

# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.396

**И.Е. Мухин**, д-р техн. наук, профессор, зам. генерального конструктора по инвестиционным проектам АО «Авиаавтоматика» им. В.В. Тарасова» (Курск) (e-mail: okb@aviaavtomatika.ru)

**А.В. Хмелевская**, преподаватель, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: aquarel85@mail.ru)

## МЕТОД ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА АНТЕННО-ФИДЕРНЫХ, РАДИОПРИЁМНЫХ И ДЕМОДУЛЯТОРНЫХ СРЕДСТВ СИГНАЛЬНО-ПРИЁМНОГО ТРАКТА

*Предложен метод параметрического синтеза антенно-фидерных, радиоприемных и демодуляторных устройств на основе нового системообразующего фактора-эквивалентных энергетических потерь для параметрического устройства, позволяющий осуществлять сбалансированный синтез основных параметров системы, которые адекватны верхней границе вложенных средств и тенденциям развития телекоммуникационных сетей. Актуальность статьи обусловлена тем, что в настоящее время для синтеза антенно-фидерных (АФУ), радиоприемных (РПУ) и демодуляторных (ДМ) устройств характерна тесная и достаточно сложная взаимосвязь между электрическими, механическими, конструктивно-технологическими, технико-экономическими показателями, которая предполагает применение системного подхода и современных методов решения многофакторных оптимизационных задач.*

*Задачи такого класса решаются, как правило, методами линейного и нелинейного программирования. При этом парциальные эквивалентные энергетические потери (ЭЭП) узлов, составляющих АФУ, РПУ и ДМ взаимосвязаны с затратами на их реализацию. Чем ниже требования по ЭЭП, тем выше цена их достижения. Совокупность парциальных ЭЭП для АФУ образует вектор парциальных ЭЭП. Вектору параметров АФУ соответствует вектор ценовых затрат. В этом случае задача синтеза АФУ будет заключаться в решении задачи математического программирования, то есть задачи отыскания условного оптимума.*

**Ключевые слова:** параметрический синтез, антенно-фидерные устройства, радиоприемные устройства, демодуляторные устройства, эквивалентные энергетические потери.

\*\*\*

Для синтеза антенно-фидерных (АФУ), радиоприемных (РПУ) и демодуляторных (ДМ) устройств характерна тесная и достаточно сложная взаимосвязь между электрическими, механическими, конструктивно-технологическими, технико-экономическими показателями, которая предполагает применение системного подхода и современных методов решения многофакторных оптимизационных задач. Поскольку в задаче комплексной оптимизации рассматривается не реальное проектируемое оборудование, а некий первоначальный его замысел, то при определении величин характеристик речь может идти о получении некоторых априорных оценок.

Задачи такого класса решаются, как правило, методами линейного и нелинейного программирования. При этом парциальные эквивалентные энергетические потери (ЭЭП) узлов, составляющих АФУ, РПУ и ДМ взаимосвязаны с затратами на их реализацию. Чем ниже требования по ЭЭП, тем выше цена их достижения. Совокупность парциальных ЭЭП для АФУ образует вектор парциальных ЭЭП. Вектору параметров АФУ соответствует вектор ценовых затрат. В этом случае задача синтеза АФУ будет заключаться в решении задачи математического программирования, то есть задачи отыскания условного оптимума. Постановка задачи синтеза АФУ в этом случае формулируется следующим образом: требуется найти

вектор варьируемых параметров, доставляющий минимум целевой функции при условиях

$$\text{ЭЭП}_{\text{АФУ}} = \sum_{i=1}^n x_i^{\text{АФУ}} \leq \text{ЭЭП}_{\text{АФУ}}^{\text{ПРЕД}}, \quad (1)$$

где  $\text{ЭЭП}_{\text{АФУ}}^{\text{ПРЕД}}$  – предельные суммарные ЭЭП АФУ, определенные в результате укрупненного синтеза СОЭМД.

Очевидно, что для корректной постановки задачи и ее решения необходимо найти явные выражения функции связи  $f_i[x_i^{\text{АФУ}}]$ .

