметров и параметра $(1-\alpha)$ в схеме с общей базой (п. 4.3.1);
 - погрешности измерения параметров h_{11b} и $(1-\alpha)$ в схеме с общей базой при токах эмиттера менее 0,1 мА (п. 4.3.2);
 - погрешности измерения h -параметров в схеме с общим эмиттером (п. 4.3.3);
 - погрешности измерения параметра $h_{11\alpha}$ в схеме с общим эмиттером при токах эмиттера менее 0,1 мА (п. 4.3.4);
 - погрешности установки сопротивления в цепи базы (п. 4.3.5);
 - погрешности измерения обратных токов $I_{\text{ко}}$ и $I_{\text{эо}}$ и начального тока коллектора $I_{\text{нк}}$ (п. 4.3.6);
 - погрешности установки напряжения на коллекторе (п. 4.3.7);
 - погрешности установки тока эмиттера (п. 4.3.8);
 - частоты генератора (п. 4.3.9);

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

- 2.1. При поверке следует применять средства, указанные в табл. 1.

Таблица 1

Средство поверки	Нормативно-техническая характеристика
Частотомер цифровой типа ЧЗ-22	Диапазон частот 10 Гц—12 МГц
Милливольтмиллиамперметр М1109	Измеряемый ток 0,15—60 мА; измеряемое напряжение 15—3000 мВ; класс точности 0,2
Вольтметр цифровой типа ВК7-10А/1	Измеряемое напряжение 10—1000 В; допускаемая погрешность $\pm 0,2\%$ Измеряемое сопротивление 1 кОм — 10 МОм; допускаемая погрешность $\pm 0,3\%$
Микроамперметр типа М1201	Измеряемый ток 0,3—750 мкА; класс точности 0,5
Магазин сопротивлений Р58	Сопротивление 0,1—111111 Ом; класс точности 0,1
Набор образцовых резисторов согласно табл. 2—10 настоящей методики	Резисторы подобраны с погрешностью $\pm 0,5\%$.

2.2. Разрешается применять другие аналогичные образцовые приборы с погрешностью измерения по крайней мере в 3 раза меньшей, чем погрешность измерения проверяемого параметра прибора Л2-22.

3. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

3.1. При проведении поверки прибора Л2-22 должны соблюдаться следующие условия:

температура окружающей среды 293 ± 5 К ($20 \pm 5^\circ\text{C}$);
атмосферное давление 100000 ± 4000 Н/м² (750 ± 30 мм рт. ст.);
относительная влажность воздуха $65 \pm 15\%$;
напряжение питания сети переменного тока частотой 50 Гц $\pm 1\%$ и содержанием гармоник до 5% должно быть $220 \text{ В} \pm 2\%$.

П р и м е ч а н и е. Допускается проводить поверку в условиях лаборатории, отличающихся от указанных выше, в том случае, если они не выходят за пределы рабочих условий, установленных для проверяемого прибора и контрольно-измерительной аппаратуры, применяемой при поверке.

3.2. Представленные на поверку приборы должны быть полностью укомплектованы (кроме ЗИП).

3.3. Предварительный прогрев проверяемого прибора и образцовых средств поверки проводят при номинальном напряжении питания в течение времени, указанного в технической документации.

3.4. При работе с поверяемыми и образцовыми приборами и вспомогательными средствами поверки необходимо соблюдать требования, указанные в технической документации на эти средства.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

4.1. Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверяют:

наличие видимых механических повреждений;

возможность установки на нуль электроизмерительного прибора с помощью механического нуль-корректора при выключенном питании;

легкость перемещения ручек настройки и возможность управления прибором в заданных пределах;

четкость фиксации переключателей и совпадение их указателей с отметками на соответствующих шкалах;

наличие предохранителей.

4.2. Опробование

Перед включением прибора все ключи установить в среднее положение, а ручки установки режимов — в нулевое. Включить прибор и прогреть его в течение 15 мин.

Откалибровать прибор Л2-22, для чего следует:

перекинуть выводы эмиттера и базы колодки для подключения транзисторов;

ключ « $h_{11}-(1-\alpha)$ » поставить в положение « h_{11} ». Потенциометром «Уст. нуля h », расположенным на задней стенке прибора, установить стрелку отсчетного прибора на нулевую отметку. Убрать перемычку из колодки, поставить ключ « $h_{11}-(1-\alpha)$ » в среднее положение;

потенциометром «Калибр. h » установить стрелку отсчетного прибора на конец шкалы (отметка «10»);

ключ «Общ. эмиттер — Общ. база — Токи» поставить в положение «Токи» и потенциометром «Уст. нуля» стрелку отсчетного прибора установить на нуль. Нажать кнопку «Калибр. тока» и потенциометром «Калибр. тока» стрелку отсчетного прибора установить на конец шкалы (отметка «10»);

вернуть ключ «Общ. эмиттер — Общ. база — Токи» в среднее положение.

