

Организация связи в пожарной охране

Модуль 4

Содержание

- ❑ Назначение и задачи службы связи Государственной противопожарной службы МЧС России
 - ✓ Структурная схема оперативно-диспетчерской связи, связи извещения и административно-управленческой связи в гарнизоне пожарной охраны
 - ✓ Организация центра управления силами гарнизона пожарной охраны
- ❑ Назначение и задачи службы связи Государственной противопожарной службы МЧС России
 - ✓ Организация связи на пожаре
 - ✓ Дисциплина и правила ведения связи в пожарной охране

Организация связи в пожарной охране

Единая служба связи ГПС МЧС России:

- ✓ Организация связи в гарнизонах пожарной охраны
- ✓ Обобщенные структурные схемы организации оперативной связи ГПС МЧС России
- ✓ Структура сети связи в гарнизоне пожарной охраны
- ✓ Математическое моделирование системы обслуживания сообщений о пожарах
- ✓ Методика определения необходимого числа линий специальной связи «01» и количества диспетчерского состава
- ✓ Моделирование процесса обслуживания поступающих вызовов в системе оперативной радиосвязи
- ✓ Организация связи и освещения на пожаре
- ✓ Организация УКВ и КВ радиосвязи в ГПС и расчет ее дальности действия
- ✓ Планирование радиосетей и расчет электромагнитной совместимости радиосредств

Классификация видов связи противопожарной службы

Связь Государственной противопожарной службы МЧС России по назначению классифицируется на следующие основные виды:

Виды связи гарнизона ГПС

Связь извещения

Оперативно-диспетчерская связь

Связь на пожаре

Административно-управленческая связь

- связь извещения, обеспечивающая передачу и прием сообщений о пожарах;
- оперативно-диспетчерская связь, обеспечивающая передачу распоряжений подразделениям, своевременную высылку сил и средств подразделений пожарной охраны и ГОЧС для тушения пожаров и ликвидации последствий ЧС, получение информации с мест пожаров, передачу информации о пожарах должностным лицам, организациям и городским службам, получение сообщений о выездах подразделений и связь с пожарными автомобилями, находящимися в пути, передачу приказов на передислокацию техники;
- связь на пожаре или на месте ЧС, обеспечивающая четкое и бесперебойное управление силами и средствами, их взаимодействие и передачу информации с места пожара и ЧС;
- административно-управленческая связь, включающая все виды связи, не связанные с выполнением оперативно-

Основные функции территориальной

службы связи

- ❑ Служба связи территориального гарнизона пожарной охраны субъекта Российской Федерации организуется в соответствии с Наставлением по службе связи (Приказ № 700 МВД России от 30 июня 2000 г. «Об утверждении **Наставления по службе связи** Государственной противопожарной службы Министерства внутренних дел Российской Федерации». – М. : МВД России, 2000. – 133 с.)
- ❑ В **состав службы связи** включаются подразделения и мобильные средства, предназначенные для осуществления функций связи в гарнизоне.
- ❑ **Основной задачей** службы связи ФПС МЧС является организация связи при предупреждении пожаров, их тушении и при ликвидации последствий ЧС.

Служба связи территориального гарнизона выполняет следующие функции:

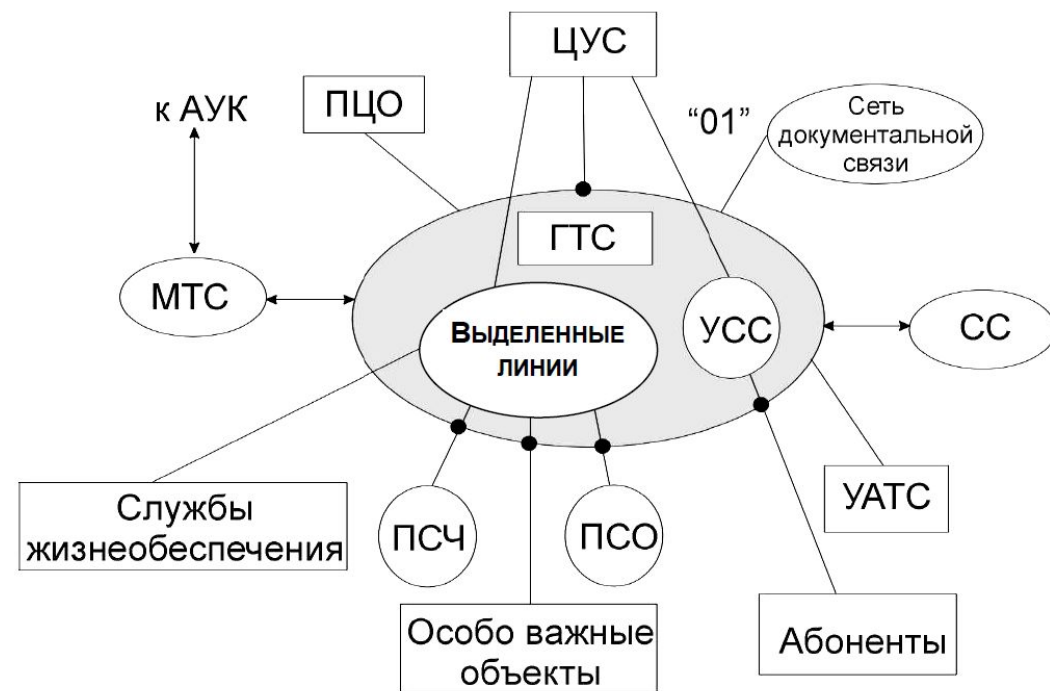
- ✓ **ведет учет** и анализ наличия и состояния всех имеющихся в подчинении средств и систем связи и автоматизации
- ✓ **разрабатывает схемы** проводной связи и радиосвязи с необходимыми пояснительными записками
- ✓ **планирует** дальнейшее **совершенствование** собственной системы связи в территориальном и местных гарнизонах
- ✓ **разрабатывает и выдает** обоснованные исходные **данные** для проектирования и строительства новых систем и сооружений связи в гарнизоне
- ✓ **разрабатывает отчеты** о работе средств связи
- ✓ **осуществляет снабжение** местных гарнизонов средствами связи
- ✓ **оказывает помощь** службам связи местных гарнизонов в организации связи, эксплуатации техники, обеспечении взаимодействия подразделений,
- ✓ **планирует, активно участвует и контролирует проведение** в гарнизонах специальной подготовки и

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

Сеть проводной связи гарнизона организуется на базе местных и междугородных линий связи Министерства Российской Федерации по связи и информатизации, проводных каналов связи федеральных органов исполнительной власти и иных организаций с использованием их линейно-кабельных сооружений, а также сооружений и объектов связи

Сеть проводной связи гарнизона включает:

- ✓ линейные и кабельные сооружения;
- ✓ сеть междугородной телефонной связи (МТС);
- ✓ городскую телефонную сеть (ГТС);
- ✓ сеть телефонной связи по спецлиниям «01»;
- ✓ сеть некоммутируемых (выделенных) телефонных линий, предназначенных для связи ЦУС с ПСО и ПСЧ, со службами жизнеобеспечения и особо важными объектами;
- ✓ сеть телеграфной связи;
- ✓ сеть факсимильной связи;
- ✓ сеть передачи данных и сигналов дистанционного управления между ПСЧ, центральным пунктом радиосвязи (ЦПР), ПУС, пунктом централизованной охраны (ПЦО) и ЕДДС;
- ✓ сеть сельской телефонной связи (СС).



ПСО – пункт связи отряда
ПСЧ – пункт связи части
ЦУС – центральный узел связи (ЕДДС с 2013 г.) - ЕДДС – единая дежурно-диспетчерская служба

ОРГАНИЗАЦИЯ РАДИОСВЯЗИ

Радиосвязь предназначена:

- для обеспечения оперативного управления силами гарнизона;
- связи с пожарными автомобилями и подразделениями ФПС;
- взаимного обмена сообщениями между подразделениями на месте пожара;
- дублирования (резервирования) проводных каналов связи.

Радиосвязь гарнизона включает радиосети и радионаправления

- Радиосеть** образуется при работе общими радиоданными трех и более радиостанций.
- Радионаправление** образуется при работе общими радиоданными только двух радиостанций и является частным случаем радиосети.

В каждом радионаправлении и в каждой радиосети одна из радиостанций является главной. Главная радиостанция определяется приказом начальника.




















Радиостанции гарнизона подразделяются на стационарные, возимые и носимые.

