

Отечественные транзисторные усилители СВЧ

Юрий КАРПОВ
yur-karpov@yandex.ru

В работе [1] сделан обзор зарубежных твердотельных усилителей, работающих в диапазоне частот 1–100 ГГц с выходной мощностью до 10 Вт, определены их параметры и дана классификация усилителей.

Таблица 1. Маломощные усилители НПФ «Микран»

Наименование	Δf_p , ГГц	$K_{ш}$, дБ (+25 °С)	$K_{ш}$, дБ	$P_{-1дБ}$, дБм	КСВН вх/вых
Узкополосные коаксиальные усилители					
MALN 001010-02 MALN 010027-03	0,1–1 1–2,7	0,8	25	13	2,0/2,0
MALN 3442-01 MALN 3442-02 MALN 3442-03 MALN 3442-04	3,4–4,2	0,5 0,5 0,8 0,8	25 35 25 35	10	3,0/2,0
MALN 4450-02 MALN 4450-03 MALN 4450-04	4,4–5,0	0,55 0,9 0,9	33 23 33	10	3,0/2,0 1,5/1,5 1,5/1,5
MALN 5868-02 MALN 5868-03 MALN 5868-04 MALN 6677-12	5,8–6,8	0,6 1,0 1,0 0,6	30 20 30 30	10	3,0/2,0 1,5/1,5 1,5/1,5 3,0/2,0
MALN 6677-13 MALN 6677-14	6,6–7,9	1,0	20 30	10	1,5/1,5
MALN 7984-02 MALN 7984-03 MALN 7984-04	7,9–8,7	0,6 1,0 1,0	30 20 30	10 13 13	3,0/2,0 1,5/1,5 1,5/1,5
MALN 109117-02 MALN 109117-03 MALN 109117-04	10,7–11,7	0,65 1,2 1,2	30 20 30	10 13 13	3,0/2,0 1,5/1,5 1,5/1,5
MALN 117127-02 MALN 117127-03 MALN 117127-04	11,7–12,7	0,75 1,3 1,3	27 18 27	10 13 13	3,0/2,0 1,5/1,5 1,5/1,5
MALN 1091275-02 MALN 1091275-03 MALN 1091275-04	10,9–12,8	0,8 1,3 1,3	27 18 27	10 13 13	3,0/2,0 1,5/1,5 1,5/1,5
MALN 144155-02 MALN 144155-03 MALN 144155-04	14,4–15,5	1,0 1,5 1,5	25 16 25	10 13 13	2,5/2,0 1,5/1,5 1,5/1,5
MALN 177197-01 MALN 177197-02	17,7–19,7	1,3 1,3	16 25	10	2,0/2,0
MALN 195215-02	19,5–21,5	1,4			
MALN 210235-01	21,0–23,5	1,6			
MALN 235255-01	23,5–25,5	1,8			
MALN 250275-01	25,0–27,5	2,0			
Узкополосные волноводные усилители					
MALN 3442-11 MALN 3442-14	3,4–4,2	0,2 0,5	35	10	3,0/2,0 1,5/1,5
MALN 4450-11 MALN 4450-14	4,4–5,0	0,25 0,5	35	10	3,0/2,0 1,5/1,5
MALN 5868-12 MALN 5868-14	5,8–6,8	0,3 0,6	30	10	3,0/2,0 1,5/1,5
MALN 6677-12 MALN 6677-14	6,6–7,9	0,3 0,7	30	10	3,0/2,0 1,5/1,5
MALN 7984-12 MALN 7984-14	7,9–8,7	0,3 0,7	30	10 13	3,0/2,0 1,5/1,5
MALN 109117-12 MALN 109117-14	10,7–11,7	0,35 0,8	30	10 13	3,0/2,0 1,5/1,5
MALN 117125-12 MALN 117125-14	11,7–12,8	0,35 0,8	30	10 13	3,0/2,0 1,5/1,5
MALN 1091275-12 MALN 1091275-14	10,9–12,8	0,4 1,0	27	10 13	3,0/2,0 1,5/1,5
MALN 144155-12 MALN 144155-14	14,4–15,5	0,6 1,3	25	10 13	2,5/2,0 1,5/1,5
MALN 170197-11	17,7–19,7	0,8	25	10	2,0/2,0
MALN 195215-12	19,5–21,5	1,1	20/30	10	2,0/2,0
MALN 210235-11	21,0–23,5	1,2	20/30	10	2,0/2,0
MALN 235255-11	23,5–25,5	1,3	20/30	10	2,0/2,0
MALN 250275-11	25,0–27,5	1,4	20/30	10	2,0/2,0

Напряжение питания от +8 до +15 В
не стабилизированное или +5 В стабилизированное.

В настоящей статье представлен обзор продукции двенадцати отечественных предприятий, выпускающих транзисторные усилители СВЧ (маломощные, узкополосные и широкополосные) с рабочими частотами до 27 ГГц и выходной мощностью до 200 Вт. Источниками информации послужили сайты предприятий и рекламные материалы выставок за 2004–2006 годы. Следует отметить, что на отечественных сайтах часто приводятся неполные данные по выпускаемым изделиям.

НПФ «Микран»

Характеристики усилителей, выпускаемых НПФ «Микран», представлены в таблицах 1–3.

Таблица 2. Широкополосные и сверхширокополосные усилители НПФ «Микран»

Наименование	Δf_p , ГГц	$K_{ш}$, дБ (+25 °С)	$K_{ш}$, дБ	$P_{-1дБ}$, дБм	КСВН вх/вых
Широкополосные усилители					
MAW 0813-01 MAW 0813-02 MAW 0813-03 MAW 0813-04	0,8–1,3	0,6 0,6 1,5 1,5	25 35 25 35	13	2,0/2,0
MAW 0917-01 MAW 0917-02 MAW 0917-03 MAW 0917-04	0,9–1,7	0,8 0,8 1,5 1,5	25 35 25 35	13	2,0/2,0
MAW 1020-01 MAW 1020-02 MAW 1020-03 MAW 1020-04	1,0–2,0	0,8 0,8 1,5 1,5	25 35 25 35	13	2,0/2,0
MAW 2040-01 MAW 2040-02 MAW 2040-03 MAW 2040-04	2,0–4,0	0,8 0,8 1,5 1,5	25 35 25 35	13	2,0/2,0
MAW 4080-01 MAW 4080-02 MAW 4080-03 MAW 4080-04	4,0–8,0	1,0 1,0 1,5 1,5	20 30 20 30	13	2,0/2,0
MAW 080120-01 MAW 080120-02 MAW 080120-03 MAW 080120-04	8,0–12,0	1,0 1,0 1,5 1,5	25 35 25 35	13	2,0/2,0
MAW 120180-01 MAW 120180-02 MAW 120180-03 MAW 120180-04	12,0–18,0	2,2 2,2 3,0 3,0	20 30 20 30	10	2,0/2,0
MAW 180260-01 MAW 180260-02	18,0–26,0	2,5 2,5	20 30	10	2,0/2,0
Сверхширокополосные усилители					
MAW 001030-01	0,1–3,0	2,0	25	13	2,0/2,0
MAW 1550-01 MAW 1550-02	1,5–5,0	2,0 2,5	25 35	13	2,5/2,5
MANW 050200-01	5,0–20,0	2,0	20	10	2,5/2,5
MANW 040120-01 MANW 040120-02	4,0–12,0	2,5	20 30	10	2,5/2,0
MAW 080180-01 MAW 080180-02	8,0–18,0	3,0	18 27	10	2,5/2,0
MAW 080260-01 MAW 080260-02	8,0–26,0	3,5	18 27	10	2,5/2,0

Напряжение питания от +8 до +15 В.

Предприятие выпускает усилители в герметичных корпусах в волноводном и коаксиальном (сечение канала — 3,5/1,52 мм) вариантах. Диапазон частот 0,1–27,5 ГГц, $K_{ш}$ от 0,2 до 4 дБ и выходная мощность в линейном режиме ($P_{-1дБ}$) до 37 дБм. Диапазон рабочих температур: $-50...+50$ °С. В широкополосных и сверхширокополосных усилителях используется внутренний стабилизатор напряжения и применена защита от перенапряжений и переплюсовки.

