

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА И ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ПРИЕМА 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 программы расчета и оптимизации низкочастотных радиоканалов 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 перетерпывает заметных изменений. Иногда можно наблюдать резкие колебания во время захода и восхода солнца.

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, 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. Поэтому СДВ обычно используется в телеграфном режиме со сравнительно небольшими скоростями.

2. Постановка задачи, автоматизации расчета и оценки надежности приема сигналов по низкочастотным радиоканалам при воздействии комплекса помех

Задача предназначена 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.

Используется в составе математического обеспечения АСУС с ПО.

Задача решается в нескольких вариантах. В первом варианте на основе оперативно- тактических параметров средств связи, определяются необходимые вероятностно-временные характеристики (ВВХ) связи при ее организации в диапазоне ДВ,СДВ.

При этом, основными показателями ВВХ связи являются: надежность, достоверность и быстрота связи.

Результатами решения задачи являются вероятности приема сообщения (при требуемой для работы оконечной аппаратуры достоверности) и математическое ожидание времени прохождения сообщения или вероятности своевременной доставки сообщения (по каждому приоритету сообщения).

В качестве тактико-технических характеристик средств связи задаются следующие (приводятся примерные данные):

Радиопередатчики СДВ диапазона: мощность $P_0 = 1000$ квт, К.П.Д АФУ $\eta = 0,25$,

Направленность антенн (к.н.д.) $D_1 = 1,5$

Высоты антенн - $h_1 = 300$ м

Виды модуляции - А1, А2, F4

Роды работы:

- слуховой прием низкого качества (скорость передачи $V = 8$ бод, вид модуляции –А1, коэффициент защиты – $K_1 = -4$ дБ, полоса приема $\Delta f = 3$ кгц).

- слуховой прием хорошего качества (скорость передачи $V = 24$ бод, вид модуляции –А1, коэффициент защиты – $K_1 = -11$ дБ, полоса приема $\Delta f = 3$ кгц).

- Автоматический пишущий прием (скорость передачи $V = 120$ бод, вид модуляции –А1, коэффициент защиты – $K_1 = 10$ дБ, полоса приема $\Delta f = 0,6$ кгц)

- Буквопечатающий телеграфный прием (скорость передачи $V = 50$ бод, вид модуляции –А1, коэффициент защиты – $K_1 = 16$ дБ, полоса приема $\Delta f = 0,25$ кгц).

- Фототелеграф F4 (F4, коэффициент защиты – $K_1 = 15$ дБ, полоса приема $\Delta f = 3$ кгц).

- Районы приемов:

- дальность связи $R_1 =$ от 0 до 20 000 км;

- глубина погружения $h_2 =$ от 0 до 50 м;

Радиоприемники СДВ диапазона:

- чувствительность в режиме А1 8-10 мкв (при отношении сигнал/помеха 20 дБ)

- Полосы приемов Δf зависит от рода работы и типа средств связи и задаются.

Внутренние шумы антенно-фидерных (АФУ) и радиоприемных устройств (РПУ) могут быть определены аналитически на основе технических характеристик средств связи.

Атмосферные помехи СДВ, ДВ диапазона, в основном, создаются грозowymi разрядами. Интенсивность помех зависит от частоты передачи, географического местоположения приемника, времени года и суток, полосы пропускания приемника.

Уровень атмосферных помех определяется по графикам (картам) помех для различных зон Земного шара (для экваториальной зоны), средних и северных широтах Атлантического океана при заданной полосе приема приемника также по графикам ИЗМИРАН [1].

Уровень помех создаваемые радиоэлектронными средствами (РЭС) может быть определен по соответствующим методикам (также машинным) и может быть введен как исходные данные.

Во многих случаях если известны параметры РЭС, то уровень помех создаваемых РЭС определяется как напряженность поля сигнала, которая определяется по соответствующим формулам в зависимости от расстояния, длины волны и мощности передатчика РЭС.