Аналогично постановка задачи синтеза РПУ будет формулироваться следующим образом: требуется найти вектор варьируемых параметров  $\vec{X}_{(n)}^{\text{РПУ}}$ , доставляющий минимум целевой функции  $\bar{C}^{\text{РПУ}}$  при условиях

$$\text{ЭЭП}_{\text{АФУ}} = \sum_{j=1}^m x_j^{\text{РПУ}} \leq \text{ЭЭП}_{\text{РПУ}}^{\text{ПРЕД}}, \quad (2)$$

где  $\text{ЭЭП}_{\text{РПУ}}^{\text{ПРЕД}}$  – предельные суммарные ЭЭП АФУ, определенные в результате укрупненного синтеза СОЭМД.

Очевидно, что для корректной постановки задачи и ее решения необходимо найти явные выражения функции связи  $f_j[x_j^{\text{РПУ}}]$ .

Постановка задачи синтеза ДМ также формулируется аналогично: требуется найти вектор варьируемых параметров  $\vec{X}_{(n)}^{\text{ДМ}}$ , доставляющий минимум целевой функции  $\bar{C}^{\text{ДМ}}$  при условиях

$$\text{ЭЭП}_{\text{ДМ}} = \sum_{k=1}^l x_k^{\text{ДМ}} \leq \text{ЭЭП}_{\text{ДМ}}^{\text{ПРЕД}},$$

где  $\text{ЭЭП}_{\text{РПУ}}^{\text{ПРЕД}}$  – предельные суммарные ЭЭА ДМ, определенные в результате укрупненного синтеза СОЭМД.

Также очевидно, что для корректной постановки задачи и ее решения необхо-

димо найти явные выражения функции связи  $f_k[x_k^{\text{ДМ}}]$ .

Решим задачу параметрического синтеза АФУ на основе вышеописанного подхода. Для этого необходимо создать единую структуру варьируемых параметров  $\vec{X}_{(n)}^{\text{АФУ}}$ . В рамках данной структуры присвоим каждому варьируемому параметру свою независимую переменную с определенным номером. Введем понятие базового элемента и его базовой стоимости. Под базовым элементом будем понимать узел АФУ, выполняющий элементарную операцию по преобразованию сигнала в низкочастотной области рабочего диапазона частот. Базовой стоимостью будет соответственно называться стоимость такого базового элемента. Введение категории базового элемента и базовой стоимости обусловлено необходимостью операции нормировки стоимостей синтезируемых узлов. Очевидно, что базовые элементы и их стоимости будут определяться на каждом историческом этапе развития элементной базы дифференцированно. Их величины обусловлены не объективными физическими закономерностями, а изменяющимися во времени экономическими условиями. Выберем в качестве базового элемента один из наиболее часто применяемых в АФУ – СВЧ транзистор с абсолютной стоимостью около 1000 руб.

Суммарные энергетические потери (ЭП), обусловленные неидеальностью параметров АФУ, РПУ и ДМ, декомпозируются на наиболее значимые множества элементов, определяющие ЭП в обобщенных схемах существующих АФУ, РПУ и ДМ [1-3].

Применительно к обобщенной схеме АФУ, включающей в себя антенну; под-

систему переноса спектра сигналов с выхода АФУ в область спектра сверхвысокой промежуточной частоты, включающую коммутаторы, полосовые фильтры,

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{афу}} = & \sum_{i=1}^w \Delta_{\text{афу}}^{\text{ак}^i} [K_{\text{ши}}(f)] + \sum_{r=1}^e \Delta_{\text{афу}}^{\text{пф}^r} (\delta_{\text{ачх}}) + \sum_{r=1}^e \Delta_{\text{афу}}^{\text{пф}^r} (\delta_{\text{фчх}}) + \\ & + \sum_{v=1}^t \Delta_{\text{афу}}^{\text{мшу}^v} [K_{\text{шв}}(f)] + \sum_{j=1}^u \Delta_{\text{афу}}^{\text{см}^j} [K_{\text{шж}}(f)] + \\ & + \sum_{s=1}^p \Delta_{\text{афу}}^{\text{гер}^s} (G_{V_s}) + \Delta_{\text{афу}}^{\text{фидер}} [K_{\text{ш}}(f)] + K_{\text{за}}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\Delta_{\text{афу}}^{\text{ак}^i} [K_{\text{ши}}(f)]$  – ЭП  $i$ -го антенного коммутатора, обусловленные тепловыми шумами электронной природы (коэффициент шума  $K_{\text{ши}}$ );