Вызывает интерес монолитная интегральная схема MAVVM 003025-01 (табл. 4) размером 1,2×1,2×0,1 мм, работающая в диапазоне частот 0,5–2,5 ГГц. Она является широкополосным двухкаскадным усилителем с глубокой обратной связью и предназначена для

Таблица 3. Коаксиальные усилители средней мощности НПФ «Микран»

Наименование	Δf_p , ГГц	$K_{ш}$, дБ	$P_{-1дБ}$, дБм ($t_{cp} = +25$ °С)	КСВН вх/вых
МАРХХХ - УУУ-01 МАРХХХ - УУУ-02 МАРХХХ - УУУ-03 МАРХХХ - УУУ-04	1,0–2,0 с полосой 0,15–0,3	20 30 40	37	2,0/2,0
	2,0–4,0 с полосой 0,15–0,3	20 30 40	36	
	4,0–8,0 с полосой 0,25–1,0	20 30 40	32	
	8,0–12,0 с полосой 0,25–1,0	20 30 40	31	
	12,0–18,0 с полосой 0,25–1,0	18 25 32 40	30	

ХХХ — центральная рабочая частота усилителя, ГГц;
УУУ — полоса рабочих частот усилителя, МГц;
Напряжение питания: +9 В, –5 В.

Таблица 4. GaAs МИС усилитель НПФ «Микран»

Наименование параметра	Значение
Диапазон рабочих частот, ГГц	0,5–2,5
Коэффициент усиления, дБ	22
Коэффициент шума, дБ	4
КСВН вх/вых, не более	1,6
Выходная мощность при сжатии коэффициента усиления на 1 дБ, дБм	17
Потребляемый ток, мА*	40–70
Напряжение питания, В*	7–12
Размер кристалла, мм	1,2×1,2×0,1

* типовой режим по постоянному току 9 В, 50 мА.

Таблица 5. Широкополосные усилители средней мощности ФГУП «ННИПИ «Кварц»

$\Delta f_{р}$, ГГц	$K_{у}$, дБ	$\Delta K_{у}$, дБ	$K_{ш}$, дБ	$P_{-1дБ}$, дБм	КСВН вх/вых	$I_{н}$, мА
0,1–2	30	3	4	17	2,0/2,0	100
0,5–4	30	2	5	10	2,0/2,0	100
1–4	30	3	5	20	2,0/2,0	450
2–8	30	3	5	20	2,0/2,0	550
8–18	30	3	6	17	2,0/2,0	400
10–20	20	3	7	17	2,0/2,0	350
18–26	20	3	7	15	2,0/2,0	250

Таблица 7. Усилители мощности С-диапазона ООО «РАДИС Лтд»

Наименование	$K_{у}$, дБ	$P_{вых}$, дБм	$P_{-1дБ}$ (при ИМС не более –28 дБ), Вт	$P_{потр}$, Вт	Размеры корпуса, мм
Стандартный С-диапазон (5,925–6,525 ГГц)					
УМ5964-6	45	37,8	2,5	40,5	237,3×160×87
УМ5964-15	45	42	6	75	295,25×123×118
УМ5964-25	47	44	10	130	295,25×251×142,1
УМ5964-50	50	47	20	270	390,5×251×141,1
УМ5964-70	51,5	48,5	28	310	390,5×251×141,1
УМ5964-100	53	50	40	550	780×412×332
УМ5964-140	54,5	51,5	56	760	438,9×501,2×216
УМ5964-200	56	53	80	950	438,9×501,2×216
Расширенный С-диапазон (5,725–6,525 ГГц)					
УМ5765-15	60	42	6,0	80,0	295,25×123×118
УМ5765-25	60	44	10,0	130	295,25×251×142,1
УМ5765-50	60	47	20,0	275	390,5×251×141,1
УМ5765-100	60	50	40,0	560	780×412×332
УМ5765-140	60	51,5	56	760	438,9×501,2×216
УМ5765-200	60	53	80	950	438,9×501,2×216

Таблица 8. Усилители мощности Ку-диапазона ООО «РАДИС Лтд»

Наименование	$K_{у}$, дБ	$\Delta K_{у}$, дБ	$P_{вых}$, дБм	$P_{-1дБ}$ (при ИМС не более –28 дБ), Вт	$P_{потр}$, Вт	Размеры корпуса, мм
Стандартный Ку-диапазон (14,0–14,5 ГГц)						
УМ1414-2	43	2	33,0	0,8	20	168×54,5×21,5
УМ1414-3	43	2	34,8	1,2	30	168×54,5×21,5
УМ1414-4	43	2	36,0	1,6	40	211,6×107,5×119
УМ1414-6	45	2	37,8	2,4	50	211,6×107,5×119
УМ1414-10	45	2	40	4,0	90	
УМ1414-15	45	2	42	6	140	
УМ1414-25	47	2	44	10	240	382,5×250×122
УМ1414-50	50	2	47	20	450	
УМ1414-100	53	2	50	40	900	
Расширенный Ку-диапазон (13,75–14,5 ГГц)						
УМ1314-2	43	2	33,0	0,8	20	168×54,5×21,5
УМ1314-3	43	2	34,8	1,2	30	168×54,5×21,5
УМ1314-4	43	2	36,0	1,6	40	211,6×107,5×119
УМ1314-6	45	2	37,8	2,4	50	211,6×107,5×119
УМ1314-10	45	2	40	4,0	90	
УМ1314-15	45	2	42	6	140	
УМ1314-25	47	2	44	10	240	382,5×250×122
УМ1314-50	50	2	47	20	450	
УМ1314-100	53	2	50	40	900	

Таблица 9. Усилители мощности ООО «РАДИС Лтд» для эксплуатации в закрытых помещениях

Наименование	$P_{вых}$, дБм	$P_{-1дБ}$, дБм	$K_{у}$, дБ	$P_{потр}$, Вт	Размеры корпуса, мм
УМ2325-100	50	49	—	400	435×440×140
УМ2527-100	50	49	60	450	435×440×140
УМ3442-100	50	49	60	450	435×440×140
УМ5765-50	47	46	60	230	340×309×153
УМ5765-70	48,5	47,5	60	250	370×303×165
УМ5765-100	50	49	60	450	375×381×165
УМ5765-140	51,5	50,5	60	500	375×381×165

Таблица 6. Малошумящие усилители ООО «РАДИС Лтд»

Наименование	$\Delta f_{р}$, ГГц	$K_{ш}$, дБ	$K_{у}$, дБ	$\Delta K_{у}$, дБ	$P_{-1дБ}$, дБм	КСВН вх/вых	U, В	$T_{раб}$, °С
МШУ6575-40	6,5–7,5	2	36	1	10	1,4/1,4	+4,5...9	–50...+50
МШУ8012-30	8–12	2,5	29	2,5	10	2,0/2,0	+4,5...9	–50...+50
МШУ9600-16	9,4–9,8	3	17,5±1,5	1	9	1,4/1,4	+6...15	–45...+50
МШУ438	3,5–3,75	50 °К	35	1	10	1,25/1,4	+3,8±0,3	–50...+60

Примечания:

- Усилители МШУ6575-40, МШУ8012-30 и МШУ438 выполнены в металлическом герметичном корпусе с коаксиальными разъемами сечением 3,5/1,52 мм.
- Усилитель МШУ9600-16 выполнен в металлическом герметичном корпусе с волноводным входом и выходом сечением 28,5×12,5 мм. Встроенная система защиты усилителя по входу обеспечивает сохранение работоспособности и технических характеристик после воздействия импульсной входной мощности до 100 Вт на частоте 9,6 ГГц при длительности импульса 2 мкс и периоде повторения 2,5 мс.

