

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное Государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего профессионального образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВПО «МГСУ**

КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Дисциплина: Автоматизированные системы управления и связь.

Лекция для дистанционной формы обучения студентов-заочников

**Тема: Организация связи и оповещения в подразделениях ГПС
МЧС России**

Москва 2011

Введение

В соответствии с Наставлением по службе связи пожарной охраны МВД РФ (приказ № 700 МВД РФ от 30.06.2000г.) связь является основным средством управления частями и подразделениями государственной противопожарной службы (ГПС). Она организуется начальником управления ГПС или отдела ГПС муниципального, городского или регионального уровней МЧС России.

Служба связи представляет собой совокупность подразделений и должностных лиц, технических средств и организационных мероприятий для управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны.

4.1. Структурная схема оперативной связи гарнизона пожарной охраны

Руководство службой связи возлагается на начальника связи гарнизона. Он разрабатывает схему связи, отвечает за техническое состояние и работоспособность аппаратуры, оформляет радиоданные и руководит работой мастерских и подчиненных ему специалистов связи.

Основными задачами службы связи являются:

- оперативный и точный прием извещений о пожарах;
- своевременный вызов необходимых сил и средств для ликвидации пожаров;
- управление подразделениями, выехавшими на пожар и работающими на пожаре;
- обмен информацией между подразделениями пожарной охраны, а также с другими взаимодействующими службами;
- информирование соответствующих должностных лиц о ходе тушения пожара.

Связь пожарной охраны по назначению подразделяется на следующие виды:

- связь извещения, обеспечивающая прием сообщений о пожарах;
- оперативно-диспетчерская связь, обеспечивающая передачу распоряжений для высылки подразделений и передачу информации о пожаре службам взаимодействия города;
- связь на пожаре, предназначенная для управления всеми подразделениями, работающими на пожаре, их взаимодействия и передачи информации с места пожара;
- административно-управленческая связь, включающая все виды связи, не задействованные непосредственно в решении оперативно-тактических задач пожарной охраны.

Структура связи гарнизона – это упорядоченная совокупность различных видов радио- и проводной связи, обеспечивающая обмен текущей информацией между подразделениями пожарной охраны, а также внешними абонентами города с целью управления силами и средствами тушения пожаров.

На рис.1 приведена в общем виде структурная схема оперативной связи гарнизона пожарной охраны, включающая в себя все составные части. Она отображает топологию и степень разветвленности сети связи в городе (населенном пункте), а также виды линий и каналов связи.