- Стационарные станции** устанавливаются на ЦУС, ЦПР, ПСО, ПСЧ и на отдельных постах.
- Возимые станции** – на пожарных автомобилях в соответствии с табельной положенностью.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАДИОСВЯЗИ В ГАРНИЗОНЕ




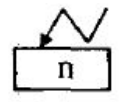
С учетом существующей организационной структуры, характера выполняемых задач и необходимости взаимодействия подразделений ФПС как между собой, так и со службами других министерств и ведомств при тушении пожаров в территориальных гарнизонах необходимо развертывание радиосетей, показанных в

таблице:

Радиосеть	Канал	ЦУС	Радиостанции		
			стационарные	возимые	носимые
Диспетчерская	F1 (F2 – резерв)	 			–
Связь ЦУС с подразделениями на пожаре	F3	 	–		–
Связь на пожаре	F4	–	–	–	
Передача данных	F5				–
Связь персонального вызова	F6		–	–	
Связь административно-управленческая	F7		–		
Связь взаимодействия	F8		–		

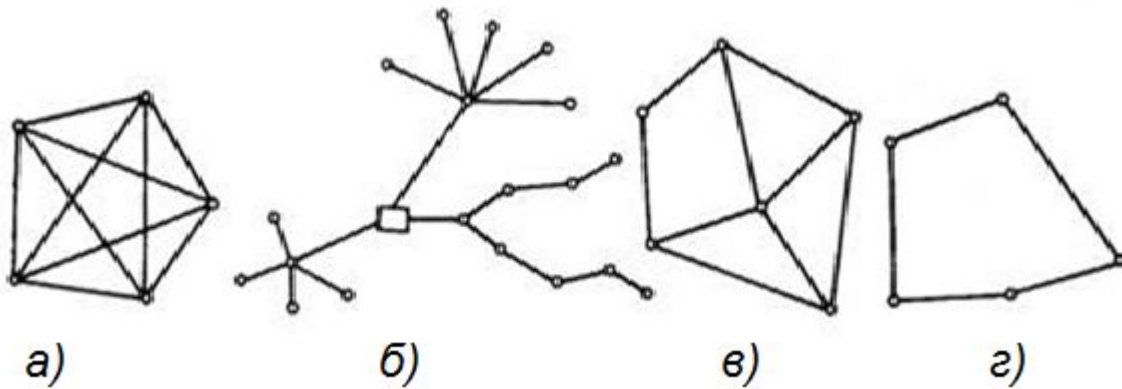
Кроме этого, необходимо выделить радио-частоты для организации взаимодействия с медицинскими, аварийными и иными службами жизнеобеспечения, для обеспечения охраны общественного порядка.

Необходимое количество радиосетей определяется схемой организации

	Радиостанция стационарная, радиопередатчик
	Радиостанция возимая
	Радиостанция носимая
	Радиоприемник сети персонального радиовызова (пейджер)

Структура сети связи гарнизона

Структура сети связи гарнизона – это упорядоченная совокупность различных видов проводной и беспроводной связи, учитывающая топологию размещения абонентов и обеспечивающая обмен текущей служебной информацией между подразделениями гарнизона пожарной охраны (ГПО) и абонентами города, а также обмен оперативной информацией между пожарными подразделениями с целью управления силами и средствами тушения пожаров. Для анализа структурных свойств сети используется её модель в виде графов. Узлы сети связи сопоставляются с вершинами графа, а каналы – с ребрами.



а – полносвязная;
б – древовидная;
в – сеточная;
г – кольцевая

Полносвязная структура сети связи – структура, в которой каждая пара узлов имеет непосредственную связь между собой. В сложной сети связи гарнизона такая структура нереальна. Наиболее рациональна древовидная структура радиально-узловой типа с соподчинением. Для повышения устойчивости структуры увеличивают число каналов за счет введения дублирования.

Сеточная структура образуется объединением кольцевых структур. Здесь для соединения заданного числа узлов требуется линий на единицу больше, чем в древовидной структуре.