Таблица 10. Усилители мощности ООО «РАДИС Лтд» для радиорелейных линий связи

Наименование	$\Delta f_{р}$, ГГц	$P_{вых}$, Вт	$K_{у}$, дБ	$\Delta K_{у}$, дБ	$P_{потр}$, Вт	$U_{пит}$, В $I_{пит}$, А	Разъем по СВЧ вх/вых и питанию	Размеры корпуса, мм
УМ3439-2	3,4–3,9	2	33	2	11,5	+10/1,15	СРГ50-751 СНЦ42-10	192×54×22
УМ3439-3	3,4–3,9	3	35	2	13	+10/1,3	СРГ50-751 СНЦ42-10	192×54×22
УМ3439-6	3,4–3,9	6	38	2	30	+10/3,0	СРГ50-751 СНЦ42-10	197×54×22
УМ3439-12	3,4–3,9	12	41	2	55	+10/5,5	СРГ50-751 СНЦ42-10	192×54×22
УМ3439-15	3,4–3,9	15	42	2	55	+10/5,5	СРГ50-751 СНЦ42-10	192×54×22
УМ5662-1	5,65–6,2	1,0	30	2	8	+10/0,8	СРГ50-751 СНЦ42-10	165×54×22
УМ5662-1,5	5,65–6,2	1,5	31,7	2	8,5	+10/0,85	СРГ50-751 СНЦ42-10	165×54×22
УМ5662-3	5,65–6,2	3	35	2	15	+10/1,5	СРГ50-751 СНЦ42-10	175×54×22
УМ5662-6	5,65–6,2	6	38	2	28	+10/2,8	СРГ50-751 СНЦ42-10	187×54×22
УМ5662-10	5,65–6,2	10	40	2	55	+10/5,5	СРГ50-751 СНЦ42-10	192×54×22
УМ5662-20	5,65–6,2	20	43	2	110	+10/11,0	«экспертиза»/волн, 15×35 мм СНЦ42-19	256×54×26
УМ8587-05	8,3–8,7	0,5	27	2	4,5	+10/0,45	СРГ50-751	102×47×19
УМ8587-1	8,3–8,7	0,9	30	2	5,5	+10/0,55	СРГ50-751	102×47×19
УМ1011-02	10,7–11,7	0,2	30	2	2,0	+10/0,2	СРГ50-751 СНЦ42-10	116×47×19
УМ1011-05	10,7–11,7	0,5	32	2	3,3	+10/0,33	СРГ50-751 СНЦ42-10	116×47×19
УМ1011-1	10,7–11,7	0,9	35	2	7,0	+10/0,7	СРГ50-751 СНЦ42-10	150×47×19
УМ1011-2	10,7–11,7	1,8	33	2	12	+10/1,2	СРГ50-751 СНЦ42-10	150×47×19
УМ1011-3	10,7–11,7	3,0	35	2	21	+10/2,1	СРГ50-751 СНЦ42-10	150×47×19
УМ1011-6	10,7–11,7	6,0	35	2	41	+10/4,1	СРГ50-751 СНЦ42-10	150×47×19
УМ1112-3	11,7–12,7	3,0	35	2	21	+10/2,1	СРГ50-751	150×47×19
УМ1112-6	11,7–12,7	6,0	35	2	41	+10/4,1	СРГ50-751	150×47×19
УМ1213-3	12,75–13,25	3,0	35	2	21	+10/2,1	СРГ50-751	150×47×19
УМ1213-6	12,75–13,25	6,0	35	2	41	+10/4,1	СРГ50-751	150×47×19
УМ1415-1	14,3–15,3	1,0	37	2	10	+10/1,0	СРГ50-751	169×48×25

применения в тракте промежуточной частоты приемо-передающих модулей.

ООО «РАДИС Лтд»

Широкий спектр усилителей различного применения выпускает ООО «РАДИС Лтд». В таблице 6 приведены характеристики малошумящих усилителей. На входе и выходе усилителей МШУ6575-40 и МШУ8012-30 установлены микрополосковые вентили; на входе усилителя МШУ438 применен коаксиальный вентиль с малыми потерями, а на выходе — микрополосковый вентиль. Следует особо отметить предельно малый коэффициент шума (50 °К) усилителя МШУ438.

Параметры усилителей мощности частотных диапазонов С и Ку (32 типа), предназначенных для работы в составе земных станций

ФГУП «ННИПИ «Кварц»

Предприятием ФГУП «ННИПИ «Кварц» выпускаются 7 типов широкополосных усилителей средней мощности в диапазоне частот от 0,1 до 26 ГГц и выходной мощностью $P_{-1дБ}$ 10–20 дБм (табл. 5). Они предназначены для компенсации потерь и обеспечения требуемого уровня мощности сигнала. Диапазон рабочих температур: +5...50 °С. Входной и выходной разъемы по СВЧ — тип IX по ГОСТ 13317-89 или SMA(f) по стандарту МЭК.

Таблица 11. Усилители мощности ООО «РАДИС Лтд» специального назначения

Наименование	Δf_p , ГГц	$P_{\text{вых}}$, Вт	$K_{\text{у}}$, дБ	ИМИ в линейном режиме, дБ	$\Delta K_{\text{у}}$, дБ	$P_{\text{потр}}$, Вт	$U_{\text{пит}}$, В $I_{\text{пит}}$, А	Разъем по СВЧ вх/вых и питанию	Размеры корпуса, мм
УМ1516-20	1,56–1,61	20,0	33	—	1	92,0	+12/1,5 +24/2,0	СРГ50-751 гермоводы	
УМ2021-12	2,0–2,1	12	41	–30	1	43	+10/4,3	«экспертиза» РРС3-10	245×54×26
УМ2021-100	2,0–2,1	110	50	–30	2	380	+10/3,8	«экспертиза» РРС3-32	320×136×28
УМ2223-4	2,2–2,3	3,6	36	—	2	15,3	+9,0/1,7	СРГ50-751СНЦ42-10	
УМ2324-12	2,42–2,48	12,0	41,0	—	1	50	+10/5,0	СРГ50-751СНЦ42-10	102×47×19
УМ4247-1	4,2–4,7	1,2	30	–30	4	8,0	+10/0,8	СРГ50-751 гермоводы	
УМ5762-3	5,725–6,225	4,0	40	–30	3	17	+10/1,7	СРГ50-751СНЦ42-10	
УМ-014-02	5,86	15,0	41,7	—	1	55,0	+10/5,5	СРГ50-751СНЦ42-10	
УМ7075-1	7,0–7,5	1,0	30	–28	2	7	+10/0,7	СРГ50-751 гермоводы	
УМ7984-0,5	7,9–8,4	0,5	27	—	2	3,6	+10/0,36	СРГ50-751	102×47×19
УМ7984-3	7,9–8,4	3	40	–30	3	17	+10/1,7	СРГ50-751 гермоводы	
УМ7984-10	7,9–8,4	10	43	–30	3	60	+10/6	«экспертиза»/волн, 12×28 мм РРС3-19	
УМ8084-20P	8,0–8,4	20	43	–30	2	100	+10/10	«экспертиза»/волн, 12×28 мм РРС3-19	230×64×26
УМ1010-4	10,2–10,8	4,0	31,0	—	1	18,0	+10/1,8	СРГ50-751 гермоводы	256×54×26
УМ1314-1	13,7–14,8	0,8	30	–28	2	14	+10/1,4	СРГ50-751 гермоводы	
УМ1415-0,5	14,0–14,5	0,5	30	–30	2	4,0	+10/0,4	СРГ50-751 гермоводы	
УМ1415-0,7	14,0–14,5	0,7	31	–30	2	5,0	+10/0,5	СРГ50-751 гермоводы	
УМ1270-20	1,24–1,3	20,0	33	–30	2	3,0	+9/0,3 +24/0,2	СРГ50-751	130×47×15
УМ4345-50	4,39–4,51	50	47	–28	2	220	+27/8	«экспертиза» РРС3-32	302×254×137
УМ1820-0,3	1,8–2,0	0,3	27	–30	2	4,0	+10/0,4	СРГ50-751 СНЦ42-10	118×47×19
УМ3300-0,6	3,2–3,4	0,6	30	–30	1	3,0	+9/0,3	гермоводы	82×37×14

Таблица 12. Усилители мощности С и К_и диапазонов ЗАО «НТЦ Элекон»

Наименование	Δf_p , МГц	$P_{\text{н}} \text{ дБ}$, Вт	$K_{\text{у}}$, дБ	$\Delta K_{\text{у}}$, дБ	Разъем по СВЧ вх/вых	Размеры корпуса, мм
Усилители мощности С-диапазона						
УМ-8	5975–6475 (опция: 5925–6525; 5725–6225)	8	40	2 (500 МГц); 0,5 дБ (40 МГц)	7/3,04 мм 7/3,04 мм	246×121×165
УМ-8М	5975–6475 (опция: 5925–6525; 5725–6225)	8	40	2 (500 МГц); 0,5 дБ (40 МГц)	7/3,04 мм 7/3,04 мм	280×170×117
УМ-16	5975–6475 (опция: 5925–6525; 5725–6225)	16	45	2 (500 МГц); 0,5 дБ (40 МГц)	7/3,04 мм 15×35 мм	348×191×213
УМ-16М	5975–6475 (опция: 5925–6525; 5725–6225)	16	45	2 (500 МГц); 0,5 дБ (40 МГц)	7/3,04 мм 7/3,04 мм	330×210×157
УМ-25	5975–6475 (опция: 5925–6525)	25	48	2 (500 МГц); 0,5 дБ (40 МГц)	7/3,04 мм 15×35 мм	410×226×201
УМТ-40	5975–6475 (опция: 5925–6525; 5725–6225)	40	53	2 (500 МГц); 0,5 дБ (40 МГц)	7/3,04 мм 15×35 мм	535×290×201
УМ-100	5975–6475 (опция: 5925–6525; 5725–6225)	100	60	2 (500 МГц); 0,5 дБ (40 МГц)	7/3,04 мм 15×35 мм	654×344×288
Усилители мощности К _и -диапазона						
УМК-4	14 000–14 500 (опция: 13 750–14 500)	4	40	2 (500 МГц); 0,5 дБ (40 МГц)	7/3,04 мм 9,5×19 мм	360×163×165
УМК-8	14 000–14 500 (опция: 13 750–14 500)	8	43	2 (500 МГц); 0,5 дБ (40 МГц)	7/3,04 мм 9,5×19 мм	400×180×190
УМК-15	14 000–14 500 (опция: 13 750–14 500)	15	47	2 (500 МГц); 0,5 дБ (40 МГц)	7/3,04 мм 9,5×19 мм	410×226×201