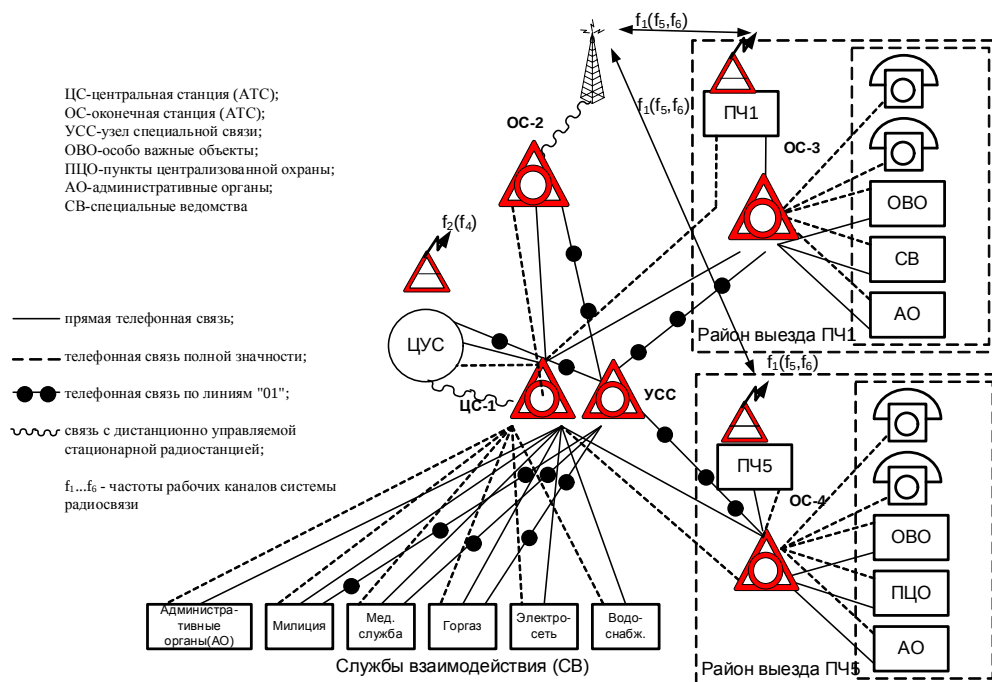


Рис.4.9. Схема организации системы оперативной связи гарнизона пожарной охраны

Рис.1. Структурная схема оперативной связи гарнизона пожарной охраны

Из схемы структуры видно, что центр управления силами и средствами (ЦУС) гарнизона пожарной охраны имеет достаточно разветвленную сеть линий и каналов связи, основные из которых обеспечивают круглосуточную связь с пожарными частями (ПЧ), специальными службами города (ССГ) (горгаз, милиция, скорая помощь, электросеть, водоканал и др.), административными органами (АО) и особо важными объектами (ОВО).

При этом с целью повышения оперативной устойчивости или живучести связи применяют несколько дублирующих друг друга различных каналов связи. Так сеть линий связи ЦУС с ПЧ включает в себя прямые линии, линии ГАТС полной и укороченной значности (01) и, наконец, радиолнии.

Связь ЦУС с ОВО осуществляется по специальным прямым линиям, линиям ГАТС полной и укороченной значности и по высокочастотным каналам уплотнения. Высокочастотные каналы, как правило, служат для передачи дискретных сигналов, в частности, от датчиков контроля

автотранспорта в депо пожарных частей, а также от пожарных извещателей, установленных на охраняемых объектах. При наличии в городе совмещенных систем охранно-пожарной сигнализации ЦУС и ПЧ имеют связь по прямым охранно-пожарной сигнализации ЦУС и ПЧ имеют связь по прямым линиям и по линиям ГАТС с пунктами централизованной охраны (ПЦО).

4.2. Основные характеристики функционирования сетей связи пожарной охраны

Оперативная устойчивость (живучесть) структуры связи – это способность обеспечивать своевременную и надежную связь со всеми абонентами, как в период нормальной повседневной жизнедеятельности гарнизонов, так и в период сложной оперативности обстановки, в экстремальных условиях.

Оперативность связи характеризуется вероятностью того, что сообщение может быть передано требуемому абоненту в течение времени не более ранее заданного. А ранее заданное время устанавливается исходя из скорости старения информации в конкретных условиях, которая определяет эффективность оперативной деятельности ГПО.

Как видно из рис.1, между ЦУС и практически всеми группами абонентов имеется несколько различных линий связи. В частности, между ЦУСС и ПЧ имеются прямые проводные линии связи, линии полной и укороченной значности (линии «01») и радиолинии. Таким образом, упрощенно можно считать, что между ЦУСС и ПЧ имеется трехкратное резервирование линий связи, обеспечивающее достаточно высокую устойчивость структуры. При выходе из строя одной линии связи информация будет передаваться по одной из двух оставшихся линий.

Устойчивость одного канала связи без учета резервных может быть рассчитана по формуле:

$$P_{1c} = e^{-\lambda_{1n}t}$$

где λ_{1n} - интенсивность повреждения основного канала связи;

t - текущее время, в течение которого определяется устойчивость канала связи.

Устойчивость двух каналов связи – одного основного и одного резервного определяется как

$$P_{2c} = e^{-\lambda_{1n}t} + \frac{\lambda_{1n}}{\lambda_{2n} - \lambda_{1n}} (e^{-\lambda_{1n}t} - e^{-\lambda_{2n}t})$$

где λ_{2n} - интенсивность повреждения резервного канала связи.