$\Delta_{\text{афу}}^{\text{пф}^r} (\delta_{\text{ачх}})$  – ЭЭП в полосовых фильтрах, разделяющих входной диапазон частот на более узкополосные поддиапазоны,  $N1 \dots N_k$ , обусловленные неравномерностью их амплитудно-частотной характеристики ( $\delta_{\text{ачх}}$ ),  $k$ -порядковый номер разновидности полосового фильтра;

$\Delta_{\text{афу}}^{\text{пф}^r} (\delta_{\text{фчх}})$  – ЭЭП в полосовых фильтрах  $N1 \dots N_k$ , обусловленные неравномерностью их фазочастотных характеристик ( $\delta_{\text{фчх}}$ );

$\Delta_{\text{афу}}^{\text{мшу}^v} [K_{\text{шв}}(f)]$  – ЭП в малошумящих усилителях (МШУ), обусловленные их тепловыми шумами электронной природы (коэффициент шума  $K_{\text{шв}}$ );

$\Delta_{\text{афу}}^{\text{см}^j} [K_{\text{шж}}(f)]$  – ЭП, обусловленные тепловыми шумами смесителей, входящих в транспонаторы спектра, при преобразовании частоты сигнала на вход РПУ,  $K_{\text{шв}}$  – коэффициент шума  $j$ -го смесителя;

малошумящие усилители, гетеродины, смесители общие ЭЭП определяются выражением:

$\Delta_{\text{афу}}^{\text{фидер}} [K_{\text{ш}}(f)]$  – ЭП в высокочастотных фидерах, обусловленные тепловыми шумами электронной природы (коэффициент шума  $K_{\text{ши}}$ ).

При входных частотах, превышающих рабочие частоты базовой подсистемы переноса спектра, дополнительно к вышеперечисленным параметрам добавляется такой, как:

$\Delta_{\text{афу}}^{\text{гер}^s} (G_{V_s})$  – ЭЭП, обусловленные неидеальностью амплитудно-фазового спектра генерации  $s$ -го гетеродина. (Количественной характеристикой степени приближения генерации гетеродина к идеальной является спектральная плотность мощности фазовых шумов (СПМФШ);

$K_{\text{за}}$  – коэффициент шума приемной антенны для наземных линий связи.

В свою очередь, затраты на создание subsystem сигнально-приемного тракта с заданными техническими характеристиками будут определяться суммой стоимости их элементов. Так основные затраты на создание АФУ будут определяться выражением:

$$\begin{aligned} C_{\text{афу}} = & \sum_{i=1}^m C_{\text{ак}} [K_m(f)] + \sum_{r=1}^m C_{\text{пф}} (\delta_{\text{фчх}}, \delta_{\text{фчх}}) + \sum_{v=1}^k C_{\text{мшю}} [K_m(f)] + \\ & + \sum_{j=1}^l C_{\text{см}} [K_m(f)] + \sum_{j=1}^l C_{\text{гет}} [G_v(M)] + C_{\text{фидер}} (K_{\text{ш}}) + C^{\text{за}} [K_m(f)], \end{aligned} \quad (4)$$

где  $\sum_{i=1}^m C_{\text{ак}} [K_m(f)]$  – стоимость создания антенных коммутаторов, зависящая от требуемой величины тепловых шумов электронной природы (коэффициент шума  $K_{\text{ши}}$ );

$\sum_{r=1}^m C_{\text{пф}} (\delta_{\text{фчх}}, \delta_{\text{фчх}})$  – стоимость создания полосовых фильтров в АФУ, зависящая от заданной неравномерности АЧХ ФЧХ;

$\sum_{v=1}^k C_{\text{мшю}} [K_m(f)]$  – стоимость создания малошумящих усилителей в АФУ, зависящая от требуемой величины тепловых шумов электронной природы (коэффициент шума  $K_{\text{ши}}$ );

$\sum_{j=1}^l C_{\text{см}} [K_m(f)]$  – стоимость создания смесителей, зависящая от требуемой величины тепловых шумов электронной природы (коэффициент шума  $K_{\text{ши}}$ );

$\sum_{j=1}^l C_{\text{гет}} [G_v(M)]$  – стоимость создания гетеродинов смесителей, зависящая от требуемой СПМФШ;

$C_{\text{фидер}} (K_{\text{ш}})$  – стоимость создания фидера с требуемой величиной тепловых шумов электронной природы (коэффициент шума  $K_{\text{ши}}$ );

$C^{\text{за}} [K_m(f)]$  – стоимость создания антенны при заданном коэффициенте шума.