Таблица 13. Усилители мощности ЗАО «Микроволновые системы»

Наименование	Δf_p , ГГц	$K_{\text{ш}}$, дБ	$K_{\text{у}}$, дБ	$\Delta K_{\text{у}}$, дБ	$P_{\text{н}} \text{ дБ}$, Вт	$P_{\text{нас}}$, Вт	Фазовая неидентичность, град	$V_{\text{пит}}$, В	$I_{\text{потр}}$, А	$T_{\text{раб}}$, °С	Размеры корпуса (ГИС), мм
PM12-C8 2-канальный	1–2	—	40	3	2×10	9	±20	+9 –5	14 0,3	–40...+70	223×100×22
PM12-C8-1	1–2	—	44	3	22	18	±20	+9 –5	14 0,3	–40...+70	223×100×22
PM24-C8	2–4	—	38	3	22	18	±20	+9 –5	15 0,3	–40...+70	223×100×22
MSPA-1020-26	1–2	—	37	3	0,4	0,5	—	+9 –5	0,9 0,1	–40...+75	91×43×16
MSPA-2040-29	2–4	—	33	3	0,95	1,2	—	+9 –5	1,2 0,1	–40...+75	91×43×16
MSPA-1040-28	1–4	—	36	3	0,8	1,2	—	+9 –5	1,2 0,1	–40...+75	91×43×16
MSLA-0545-2,0	0,5–4,5	2	22	2	0,01	0,015	—	+9	0,09	–40...+85	42×18×11 (12×7,5×2)
MSLA-20180-4,0	2–18	4	13	2	0,01	0,02	—	+9	0,09	–40...+85	42×18×11 (12×7,5×2)
MSLA-80180-3,0	8-18	2,2	23	2,8	0,008	—	—	+9	0,055	–40...+85	42×18×11 (12×7,5×2)
A1501	1–2	—	29	3	1,5	1,6	—	+9 –5	1,5 0,1	–40...+75	104×36×21
A303	2–4	—	37	3	2,5	3	—	+9 –5	2 0,1	–40...+75	104×36×21
A302	1–4	—	30	3	2	2,5	—	+9 –5	2 0,1	–40...+75	104×36×21

спутниковой связи, представленные в таблицах 7 и 8. Коэффициент усиления ($K_{\text{у}}$) этих устройств — от 43 до 60 дБ. Максимальная выходная мощность — 53 дБм. Диапазон рабочих температур: –50...+50 °С. Неравномерность $K_{\text{у}}$ во всем диапазоне частот — не более ±1 дБ, а в полосе 50 МГц — не более ±0,5 дБ. Усилители поставляются в комплекте с сетевыми источниками питания. Полный дистанционный контроль и наблюдение за работой осуществляется через последовательный интерфейс типа RS-485.

Разработаны также усилители для работы в закрытых помещениях (табл. 9). Они имеют:

- микропроцессорное управление;
- последовательные интерфейсные порты RS-232 или RS-422/485;
- буквенно-цифровой индикатор;
- возможность дистанционного управления коэффициентом усиления;
- температурную стабилизацию коэффициента усиления;
- автоматическое выключение при перегреве или высоком уровне отраженного сигнала.

Коэффициент шума равен 10 дБ при максимальном усилении. Неравномерность $K_{\text{у}}$ в полосе частот 500 МГц не более ±1 дБ, а в полосе 50 МГц — не более ±0,5 дБ. КСВН по входу и по выходу — не более 1,35. Амплитудно-фазовая конверсия (макс.):

- 3 °дБ при выходной мощности, измеренной при спаде усиления на 1 дБ;
- 1,5 °дБ при выходной мощности на 3 дБ ниже относительно номинальной мощности, измеренной при спаде усиления на 1 дБ.

Диапазон рабочих температур: –10...+55 °С. Напряжение питания: с источником питания: 187–242 В, 50 Гц; без источника питания: +10 В, –6 В.

В таблице 10 приведены параметры усилителей для радиорелейных линий связи (24 типа).

Усилители мощности предназначены для замены усилителей на ЛБВ в составе передатчиков радиорелейных линий. Встроенная в блоки система автоматической регулировки мощности (АРМ) стабилизирует параметры усилителей в диапазоне рабочих температур, выравняет частотную характеристику и предотвращает перегрузку транзисторов при большой мощности на входе. Напряжение с детектора системы АРМ выводится на низкочастотный разъем блока для контроля уровня выходной мощности. Предусмотрена возможность внешней регулировки мощности усилителей в диапазоне 10 дБ.

В таблице 11 приведены параметры усилителей специального назначения (21 тип), которые нашли применение в различных радиотехнических системах:

- измерительных комплексах;
- бортовых передающих устройствах;
- системах с АФАР;
- специальных системах связи.

Таблица 14. Усилители мощности ФГУП ЦНИРТИ им. академика А. И. Берга

Наименование	Δf_p , ГГц	K_{Σ} , дБ	ΔK_{Σ} , дБ	$P_{-1дБ}$, Вт	$P_{НАС}$, Вт	КСВН вх./вых.	$T_{РАБ}$, °С	Размеры корпуса, мм
Альберт	0,8–2,5	9; 18	4	—	0,5	2/2	–60...+80	74×58×12,6
Карат-1	0,96–2	30	3	2,5	4	2/2	–60...+70	138×64×22
ПМ12	1–2	30	4	5	8	2/2	—	—
ПМ12-С8-50 (два синфазных выхода)	1–2	35	3	8	13	2/2	—	—
А301.04	2–4	32	3	0,8	1,5	2/2	–60...+70	96×32×20
Карат-2	2–4	30	3	2,5	4	2/2	–60...+70	—
ПМ24-С4	2–4	35	4	5	8	2/2	—	—
Пальма-2,4-0,8 (двунаправленный)	2,4–2,483	17	1	—	0,8	2,5/2,5	–60...+60	166×103×27,4
Карат-3	4–8	28	3	2,5	4	2/2	–60...+70	138×64×22
А412П	4–12	37	3,5	1	1,6	2/2	—	—
А1002	8–12	30	4	1	2,0	2/2	—	—
А1004	8–12	35	4	2	3,5	2/2	—	—
С18603А	6–18	20	4	0,25	0,4	2,5/2,5	–40...+55	—
С18603-2 (два синфазных выхода)	6–18	30	4	0,25	0,4	2,5/2,5	–40...+55	101,5×79,3×22

Таблица 15. Усилители мощности ЗАО «ВНИИРА-Навигатор»