В настоящей работе рассматривается наиболее вероятный и предполагаемый состав радиолиний и вариант организации связи:

Помеховая обстановка в точке приема для СДВ и ДВ определяется как суммарная, которая включает в себя:

- внутренние (тепловые) шумы АФУ и радиоприемников (РПУ);
- атмосферные помехи;
- помехи, создаваемые сигналами и средствами РЭС посторонних источников.

3. Алгоритмы расчета и определения напряженности поля в точке приема

На малых расстояниях (до 2000 км) СДВ распространяются как земные волны. Далее, при дальнейшем увеличении расстояния СДВ радиоволны распространяются как бы в сферическом волноводе, внутренняя стенка которого поверхность Земли, наружная стенка – нижняя граница слоя Д ионосферы (в дневные часы) или нижняя граница слоя Е (в ночные часы).

Определение напряженности поля производится в следующих вариантах расположения точки приема:

- а) точка приема расположена непосредственно над поверхностью Земли (воды или моря);
- б) надводное положение приемника;
- в) точка приема расположена под водой на глубине h_2 (м).

а) Источник излучения и точка приема расположены непосредственно над поверхностью Земли (воды или моря)

Расчет электромагнитного поля прямой волны требует учета дифракции около Земли. На малых расстояниях, которые в зависимости от частоты и проводимости земной поверхности, могут достигать сотен километров, высокую точность можно достичь, ограничиваясь решением этих задач для плоской Земли. На небольших расстояниях от передатчика, когда влиянием кривизны Земли можно пренебречь, используется формула Шулейкина-Ван дер Поля [1,2], которая представляется как:

$$E_d = \frac{245\sqrt{P_1(\text{квт})D_1}}{r(\text{км})} * F_1, \text{ мВ / м}$$

где множитель ослабления F_1 определяется по значениям численного расстояния x по графикам Берроуза [4].

При отсутствии графиков Берроуза можно пользоваться приближенной формулой: $F = \frac{2 + 0.3x}{2 + x + 0.6x^2}$,

где x является численным расстоянием, которое определяется делением расстояния r на так называемый масштаб расстояния S , который определяется как

$$S = |S| = \frac{\lambda}{\pi} \left| \frac{\varepsilon_k^2}{\varepsilon_k + 1} \right|, \text{ м}$$

Подставляя значение относительной диэлектрической проницаемости получим:

$$x = \frac{r}{s} = \frac{\pi r}{\lambda} \frac{\sqrt{(\varepsilon - 1)^2 + (60\lambda\sigma)^2}}{\varepsilon^2 + (60\lambda\sigma)^2}.$$

Если $\varepsilon \gg 1$, то $(\varepsilon - 1)^2 \approx \varepsilon^2$, и $x = \frac{\pi r}{\lambda} \frac{1}{\sqrt{\varepsilon^2 + (60\lambda\sigma)^2}}$

Для моря и для радиоволн СДВ диапазона $60\lambda\sigma \gg \varepsilon$,
то $x = \frac{\pi r}{60\lambda^2\sigma} = \frac{100\pi r(\text{км})}{6\lambda^2(\text{м})\sigma[\text{сим / м}]}$.

Когда $60\lambda\sigma \ll \varepsilon$: $x = \frac{\pi r}{\lambda\varepsilon} = \frac{1000\pi r(\text{км})}{\lambda(\text{м})\varepsilon}$.

Из формулы видно, что с уменьшением длины волны и проводимости почвы σ , потери увеличиваются.

Когда заданы действующая высота передающей антенны h_0 и сила тока I_0 удобно пользоваться другим видом формулы Шулейкина-ван дер Поля, которая имеет

$$\text{вид: } E_0 = \frac{120\pi h_0(\text{м}) I_0(\text{а})}{r(\text{км}) \lambda(\text{м})} * F_1, \text{ мв/м}.$$

Максимальное значение расстояния при котором можно использовать формулу Шулейкина-ван дер Поля установлены путем сопоставления вычисленных значений напряженности поля с экспериментальными.

Для СДВ диапазона волн ориентировочное значение максимального расстояния для длины волны $\lambda = 10$ км, примерно 300 - 500 км.