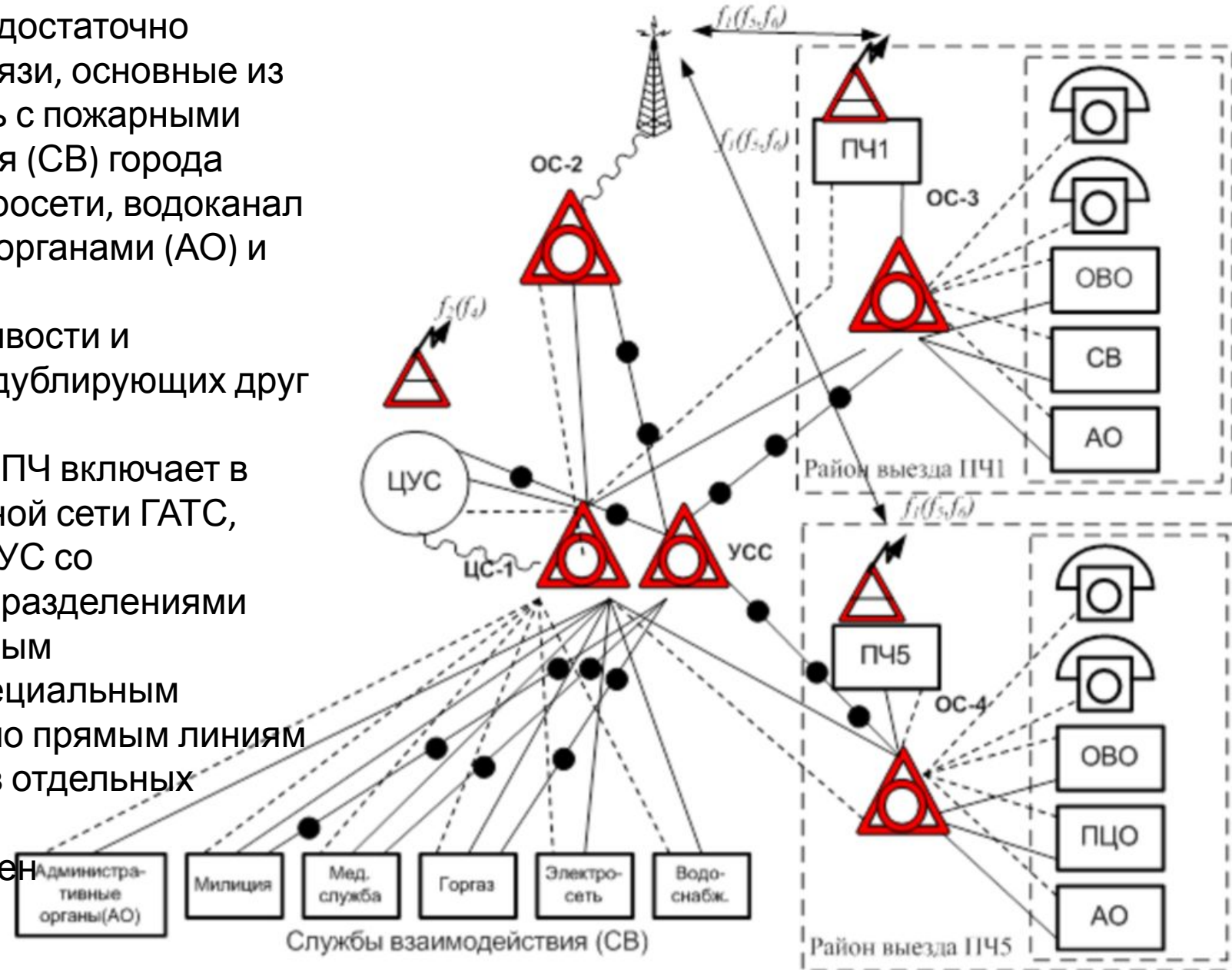
Схема организации системы оперативной связи гарнизона

Центр управления силами (ЦУС) имеет достаточно разветвленную сеть линий и каналов связи, основные из них обеспечивают круглосуточную связь с пожарными частями (ПЧ), службами взаимодействия (СВ) города (горгаз, милиция, скорая помощь, электросети, водоканал и др.), городскими административными органами (АО) и особо важными объектами (ОВО).

Для повышения оперативности, устойчивости и живучести связи применяют несколько дублирующих друг друга линий связи различных видов.

Например: сеть линии спецсвязи ЦУС с ПЧ включает в себя прямые линии городской телефонной сети ГАТС, линии специальной связи «01». Связь ЦУС со специальными службами города и с подразделениями ГПС гарнизона осуществляется по прямым некоммутируемым линиям связи, по специальным линиям и линиям ГАТС, а ЦУС с ОВО – по прямым линиям ГАТС, линии специальной связи «01» и в отдельных случаях по высокочастотным каналам.