Наименование	Δf_p , ГГц	K_{Σ} , дБ	ΔK_{Σ} , дБ	$K_{Ш}$, дБ	Неравномерность ГВЗ в полосе частот, нсек	$P_{-1дБ}$, мВт	КСВН вх./вых.	$V_{ПНТ}$, В	$I_{ПНТ}$, мА	$T_{РАБ}$, °С	Размеры корпуса (платы), мм
АМШУ-1238-1590 (двухканальный)	1,23–1,26 1,57–1,616	35 ± 3	2	3,5	5	—	2/1,5	—	—	—	—
МШУ-1238	1,23–1,26	25 ± 3	2,2	2,5	5	—	2/1,5	5	40	–50...+70	47×27×11
МШУ-1590	1,57–1,616	25 ± 3	2,2	2,5	5	—	2/1,5	—	—	—	—
УВ-992/1	0,3–0,8	15–18	1,5	4,0	—	0,1–5	2,2/2	3–12	12	–60...+80	7×8×2
УВ-992/2	0,8–1,2	14–17	1	4,0	—	0,1–5	2/2				
УВ-992/3	1,2–1,5	13–16	1	4,2	—	0,1–4	2/2				
УВ-992/4	1,5–1,8	12–15	1	4,5	—	0,1–3	2/2				
УВ-992/5	1,8–2	11–14	1	5	—	0,1–2	2/2				
УВ-993 (двухкристальный)	0,8–1,2 0,8–1,2	26–34 26–34	2,5 2,5	4,5 4,5	—	2 5	2,5/2 2,5/2	9 12	80 90	–60...+85	12×7×2
УВ-994/1	0,75–1,75	16–21	2	4,3	—	1,5	2,5/1,8	6	55	–60...+85	12×10×2
УВ-994/2	0,75–1,75	16–21	1,5	3,8	—	2,5	2,5/1,8				
УВ-995/1	0,55–0,65	28–30	1	1,9	—	1	2/2	6	25	–60...+85	16×12×2
УВ-995/2	0,65–0,75	26–28	1	1,8	—	1	2/2				
УВ-995/3	0,75–0,9	20–22	1	1,4	—	1	2/1,5				
УВ-995/4	0,9–1,05	20–22	1	1,7	—	1	2/1,5				
УВ-995/5	1,05–1,2	20–22	1	2	—	1	2/1,5				
УВ-995/6	1,2–1,35	18–20	1	2	—	1	2/1,5				
УВ-995/7	1,35–1,55	18–20	1	2	—	1	2/1,5				
УВ-995/8	1,55–1,65	18–20	1	2	—	1	1,5/1,5				
УВ-995/9	1,65–1,85	16–18	1	2,4	—	1	2/1,5				
УВ-995/10	1,85–2,05	16–18	1	2,6	—	1	2/1,5				
УВ-996Б	0,75–1,75	25–32	3	3,5	—	1,5	2/1,5	5	55	–60...+85	8×12×2

ЗАО «НТЦ Электрон»

ЗАО «НТЦ Электрон» (табл. 12) выпускает усилители 10 типов в частотных диапазонах С и Ку. Для диапазона С разработана серия усилителей в герметичных корпусах с выходной мощностью 8, 16, 25 и 100 Вт, а для диапазона Ку — с мощностью 4, 8 и 15 Вт. Нестабильность K_{Σ} не более ± 1 дБ. Диапазон рабочих температур: $-40...+50$ °С (по заказу: $-50...+50$ °С). Все усилители, кроме УМ-8, имеют аналоговый датчик выходной мощности, а также встроенный процессор, интерфейс управления и контроля RS-232, RS-485. Блок питания усилителей — встроенный, импульсный на преобразователях Vicor.

ЗАО «Микроволновые системы»

Усилители ЗАО «Микроволновые системы» (табл. 13) разработаны для применения в активных фазированных антенных решетках (PM12-С8, PM12-С8-1, PM24-С8 и серии

MSLA), наземной, морской и авиационной бортовой аппаратуре.

Усилители имеют:

- встроенные стабилизаторы питания;
- температурную компенсацию усиления и встроенный детектор выходной мощности (усилители серии PM и MSPA);
- возможность модуляции выходной мощности и тока (усилители серии PM и MSLA). КСВН входа и выхода усилителя MSLA-20180-4,0 не более 2,5; остальных ти-

Таблица 16. Усилители мощности ОАО «Тантал»

Наименование	Δf_p , ГГц	$K_{Ш}$, дБ	K_{Σ} , дБ	ΔK_{Σ} , дБ	Разброс электр. длин, не более, град	$P_{\text{вх}}$, Вт	$P_{\text{вых}}$ (нГ/имп), Вт	КСВН вх./вых.	$V_{ПНТ}$, В	$T_{РАБ}$, °С	Размеры корпуса, мм
—	«С»	—	—	—	—	0,01±1 дБ	15 (нГ)	—	10, –5	—	—
—	«Х»	—	—	—	—	0,01–0,02	6 (нГ)	—	10, –5	—	—
M42209-I	0,84–0,913	—	—	—	+20	2–5 (имп)	—	—	28	0...+40	192,6×162×33
M42209-II	0,84–0,913	—	—	—	+30	2–5 (имп)	—				
M42210	1,030	—	—	—	±30	—	150–225 (имп)	—	28	–40...+70	192,6×162×33,5
M42143	1–2	2,5	25	2	—	—	—	2,5/2,5	–12	–60...+70	15,5×35×66 (корп.); 4,5×27×36 (без корп.)
M42143-I	1–2	3	30	2	—	—	—	2,5/2,5			
—	0,840–0,910	—	17	—	—	—	100 (имп)	—	28	—	195×175×35
—	1,03	—	17	—	—	—	150 (имп)	—	28	—	195×175×35
—	0,869–0,894	—	30	—	—	0,125	5 (нГ)	—	27	—	420×130×45

пов — не более 2. Для охлаждения усилителей используется внешний теплоотвод (кроме выпускаемых в виде ГИС — вариантов усилителей серии MSLA). Усилители выпускаются в герметичном (корпусной вариант) и негерметичном исполнениях (полосковые ГИС). Входной и выходной разъемы по СВЧ — 3,5/1,52 мм (корпусной) и полосковые (ГИС).

ФГУП ЦНИРТИ им. академика А. И. Берга

Параметры усилителей ФГУП ЦНИРТИ им. академика А. И. Берга (табл. 14) приведены для температуры 25 °С. Усилители ПМ12-С8-50 и С18603 имеют два синфазных выхода. Максимальные неидентичности АЧХ и ФЧХ усилителя С18603-2 равны соответственно ± 1 дБ и $\pm 20^\circ$. Все усилители выполнены в герметичных газонаполненных корпусах. Входной и выходной разъемы по СВЧ — 3,5/1,52 мм.

ЗАО «ВНИИРА-Навигатор»

Предприятие ЗАО «ВНИИРА-Навигатор» выпускает арсенид-галлиевые СВЧ аналоговые монолитные интегральные схемы (МИС). Основные технические характеристики МИС приведены в таблице 15. Усилители серии УВ-992 имеют регулировку усиления сигнала с сохранением динамического диапазона и, как и усилители серии УВ-995, поставляются в двух вариантах:

- в стандартном герметичном корпусе, адаптированном для поверхностного монтажа;
- в металлическом герметичном корпусе с микрополосковыми выводами и подстроечными элементами, позволяющими производить корректировку полосы частот.

АМШУ-1238-1590 является гибридно-монолитным двухканальным антенным усилителем, имеющим защиту от воздействия входных помех с уровнем мощности не более 1 Вт. Защита также имеется и в усилителях МШУ-1238 (1590). Усилители серий УВ-992 и УВ-993 имеют регулировку усиления с сохранением динамического диапазона: диапазон регулировки не менее 15 дБ для УВ-992/1... УВ-992/3, 12 дБ — УВ-992/4, 10 дБ — УВ-992/5 и 20 дБ — УВ-993. Усилители серий УВ-992... УВ-996 обеспечивают термостабильность (0,8 дБ) в рабочем диапазоне

Таблица 17. Усилители мощности компании «Московские Микроволны»

Наименование	$\Delta f_{р}$, ГГц	$K_{ш}$, дБ	$K_{у}$, дБ	$\Delta K_{у}$, дБ	$P_{-1дБ}$, дБм	КСВН вх/вых	$V_{пит}$, В	$I_{потр}$, А	$T_{раб}$, С	Размеры корпуса, мм
LNCeell 800 SXS	0,824–0,849	1,5	7–23	0,5	17–20	1,5/1,5	12–18	0,15	–40...+50	120×190×60
LNCeell 900 SXS	0,890–0,915	1,5	7–23	0,5	17–20	1,5/1,5				
LNCeell 800 RTX	0,824–0,828 0,866–0,873	2	7–23	0,5	–	1,3/1,3	22–30	0,2	–40...+50	331×118×82
LNCeell 900 RTX	0,890–0,915 0,935–0,960	2	7–23	0,5	–	1,3/1,3				
–	1,805–1,880	–	20	–	44	1,4/1,4	30	3,5	–40...+50	220×88×20
–	2,2–2,3	–	45	–	32	1,4/1,4	12	1,5	–	181×81×17
AS14-2D	14–14,5	–	32	1	20	1,3/1,3	±15	0,3	–	122×74×23

Таблица 19. Бескорпусные усилители мощности ФГУП «НПП «Исток»

Наименование	Технические условия	$\Delta f_{р}$, ГГц	$K_{ш}$, дБ	$K_{у}$, дБ	$\Delta K_{у}$, дБ	КСВН вх/вых	$P_{вых -1 дБ}$, мВт	Питание		Масса модуля, г
								U, В	I, мА	
M421173-1	6Ш2.030.331 ТУ	1,4–1,7	2,5	20	1,5	2/2	2,5	9	30	0,6
M421173-2		8,5–9,0	2,5	20	1,5	2/2	2,5	9	30	0,6
M421156-1	6Ш2.030.283 ТУ	8,7–9,2	3,5	15	1,5	2/2	1	9	30	0,6
M421156-2		9,2–9,7	3,5	13	1,5	3/2	2,5	9	30	0,6
M421156-3		7,0–7,5	3,5	13	1,5	3/2	2,5	9	30	0,6
M421156-4		9,6–10,7	3,5	13	2,0	3/2	2,5	9	30	0,6
M421156-5		14,0–14,6	3,5	12,9–15,6	1,2	2,2/2,2	1,5	5	30	1
M421156-6		14,0–14,6	5,0	21,5	1,5	2/2	1	9	75	11
M421156-7		14,0–14,6	4,0	14,2	1,5	2/2	1	9	40	0,6

температур. Усилители АМШУ-1238-1590, МШУ-1238 и МШУ-1590 предназначены для приема и предварительного усиления сигналов спутниковых радионавигационных систем GPS и ГЛОНАСС, остальные — для применения во входных цепях приемных трактов аппаратуры.