### Содержание исходных данных и источники получения информации

Определим уравнения связи, описывающие зависимость нормированных стоимостей элементов АФУ от обеспечиваемых ими парциальных ЭЭП.

Зависимость цены антенных коммутаторов от  $K_{\text{ш}}$  определяется эмпирическим путем на основе сопоставительного анализа  $K_{\text{ш}}$  коммутаторов и их цен выражением:

$$C_1 = 8 \cdot e^{\frac{1}{K_{\text{ш}}}}. \quad (5)$$

Зависимость цены полосовых фильтров от  $K_{\text{ш}}$  определяется эмпирическим путем на основе сопоставительного анализа  $K_{\text{ш}}$  полосовых фильтров и их цен выражением:

$$C_2 = 100,84 - 16,94 \cdot \delta_{\text{ачх}}. \quad (6)$$

$$\Delta Q = 10 \lg \left( 1 + \frac{\alpha_1^2}{2\alpha_0^2} \right). \quad (7)$$

Зависимость цены МШУ от  $K_{\text{ш}}$  и рабочей частоты определяется эмпирическим путем на основе сопоставительного анализа  $K_{\text{ш}}$  МШУ и их цен системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} C_3 &= 689,8 + 155,1 \cdot f \text{ [ГГц]} \\ K_{\text{ш}} &= 1,86 + 0,065 \cdot f \text{ [ГГц]} \end{aligned} \right\}. \quad (8)$$

На рисунке 1 представлены зависимости  $K_{\text{ш}}$  от рабочей частоты.

Из анализа графиков следует, что уровень собственных шумов МШУ в диапазоне частот от 10 до 15 ГГц соизмерим с шумами на выходе антенн наземных систем телекоммуникаций и значительно выше шумов антенн спутниковых линий связи. Это обуславливает необходимость поиска научно-технических пу-

тей дальнейшего снижения шумовой температуры МШУ.

Анализ материалов информационных источников и опыт разработок показывает, что уровень собственных шумов МШУ определяется в основном, эле-

ментной базой. Параметры лучших зарубежных малошумящих транзисторов СВЧ приведены в таблице 1.

Параметры лучших образцов зарубежных МШУ приведены в таблице 2.

