

УДК 519.330.341 (063)
ББК 32.817

АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММА РАСЧЕТОВ И АДАПТАЦИИ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ ПО НИЗКОЧАСТОТНЫМ РАДИОКАНАЛАМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КОМПЛЕКСА ПОМЕХ

Исмаилов С.У.¹, Тукубаев З.Б.², Турсунов А.А.³

*(Южно-Казахстанский Государственный Университет им.
М.Ауезова, Казахстан, г.Шымкент)*

В статье рассматриваются алгоритмы и программа расчетов и адаптации системы передачи дискретных сигналов по низкочастотным радиоканалам автоматизированной системы управления связью (АСУС) с подвижными объектами (ПО)

Ключевые слова: автоматизированные системы управления связью, ионосферные возмущения, антенно-фидерные устройства, сферический волновод, радиоэлектронные средства, электронная концентрация, дифракция радиоволн.

1. Актуальность проблемы и различные подходы к ее решению

Распространение СДВ и ДВ характеризуется высоким постоянством прохождения волн, скоростью распространения, не сопровождается резкими изменениями уровня сигнала. Так колебания напряженности поля вследствие флуктуационных изменений электронной концентрации незначительны- составляет около 10-30 %, и проходит очень медленно (десятки минут и часов).

Суточный ход напряженности поля не претерпевает заметных изменений. Иногда можно наблюдать резкие

колебания во время захода и восхода солнца.

1. Исмаилов Серик Умирбаевич - кандидат технических наук, доцент

2. Тукубаев Зухирхан Бейсекович- кандидат технических наук, доцент (tukubaev1945@yandex.ru).

3. Турсунов Аман Абдурахманович – кандидат физико-математических наук, доцент.

Годовое изменение напряженности поля СДВ очень слабое, например, летом в дневные часы напряженность поля больше на 20-50% по сравнению с зимними месяцами.

Ионосферные возмущения и изменения солнечной активности влияют незначительно на условия распространения СДВ радиоволн.

Такие качества СДВ и ДВ радиоволн, как малая зависимость от ионосферных возмущений, постоянство условия распространения, способность проникать в воду, сравнительно небольшие поглощения, незначительная подверженность влиянию ядерных взрывов дают возможность передавать сигналы СДВ мощных радиопередающих устройств практически в любую точку Земли.

СДВ и ДВ широко применяют в системах глобальной связи и навигации, для передачи сигналов на подводные аппараты, сигналов точных частот высшего класса и сигналов единого времени.

СДВ и ДВ каналы имеют следующие недостатки: сравнительно большой уровень атмосферных и промышленных помех и соседних радиостанции, трудность получения электромагнитных излучений большой мощности из-за малых размеров антенн по сравнению с длиной волны, низких К.П.Д. из-за их малого сопротивления излучения, малая пропускная способность из-за узости частотного диапазона, трудность получения узконаправленного излучения и приема.

Несмотря на эти недостатки при адаптации системы передачи дискретных сигналов (т.е. при оптимальном выборе частоты излучения, параметров передатчика и антенн, метода повышения достоверности приема сигналов) к

заданным условиям связи (расстояние между передатчиком и приемником сигналов, высоты слоев ионосферы, время суток и года, помеховая обстановка, параметры приемно-передающих антенн и др.) можно обеспечить достаточно высокую надежность передачи дискретных сигналов.

2. Постановка задачи, алгоритмы и программа расчетов и адаптации системы передачи дискретных сигналов по низкочастотным радиоканалам при воздействии комплекса помех

Алгоритмы и программа входят в состав комплекса решения задачи предназначенной для подготовки данных для обоснованного принятия решений на организацию связи и управления системой связи в АСУС с ПО (автоматизированной системе управления связью с подвижными объектами) на море или в воздухе в аппарате начальника связи объединения.

В комплексе с другими задачами по расчету радиолиний (РЛ) дает возможность выбора оптимального варианта организации связи и определения характеристик комплексных радиолиний.

Программы используются в составе математического обеспечения АСУС с ПО.

Ниже приводятся описания алгоритмов и программы расчета и оптимизации длины волны излучаемого сигнала.

3. Описание программы определения напряженности сигнала, отношения сигнал-помеха и его математического ожидания.

Программа состоит из управляющей программы **“KOMPLEX”**, блок-схема которой приведена на рисунке 1 и четырех сегментов подпрограмм-функции: подпрограммы-функции вычисления атмосферных помех **“ATMOS”**, подпрограммы-функции вычисления напряженности поля сигнала по формуле Шулейкина Ван дер Поля **“SUL”**, подпрограммы-функции вычисления напряженности поля по формуле Остина-Когена **“OSTIN”** и подпрограммы-

функции вычисления напряженности поля сигнала с учетом высоты ионосферы “*EDHI*”.

3.1 Описание программы “*KOMPLEX*”

В блоке 1 резервируется память для массивов *EDH*, *SN* и общему блоку *HI*.

В блоке 2 задаются значения:

PO - мощности радиопередающего устройства (РПУ);

D1, *D2* – коэффициенты направленности действия антенн, передающей и приемной соответственно.