ОАО «Тантал»

Не все усилители, выпускаемые ОАО «Тантал» (табл. 16), имеют наименование. Разброс фаз от модуля к модулю +30° усилители имеют в диапазоне частот 0,84–0,91 ГГц и 1,03 ГГц. Модуляция выходного сигнала усилителей типов М42209, М42210 и М42143 обеспечивается импульсно-кодовой модуляцией колебаний СВЧ на входе. Усилитель диапазона частот 0,869–0,894 ГГц оснащен устройством дистанционного управления $K_{у}$ с шагом 1 дБ в диапазоне 0–30 дБ, а суммарная выходная мощность приведена при усилении 40 дискретных сигналов с выходной мощностью 125 мВт каждый. В усилителях для диапазонов частот 0,84–0,91 ГГц, 1,03 ГГц и С имеется схема контроля выходной мощности.

Усилитель для диапазона С применяется в системе, работающей в формате MLS в соответствии с нормами ИКАО. Усилитель М42210 используется во вторичных локаторах с неселективным и адресным запросом в международных системах управления воздушным движением самолетов гражданской авиации. Во входных трактах приемной аппаратуры наземных, обзорных и бортовых РЛС используются усилители серий М42143, а в передающей радиоаппаратуре — М42209.

Таблица 18. Усилители мощности ФГУП «НПП «Исток»

Наименование	ТУ	$\Delta f_{р}$, ГГц	$K_{у}$, дБ	$P_{вых}$, мВт
M421240-1	6Ш2.030.449 ТУ	4–6	10	17
M421240-2		6–8	10	17
M421240-3		8–10	10	17
M421239-1	6Ш2.030.448 ТУ	1–2	10	500
M421239-2		1–2	10	1500
M421239-3		2–4	8	500
M421239-4		2–4	8	1500
M421238-1	6Ш2.030.448 ТУ	2–18	5,5	10
M421238-2		2–18	5,5	10
M421238-3		2–18	5	50
M421238-4		2–18	10	10
M421238-5		2–18	10	10
M421238-6		0,4–4,5	10	15
M421238-7		0,4–4,5	10	30
M421238-8		2–18	5,5	25
M421238-9		2–18	5,5	25
M421238-10		2–18	10	25
M421238-11		2–18	10	25
M421238-12		0,8–1,2	16–19	5
M421238-13		0,8–1,2	14–17	20
M421242	6Ш2.030.451 ТУ	1–6 6–15 1–6 6–15	13 13 13 13	10 10 40 40
M421243	6Ш2.030.452 ТУ	2–4 2–4 4–6 4–6 5–15 15–18 7–11 8,5–9	6 7,5 6 7,5 6 6 6 6	100 300 100 300 100 100 400 400

Таблица 20. Усилители мощности ФГУП «НПП «Исток»

Наименование	$\Delta f_{р}$, ГГц	$K_{ш}$, дБ	$K_{у}$, дБ	$\Delta K_{у}$, дБ	$P_{-1дБ}$, Вт	$P_{нас}$, Вт	КСВН вх/вых	Разъем по СВЧ	Примечание
МШУ с защитным устройством и встроенным источником питания									
M421210	5,7–6,8	6	20–30	3	10 ⁻³	–	2/2	35×15 мм	$P_{доп} = 500$ Вт при $T_{и} = 1$ мксек и $Q = 1000$
У51133	2–3,2	4,8	22–30	3	10 ⁻³	–	2,5/2,5	–16/6,95 мм	$P_{доп} = 1$ кВт при $T_{и} = 1$ мксек и $Q = 1000$
У51133-1	2–3,2	4,8	22–30	3	10 ⁻³	–	2,5/2,5	СР-50-154 ФВ	
МШУ повышенной надежности									
M4221206-1	3,5–4,5	3	22–28	2	–	–	2/2	–3,5/1,52 мм	$P_{-1 дБ}$ по входу $\leq 5 \times 10^{-4}$ Вт
M4221206-2	4,5–5,5	3,5	19–25	2	–	–	2/2	–3,5/1,52 мм	
M421214	2–3,2	2,5	25–33	3	–	–	2/2	–3,5/1,52 мм	$P_{-1 дБ}$ по входу $\leq 10^{-8}$ Вт
Широкополосные усилители мощности с идентичными ФЧХ									
M421212-1	1–2	8	37–47	3	0,7	–	2/2	–3,5/1,52 мм	Неидентичность ФЧХ не более $\pm 20^\circ$ Неидентичность АЧХ не более $\pm 1,5$ дБ
M421212-2	2–4	8	33–43	3	0,7	–	2/2	–3,5/1,52 мм	
Усилители с минимальной наработкой не менее 30 000 час, для космической аппаратуры (импульсные и непрерывного действия)									
M421207	8,05–8,41	–	–	–	–	13	1,5/2	–3,5/1,52 мм (вх) 10×23 мм (вых)	$P_{вх} = 1$ мВт
M421233	2,15–2,32	–	–	1	–	8	1,7/1,7	–3,5/1,52 мм	$P_{вх} = 0,6$ мВт
ПУМ	3,1–3,3	–	–	1	–	65 имп	1,5/1,5	–3,5/1,52 мм	$P_{вх} = 5$ мВт, $T = 3000$ час
Мощный импульсный усилитель для радионавигационных систем									
M8590-30	8,5–9,0	≤ 10	57	2	25	35	2/2	–3,5/1,52 мм	P при $Q = 5$
Усилители мощности для радиорелейных линий связи									
У51113	5,67–6,17	–	–	2	–	10	1,3/1,3	40×20 мм	$P_{вх} = 1–4$ мВт, для аппаратуры «Дружба»
У51113-1	5,67–6,17	–	–	2	–	5	1,3/1,3	40×20 мм	
У51114	5,67–6,17	–	–	2	–	10	1,3/1,3	40×20 мм	$P_{вх} = 1–4$ мВт, для аппаратуры NEC
У51114-1	5,67–6,17	–	–	2	–	5	1,3/1,3	40×20 мм	
У51115	3,4–3,9	–	–	2	–	15	1,3/1,3	58×4 мм	$P_{вх} = 1–4$ мВт, для аппаратуры ГТТ
У51115-1	3,4–3,9	–	–	2	–	10	1,3/1,3	58×4 мм	
У51115-2	3,4–3,9	–	–	2	–	5	1,3/1,3	58×4 мм	
У51116	5,67–6,17	–	–	2	–	10	1,3/1,3	40×3 мм	$P_{вх} = 1–4$ мВт
У51116-1	5,67–6,17	–	–	2	–	5	1,3/1,3	40×3 мм	
У51116-2	5,67–6,17	–	–	2	–	6	1,3/1,3	40×20 мм	$P_{вх} = 1–4$ мВт, встроенный источник питания
У51116-3	5,67–6,17	–	–	2	–	8	1,3/1,3	40×20 мм	
У52196	1,5–2,1	10	36	3	–	7	2/2	СР-50-154 ФВ	
M421215	1,7–2,1	–	30	3	–	3	2/2	–3,5/1,52 мм	
M421236	1,69–1,85	–	31	2	10	–	2/2	–3,5/1,52 мм	Усилитель со встроенным аттенуатором –30 дБ