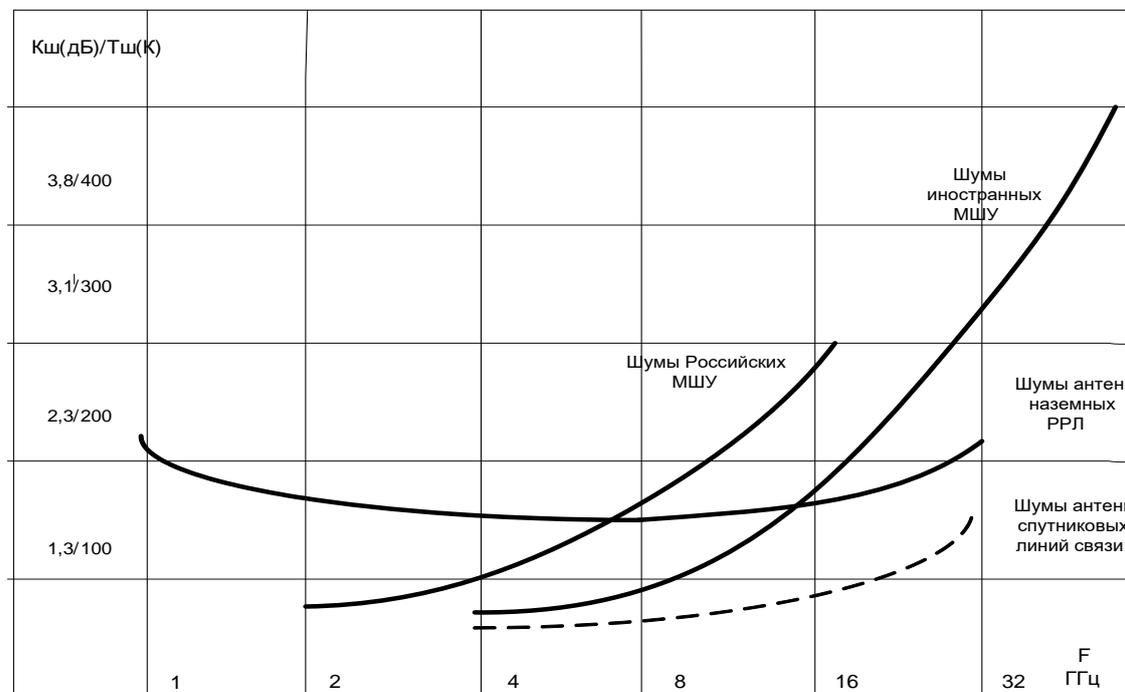


Рис. 1. Современное состояние параметров МШУ отечественного и зарубежного производства

Таблица 1

Основные параметры малошумящих транзисторов СВЧ-диапазона

Тип	Фирма	Диапазон рабочих частот, ГГц	Коэффициент шума, дБ	Коэффициент усиления, дБ
ATF-33143	Agilent	0,45-6	0,5	15
ATF-34143	Agilent	0,45-6	0,5	17,5
ATF-35143	Agilent	0,45-10	0,4	18
ATF-38143	Agilent	0,45-6	0,4	16
ATF-52143	Agilent	0,45-6	0,5	16,6
ATF-36077	Agilent	2-18	0,5	12
ATF-36163	Agilent	1,5-18	1,0	9,4
LPS200P70	FSS	До 18	0,70	12
SPF-2076T	Stanford	До 12	0,68	13,8
SPF-2086T	Stanford	До 12	0,7	12,2
SPF2086TK	WJ	До 4	0,7	17
FH1	WJ	До 3	1,2	18

Таблица 2

## Основные параметры импортных МШУ

Модель	Диапазон частот, ГГц	Коэффициент усиления, дБ	Шумовая температура, К	КСВН вх	КСВН вых	Фирма
AFS3-00500100-05-10P-6	0,5-1,0	38	30	2,0	2,0	MITEQ
AFS3-010000200-05-10P-6	1,0-2,0	38	30	2,0	2,0	MITEQ
AFS4-020000400-06-10P-6	2,0-4,0	38	40	2,0	2,0	MITEQ
AFS4-040000800-07-10P-4	4,0-8,0	37	50	2,0	2,0	MITEQ
AFS5-08001200-09-10P-5	8,0-12,0	35	70	2,0	2,0	MITEQ
AFS6-08001200-14-10P-6	8,0-16,0	40	120	2,0	2,0	MITEQ
AFS6-12001800-18-10P-6	12,0-18,0	40	150	2,0	2,0	MITEQ
AFS4-180026-50-25-8P-4	18,0-25,0	18	210	2,0	2,0	MITEQ
AFS44-12002400-25-10P-44	12,0-24,0	40	210	2,0	2,0	MITEQ
AFS44-18002650-25-8P-44	18,0-26,5	40	210	2,0	2,0	MITEQ
AA038N1-00	28,0-40,0	17	420	2,0	2,0	Alpha
HMMC-5023 (монолит)	37,0-40	23	606	-	-	Alpha
HMMC-5023	21,2-26,5	24	233	-	-	Filtronic Solid State
СНА 2090	17,0-24,0	23	300	-	-	United Monolithic Semiconductors SAS

Зависимость цены смесителей от достигаемой величины  $K_{ш}$  определяется выражением:

$$C_4 = 20 \cdot e^{\frac{1}{K_{ш}}}. \quad (9)$$

Зависимость цены создания гетеродинов смесителей от достигаемой СПМФШ определяется системой уравнений, определяющих:

$$C_5 = 11800 + 140 \cdot |G_v|, \quad (10)$$

$$\Delta Q = 5,42 \cdot 10^{-2} - 3,91 \cdot 10^{-2} G_v + 2,67 \cdot 10^{-2} G_v^2$$

для КАМ-1024,

$$\Delta Q = 2,85 \cdot 10^{-2} - 1,38 \cdot 10^{-2} G_v + 5,35 \cdot 10^{-2} G_v^2$$