П р и м е ч а н и я:

1. Если пределы регулировки недостаточны, то необходимо воспользоваться соответствующими потенциометрами, оси которых выведены на заднюю стенку прибора.

2. За первые 2 ч работы возможен уход калибровки, поэтому в течение этого времени требуется проводить периодический контроль (через 15—20 мин.) и, если необходимо, подстройку калибровки.

4.3. Определение метрологических параметров

4.3.1. Определение погрешности измерения h -параметров и параметра $(1-\alpha)$ в схеме с общей базой.

Указанные параметры проверяют путем измерения образцовых цепочек (сопротивлений), подключаемых к измерительной колодке прибора Л2-22. Схемы их подключения приведены на рис. 1.

Значения образцовых сопротивлений, соответствующие рекомендуемым значениям проверяемых параметров, приведены в

табл. 2—5: для измерения параметра h_{116} — в табл. 2; для измерения параметра h_{226} — в табл. 3; для измерения параметра $(1-\alpha)$ — в табл. 4; для измерения параметра h_{126} — в табл. 5.

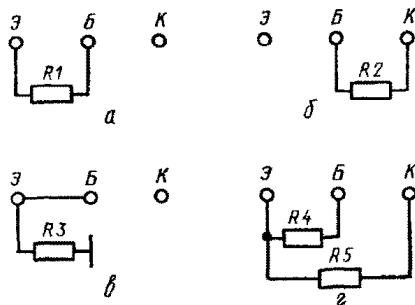


Рис. 1. Схемы подключения образцовых сопротивлений к гнездам измерительной колодки Л2-22 в схеме:

а—для проверки h_{116} ; б—для проверки h_{226} ; в—для проверки $(1-\alpha)$; г—для проверки h_{126}

Таблица 2

Предел измерения h_{116} , Ом	h_{116} , Ом	R_1 , Ом	Предел измерения h_{116} , Ом	h_{116} , Ом	R_1 , Ом
10	3	9,5	100	50	95
	5			150	300
	9,5		300	300	
30	15	30			
	30				

Таблица 3

Предел измерения $h_{226} \cdot 10^{-6}$ см	$h_{226} \cdot 10^{-6}$ см	R_2 , кОм	Предел измерения $h_{226} \cdot 10^{-6}$ см	$h_{226} \cdot 10^{-6}$ см	R_2 , кОм
0,3	0,1	10000	3	1,5	666
	0,15	6666		3	333
	0,3	333			
1	0,5	2000	10	5	200
	0,95	1053		9,5	105,3

Таблица 4

Предел измерения (1- α)	1- α	R_3 , Ом	Предел измерения (1- α)	1- α	R_3 , Ом
0,01	0,003	3,01	0,1	0,05	52,6
	0,005	5,025		0,095	105
	0,0095	9,6			
0,03	0,015	15,3	0,3	0,15	176
	0,03	30,9		0,3	429

Таблица 5

Предел измерения $h_{126} \cdot 10^{-3}$	$h_{126} \cdot 10^{-3}$	R_4 , Ом	R_5 , Ом
0,3	0,1	3,33	33,3
	0,15	5	33,3
	0,3	10	33,3
1	0,5	16,65	33,3
	0,95	31,6	33,3
3	1,5	50	33,3
	3	100	33,3

В случае отсутствия указанных сопротивлений допускается использование других, близких по значению номиналов.

При этом зависимость между значениями проверяемых параметров и значениями образцовых сопротивлений выражается формулами:

$$h_{116} = R_1; \quad (1)$$

$$h_{226} = \frac{1}{R_2}; \quad (2)$$

$$h_{126} = \frac{R_4}{R_5}; \quad (3)$$

$$R_3 = 1000 \frac{1-\alpha}{\alpha}. \quad (4)$$

Погрешность измерения определяют по формулам:
для h -параметров

$$\delta_{hi} = \frac{h_{i\text{изм}} - h_{i\text{расч}}}{h_{i\text{расч}}} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где $h_{i\text{расч}}$ — расчетные значения параметров, приводимые в табл. 2, 3, 5 или определяемые по формулам (1) — (3); $h_{i\text{изм}}$ — показания стрелочного индикатора поверяемого прибора; $h_{i\text{ик}}$ — конечное значение рабочей части шкалы данного параметра; i — индекс h -параметра;