HJ - КПД антенны;

H1, *H2* – высоты антенн передатчика и приемника соответственно (*м*);

SIG - проницаемость почвы (*см/м*);

FI - несущая частота (*кГц*) передатчика;

DF- полоса частоты приемника (*кГц*);

K – коэффициент защиты приемника;

A- коэффициент функции $a = E_{ap}(0)$; коэффициент равный по величине напряженности поля при $f = 10$ *кГц*;

Коэффициентом *a* задается географическое местоположение приемника, который равен $a = 200, 100, 50$ [*мкВ/м*] в зависимости от места приема – в экваториальной зоне, средних и северных широтах соответственно при полосе пропускания приемника $\Delta f = 20$ *Гц*.

HI - высота ионосферы (*км*) днем и ночью.

В блоке 3 вводятся и выводятся значения расстояний (*км*) до передающей станции и до источника радиоэлектронного подавления (РЭП) соответственно.

В блоке 4 задается начальное значение несущей частоты *FI* и очищаются массивы для отношения сигнал/ помеха: *S* – без учета высоты ионосферы, *SH1*- с учетом высоты ионосферы, днем, *SH2* – с учетом высоты ионосферы, ночью.

В блоке 5 задается начало цикла *J*.

В блоке 6 задается начало цикла *I* для изменения значения частоты излучения сигнала. В программе

В блоке 7 вычисляется длина волны λ (*км*) и выводит λ на печать.

Блок 8 проверяет условие: если расстояние до передатчика меньше 500 км, то напряженность поля **ED** вычисляется по формуле Шулейкина Ван дер Поля (блок 9) и выводится на печать.

В противном случае, **ED** вычисляется по формуле Остина-Когена (блок 10).

В блоке 11 вычисляется напряженность поля **EDHI** по формуле, учитывающей высоту ионосферы и выводится значение напряженности поля сигнала на печать.

В блоке 12 вычисляется напряженность атмосферной помехи - E_{ap} в подпрограмме-функции "**ATMOS**", напряженность

сосредоточенных помех средств РЭП - $E_{рэп}$ при помощи подпрограммы- функции **OSTIN** и суммарная помеха

вычисляется по формуле $E_s = \sqrt{E_{ap}^2 + E_{pi}^2}$.

В блоке 13 вычисляется отношение сигнал/помеха **OTSP** с учетом высоты ионосферы - **OTH1, OTH2**, которые выводятся на печать (блоки 15, 16) и вычисляются их суммы **S, SH1, SH2** в блоке 17.

В блоке 18 изменяется значение **FI**.

Блоки 19.21 – являются концами циклов **I, J** соответственно.

Блок 20 – задаются параметры циклов **I, J** соответственно.

В блоке 22 вычисляются средние значения отношения сигнал/помеха- **SM, SM1, SM2**.

В блоке 23 проверяется условие $r > 5000$ км.

В блоке 24 выводится на печать среднее значение отношения сигнал/помеха – **SM**.

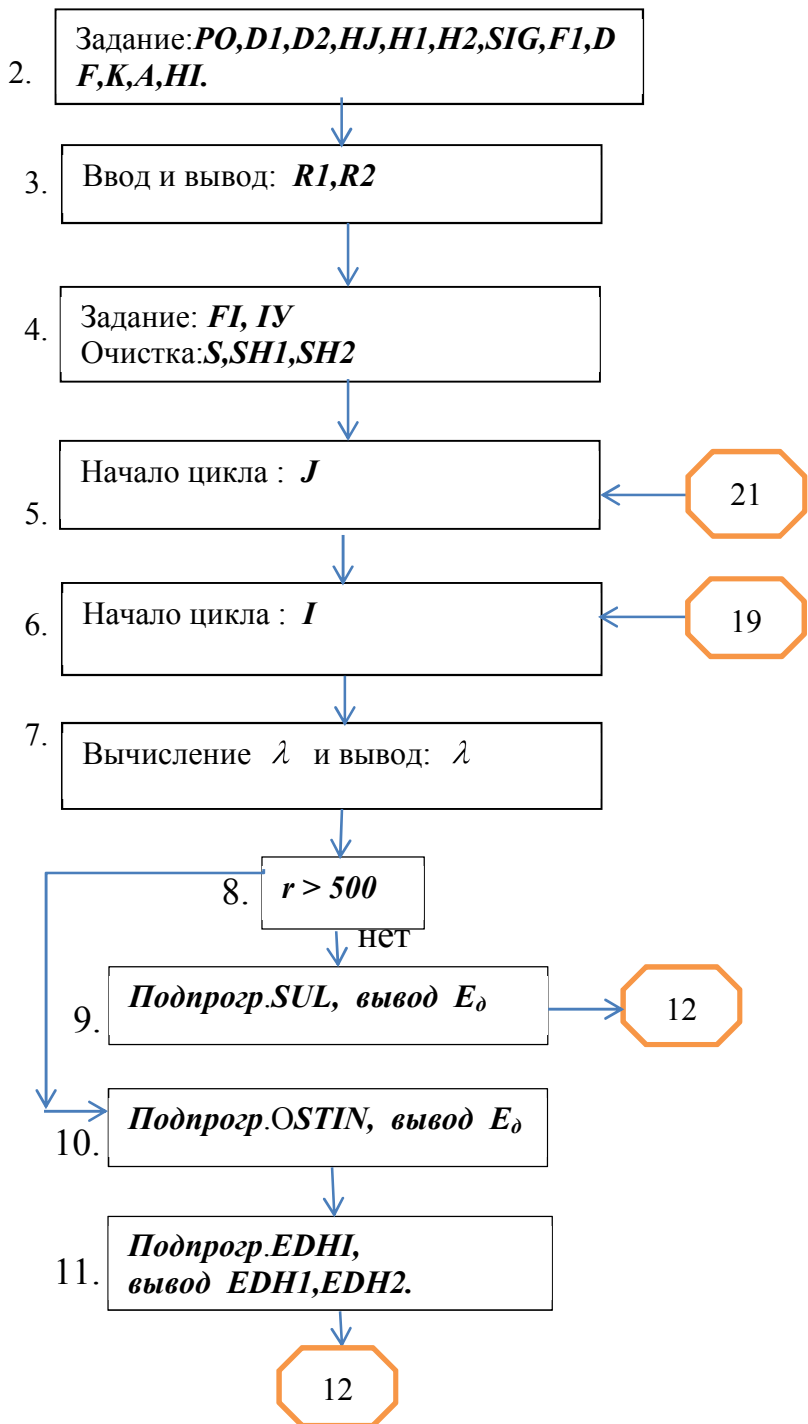
И передается управление блоку 26 - к концу программы "**KOMPLEX**".