Учет сферичности поверхности Земли при распространении в пределах прямой видимости при поднятых передающих и приемных антенн можно произвести определением расстояния прямой видимости:

$$r_0 = 3,57 \left(\sqrt{h_1(\text{м})} + \sqrt{h_2(\text{м})} \right), \text{ км.}$$

При грубых расчетах до расстояния $r \leq 0,7-0,8 r_0$ расчеты производятся по интерференционным формулам, а далее, по дифракционным формулам.

Расчеты напряженности электрического поля на небольших расстояниях от передатчика (до 2000 км) для СДВ и ДВ диапазонов частот могут быть произведены по кривым графиков МККР [1,2].

Эти кривые приведены для двух типов поверхности Земли: для морской воды ($\varepsilon = 4, \sigma = 0,01 \text{ сим/м}$) и для суши ($\varepsilon = 80, \sigma = 4 \text{ сим/м}$), для волн длиной от 30 м до 30000 м и для расстояний от 100 км до 2000 км.

При этом, расчеты выполнены на малых расстояниях (до 500 км) по интерференционной формуле Шулейкина ван дер Поля, а для больших расстояний – по дифракционной формуле.

При дальнейшем увеличении расстояния r (км) распространяются уже как ионосферные в сферическом

волноводе. В этом случае, с достаточной для практических расчетов точностью, для вычисления напряженности поля сигнала, можно использовать полуэмпирическую формулу Остина-Когена:

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

Формула Остина дает более точные результаты при распространении радиоволн над морем в дневное время. Эту формулу можно использовать также и для суши, но начиная с 2000 км и более.

Формулу Остина целесообразно использовать на расстояниях от 1000 км до 16000-18000 км.

Полученная зависимость напряженности электрического поля от расстояния по расчетным данным формулы Остина Когена приведены графически для $P = 1$ кВт, $P_0 = 1000$ кВт, $\eta = 0,5$ до расстояния 10000 км.

Для других мощностей передатчика напряженность поля вычисляется по формуле: $E_{\theta} = E_{\theta 1} \sqrt{P}$,

где: $P = P_0 * \eta * D_1$ – излученная мощность (кВт),

P_0 – подводимая мощность к радиопередающему устройству (кВт),

η – К.П.Д антенно-фидерного устройства,

D_1 – коэффициент направленности антенны.

Как показывают эксперименты фактическая напряженность поля несколько больше, чем расчетная.

Для более точных расчетов необходимо учитывать границы ионосферы, которые не учитываются в формуле Остина.

Нижеприведенной эмпирической формуле учитываются высоты ионосферы [2] :

$$E_{\theta} = \frac{245\sqrt{P_1 G}}{\sqrt{(a + H/2)H \sin\theta}},$$

где:

a – радиус Земли (км),

G- коэффициент усиления излучающей антенны,
H – высота нижней границы ионосферы (км).

Для разнообразных параметров радиотракта (расстояния, мощности передатчика, параметры излучающей антенны и среды распространения радиоволн и др.) расчет напряженности поля волны целесообразно производить на ЭВМ.

В настоящей работе напряженность поля сигнала до расстояния 500 км производится по интерференционной формуле Шулейкина –Ван дер Поля, а далее, по формуле Остина –Когена и по последней эмпирической формуле.

Напряженности сигнала по формуле Шулейкина ван дер Поля, Остина и эмпирической формуле определяются при помощи подпрограмм-функции “SUL” , “OSTIN” и “EDHI” соответственно.

Случайные колебания напряженности поля вследствие неоднородности ионизирующего потока и наличия течений воздуха в верхних слоях атмосферы и изменения электронной концентрации не превышает 10-30% ($\sigma_m = 2 - 5\%$) за десятки минут или даже часов. И поэтому обобщенные алгоритмы измерения, аппроксимации и прогнозирования в пространственно-временных каналах, разработанные в трудах [5-7] не применимы для решения этих задач.

б) Надводное положение приемника

Алгоритмы определения уровня комплексной помехи в точке приема.