Таблица 21. Усилители мощности ФГУП «НПП «Исток» для РЛС и аппаратуры связи

Наименование	Δf_p , ГГц	$K_{ш}$ при 25 °С, дБ	K_u , дБ	ΔK_u , дБ	$P_{-1дБ}$, мВт	КСВН, вх/вых	Размеры платы (корпуса), мм	$P_{потр}$, Вт, UхI, ном, ВхмА	Примечание
AM 00105	0,01–0,5	3	28	1	10	2/2	12×30	9×40	1
AM 0042	0,04–2	3	20	1	5	2/2	9×12	9×40	1
AM 011	0,1–1	4	30	1	2	2/2	9×18	9×40	1
AM 02045	0,2–0,45	3	30	1	15	2/2	12×30	9×50	1
AM 0525	0,5–2,5	3,5	25	2	2	2/2	9×18	9×40	1
AM 0712	0,7–1,2	2	25	0,8	5	1,6/1,8	22×43,5×12,5	12×60	2
AM 0918	0,9–1,8	3	20	2	5	2/2	9×12	9×40	1
AM12-100	1–2 с полосой 100 МГц	0,7	20	0,5	3	2/2	9×12	9×30	3
ПАЮМ3.540.068	1,45–1,55	1	20	0,5	3	1,5/1,5	9×12	9×30	3
ПАЮМ3.540.068-01	1,55–1,65	1	19	0,5	3	1,5/1,5	9×12	12×30	3
AM 245	2–4,5	3	20	0,5	50	1,5/1,5	9×24	6×120	1
AM 3445-100	3,5–4,5 с полосой 100 МГц	1	35	1	5	2/2	9×24	6×40	1
AM 3641	3,65–4,15	0,6	45–55	3	10	2/2	150×120×80	9×200	4
M421157-5	7,1–10,4	6	20	4	1	2/2		9×200	2
AM 7984	7,9–8,4	2,5	18	0,5	10	1,25/1,25	42×42×115	9×40	4
AM 812	8–12	3,5	20	0,5	10	1,6/1,6	9×20	6×90	1
AM 917-1	9–17 с полосой 1 ГГц	2,5	25	1	5	2/2	9×45	6×50	1
M421107	11–16 с полосой 300 МГц	7–7,5	20–22	1,5	1	2/2	36×44×95	5×80	
M42194	12–18	4	25	1	20	2/2	7×22,5	6×90	1
M421157-1	12–18	7	20	4	3	2/2	109×30×18	9×250	2
AM 127145	12,75–14,5	8	37	1	100	2/2	109×30×18	12×550	3
ПАЮМ3.540.097	14,4–15,35	3	23	1	5	1,1/1,5	74×35×35	9×80	4
ПАЮМ3.540.097-01	14,4–15,35	3	12	0,5	5	1,4/1,6	74×35×35	9×40	4
AM 1315	13–15,35	2,2	30	2	5	1,5/1,5	9×30	5×60	1
AM 17175	17–17,5	4	40	1	100	1,6/1,6	22×79,5×14	12×380	2

Примечания:

1. Без элементов крепления.
2. Размеры (без разъемов) герметичного корпуса.
3. Размеры пылезащищенного корпуса с МПЛ выводами.
4. Размеры корпуса с волноводными входом и выходом.

Компания «Московские Микроволны»

Компания «Московские Микроволны» (табл. 17) выпускает узкополосные усилители 5 наименований и 2 без названия. Усилители LNCeLL 800 SXS и LNCeLL 900 SXS с регулируемым K_u выпускаются в трех модификациях в зависимости от рабочей полосы частот: 5, 10 и 25 МГц. Для усилителей LNCeLL 800 RTX и LNCeLL 900 RTX диапазон частот в канале приемника 824–828 МГц и 890–915 МГц, а в канале передатчика — 866–873 МГц и 935–960 МГц при средней выходной мощности 200 и 100 Вт соответственно. Усилитель AS14-2D имеет встроенный аттенюатор, обеспечивающий изменение выходной мощности с шагом 0,125 дБ, и диапазон регулировки K_u 32 дБ.

Усилители LNCeLL 800 SXS, LNCeLL900 SXS, LNCeLL 800 RTX и LNCeLL 900 RTX предназначены для повышения чувствительности приемного тракта базовых станций и ретрансляторов сотовой сети стандартов AMPS, GSM-900, CDMA-800. Усилитель AS14-2D предназначен для работы в передающих устройствах спутниковых систем связи диапазона Ku.

ФГУП «НПП «Исток»

Наибольшее количество транзисторных усилителей разных типов выпускает ФГУП «НПП «Исток». В таблице 18 приведены параметры усилителей, описанных на сайте предприятия, а в таблицах 19–24 — в рекламных материалах за 2004–2006 годы. В таблицах 19 и 22 приведены параметры бескорпусных усилителей мощности с допустимой входной мощностью не более 100 мВт. Средняя наработка на отказ усилителей, приведенных в таблице 19, составляет 100 тыс. ч, а в таблице 22 — 80 тыс. ч. Размеры усилителей — соответственно 12×7,5×1,8 мм и 12×7,5×2 мм. В таблице 20 приведены параметры усилителей 26 различных типов, которые предназначены для применения в радионавигационных системах, радиорелейных линиях связи, космической аппаратуры и в другой аппаратуре различного назначения:

Таблица 22. Бескорпусные широкополосные усилители мощности ФГУП «НПП «Исток»

Наименование, технические условия	Литер (л)	Δf_p , ГГц	$K_{ш}$, дБ	K_u , дБ	ΔK_u , дБ	КСВН, вх/вых	$P_{вых. - 1дБ}$, мВт	Питание			
								U_1 , В	U_2 , В	I_1 , мА	I_2 , мА
M421160 6Ш2.030.333 ТУ	1	1–12	8	5	2	2/2	3	+9	—	80	—
	2						25				
M421161 6Ш2.030.333 ТУ	1	1–12	8	5	2	2/2	3	+9	—	100	—
	2						25				
M421227-(л)-(тип) 6Ш2.030.420 ТУ	1,2*	2–18	8	5,5	2	2/2	10	+5,+6*	–5,–*	70	10,–*
	3	2–18	8	5	2		50	+5	–5	120	10
	4,5*	2–18	8	10	4		10	+5,+6*	–5,–*	120	10,–*
	6,7*	0,4–4,5	8	10	3		15/30*	+9	–*,–5	120	–*, 10
	8,9*	2–18	8	5,5	2		25	+5,+6*	–5,–*	90	10,–*
	10,11*	2–18	8	10	4		25	+5,+6*	–5,–*	180	10,–*
	12	0,8–1,2	5	16–19	0,6		5	+6	—	50	—
	13	0,8–1,2	6	14–17	0,6		20	+9	—	100	—
M421228-(л)-(тип) 6Ш2.030.429 ТУ	1	4–6	—	10	2	2,5/3	13	+9	—	120	—
	2	6–8									
	3	8–10									
	4	10–12									
	5	12–14									
	6	14–16									
	7	16–18									

Примечания:

1. Для M421227 — отличающиеся параметры литеров в одной строке даны с *.
2. Масса модулей M421161, M421227, M421228 (тип 1) — 0,6 г; остальные — 0,4 г.

- усилители M421212-1 и M421212-2 имеют неидентичность ФЧХ не более $\pm 20^\circ$ и неидентичность АЧХ не более $\pm 1,5$ дБ;
 - допустимая входная мощность для усилителя M421210 — 500 Вт, для усилителей Y51133 и Y51133-1 — 1 кВт при $T_H = 1$ мкс и $Q = 1000$;
 - выходная мощность в импульсном режиме усилителя ПУМ в режиме насыщения ($P_{НАС}$) равна 65 Вт.
- В таблице 21 приведены параметры узкополосных малошумящих усилителей 26 типов, предназначенных для применения в системах РЛС и в аппаратуре связи.