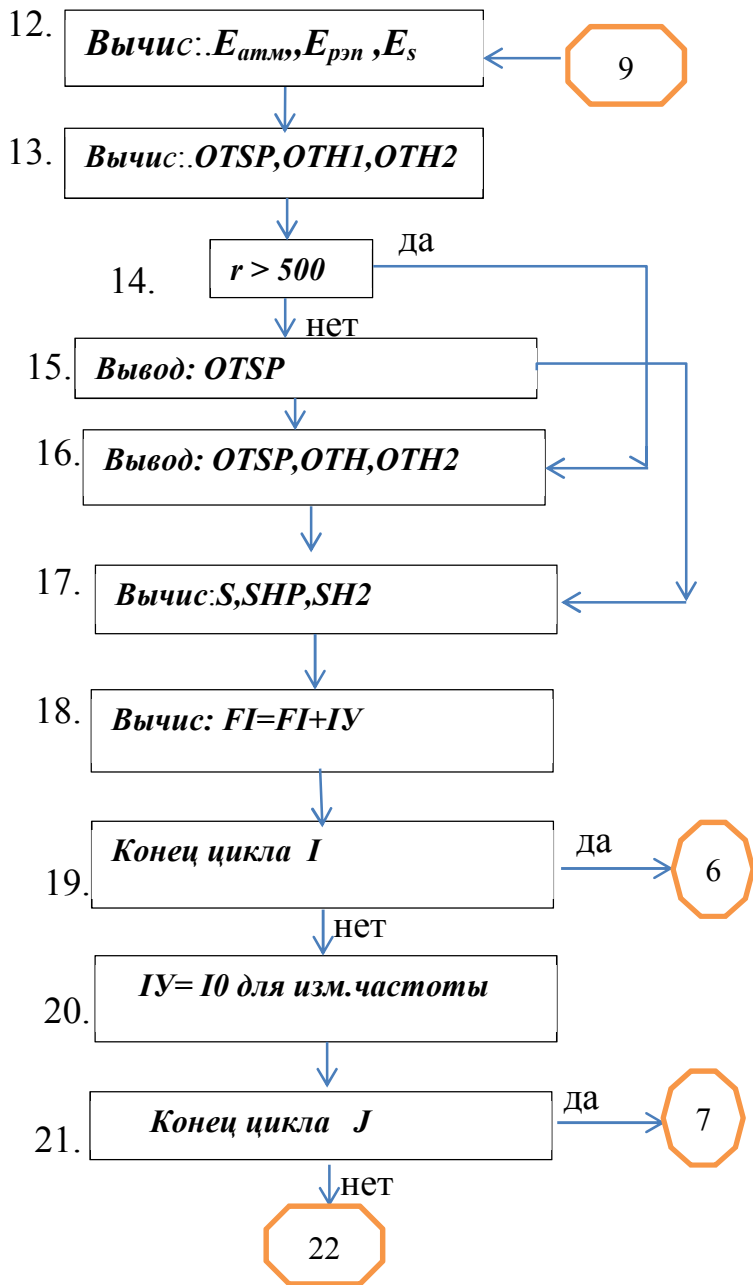
Блок 25 выводит на печать значений: **SM, SM1, SM2**.

1.

Программа KOMPLEX Резерв. EDH,SN . бщ.блок HI







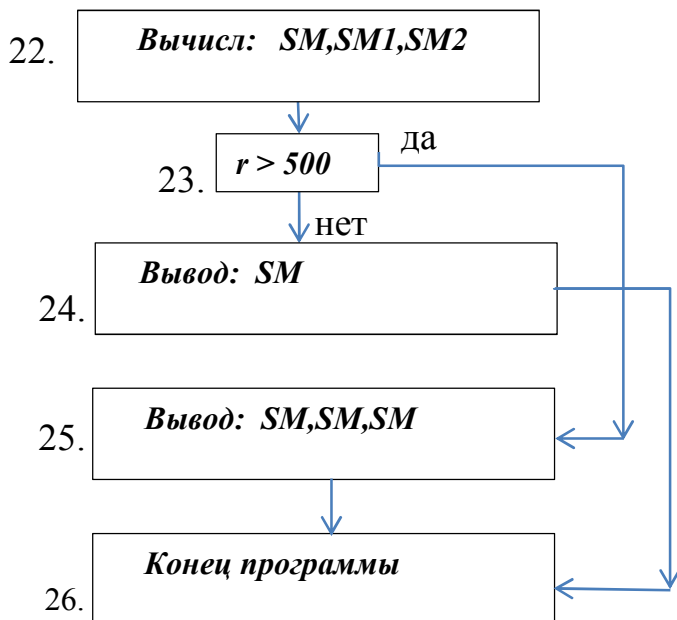


Рис. 1, Блок-схема программы **KOMPLEX**

3.2 Описание подпрограммы-функции “OSTIN” для вычисления напряженности поля сигнала

В качестве входных параметров подпрограммы-функции “OSTIN” в блоке 1 задаются :

- r - расстояние между точками приема и передачи (км),
- PO - мощность передатчика (квт),
- DI - коэффициент направленного действия передающей антенны;
- $DLAM$ - длина волны (км).