для КАМ-512,

$$\Delta Q = 1,1 \cdot 10^{-1} - 1,97 \cdot 10^{-1} G_v + 6,78 \cdot 10^{-2} G_v^2$$

для КАМ-128,

$$\Delta Q = 1,65 \cdot 10^{-2} + 1,07 \cdot 10^{-2} G_v + 3,06 \cdot 10^{-2} G_v^2$$

для КАМ-64,

$$\Delta Q = 1,65 \cdot 10^{-1} + 1,07 \cdot 10^{-2} G_v + 4,06 \cdot 10^{-2} G_v^2$$

для КАМ-32,

где  $G_v$  – спектральная плотность мощности фазовых шумов гетеродинов;

(11)

$\Delta Q$  – ЭЭП, при приеме сигналов ЦЛС, обусловленные неидеальностью спектра гетеродинов.

Цена других элементов практически остается постоянной и не зависит от требуемых параметров:

$$C_6 = C_7 = \text{const.} \quad (12)$$

Таким образом, задача математического программирования будет заключаться в нахождении минимума целевой функции (13)

$$\begin{aligned} F = & \sum_{i=1}^m C_{ак} [K_{и} (f)] + \\ & + \sum_{r=1}^m C_{пф} (\delta_{фчх}, \delta_{фчх}) + \\ & + \sum_{v=1}^k C_{мшу} [K_{и} (f)] + \sum_{j=1}^l C_{см} [K_{и} (f)] + \\ & + \sum_{j=1}^l C_{гет} [G_v (M)] + C_{фидер} (K_{ш}) + \\ & + C^{3а} [K_{и} (f)] = C_{афу}, \end{aligned} \quad (13)$$

при уравнениях связи (10-12) и условии (14):

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^w \Delta_{афу}^{ак^i} [K_{иi} (f)]_1 + \sum_{r=1}^e \Delta_{афу}^{пф^r} (\delta_{ачх})_1 + \\ & + \sum_{r=1}^e \Delta_{афу}^{пф^r} (\delta_{фчх})_1 + \sum_{v=1}^l \Delta_{афу}^{мшу^v} [K_{иv} (f)]_1 + \\ & + \sum_{j=1}^u \Delta_{афу}^{см^j} [K_{иj} (f)]_1 + \sum_{s=1}^p \Delta_{афу}^{гет^s} (G_{vs})_1 + \\ & + \Delta_{афу}^{фидер} [K_{ш} (f)]_1 + K_{и1}^{3а} = \Delta_{афу}, \\ & \quad \cdot \\ & \quad \cdot \\ & \quad \cdot \\ & \sum_{i=1}^w \Delta_{афу}^{ак^i} [K_{иi} (f)]_{\zeta} + \sum_{r=1}^e \Delta_{афу}^{пф^r} (\delta_{ачх})_{\zeta} + \\ & + \sum_{r=1}^e \Delta_{афу}^{пф^r} (\delta_{фчх})_{\zeta} + \sum_{v=1}^l \Delta_{афу}^{мшу^v} [K_{иv} (f)]_{\zeta} + \\ & + \sum_{j=1}^u \Delta_{афу}^{см^j} [K_{иj} (f)]_{\zeta} + \sum_{s=1}^p \Delta_{афу}^{гет^s} (G_{vs})_{\zeta} + \\ & + \Delta_{афу}^{фидер} [K_{ш} (f)]_{\zeta} + K_{и\zeta}^{3а} = \Delta_{афу}, \end{aligned} \quad (14)$$

где  $\zeta = 1(1)Z$  – нумерация вариантов создания АФУ с различными парциальными ЭЭП и соответствующими ценами их достижения.

При такой постановке задачи находится такой вариант создания АФУ, который имеет минимум суммарной стоимости парциальных элементов при ограничениях на предельную величину суммарных ЭЭП.

Задача математического программирования может быть сформулирована в другой форме. При этом в качестве целевой функции, минимум которой необходимо определить, будет выступать функция суммарных ЭЭП, а в качестве условий – суммарная величина ценовых затрат. Уравнения связи в этом случае будут определяться аналогичными выражениями (10-12).