для параметра $(1-a)$

$$\delta_{(1-a)} = \frac{(1-a)_{изм} - (1-a)_{расч}}{(1-a)_k} \cdot 100\%, \quad (6)$$

где $(1-a)_{изм}$ — показания стрелочного индикатора поверяемого прибора; $(1-a)_{расч}$ — расчетное значение параметра, приводимое в табл. 3 или определяемое по формуле (4); $(1-a)_k$ — конечное значение рабочей части шкалы. Погрешность измерения h -параметров и параметра $(1-a)$ не должна превышать $\pm 5\%$.

4.3.2. Определение погрешности измерения параметров h_{116} и $(1-a)$ в схеме с общей базой при токах эмиттера менее 0,1 мА.

Указанные параметры проверяют путем измерения образцовых цепочек, приведенных на рис. 1, а, в.

При проверке должен быть установлен ток $I_0 = 30$ мкА.

Проверяемые отметки шкалы и значения образцовых цепочек выбирают в соответствии с табл. 2 и 4.

Погрешность измерения параметров h_{116} и $(1-a)$, определяемая по формулам (5) и (6), не должна превышать $\pm 5\%$.

Примечания к пп. 4.3.1 и 4.3.2:

1. При проверке указанных параметров ручки установки режима должны находиться в нулевом положении (за исключением ручки « I_0 » при проверке по п. 4.3.2).

2. В качестве образцовых сопротивлений можно использовать магазины сопротивлений типа Р58 и подобранные сопротивления с погрешностью $\pm 0,5\%$. Для уменьшения погрешности измерения необходимо использовать подключающие провода минимальной длины.

3. Допускается подключение магазинов и сопротивлений к клеммам «Э», «Б», «К» на задней стенке прибора.

4.3.3. Определение погрешности измерения h -параметров в схеме с общим эмиттером.

Погрешность измерения указанных параметров определяют путем измерения образцовых цепочек (сопротивлений), подключаемых к гнездам «Э», «Б», «К» измерительной колодки поверяемого прибора.

Схемы и способы подключения образцовых цепочек приведены на рис. 2.

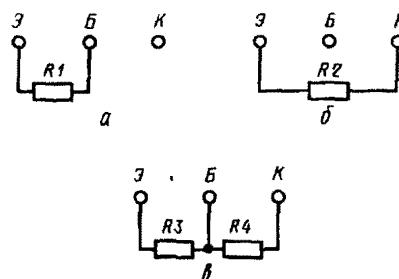


Рис. 2. Схемы соединения образцовых сопротивлений с гнездами измерительной колодки прибора Л2-22:
а—для проверки h_{116} ; б—для проверки h_{223} ; в—для проверки h_{123}

Значения образцовых сопротивлений и рекомендуемые значения проверяемых параметров приведены в табл. 6—8: для измерения параметров h_{119} — в табл. 6; для измерения параметра h_{223} — в табл. 7; для измерения параметра h_{129} — в табл. 8.

Таблица 6

Предел измерения h_{119} , кОм	$h_{113} \cdot 10^{-3}$, кОм	R_1 , кОм	Предел измерения h_{119} , кОм	$h_{119} \cdot 10^{-3}$, кОм	R_1 , кОм
0,3	0,1		3	1,5	3
	0,15				
	0,3				
1	0,5		10	5	9,5
	0,95				

Таблица 7

Предел измерения $h_{223} \cdot 10^{-4}$, см	$h_{223} \cdot 10^{-4}$, см	R_2 , кОм
0,3	0,1	100
	0,15	
	0,3	
1	0,5	20
	0,95	
3	1,5	6,66
	3	

Таблица 8

Предел измерения $h_{129} \cdot 10^{-3}$	$h_{129} \cdot 10^{-3}$	R_3 , кОм	R_4 , кОм
0,3	0,1	1000	1000
	0,15		
	0,3		
1	0,5	1000	1000
	0,95		
3	1,5	1000	1000
	3		

В случае отсутствия указанных сопротивлений допускается использование других, близких по значению номиналов, рассчитываемых по формулам:

$$h_{119} = R_1; \quad (7)$$

$$h_{229} = \frac{1}{R_2}; \quad (8)$$

$$h_{129} = \frac{R_3}{R_4}. \quad (9)$$

Погрешность измерения h -параметров определяют по формуле (5), где $h_{i\text{расч}}$ — расчетные значения параметров, взятые из табл. 6—8 или определенные по формулам (7) — (9).