В блоке 2 вычисляется θ - угол в градусах образованный между точками приема и передачи, который определяется по соотношению:

$$\theta = \frac{3.6 * r}{402}, (grad)$$

В блок-схеме эта величина вычислена в радианах.

Далее, в блоке 3 проверяется условие $|\sin \theta| = 0$

При вычислении $\sin \theta$ угол θ задается в радианах.

Если это условие выполняется, то выводится на печать текст:

« $|\sin \theta| = 0$ ».

В противном случае, вычисляется дробь $\theta/|\sin \theta|$ в блоке 5.

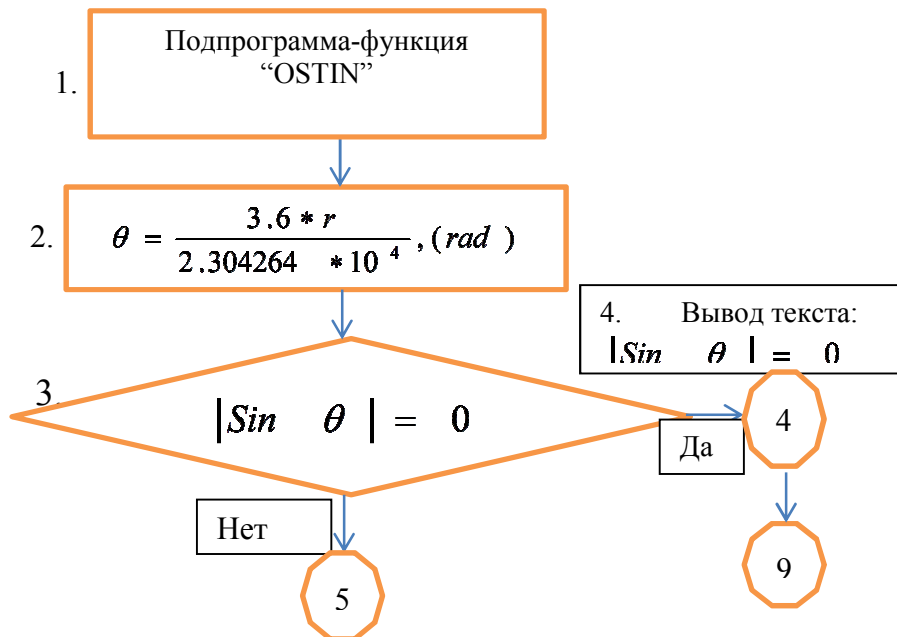
На печать выдается значение угла θ в блоке 6.

Далее, в блоках 7 и 8 вычисляется напряженность поля сигнала E_θ по формуле Остина:

$$E_\theta = \frac{300 \sqrt{P_1 G}}{r} \sqrt{\frac{\theta}{\sin \theta}} * e^{-\frac{0,0014}{\lambda^{0,6}}} \quad (\text{ мкВ/м }).$$

В блоке 9 производится возврат к основной программе.

Ниже на рисунке 2 приведена блок-схема подпрограммы-функции ОСТИН.



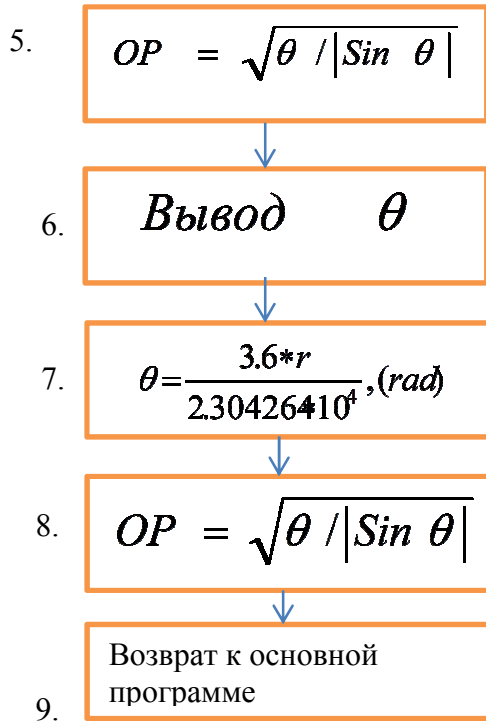


Рис. 2. Блок-схема подпрограммы-функции “OSTIN”.

3.3 Описание подпрограммы-функции “ATMOS” для вычисления уровня атмосферных помех

Подпрограммы-функция “ATMOS” предназначена для вычисления уровня атмосферных помех. Ниже на рисунке 3 приведена блок-схема подпрограммы-функции “ATMOS”.