Эффективность функционирования сети связи представляет собой математическое ожидание случайной величины ее состояния и является показателем целесообразности использования сети связи для выполнения заданных функций. В общем виде эффективность функционирования сети связи – Е рассчитывается по формуле

$$E = \sum_{i=1}^n P_i \frac{T_{ni}}{T_{ni} + T_{ni}}$$

Если надежность и качество канала связи идеальны, то

$$E = P_0 + P_1 + (1 - P_0 - P_1),$$

где P_0 – вероятность того, что канал связи свободен и ожидающих нет;

P_1 – вероятность того, что канал связи занят, но ожидающих нет, то величины:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^N \frac{N!}{(N-K)!} (\lambda T_n)^k}; \quad P_1 = \frac{N \cdot \lambda \cdot T_n}{\sum_{k=0}^N \frac{N!}{(N-K)!} (\lambda T_n)^k},$$

k – последовательность целочисленного ряда
 $k=0, 1, 2, \dots, N$;

$$T_n = \frac{\sum_{k=2}^N \frac{(K-1)N!}{(N-K)!} (\lambda T_n)^k}{\sum_{k=0}^N \frac{N!}{(N-K)!} (\lambda T_n)^k}$$

T_n – непроизводительные затраты времени.

Оперативность связи – это вероятность того, что информация от отправителя будет передана в течение времени не более ранее заданного, т.е.

$$Q = P[(T_n + T_n) < T_Q],$$

где T_Q – критерий оперативности связи или заданная величина времени, определяющая оперативность связи.

Если надежность и качество канала связи идеальны, то $Q = P_0 + P_1$.

$$Q = \frac{1 + N\lambda T_n}{\sum_{k=0}^N \frac{N!}{(N-K)!} (\lambda T_n)^k}$$

На рис. 2 – 4 приведены зависимости E и Q от числа радиостанций в сети связи при различных значениях интенсивности вызовов и нагрузки. С помощью представленных зависимостей можно определить число радиостанций, которое должно работать в радиосети при заданных значениях E и Q , а также оптимальное число радиосетей, которое может функционировать в одном гарнизоне пожарной охраны.

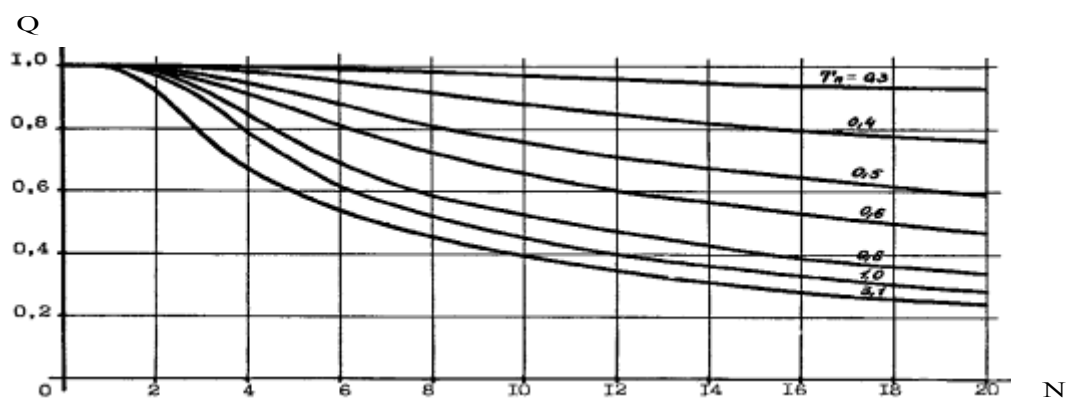


Рис.2. Зависимость оперативности Q связи от числа абонентов N при различных значениях средней продолжительности переговоров T_n для интенсивности входного потока вызовов $\lambda = 0.5$ выз./мин.

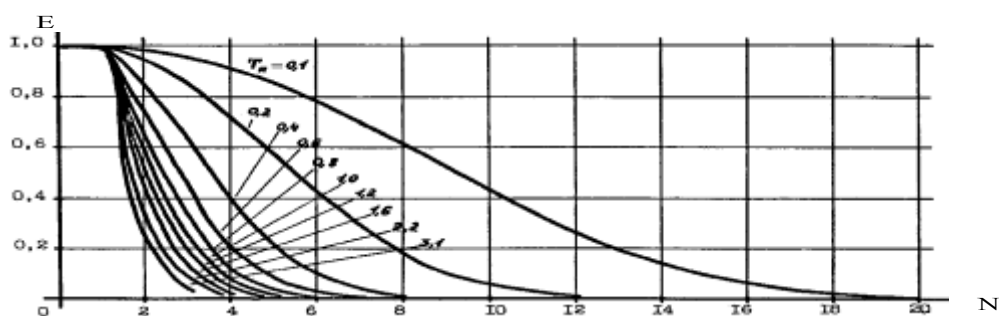


Рис.3. Зависимость эффективности функционирования сети связи E от числа абонентов N при различных значениях средней продолжительности переговоров T_n для интенсивности входного потока вызовов $\lambda = 1.0$ выз./мин.