В основе системы связи ГПС лежит обмен речевой (аналоговой) информацией.



Эффективность противопожарной службы

Эффективность противопожарной службы характеризуется вероятностью того, что сообщение будет передано требуемому абоненту в течение времени, не более заданного, которое устанавливается исходя из скорости старения информации.

□ Устойчивость одной линии (луча) связи без резервных $P_{1c}(t) = e^{-\lambda t}$

λ – интенсивность повреждения линии связи; t – текущее время.

□ Устойчивость связи, или вероятность прохождения информации между ЦУС и ПЧ при наличии одного резервного луча $P_{2c} = e^{-\lambda_1 t} + [\lambda_1 / (\lambda_2 - \lambda_1)] \cdot (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})$

λ_1 – интенсивность повреждения прямого луча, λ_2 – интенсивность повреждения резервного луча

□ В целом устойчивость структуры всей системы связи с r -кратным холодным резервированием:

$$P_{(k+1)}(t_1) = P_{kc}(t_i) + \int_0^t P_{(k+1)} \cdot (t_i + \tau) f_{kc}(\tau) d\tau$$

где $P_{kc}(t_i)$ – вероятность безотказной работы структуры, имеющей один основной и k резервных лучей; $P_{(k+1)}(t_i - \tau)$ – вероятность безотказной работы $(k + 1)$ -го резервного луча в течение времени наработки $(t_i - \tau)$ при условии, что до момента τ этот луч был работоспособным; $f_{kc}(\tau)$ – плотность распределения наработки до первого отказа структуры, имеющей один основной и k резервных лучей для обмена информацией.

РЕЗЕРВИРОВАНИЕ

Резервирование требует дополнительных затрат. Поэтому следует стремиться к тому, чтобы затраты на резервирование C_p не превышали получаемого выигрыша C_v , т.е. $C_p \leq C_v$.

Выигрыш включает в себя как материальный, так и социальный эффект:

- ❑ Материальный эффект может быть получен за счет сокращения убытков от пожаров,
- ❑ Социальный – за счет снижения последствий воздействия пожаров на здоровье людей.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ СООБЩЕНИЙ О ПОЖАРАХ

Для проектирования системы оперативной связи граница необходимо исследовать информационную нагрузку в каналах связи диспетчерского состава.

Расчет количество каналов (линий связи «01») информационного обеспечения при требуемом качестве обслуживания осуществляется на основе **двух параметров нагрузки**:

- интенсивность потока вызовов
- время обслуживания вызова

На основе этих расчетов выбирают структуру построения системы связи, принцип распределения каналов между абонентами и другие характеристики.

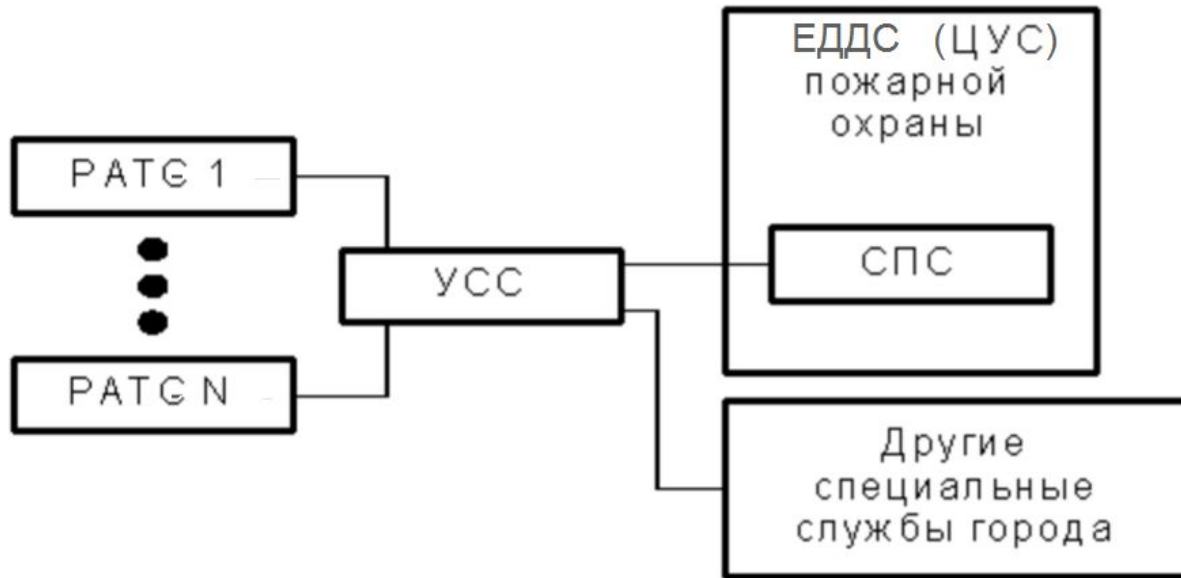
Основными количественными характеристиками информационных потоков в каналах системы управления являются:

- количество переговоров в сети связи за единицу времени
- продолжительность занятия канала связи.

Периодичность поступления вызовов в систему является случайным процессом, поэтому случайными величинами будут моменты появления отдельных вызовов, количество вызовов в единицу времени и продолжительность их обслуживания. Поэтому используют статистические методы исследования нагрузки в каналах и устанавливают законы распределения соответствующих случайных величин.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ СООБЩЕНИЙ О ПОЖАРАХ

Типовая схема соединения абонентов ТФОП с диспетчерами центра управления гарнизона



Для улучшения процесса приема вызовов (уменьшение времени ожидания обслуживания вызова и снижение напряженности в работе диспетчеров) используются станции оперативной связи (например: СОС-30М, ПОС-90, "Спираль", "АТОС«).

При применении этих станций вызовы автоматически в порядке поступления коммутируются только на один пульт диспетчера, то есть распределение вызовов между диспетчерами осуществляется поочередным подключением к пультам диспетчеров вновь поступающих вызовов.

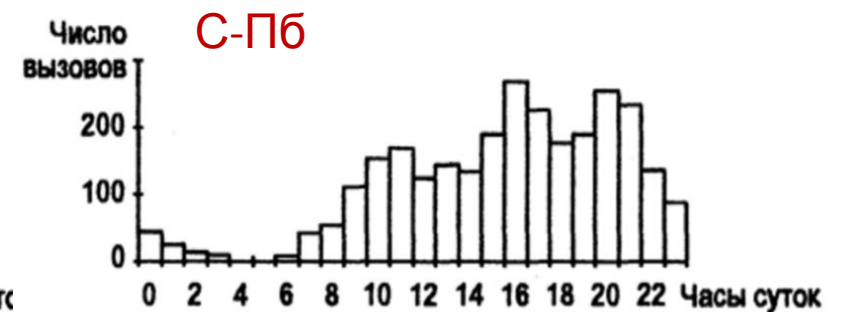
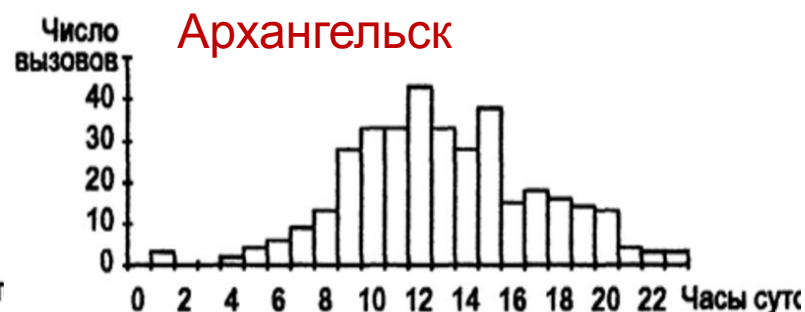
Все поступающие вызовы регистрируются на входе СПС с помощью быстродействующего самопишущего прибора и счетчиков числа вызовов.