В настоящей работе напряженность атмосферных помех задается не в графической форме, а в виде функции, которая является аппроксимацией графических данных; эта функция имеет вид:

$$E_{ap} = a / 10^{(\lg f^{-1})} [MKV / M],$$

где f – частота в килогерцах [10,20,30,...,100,200,300];

$a = E_{ap}(0)$ - коэффициент равный по величине напряженности при $f=10$ кГц.

При увеличении значения f (кГц) до 1000 кГц значение напряженности поля уменьшается по экспоненциальному закону; по логарифмической шкале уменьшается линейно(кривые 1,2,3 на рисунке).

E_{ap} – напряженность атмосферных помех [мкв/м].

Коэффициентом a задается географическое местоположение приемника, который равен $a = 200, 100, 50$ [мкв/м] в зависимости от места приема –в экваториальной зоне, средних и северных широтах соответственно при полосе пропускания приемника $\Delta f = 20$ гц .

При других полосах приема Δf^* уровень атмосферных помех определяется по соотношению:

$$E_{an}^* = E_n * \sqrt{\frac{\Delta f^*}{\Delta f}}, [мкв / м].$$

В качестве входных параметров подпрограммы-функции “АТМОS” вводятся в блоке 1 :

A – значения коэффициента a ;

FI - значения несущей частоты f_i ;

DF – значения полосы приема Δf^* в килогерцах (кГц).

В блоке 3 вычисляется напряженность атмосферных помех

$$E_{ap} = a / 10^{(\lg f - 1)} [мкв / м]$$

для полосы частот

$$\Delta f = 20 \text{ гц}$$

В блоке 4 вычисляется напряженность атмосферных помех для других полос приема Δf^*

Далее, в блоке 5 производится возврат к основной программе – “КОМПЛЕХ”.

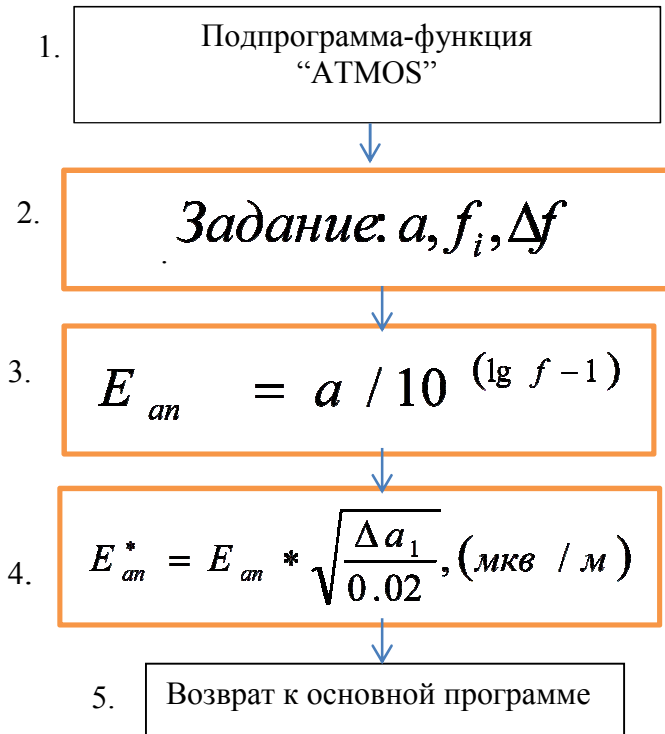


Рис. 3 Блок-схема подпрограммы-функции “ATMOS”.

3.4 Описание подпрограммы-функции “SUL” для вычисления напряженности поля сигнала по формуле Шулейкина Ван дер Поля.

На рисунке 4 приведена блок-схема подпрограммы-функции “SUL”.

В качестве входных фактических параметров задаются в блоке 1 :

- r - расстояние между точками приема и передачи (км),
- PO - мощность передатчика (квт),
- DI - коэффициент направленного действия передающей антенны;
- $DLAM$ - длина волны (км),
- $SIGM$ – проницаемость почвы (см/м).
- В блоке 2 вычисляется параметр x по формуле:

$$x = \frac{3.14 * r}{6 \sigma \lambda^2}$$

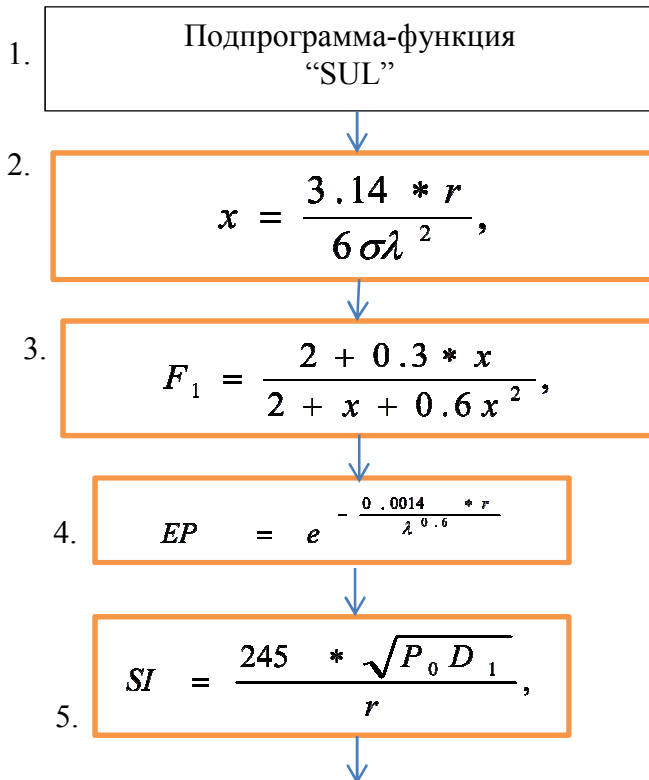
- В блоке 3 вычисляется множитель ослабления $F1$ по формуле: $F_1 = \frac{2 + 0.3 * x}{2 + x + 0.6 x^2}$

В блоке 4 значения $x, F1$ выводятся на печать.