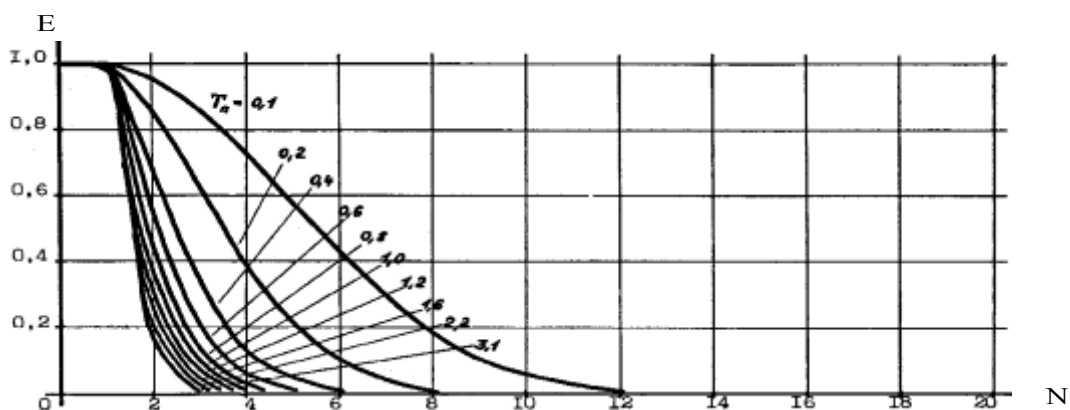


Рис.4. Зависимость эффективности функционирования сети связи E от числа абонентов N при различных значениях средней продолжительности переговоров T_n для интенсивности входного потока вызовов $\lambda = 2.0$ выз./мин.

4.3. ПЛАНИРОВАНИЕ СЕТЕЙ РАДИОСВЯЗИ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ РАДИОСРЕДСТВ

4.3.1. Организация планирования радиосетей

Проблема обеспечения устойчивости радиосвязи, организованной в диапазоне метровых волн (УКВ), на территории гарнизона пожарной охраны имеет большое практическое значение для нормального функционирования гарнизона в целом и обеспечения взаимодействия подразделений пожарной охраны.

Для организации радиосвязи необходимо проводить планирование радиосетей по всей территории гарнизона. Однако научно обоснованных методов планирования сетей радиосвязи с учетом их электромагнитной совместимости в соответствующих руководящих материалах МВД РФ до настоящего времени не. Поэтому тема данной лекции является весьма актуальной и представляет большой практический интерес. При организации радиосвязи в пожарной охране, которая проводится в соответствии с Наставлением по службе связи пожарной охраны (приказ МВД РФ № 700 от 30.06.2000 г.) различают радиосеть и радионаправление.

Радиосеть образуется в том случае, когда на одном частотном канале работают три и более радиостанции с общими радиоданными. Работа радиосетей характеризуется тем, что создается возможность циркулярной передачи сообщений всем радиостанциям сети. Эффективно используется радиоканал.

Радионаправление образуется при работе на одном частотном канале только двух радиостанций с общими радиоданными. Достоинство этого способа – быстрота вхождения в связь, большая пропускная способность при радиообмене и устойчивость связи; недостатки – потребность большого числа рабочих частот и радиостанций.

Чаще всего радиосвязь организуется комбинированным способом, когда в схему входят радиосети и радионаправления.

Схема радиосвязи гарнизона пожарной охраны строится с учетом используемой радиоаппаратуры, условий прохождения радиосигналов, наличия помех радиоприему и расстояний между радиостанциями. При наличии нескольких радиосетей или радионаправлений радиосредства объединяются в самостоятельные пункты радиосвязи, которые являются составными гарнизона ПО и называются центральными пунктами радиосвязи (ЦПР).