Условие приема определяется отношением напряженности поля сигнала к уровню помех. В СДВ и ДВ диапазоне имеет место сравнительно большой уровень атмосферных помех, который создается грозowymi разрядами. Интенсивность помех зависит от частоты радиоволны, географического местоположения приемника, времени года, суток и полосы пропускания приемника [1]. Уровень атмосферных помех определяется по эмпирической

формуле : $E_p^* = E_{ap} \sqrt{\frac{\Delta f^*}{\Delta f}}$, или

$$20 \lg E_p^* = 20 \lg E_{ap} + 10 \lg \Delta f^* - 20$$

где Δf [гц] – полоса пропускания приемника для которого задан график зависимости $E_{ap} = \varphi(f_{кГц})$ в [1];

E_{ap} [мкв/м, дБ] – уровень атмосферных помех, определяемый по графику;

Δf^* [гц] – полоса пропускания приемника, для которого рассчитывается E_p^* .

Графики зависимости $E_{ap} = \varphi(f_{кГц})$ приведены для экваториальной зоны, средних и северных широт Атлантического океана при полосе пропускания приемника 20 гц [2].

В настоящей работе эти графики аппроксимированы функцией вида:

$E_{ap} = a / 10^{(\lg f - 1)}$ [мкв/м], где f – частота в килогерцах [10, 20, 30, ..., 100, 200, 300];

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

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.

Уровень атмосферных помех вычисляется при помощи подпрограммы – функции “АТМОS”.

Уровень помех, создаваемые посторонними источниками вычисляется по формуле Остина-Когена для чего используется подпрограмма-функция “ОСТИN”.

Суммарный уровень помех E_s вычисляется по формуле:

$$E_s = \sqrt{E_{ap}^{*2} + E_{pi}^2}, [\text{мкВ/м}];$$

E_{pi} - уровень помех, создаваемых посторонними источниками [мкВ/м].

Далее, определяется отношение сигнал/помеха (E_d/E_s) для различных частот несущей сигнала в диапазоне СДВ.

Затем, усреднением отношения сигнал/помеха в пределах диапазона СДВ находится математическое ожидание отношения сигнал/помеха, значением которого определяется оценка надежности связи в заданной обстановке.

Для заданного расстояния при заданной помеховой обстановке в пределах диапазонов СДВ и ДВ находится оптимальная длина волны, при котором отношение сигнал/помеха достигает максимума. После этого, для заданного расстояния и для того же канала определяются математическое ожидание и дисперсия отношения сигнал/помеха в пределах сутки, года.



Рис.1 Зависимость оптимальной длины волны от расстояния

В настоящей работе разработанная программа “КОМПЛЕКС” позволяет определить напряженности поля

сигнала, уровней атмосферных и искусственных помех, отношения сигнал/помеха при воздействии комплекса помех, а также мат.ожидания и дисперсии этого отношения в рассматриваемых диапазонах – ДВ и СДВ.

в) Подводное положение приемника

При подводном приеме путь электромагнитной волны состоит из двух участков: в воздушной среде от передатчика до места погружения, от поверхности воды до подводного аппарата на глубине h .

При распространении СДВ радиоволн над морем второе слагаемое волны состоит из плоских волн, которые распространяются вниз перпендикулярно к поверхности воды.

Расчет напряженности поля сигнала под водой на глубине состоит из расчета напряженности E_{1z} - (вертикальная составляющая электромагнитного поля волны) на расстоянии r и напряженности электрического поля морской воде - E_{2x} на глубине h . Затем, производится проверка условия возможности осуществления требуемого качества радиосвязи или вообще возможности приема.