Далее, вычисляется напряженность поля сигнала в блоках 5 и 6

по формуле: $SUL = \frac{245 * \sqrt{P_0 D_1}}{r} * F1$

и производится возврат к основной программе в блоке 7.



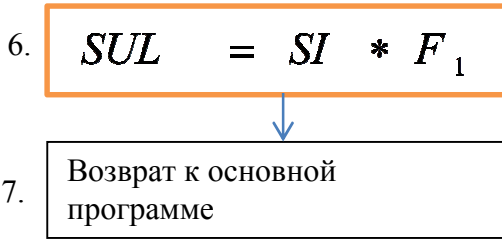


Рис. 4. Блок-схема подпрограммы-функции “SUL”

3.5 Описание подпрограммы “EDHI” для вычисления напряженности поля сигнала СДВ радиоволн с учетом высоты ионосферы.

На рисунке 5 приведена блок-схема подпрограммы-“EDHI”. В качестве входных фактических параметров задаются в блоке 1 :

- r - расстояние между точками приема и передачи (км),
- a - радиус Земли (км),
- PO - мощность передатчика (квт),
- DI - коэффициент направленного действия передающей антенны;
- $DLAM$ - длина волны (км),
- η – коэффициент полезного действия антенны.

В блоке 1 также задаются выходные параметры:

$E_{\partial 1}$ - напряженность поля сигнала при высоте нижнего слоя ионосферы днем (для H_1):

$E_{\partial 2}$ - напряженность поля сигнала при высоте ионосферы ночью (для H_2).

В блоке 2 резервируется память для массивов – $E_{\partial ni}$, где $E_{\partial ni}$ - напряженности электромагнитного поля сигналов и H_i - для высот ионосферы общим блоком в блоке 2.

Далее, в блоке 3 вычисляется угол в градусах образованный между точками приема и передачи, который определяется по соотношению:

$$\theta = \frac{3.6 * r}{402}, (grad)$$

В блок-схеме эта величина вычислена в радианах.

Далее, в блоке 4 проверяется условие $|\sin \theta| = 0$

При вычислении $\sin \theta$ угол θ задается в радианах.

Если это условие выполняется, то выводится на печать текст:

« $|\sin \theta| = 0$ », в блоке 5.

В противном случае, вычисляется значение напряженности электромагнитного поля сигнала в блоках 6 и 7 по формуле:

$$E_{\text{нд}} = \frac{245 \sqrt{P_0 D_1 \eta}}{\sqrt{(a + H(I)/2)H(I)\sin \theta}}$$

$$E_{\text{дн1}}, E_{\text{дн2}}$$

Значения выводятся на печать в блоке 8 и

производится возврат к управляющей программе в блоке 9.

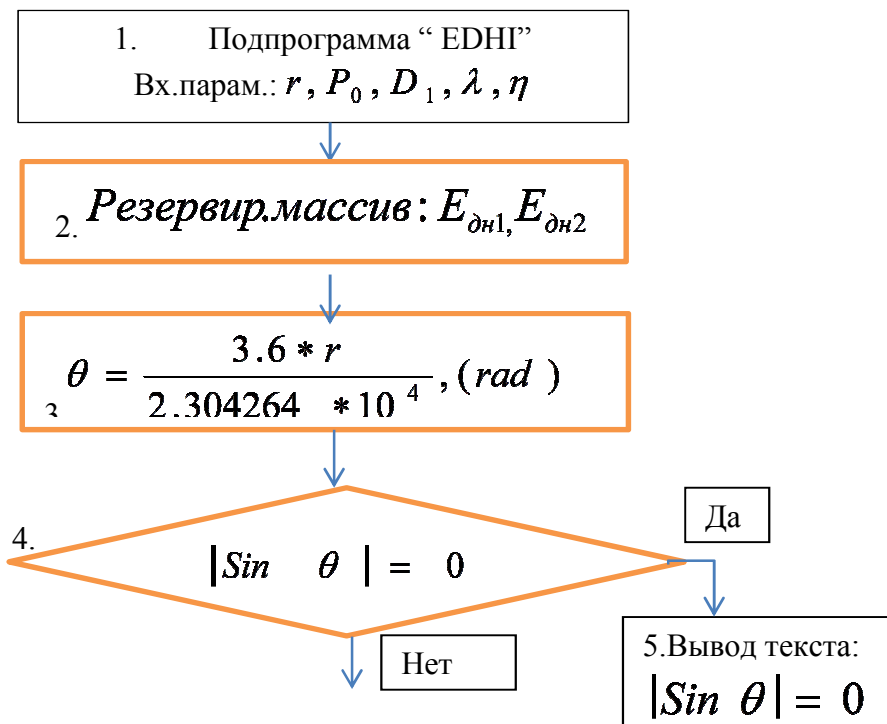




Рис. 5 Блок-схема подпрограммы “EDHI” - вычисления напряженности поля сигнала с учетом высоты ионосферы.