Погрешность измерения h -параметров не должна превышать $\pm 5\%$.

4.3.4. Определение погрешности измерения параметра h_{119} в схеме с общим эмиттером при токах эмиттера менее 0,1 мА.

Погрешность измерения параметра h_{119} определяют путем измерения образцового сопротивления, приведенного на рис. 2, а. При проверке ручкой « $I_{a\text{мкА}}$ » должен быть установлен ток $I_a = 30$ мкА.

Проверяемые отметки шкалы и значения образцовых цепочек выбирают в соответствии с табл. 6, причем проверке подлежат шкалы с пределами 1, 3 и 10 кОм.

Погрешность измерения параметра h_{119} , определяемая по формуле (5), не должна превышать $\pm 5\%$.

Примечание. Примечание к п. 4.3.2 относится и к пп. 4.3.3 и 4.3.4 (за исключением ручки « I_a » при проверке по п. 4.3.4).

4.3.5. Определение погрешности установки сопротивления в цепи базы.

Сопротивление в цепи базы, устанавливаемое дискретно, может быть равно 0; 100; 300 Ом; 1; 3; 10; 30; 100 кОм.

Для определения погрешности установки сопротивления в цепи базы необходимо:

ключ «Общ. эмиттер — Общ. база — Токи» поставить в положение «Токи»;

ключ « $I_{\text{кн}}—I_{\text{ко}}—I_{\text{бо}}$ » поставить в положение « $I_{\text{кн}}$ », измеритель сопротивления (вольтметр ВК7-10А/1) подключить к гнездам «Э» и «Б» измерительной колодки;

нажать кнопку «Калибр. тока» и отсчитать значение сопротивления;

Погрешность установки сопротивления

$$\delta_R = \frac{R_{\text{н}} - R_{\text{изм}}}{R_{\text{н}}} \cdot 100\%, \quad (10)$$

где $R_{\text{н}}$ — номинальное значение сопротивления; $R_{\text{изм}}$ — измеренное значение сопротивления.

Погрешность установки сопротивления в цепи базы не должна превышать $\pm 2\%$.

4.3.6. Определение погрешности измерения обратных токов $I_{\text{ко}}$, $I_{\text{зо}}$ и начального тока коллектора $I_{\text{кн}}$.

Погрешность измерения токов $I_{\text{ко}}$, $I_{\text{зо}}$ и $I_{\text{кн}}$ определяют путем измерения тока, проходящего через образцовые сопротивления.

Рекомендуемые значения образцовых сопротивлений и напряжения на коллекторе (эмиттере) приведены в табл. 9.

Таблица 9

I , мкА	R , МОм	U_K U_3 , В	I , мкА	R , МОм	U_K U_3 , В
0,03	33,3	1	3	10	30
0,1	10	1	10	1	10
0,3	10	3	30	1	30
1	10	10	99	1	99

В случае отсутствия указанных сопротивлений допускается использование других номиналов, близких к рекомендованным. При этом действительное значение тока расчитывают по формуле

$$I_d = \frac{U - 0,03}{R}, \quad (11).$$

где U — напряжение на коллекторе (эмиттере), измеренное вольтметром; R — образцовое сопротивление, МОм.

Для определения погрешности измерения токов $I_{\text{ко}}$, $I_{\text{зо}}$, $I_{\text{кн}}$ необходимо:

ключ «Общ. эмиттер — Общ. база — Токи» поставить в положение «Токи»;

с помощью потенциометра «Уст. нуля» установить нуль усилия постоянного тока;

с помощью потенциометра «Калибр. тока» осуществить калибровку тока;

ключ $I_{\text{кн}} - I_{\text{ко}} - I_{\text{зо}}$ поставить в положение, соответствующее проверяемому параметру;

к гнездам «К» и «Б» измерительной колодки подключить образцовое сопротивление (при измерении $I_{\text{зо}}$ — к гнездам «Э» и «Б»);

к гнездам «К» измерительной колодки и корпусу прибора подключить вольтметр ВК7-10А/1 (при измерении тока $I_{\text{зо}}$ — к гнездам «Э» и «Б»);

установить необходимое напряжение на коллекторе (эмиттере); по отсчетному прибору отсчитать значение тока.