### Оценка погрешности и чувствительности модели

Результатом решения поставленной задачи явился параметрический синтез АФУ по основному системообразующему фактору – ЭЭП, которые распределились согласно приведенной на рисунке 2 структурной схеме.

### Выводы

Разработан метод параметрического синтеза антенно-фидерных, радиоприемных и демодуляторных устройств, позволяющий осуществлять сбалансированный синтез основных параметров системы, адекватных верхней границе вложенных средств и тенденциям развития телекоммуникационных сетей.

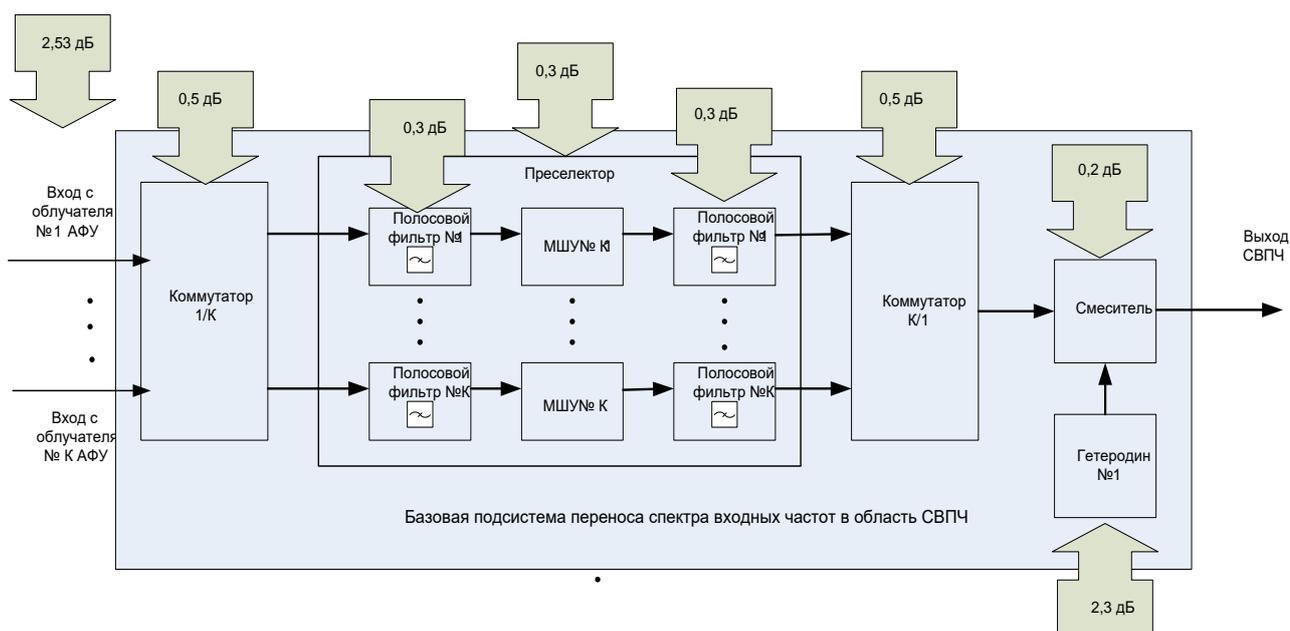


Рис. 2. Обобщенная структурная схема АФУ с двумя типами антенн (многолучевой и однолучевой). Сравнение расчетных данных с теоретическими, показало совпадение с точностью до 6%, что вполне допустимо для применения при проведении практических расчетов. Разработанный метод может быть распространен на параметрический синтез радиоприемных и демодуляторных устройств

### Список литературы

1. Балыбин В.А., Баринов С.П., Мавский Ю.Н. Обоснование тактико-технических требований к технике радиоэлектронной борьбы: методологический аспект // Военно-техническая политика. – 2007. – 56с.
2. Вопросы оптимизации радиотрактов приемных систем и комплексов/ под ред. В.Д. Челышева. – Л.: ВАС, 1983. – 152 с.
3. Примайлов С.Н. Применение последовательного обнаружения сигналов в задачах радиомониторинга каналов связи // Вопросы радиоэлектроники. Серия ОВР. – 2000. – №19. – С.165.
4. Мухин И.Е., Бабанин И.Г., Богомазов А.Ю. Расчёт эквивалентных энергетических потерь в ионосфере при приёме

сигналов с квадратурной амплитудной модуляцией различной позиционности // Т – comm. – 2014. – Т.8. – №3. – С.31-35.