4. Оптимизация и адаптация длины волны в низкочастотном диапазоне волн

Физическая причина существования оптимума длины волны в низкочастотных диапазонах волн /диапазоны ДВ и СДВ волн/ обусловлены тем, что с увеличением длины волны уменьшается излучательная способность антенны, что приводит к уменьшению напряженности поля, и в то же время уменьшаются потери.

С увеличением расстояния значение оптимальной длины возрастает, так как сопротивление излучения антенны зависит от частоты и, при этом, ток не остается постоянным, а меняется по диапазону частот.

Кроме того, условие приема определяется не абсолютным значением напряженности поля в месте приема,

а отношением напряженности поля сигнала к уровню помех, которое также меняется по диапазону частот.

Поэтому оптимальной длиной волны следует считать такую длину волны, при которой отношение напряженности сигнала к уровню помех достигает максимума.

Поскольку отмеченные условия связи и параметры системы передачи данных являются параметрами во времени надежную связь можно обеспечить только при адаптации системы передачи данных по многим параметрам; по длине волны, по мощности передатчика, по параметрам антенны и др.

При определении оптимальной длины волны /или частоты/, считаем, что подводимая мощность к антенне/ или ток/ не изменяется по диапазону при изменении частоты. И при этом, вычисляются мощность или ток в антенне.

Далее, определяется напряженность поля сигнала для ряда значений частот или длин волн в рассматриваемом диапазоне волн.

С другой стороны, на том же диапазоне для тех же частот определяются напряженности комплекса помех и отношения сигнал/помехма.

Поскольку уровень комплексной помехи также не остается постоянным во времени приходится оптимизировать длину волны и другие параметры системы передачи дискретных сигналов.

Максимальное значение отношения сигнал/помеха в рассматриваемом диапазоне соответствует оптимальной длине волны.

При этом, необходимо иметь ввиду, что оптимальная длина волны определяется для заданного расстояния от точки излучения сигнала до точки его приема, для данного состояния ионосферы и помеховой обстановки. Поскольку все эти параметры являются переменными, то всякий раз приходится вычислять оптимальную частоту излучения сигнала.

Если для заданного расстояния в рассматриваемом диапазоне ДВ и СДВ нет оптимальной частоты или не явной

форме значение отношения сигнал/помеха, то следует искать его в другом диапазоне частот.

При этом, надо помнить, что с увеличением расстояния, значение оптимальной длины волны будет возрастать.

Приведенная в настоящей работе программа “КОМПЛЕКС” позволяет определить отношение сигнал/помеха в зависимости от частоты излучения сигнала, от расстояния передачи, от параметров передатчика, от помеховой обстановки и т.д. для диапазонов СДВ, ДВ и СВ.

При помощи этой программы можно определить оптимальную частоту передачи для каждого расстояния от передатчика до приемника при воздействии комплекса помех /атмосферных, станционных и ретрансляционных/.

В качестве примера рассмотрим случай, когда заданы:

Параметры передатчика сигнала: $P_{01} = 1000$ квт, $\eta = 0,25$, $D_1 = 1,5$.

Параметры источника искусственных помех: $P_{02} = 1000$ квт, $\eta = 0,25$, $D_2 = 1,5$.

Обычно параметры преднамеренных помех одинаковые с параметрами сигнала.

Предположим, что приемник находится над поверхностью воды с параметрами $\sigma = 4$ см/м, $\epsilon = 80$.

Также предположим, что расстояние от передатчика сигналов до приемника $R_1 = 4000$ км и от источника искусственных помех до приемника $R_2 = 7000$ км.

Табл. 1

f_n (кГц)	60	70	80	90	100
L (км)	5,0	4,286	3,75	3,333	3,0
отношение сигнал/помеха	5,11	5,22	5,18	5,04	4,8

Как видно из таблицы 1 оптимальная частота лежит в диапазоне длинных волн и равна $f_{opt} = 70$ кГц ($\lambda = 4,286$ км). Рассмотрим другой случай, когда расстояние от передатчика сигналов до приемника $R_1 = 8000$ км и от источника искусственных помех до приемника $R_2 = 12000$ км.

Табл.2

f_n (кГц)	13	14	15	16
L (км)	23,077	21,429	20,550	18,750
отношение сигнал/помеха	1,1228	1,1260	1,1256	1,1223

Из таблицы 2 видно, что оптимальная частота находится в диапазоне сверхдлинных волн и ее значение равно $f_{opt} = 14$ кГц ($\lambda=21.43$ км).

Рассмотрим случай, когда расстояние от передатчика сигналов до приемника $R_1 = 12000$ км и от источника искусственных помех до приемника $R_2 = 16000$ км.

Как видно из таблицы 3 оптимальной частотой является $f_{opt} = 7$ кГц ($\lambda=42.859$ км) и она также лежит в диапазоне сверхдлинных волн..

Табл.3

L (км)	60	50	42,857	37,5	33,333	30
f_n (кГц)	5	6	7	8	9	10
Отношение сигнал/помеха	0,471	0,4804	0,4819	0,478	0,4698	0,459

На рисунке 6 приведена кривая зависимости оптимальной частоты от расстояния излучения сигнала. Как видно из графика зависимости оптимальная частота излучения сильно зависит от расстояния излучения сигнала и с увеличением расстояния оптимальная частота уменьшается приблизительно по экспоненциальному закону.