Основная задача планирования сетей радиосвязи, работающих в ограниченных территориальных районах, заключается в такой расстановке стационарных радиостанций этих сетей и распределение рабочих частот между ними, чтобы полностью исключить или свести до минимума возникновение взаимных помех. Главной причиной возникновения взаимных помех является одновременное воздействие на вход приемника одного или нескольких мешающих сигналов более высокого уровня, чем допустимого для нормальной его работы. Взаимным мешающим влиянием двух радиостанций можно пренебречь, если в течение заданного процента времени отношение полезного и мешающего сигналов в точке приема

будет больше некоторой вполне определенной величины, называемой защитным отношением. При этом под защитным отношением понимается минимально приемлемое отношение сигнал/помеха на входе приемного устройства, при котором можно обеспечить заданное качество радиосвязи.

При планировании сетей радиосвязи пожарной охраны, работающих на ограниченной территории, где существует опасность возникновения взаимных помех, следует стремиться к уменьшению до минимума вероятности возникновения мешающих влияний путем уменьшения мощности передатчиков и высот установки их антенн, а также и использованием направленных антенн, обладающих избирательными свойствами по направлению. Кроме того, взаимные помехи можно уменьшить, проводя организационные мероприятия: сокращение времени работы передатчиков во всех сетях; введение специальных кодов, сокращающих время передачи сообщений; передача всех несрочных сообщений за пределами времени наибольшей занятости сетей, установление рационального графика работы радиосетей и т.д.

Задача по обеспечению совместной работы радиосетей без взаимных помех решается, исходя из чувствительности приемников радиостанций на рабочих частотах, величины защитного отношения, значений многосигнальной избирательности и уровней мешающих сигналов. Последние определяются мощностью передатчиков, расстояниями между антеннами, высотами установки и коэффициентами усиления антенны и условиями распространения электромагнитных волн.

4.3.2. Вопросы ЭМС при планировании сетей связи пожарной охраны

Обеспечение совместной, одновременной и независимой работы радиосредств составляет достаточно сложную проблему, которая получила название электромагнитной совместимости (ЭМС).

ЭМС радиоэлектронных средств (РЭС) – это свойство радиосредств работать без ухудшения функции из-за непреднамеренных помех от радиосредств и других электрических источников и не создавать помехи недопустимого уровня другим средствам радиосвязи.

Проблема ЭМС охватывает широкую область радиоэлектроники. Эта проблема связана с вопросами организации условий работы радиосредств, использования радиочастотного спектра, распределения радиоволн, прогнозирования уровней помех и их спектрального состава, построения приемопередающих и антенных устройств, нормирования электрических параметров радиосредств, разработки методов их измерения и многими другими вопросами. Из-за сложности и многообразия проблемы ЭМС общих законов ее решения пока не разработано, поэтому ЭМС оценивается применительно к каждой конкретной системе.

Одним из аспектов решения проблемы ЭМС радиосредств, работающих в системе, является определение оптимальных параметров средств радиосвязи. Эти параметры должны обеспечивать не только нормальное функционирование радиосредств в системе, но и минимальное мешающее влияние на соседние каналы связи. Под мешающим влиянием радиосредств, в первую очередь, понимается влияние передатчика одной радиостанции на приемник другой радиостанции, разнесенных между собой территориально и по частоте.

При организации радиосетей различают два основных вида помех: помехи за счет блокирования или подавления полезного сигнала мешающим, большего уровня, и интермодуляционные помехи.

При воздействии на приемное устройство большого уровня мешающего сигнала на частоте соседнего канала может проявиться эффект блокирования полезного сигнала мешающим, который оценивается двухсигнальной избирательностью приемника по соседнему каналу. Увеличение параметра двухсигнальной избирательности позволяет уменьшить пространственный разнос двух мешающих радиостанций, не нарушая при этом их нормальной работы.

В реальных условиях функционирования радиосетей на вход приемника помимо полезного сигнала могут воздействовать два и более мешающих сигналов, работающих в неосновных каналах прием и проявляющихся как мешающий сигнал в основном канале. Такие помехи относятся к помехам взаимной модуляции (интермодуляции).