5. Бабанин И.Г., Хотынюк С.С. Способ определения эквивалентных энергетических потерь симметричных фильтров частотной селекции с конечной импульсной характеристикой в высокоскоростных системах // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2013. – №3 (48). – С. 70-73.

6. Мухин И.Е., Бабанин И.Г. Оценка влияния неравномерности амплитудно-частотной характеристики полосового фильтра на эквивалентные энергетические потери в системах связи использующих сигналы с квадратурной амплитудной модуляцией // Телекоммуникации. – 2012. – №11.

Получено 06.04.16

**I.E. Muhin**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk), Deputy General Designer on the Investment Projects, JSC "Aviaavtomatika" named after V.V. Tarasova "(Kursk) (e-mail: okb@aviaavtomatika.ru)

**A.V. Chmielewska**, lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: aquarel85@mail.ru)

## THE METHOD OF PARAMETRIC SYNTHESIS OF AERIAL-FEEDER, RADIO RECEIVING AND DEMODULATING FACILITIES OF SIGNAL RECEIVE PATH

*The paper presents the method of parametric synthesis of aerial-feeder radio receiving and demodulating facilities based on new backbone factor - equivalent energy losses for parametric devices which provides the balanced synthesis of major system parameters that are consistent with upper limit of invested assets and development trends in telecommunications networks. The relevance of the article is due to the fact that at present time there is a close and fairly complex relationship between electrical, mechanical, technological, technical and economic indicators for the synthesis of aerial-feeder (AF), radio receiving (RR) and demodulating (DM) facilities, which involves the application of a systematic approach and modern methods for solving multivariate optimization problems.*

*As a rule, the objectives of this class are resolved by methods of linear and nonlinear programming. In this case the partial equivalent energy losses of the nodes constituting the AF, RR and DM facilities are related to their costs. The lower demands for partial equivalent energy losses, the higher the price of achieving them. The amount of partial equivalent energy losses for AF facilities forms a vector of partial equivalent energy losses. The vector of price cost corresponds to the vector of AF facilities parameters. In this case, the problem of aerial-feeder devices is to solve the problem of mathematical programming, i.e. the task of finding the conditional optimum.*

**Key words:** parametric synthesis, aerial-feeder facility, radio receiving facilities, demodulator devices, equivalent energy losses.

\*\*\*

### References

1. Balybin V.A., Barinov S.P., Maevskij Ju.N. Obosnovanie taktiko-tehnicheskikh trebovanij k tehnike radiojelektro-nnoj bor'by: metodologicheskij aspekt // Voенno-tehnicheskaja politika. – 2007. – 56с.

2. Voprosy optimizacii radiotraktov priemnyh sistem i kompleksov/ pod red. V.D. Chelysheva. – L.: VAS, 1983. – 152s.

3. Primajlov S.N. Primenenie posledovatel'nogo obnaruzhenija signalov v zadachah radiomonitoringa kanalov svjazi // Voprosy radiojelektroniki. Serija OVR. – 2000. – №19. – С.165.

4. Muhin I.E., Babanin I.G., Bogomazov A.Ju. Raschjot jekvivalentnyh jenergeticheskikh poter' v ionosfere pri prijome signalov s kvadratnoju amplitudnoju mod-

uljaciej razlichnoj pozicionnosti // T – comm. – 2014. – T.8. – №3. – S.31-35.

5. Babanin I.G., Hotynjuk S.S. Sposob opredelenija jekvivalentnyh jenergeticheskikh poter' simmetrichnyh fil'trov chastotnoj selekcii s konečnoju impul'snoju harakteristikoj v vysokoskorostnyh sistemah // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo univ-siteta. – 2013. – №3 (48). – S. 70-73.

6. Muhin I.E., Babanin I.G. Ocenka vlijanija neravnomernosti amplitudno-chastotnoj harakteristiki polosovogo fil'tra na jekvivalentnye jenergeticheskie poter' v sistemah svjazi ispol'zujushchih signaly s kvadratnoju amplitudnoju moduljaciej // Tel-ekommunikacii. – 2012. – №11.