Непосредственно под поверхностью воды вертикальные и горизонтальные составляющие электромагнитного поля волны для морской воды ($\sigma=3\div 6\text{см/м}, \varepsilon=80$) и СДВ можно определить по формуле из [1]:

$$E_{2x} = E_{2z} = \frac{E_{1z}}{\sqrt{60\lambda\sigma}} .$$

Под водой горизонтальная составляющая поля волны в несколько тысяч раз больше, чем вертикальная. Поэтому расчет производится для определения горизонтальной составляющей. Зная напряженность поля над водой определяем горизонтальную составляющую E_{2x} под водой на глубине h по формуле :

$$E_{2x} = \frac{E_{1z}}{\sqrt{60\lambda\sigma}} e^{-\delta h},$$

где $\delta = 2\pi\sqrt{\frac{30\sigma}{\lambda}}$ - коэффициент поглощения (1/м);

σ - удельная электрическая проницаемость среды (см/м),

λ - длина волны (м).

Для морской воды определены предельные расстояния, начиная с которых происходит полное затухание волны.

Предельным расстоянием называется такое расстояние, при котором напряженность поля волны уменьшается в миллион раз. Предельное расстояние табулировано для различных длин волн в [2].

Суммарное уменьшение напряженности поля волны выражают через коэффициент K_E , который показывает во сколько раз должна быть усилена напряженность поля сигнала над водой, чтобы компенсировать потери при увеличении глубины погружения – h .

$$K_E \text{ определяется как : } K_E = \frac{E_{1z}}{E_{2x}} = e^{\delta h} \sqrt{60\lambda\sigma}.$$

Напряженность E_{2x} можно определить также по значению K_E :

$$E_{2x} = \frac{E_{1z}}{K_E}.$$

В [1,2] приведены значения K_E графически для длин волн $\lambda = 5, 10, 15, 30, 60, 100, 300$ кгц для морской воды и для суши.

Если значения K_E не известны, то E_{2x} вычисляется по вышеприведенной формуле с предварительным подсчетом значения δ .

Подводном режиме приема основными видами помех являются: атмосферные, наводимые электромагнитным полем подводного аппарата, собственные шумы антенны и искусственные помехи.

Практически от помех наводки можно избавиться путем выноса антенны за пределы электромагнитного поля подводного аппарата. Уровень собственных шумов антенны или “скоростные” помехи зависят от скорости движения приемной антенны. Уровень атмосферных помех можно уменьшить при помощи блоков ограничения.

При достаточно глубоком погружении собственные и “скоростные” помехи преобладают атмосферные и искусственные.

Предельная дальность и возможные глубины погружения зависит от мощности передатчика, от расстояния между передающей и приемной антеннами, от их свойств, от частоты излучения, от чувствительности приемника и от свойств среды распространения радиоволн.

При отсутствии собственных шумов и “скоростных” помех максимальная глубина погружения определяется по формуле:

$$h \leq \frac{\lg E_{н.в} + \lg R - \lg E_{ч}}{\delta \lg e},$$

где: $E_{н.в}$ – напряженность сигнала над водой (мкв/м);

K – параметр антенны приемника;

$E_{ч}$ – чувствительность приемника (мкв).

При преобладании скоростных и помех собственных шумов условие приема определяется формулой:

$$\frac{E_{н.в}}{E_{ск}} \geq K_1, \text{ где:}$$

$E_{н.в} = E_{н.в} e^{-\delta h}$ - напряженность сигнала под водой на глубине h ;

$E_{ск}$ - напряженность поля “скоростных” помех;

K_1 - коэффициент защиты приемника.

После преобразования получим условие определяющее максимальную глубину погружения:

$$h_{\max} \leq \frac{\lg E_{н.в} - \lg E_{ск} - \lg K_1}{\delta \lg e}.$$

Вычисления проведенное по этой формуле показывают,

что с увеличением длины волны и уменьшением коэффициента защиты приема увеличивается возможная глубина приема.

4. Анализ результатов расчетов 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 диапазоне 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 расстояний 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 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 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.

AUTOMATION OF THE CALCULATION AND EVALUATION OF THE RELIABILITY OF RECEPTION OF LOW-FREQUENCY RADIO CHANNELS IN THE COMPLEX INTERFERENCE EFFECT

Ismailov Serik Umurbaevich, M.Auezov South Kazakhstan state University,Kazakhstan, Shimkent,Doctor of science, (sicomaz@mail.ru).

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

Tursunov Aman Abduraxmanovich, 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.