Таблица 23. Широкополосные и сверхширокополосные усилители мощности ФГУП «НПП «Исток»

Наименование	Δf_p , ГГц	$K_{ш}$ при 25 °С, дБ	$K_{у}$, дБ	$\Delta K_{у}$, дБ	$P_{-1дБ}$, мВт	КСВН _{вх/вых}	Размеры платы (корпуса), мм	$P_{потр}$, УхI, ном, ВхМА
AM 02045	0,2–0,45	3	30	1	15	2/2	12×30	9×50
AM 0918	0,9–1,8	3	20	2	5	2/2	9×12	9×40
AM 12	1–2	2,5 2,5	20 30	1,5 2	5 5	2/2 2/2	9×12 9×18	9×40 9×55
AM 245	2–4,5	3 3	20 28	1 1	100 20	1,5/1,5 2/2	9×24 9×18	6×120 6×60
AM 48	4–8	3,5	18	1	10	1,6/1,6	9×10	6×90
AM 812	8–12	3,5	20	0,5	10	1,6/1,6	9×20	5×60
AM 1218	12–18	4	25	1	20	2/2	7×22,5	6×90
M42141 M42146** M42187-1*	2–4	8	20	3	1	2,5/2	110×40×15	15×140
M42142 M42187-2*	2–4	8	30	3	10	2,5/2,5	169×65×15	15×300 -3×300
M42151-1* M42147-1** M42188-1	4–8	10	20–35	4	2	2,5/2,5	175×46×21	9×150
M42151-2* M42147-2 M42188-2	4–8	10	30–42	4	10	2,5/2,5	217×46×21	9×350
M42151	4–6,4	10	30–42	4	10	2,5/2,5	217×46×21	9×350
M42152-1 M42148-1** M42189	7,1–10,4	10	20–35	4	1	2,5/2,5	116×20×35	9×150
M42152-2 M42148-2* M42189-2	7,1–10,4	10	30–45	4	10	2,5/2,5	109×18×30	9×300
M42199 M421105**	10,15–13,6	10 9	20 20	4	10 1	2,5/2,5	146×35×20	9×400 9×200
M421102-1* M421106-1** M421157-1	12–18	7	20–43	4	3	2,5/2,5	109×30×18	9×250
M421102-2	12–18	8	30–53	4	10	2,5/2,5	109×30×18	9×350
M421102-3	8–12	9	20–43	4	3	2,5/2,5	109×30×18	9×250
M421102-4	8–12	10	30–53	4	10	2,5/2,5	109×30×18	9×350
M421102-5	7,1–10,4	9	20–35	4	1	2,5/2,5	109×30×18	9×150
M421102-6	7,1–10,4	10	30–43	4	10	2,5/2,5	109×30×18	9×250
M42199-1	10,15–13,6	9	20	4	1	2,5/2,5		9×200
AM000011	0,00001–1	3	30	3	10	2/2	12×30***	12×50
AM 00105	0,01–0,5	3	28	1	10	2/2	12×30***	9×40
AM 012	0,1–2	5	24	1,5	10	2/2	75×18***	9×55
AM 011	0,1–1	4	30	1	10	2/2	9×18***	9×50
AM 0525	0,5–2,5	3,5	25	2	2	2/2	9×18***	9×40
AM 094	0,9–4	3	16	1	10	2/2	9×12***	6×40
AM0003480	0,00003–4,8	5	48	2,5	200	2/2,3	144×30×34	12×300 -5×5
AM112	1–12	4,5	24 36 50	3	50 50 8	2,5/2 2,5/2 3/2	9×15***	6×160 6×250 6×400
AM 818	8–18	4,5	20 30	2 2,5	30 50	2/2 2/2	7×22,5*** 7×37,5***	6×60 6×80

Примечания:

* с приемкой «Б»;

** экспортный вариант;

*** платы с микрополосковыми выводами на основании.

Минимальная наработка на отказ усилителей M421107 и M42194 равна 33 тыс. ч. В таблице 23 приведены параметры 45 типов широкополосных и сверхширокополосных усилителей. Часть из них выполнена на платах с микрополосковыми выводами. Параметры усилителей со встроенной защитой от входной непрерывной СВЧ мощности до 1 Вт приведены в таблице 24. Размеры усилителей — 108,5×28×18 мм. Усилитель M421135-2 (8–18 ГГц) имеет неидентичность АЧХ не более ±3 дБ, а неидентичность ФЧХ — не более ±45°. Изменение K_u в диапазоне температур указано в примечании к таблице 24.

Диапазон рабочих температур усилителей: +60...+70 °С; некоторые типы усилителей работают при температуре +85 °С.

ФГУП «НИИПП» и ФГУП ГЗ «Пульсар»

ФГУП «НИИПП» выпускает монолитные интегральные усилители на основе GaAs для работы в диапазоне частот 20–2000 МГц с выходной мощностью 1, 2 и 4 Вт (табл. 25).

Усилители ФГУП ГЗ «Пульсар» (табл. 26) выполнены в металлокерамическом корпусе с коаксиальными выводами.

Таблица 24. Усилители мощности ФГУП «НПП «Исток» со встроенной защитой от входной непрерывной СВЧ мощности до 1 Вт (кроме M421135-21)

Наименование	Δf_p , ГГц	$K_{ш}$ дБ	$K_{у}$, дБ	$\Delta K_{у}$, дБ	$P_{вых}$, мВт	КСВН _{вх/вых}	$P_{потр}$, УхI, ном, ВхМА	Примечание
M421135-1	8–18	9	20–30	4	20–100	2,5/2	9×300	1
M421135-2	8–18	9	20–30	4	20–100	2,5/2	9×300	1
M421135-3	8–12	6	20–30	4	20–100	2,5/2	9×300	1
M421135-4	10–14	7	20–30	4	20–100	2,5/2	9×300	1
M421135-5	14–18	8	20–30	4	20–100	2,5/2	9×300	1
M421135-6	4–8	6	20–35	4	5–100	2,5/2	9×150	1
M421135-7	4–8	6	30–42	4	30–200	2,5/2	9×350	1
M421135-8	8–12	6	35	2	20–100	2,5/2	9×300	2
M421135-9	8–12	6	28	2	20–100	2,5/2	9×300	2
M421135-10	8–10,5	9	35	2	450	2,5/2	12×850	2
M421135-11	13,3–17,6	8	38	4	40	2,5/2	9×300	2
M421135-12	13,3–17,6	8	25	4	20–100	2,5/2	9×300	2
M421135-15	1,9–4	6	27–38	3	20	2,2/2	9×300	3
M421135-16	3,9–8	6	27–38	3	20	2,2/2	9×300	3
M421135-17	7,1–12,1	6	27–38	3	20	2,2/2	9×300	3
M421135-18	10–14	7	27–38	3	20	2,2/2	9×300	2
M421135-19	12–17,6	8	27–38	3	20	2,2/2	9×300	2
M421135-20	7–10,5	6	35	2	20–100	2,5/2	9×300	2
M421135-21	10–14	7	35	2	20–100	2,5/2	9×300	2

Примечания:

- Изменение коэффициента усиления в диапазоне температур от –60 до +70 °С не более ±4 дБ, при этом коэффициент усиления должен находиться в пределах, указанных в таблице.
- Изменение коэффициента усиления в диапазоне температур от –60 до +70 °С не более ±2 дБ, при этом коэффициент усиления должен быть не менее значений, указанных в таблице.
- Изменение коэффициента усиления в диапазоне температур от –60 до +70 °С не более ±3 дБ, при этом коэффициент усиления должен находиться в пределах, указанных в таблице.

Таблица 25. Усилители мощности ФГУП «НИИПП»

Наименование	Δf_p , Гц	K_u , дБ	$P_{вых}$, Вт	КПД, %	Точка пересечения IP3, дБм	Питание	
						U, В	I, мА
MCA2020	20–2000	23	1	24	38	12 4	200 200
MCA2021	20–2000	26	2	24	38	12 4	400 400
MCA2022	20–2000	29	4	24	38	12 4	800 800

Таблица 26. Основные характеристики усилителей мощности ФГУП ГЗ «Пульсар»

Наименование	Δf_p , ГГц	K_u , дБ	$K_{ш}$, дБ	КСВН _{вх}	КСВН _{вых}	$P_{лдин}$ мВт	$P_{вых}$ мВт	Питание	
								U, В	I, мА
M42114-1	3,5–4	20	6	1	2	1	–	12	50
M42114-2	3,7–4,2	20	6	1	2	1	–	12	50
M42114-3	3,5–4	20	10	1	2	1	3	12	50
M42114-4	2,65–3	24	5	1	2	1	–	12	50
M42114-5	3–3,5	22	5	1	2	1	–	12	50
M42114-6	3,2–3,7	22	5,5	1	2	1	3	12	50
M42114-7	3,4–3,9	20	6	1	2	1	–	12	50
M42114-8	3,37–3,3	25	5,5	1	2	1	3	12	50
M42119	5,7–6,35	15–25	8	2	2,5	1	3	12	50
M42119-1	5,7–6	15–25	8	2	2,5	1	1	12	50

Заключение

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в последние годы отечественные предприятия выпускают достаточно широкую номенклатуру усилителей СВЧ. Следует подчеркнуть, что наилучшие параметры усилителей (коэффициент шума $K_{ш}$ и выходная мощность $P_{вых}$) получены при применении зарубежных транзисторов.

Литература

- Белов Л. А. Твердотельные усилители малой и средней мощности // Электроника: НТБ. 2006. № 5.