Рис.6 Зависимость оптимальной частоты несущей частоты волны от расстояния

5. Анализ результатов вычисления и заключения

Анализируя результаты моделирования и расчетов можно сделать следующие выводы:

1) В диапазоне СДВ относительными высотами антенн можно пренебречь при вычислении множителя ослабления и считать, что антенны расположены непосредственно у поверхности Земли. В этом случае, множитель ослабления зависит от расстояния, частоты радиоволны и электрических параметров почвы.

2) При расчете напряженности поля волны в диапазонах СДВ и ДВ на малых расстояниях применяются формула Шулейкина –Ван –дер Поля, а на больших (более 1000км) - полуэмпирическая формула Остина-Когена.

Как показывают результаты расчетов на ЭВМ напряженности поля сигнала в диапазонне частот СДВ более точные результаты получаются по формуле с учетом высот ионосфер, а в диапазоне ДВ – по формуле Остина –Когена.

3) При учете атмосферных и искусственных помех от

посторонних источников наблюдается существование максимума отношения сигнал/помеха, т.е. существование оптимальной частоты волны.

При вышерассмотренных условиях можно наблюдать следующие:

4) когда расстояние между передатчиком сигнала и приемником $R_1 < 2000$ км оптимальная частота радиоволны лежит в диапазоне средних волн

$$(\lambda_{opt} < 1\text{км}, f_{opt} > 300\text{кГц});$$

В интервале расстояния от 2000 км до 6000 км оптимальная частота лежит в диапазоне длинных волн

$$(\lambda_{opt} = 1 \div 10\text{км}, f_{opt} = 30 \div 300\text{кГц});$$

Для расстояния от 6000 км до 16000 км оптимальная частота лежит в диапазоне сверхдлинных волн

$$(\lambda_{opt} = 10 \div 100\text{км}, f_{opt} = 3 \div 30\text{кГц});$$

В интервале расстояния от 16000 км до 18000 км оптимальная частота лежит в диапазоне сверхнизких частот

$$(\lambda_{opt} > 100\text{км}, f_{opt} < 3\text{кГц}).$$

5) При подводном режиме приема предельная дальность и возможные глубины погружения для уверенного приема зависят от мощности передатчика, от расстояния, от свойств антенн, в большей степени от частоты излучения и чувствительности приемника, а также от свойств среды распространения радиоволн.

Расчеты показывают, что с увеличением (уменьшением) длины волны (частоты излучения) максимально возможная глубина увеличивается (уменьшается).

Если присутствуют “скоростные” помехи и собственные шумы при подводном приеме, то максимально возможная глубина зависит также от рода работы системы передачи дискретной информации.

А предельная глубина погружения зависит только от длины (частоты) волны и с ее увеличением – возрастает.

Исследования показывают, что для ДВ и СДВ диапазонов частот методы разнесенного приема сигналов с накоплением сообщений не эффективны.

Более эффективно применение методов поэлементного контроля качества сигналов по форме огибающей сигнала с применением детектора качества сигналов.

Литература

1. СОЛОВЬЕВ В.И. и др. *Связь на море*. Изд. “Судостроение”.-Л., 1978. -321 с.
2. ДОЛУХАНОВ М.П. *Распространение радиоволн*. Уч. для вузов. –М., “Связь”, 1972 . 336 с.
3. БЕЛКИНА М.Г. *Таблицы для вычисления электромагнитного поля в области тени для различных почв*. “Советское радио”. 1979.
4. BURROWS C.R.,GREY M.C. “*Proc. IRE*” v.29, 1941,pp. 16-24.
5. ТУКУБАЕВ З.Б. и др. *Обобщенный алгоритм измерения, аппроксимации, моделирования и прогнозирования в пространственно-временных каналах* // Материалы международной конф. “Вычислительные технологии и матем. моделиров.в науке,технике и образовании”, ВТММ-2002,ч.5, Новосибирск-Алматы,2002.
6. ТУКУБАЕВ З.Б. и др. *Прикладные методы и алгоритмы обработки измерений фединговых сигналов* // сб.”Хабаршы” МКТУ им.Ясауи, №3,Туркестан, 2008.
7. ТУКУБАЕВ З.Б. *Методы и алгоритмы распознавания фединговых сигналов в системах управления связью* // сб.”Хабаршы” МКТУ им.Ясауи, №1,с.54-60,Туркестан, 2008.

ALGORITHM AND PROGRAM CALCULATIONS AND ADAPTATIONS FOR LOW-FREQUENCY RADIO CHANNELS OF DIGITAL SIGNAL TRANSMISSION SYSTEM IN THE COMPLEX INTERFERENCE EFFECTS

Ismailov Serik Umurbaevich, M.Auezov South Kazakhstan state

University, Kazakhstan, Shimkent, Doctor of science,
(sicomaz@mail.ru).

Tukubaev Zuhirhan Beysekovich, M. Auezov South Kazakhstan state
University, Kazakhstan, Shimkent, Doctor of science,
(tukubaev1945@mail.ru).

Tursunov Aman Abdurahmanovich, M. Auezov South Kazakhstan
state University, Kazakhstan, Shimkent, Doctor of science.

Abstract: The article deals with the algorithms and programs of calculation and optimization of low-frequency radio automated system of communication control with mobile accommodation facilities

Key words: automatic systems of communication control, ionospheric disturbances, antenna feeder devices, spherical waveguide, radio electronic tools, electronic concentration, diffraction of radio waves.