Погрешность измерения

$$\delta_{I_i} = \frac{I_{\text{и}} - I_{\text{д}}}{I_{\text{д}}} \cdot 100\%, \quad (12)$$

где $I_{\text{и}}$ — показание стрелочного индикатора поверяемого прибора; $I_{\text{д}}$ — действительное значение тока, взятое из табл. 10 или рас-

считанное по формуле (11); I_{ik} — конечное значение рабочей части шкалы стрелочного индикатора поверяемого прибора; i — индекс тока, погрешность измерения которого проверяется.

Погрешность измерения, вычисленная по формуле (12), не должна превышать $\pm 5\%$.

4.3.7. Определение погрешности установки напряжения на коллекторе

Погрешность установки напряжения на коллекторе проверяют в точках, равных 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 и 99 В.

Для определения погрешности установки напряжения на коллекторе необходимо:

ключ «Общ. эмиттер — Общ. база — Токи» установить в положение «Общ. база»;

к гнезду «К» измерительной колодки и корпусу прибора подключить вольтметр типа ВК7-10А/1;

установить проверяемое значение напряжения на коллекторе; отсчитать показания по вольтметру ВК7-10А/1.

Погрешность установки напряжения на коллекторе

$$\delta_{U_k} = \frac{U_{k, n} - U_{k, d}}{U_{k, n}} \cdot 100\%, \quad (13)$$

где $U_{k, n}$ — номинальное напряжение на коллекторе, устанавливаемое с помощью переключателей; $U_{k, d}$ — действительное напряжение на коллекторе, отсчитываемое по вольтметру ВК7-10А/1, В.

Погрешность установки напряжения не должна превышать $\pm 3\%$.

4.3.8. Определение погрешности установки тока эмиттера

Для определения погрешности установки тока эмиттера необходимо:

ключ «Общ. эмиттер — Общ. база — Токи» поставить в положение «Общ. база»;

к гнезду «Э» измерительной колодки и корпусу прибора подключить образцовый измеритель тока (М1204 или М1109 — в зависимости от значения измеряемого тока);

установить ток эмиттера, равный 30 мА;

отсчитать показания по образцовому измерителю тока;

проверить точки 40, 50, 60, 70, 80, 90 мА;

переключатель $\langle I_{\text{э}} \text{ мА} \rangle$ поставить в положение «0»;

проверить точки 0; 1; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 12; 16; 20; 30 мА, устанавливая эти значения тока ручкой $\langle I_{\text{э}} \text{ мА} \rangle$.

Погрешность установки тока эмиттера

$$\delta_{I_{\text{э}}} = \frac{I_{\text{э}, n} - I_{\text{э}, d}}{I_{\text{э}, n}} \cdot 100\%, \quad (14)$$

где $I_{\text{эн}}$ — номинальное значение тока, установленное с помощью переключателей; $I_{\text{эд}}$ — действительное значение тока, отсчитанное по шкале образцового прибора;

погрешность установки тока эмиттера не должна превышать $\pm 3\%$.

4.3.9. Определение частоты генератора

Частоту генератора поверяемого прибора определяют путем непосредственного измерения частоты измерителем частоты типа ЧЗ-22.

Для этого следует:

сигнал с клеммы «К» на задней стенке поверяемого прибора подать на вход частотомера;

ключ «Общ. эмиттер — Общ. база — Токи» поставить в положение «Общ. база»;

ключ $h_{12}-h_{22}$ поставить в положение h_{22} ;

переключатель «Пределы h » поставить в положение «0,3».

Отсчитать показание частотомера ЧЗ-22. Измеренное значение частоты генератора должно находиться в пределах 640—960 Гц.

5. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

5.1. Результаты поверки заносят в протоколы.

5.2. Если при поверке прибора Л2-22 его параметры не соответствуют нормам, указанным в техническом описании, или будут обнаружены механические или электрические неисправности, дальнейшую поверку прекращают.

5.3. На приборы Л2-22, соответствующие требованиям настоящей методики, выдают свидетельство о государственной поверке по форме, установленной Госстандартом СССР.

5.4. При ведомственной поверке допускается вносить в паспорт прибора отметку о поверке.

5.5. Приборы, не соответствующие требованиям настоящей методики, в обращение не допускаются и на них выдают справку с указанием причин негодности.

**Методика поверки измерителя Л2-22 *h*-параметров
маломощных транзисторов**

МИ 94—76

Редактор Э. А. Абрамова

Технический редактор Н. С. Гришанова

Корректор Н. А. Аргунова

Т—02790 Сдано в наб. 17.08.76 Подп. в печ. 03.03.77 0,75 п. л.
0,73 уч.-изд. л. Изд. № 1815/4 Тир. 4000 Цена 4 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов. Москва, Д-557, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6. Зак. 1444