Количество и расположение различных типов составляющих интермодуляции поддается математическому расчету. Составляющие интермодуляции бывают второго, третьего и более высоких порядков. Порядок интермодуляционной помехи складывается из числа взаимодействующих сигналов и номера гармонической составляющей, определяемого характером нелинейности. Естественно, чем выше порядок помехи, тем меньшую опасность она представляет. Это объясняется, с одной стороны, уменьшением вероятности одновременной работы большого числа передатчиков, а с другой стороны, уменьшением уровня гармонической составляющей с ростом ее порядка. С составляющими четного порядка можно не считаться, так как в этом случае частота настройки приемника может появиться лишь при взаимодействии частот, существенно отличных от рабочей частоты. Такие частоты будут практически подавлены уже в широкополосной части приемника.

Из всех составляющих интермодуляции наибольшую опасность представляют собой составляющие третьего порядка, которые образуются при взаимодействии двух мешающих сигналов (помех) с частотами f_{n1} и f_{n2} в результате чего появляются сигналы, совпадающие с частотой настройки приемника, т.е.

$$f_n = 2 f_{n1} - f_{n2} \text{ и } f_n = 2 f_{n2} - f_{n1}$$

Номера интермодуляционно совместных рабочих каналов сведены в табл. 1.

Таблица 1

Количество радиосов. каналов	Номера рабочих каналов
3	1.2.4
4	1.2.5.7
5	1.2.5.10.12
6	1.2.5.11.13.18

4.3.3. Расчет ЭМС радиостанций пожарной охраны

При проведении практического выбора рабочих частот радиостанций в случае установки 2-х стационарных антенн на крыше одного служебного здания (ЦУСС или ЦПР) допустимый уровень мешающего сигнала определяется в основном выходным уровнем сигнала от передатчика мешающей радиостанции (148 дБ) и затуханием электромагнитного поля между антеннами (см. табл. 2) V_A , дБ.

Таблица 2

г, м 10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
В _А , дБ	18	24	28	31	34	37	38	39	40	41

Эта зависимость также представлена на рис. 1. Кривая 1 характеризует величину переходного затухания V_A между антеннами, расположенными параллельно на одном горизонтальном уровне, а кривая 2 при смещении антенн в вертикальной плоскости на расстояние 1 м. Допустимый уровень мешающего сигнала от близко расположенного передатчика определяется по следующей формуле

$$\Delta E_{м.дон} = 148 - \beta_1 \ell_1 + G_1 - \beta_2 \ell_2 + G_2 - V_A, \text{ дБ}$$

где V_A – переходное затухание между антеннами.

Частотный разнос рабочих каналов, радиостанций м.б. определен по следующей эмпирической формуле:

$$|f_1 - f_m| = \frac{(\Delta E_{м.дон} - 68 - E_{мин})^2}{K}, \text{ кГц}$$

где $K = 1 \frac{\partial B^2}{\partial f_m}$ - коэффициент согласования размерности;

$E_{мин}$ – минимальная величина полезного сигнала, $E_{мин}=20$ дБ;

148 дБ – уровень выходной мощности излучения передатчика, выраженный в дБ;

$|f_1 - f_m|$ - разнос частот между рабочим и мешающим каналами двух радиостанций, кГц.

Затем проводят выбор рабочих частот.

Пример расчета. Задано: $\beta_1(\beta_2) = 0,15 \frac{\partial B}{\partial m}$; $\ell_1(\ell_2) = 20 \text{ м}$; $G_1(G_2) = 1,5 \text{ дБ}$; $r = 6 \text{ м}$.

Требуется выбрать номиналы рабочих частот.

Решение:

$$1. \Delta E_{\text{м.дон}} = 148 - 0,15 \cdot 20 + 1,5 - 0,15 \cdot 20 + 1,5 - 37 = 108, \text{ дБ}$$

$$2. |f_1 - f_2| = \frac{(\Delta E_{\text{м.дон}} - 63 - E_{\text{мин}})^2}{K} = \frac{108 - 63 - 20}{1 \frac{\partial B^2}{\text{кГц}}} = 625 \text{ кГц}$$

3. Если одна радиостанция работает на частоте $f_1 = 148,175 \text{ МГц}$, а разнос составил $|f_1 - f_m| = 625 \text{ кГц}$, тогда $f_m = f_2 = 148,800 \text{ МГц}$.

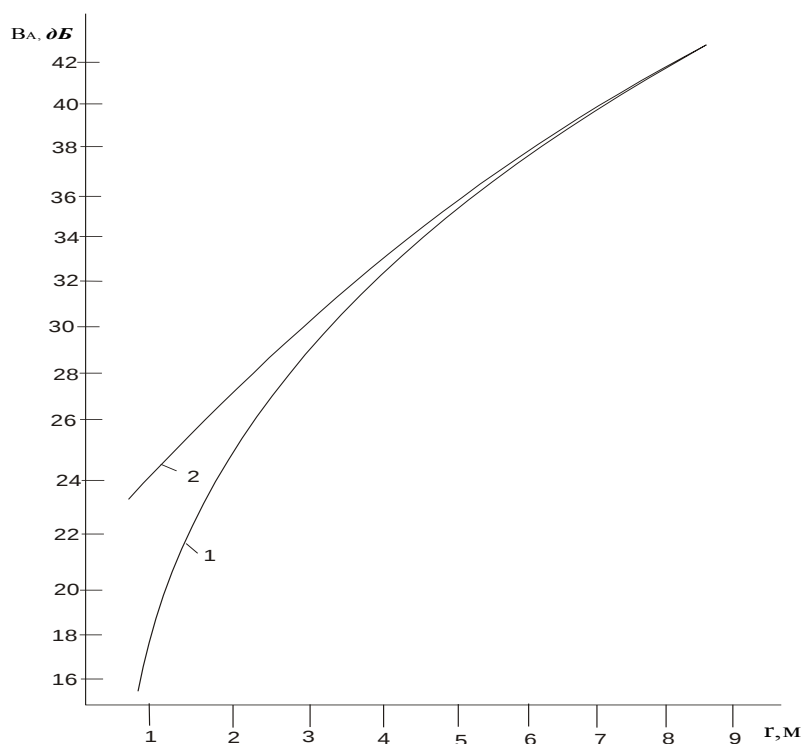
4.3.4. Расчет координационных расстояний

Под координационным расстоянием (КР) понимается минимальный территориальный разнос антенн стационарных радиостанций, исключающий взаимные мешающие влияния между радиостанциями, работающими на совпадающих частотах. Расчет КР проводится исходя из условий обеспечения на входе приемника уровня мешающего сигнала не более -10 дБ . При этом уровне исключается ложное открывание приемника, поскольку порог срабатывания шумоподавителя устанавливается выше $0,3 \text{ мкВ}$, а чувствительность приемника по шумоподавителью принимается равной 0 дБ или 1 мкВ .

В этом случае допустимый уровень мешающего сигнала на входе приемника рассчитывается по формуле:

$$E_{\text{кор}} = \beta_1 \ell_1 - G_1 + \beta_2 \ell_2 - G_2 - B_m - 10, \text{ дБ}.$$

По полученной величине $E_{\text{кор}}$ с помощью графических зависимостей $E_{\text{п}} = f(d)$ определяется координационное расстояние между стационарными радиостанциями, работающими на одинаковых частотах для конкретного произведения высот антенн.



Зависимость переходного затухания от расстояния между двумя антеннами

Заключение

С учетом существующей организационной структуры, характера выполняемых задач и необходимости взаимодействия подразделений ГПС как между собой, так и со службами других министерств и ведомств при тушении пожаров и проведении мероприятий специального характера на местах пожаров и ЧС развертывание сетей оперативной радиосвязи осуществляется на основании «Наставления по службе связи Государственной противопожарной службы МВД Российской Федерации» (приказ МВД России № 700 от 30 июня 2000 г.).

Литература, используемая при подготовке лекции:

1. Зыков В.И.. Автоматизированные системы управления и связь. Учебник. -М.: АГПС, 2006. – 665 с.
1. Приказ МВД России № 700 от 30 июня 2000 г. «Об утверждении наставления по организации службы связи ГПС. М.: МВД России, 2000. – 183 с.
2. Зыков В.И. «Методические указания и контрольные задания на расчетно-графические работы по курсу: «Автоматизированные системы оперативного управления и связь в пожарной охране» для слушателей ФЗО. Методическое пособие – М.: МИПБ МВД РФ, 1997. - 77 с.
3. Концепция развития системы связи МЧС России на период до 2010 года. Приказ МЧС России № 609 от 09.12.2000 г. М.: Издатцентр ВНИИ ГОЧС, 2001. – 52 с.