- ❑ **Вызов** – это событие в системе приема сообщений, выражающееся в желании некоторого абонента получить соединение с диспетчером ЦУС, для передачи сообщения о пожаре.
- ❑ **Поток вызовов** - последовательность сообщений, поступающих один за другим в СПС через какие-либо интервалы времени или в какие-либо случайные моменты времени.
- ❑ **Обслуживание вызова** - процесс двухсторонних переговоров диспетчера ЦУС с абонентом по линии специальной связи, начатые по инициативе позвонившего абонента.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ СООБЩЕНИЙ О ПОЖАРАХ

Результаты проведенных экспериментальных исследований информационной нагрузки в разных городах России показали, что время обслуживания сообщений, поступающих по линиям специальной связи «01», характеризуется большим разбросом значений длительности обслуживания (в потоке поступающих вызовов присутствуют сообщения о пожарах, авариях, случившихся происшествиях с большой длительностью обслуживания - до 120 с, и подавляющее число сообщений с небольшой длительностью приема, колеблющейся от 3 до 20 с). Поступление вызовов в СПС характеризуется существенной неравномерностью по времени суток.

Исследования проводились в городах различного уровня: мегаполисах, городах областного уровня и в небольших населенных пунктах. Результаты исследования потоков поступающих сообщений о пожарах в городах различного уровня позволили сделать вывод о зависимости влияния величины города на параметры потока поступающих сообщений, что дало возможность последующего создания единой методики синтеза системы оперативной связи подразделений пожарно-спасательных формирований.



Оценка интенсивности входного потока сообщений

- ❑ **Трафик** — это объем данных или количество сообщений, переданных через канал за определенный промежуток времени. Трафик измеряется в эрлангах. Трафик характеризуется скоростью поступления вызова и средним временем занятия для каждой пары пунктов назначения.
- ❑ **Один эрланг** — это 3600 секунд вызовов в одном канале или интенсивность трафика, достаточная для загрузки канала в течение 1 часа.
- ❑ **Интенсивность трафика** — это отношение количества поступающих вызовов за определенный период времени к среднему времени, затрачиваемому на обслуживание каждого вызова в течение этого периода (единица измерения — Эрланг).

$$I = \frac{\sum_{i=1}^{N_c} t_i}{T} = \frac{N_c \bar{t}}{T} = n_c \bar{t}$$

где:

I - интенсивность трафика

T - длительность периода наблюдения

t_i - время удержания индивидуального вызова

N_c - общее число вызовов за период наблюдения

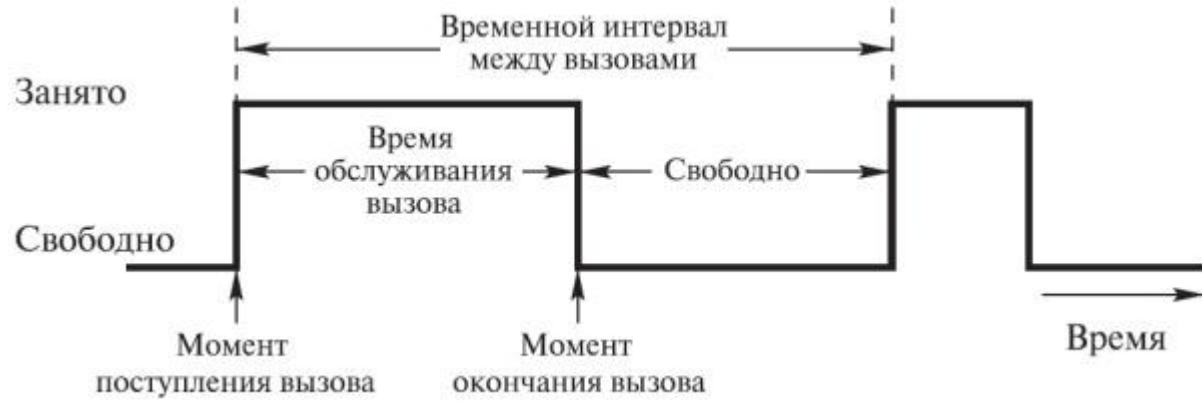
\bar{t} - среднее время удержания

n_c = число вызовов за единицу времени

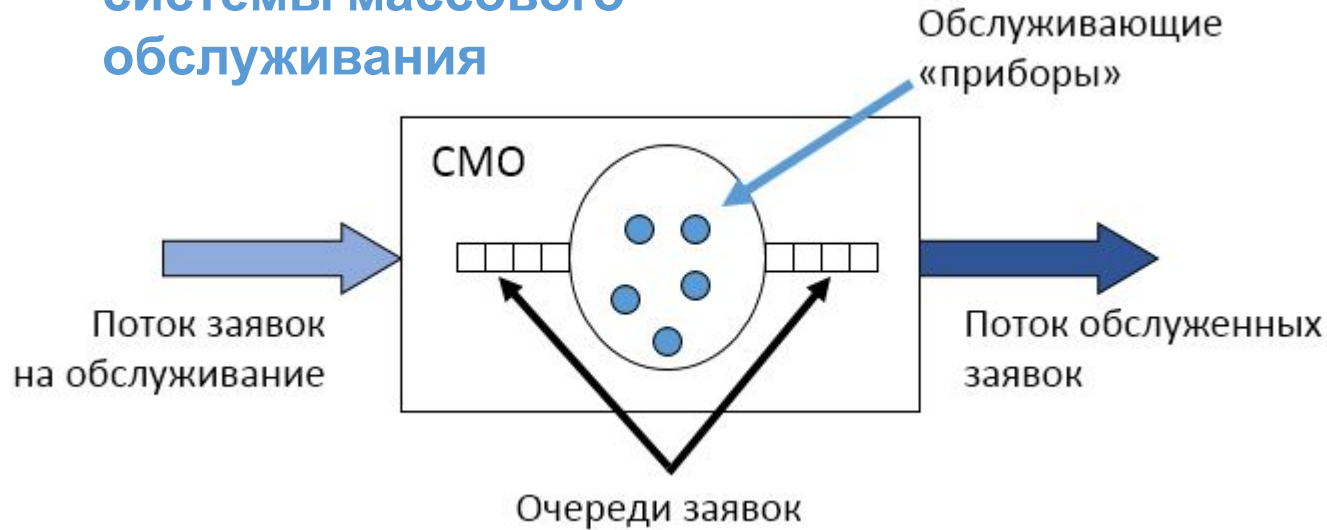
Другие параметры:

- ✓ **Объем трафика** = Суммарное время занятия всех обслуживаемых приборов (единица измерения — Эрланг*часы)
- ✓ **Количество попыток вызовов в ЧНН** (час наибольшей нагрузки)
- ✓ **Средняя продолжительность вызова**
- ✓ **Средняя нагрузка на одного абонента в ЧНН** (обычно 8 – 15 мЭрл)

Оценка интенсивности входного потока сообщений



Простейшая модель системы массового обслуживания



Вопросами моделирования трафика в сетях занимается **Теория массового обслуживания - ТМО** (область теории вероятностей и математической статистики).
Основная цель использования инструментов ТМО - определение (расчет) оптимального соотношения между количеством обслуживающих приборов в системе, входным потоком заявок и требованиями к качеству их обслуживания.

Очереди заявок могут и отсутствовать, если **дисциплина обслуживания** их не предусматривает: модель с потерями, а не с ожиданием)

Оценка интенсивности входного потока сообщений

Важнейшие свойства случайного потока событий:

1. **Стационарность** - независимость вероятности числа поступивших вызовов от начального момента
2. **Ординарность** - невозможность одно-временного поступления двух вызовов
3. **Отсутствие последствия** - стохастические свойства не зависят от истории процесса

Простейший поток – стационарный, ординарный, без последствия

Вероятность поступления точно k вызовов **простейшего потока** за отрезок времени t определяется формулой Пуассона:

$$p_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}$$

Простейший поток обладает рядом полезных свойств:

1. Сумма простейших потоков – опять простейший поток с $\lambda = \sum_i \lambda_i$
2. Сумма достаточно большого числа стационарных и ординарных потоков с любым последствием – простейший поток
3. λ - интенсивность поступления заявок, $1/\lambda$ - средний интервал времени между заявками
4. Простейший поток создает наихудшие условия обслуживания заявок (с точки зрения показателей качества), т.е. расчеты по качеству дадут «нижние границы»

Оценка интенсивности входного потока сообщений

Узел спецсвязи соединяется с центральным пунктом пожарной связи (ЦППС) пучком соединительных линий (спецлиний «01»). Спецлинии «01» заведены на станции оперативной связи (СОС) типа ПОС-90, СОС-30М или СПС-10/20. Все СОС, применяемые в пожарной охране, являются станциями с ручным управлением.

Обычно число линий «01» больше числа диспетчеров, обслуживающих поступающие вызовы. При поступлении вызова в тот момент, когда все диспетчеры заняты, вызов, занимая свободную линию, ждет начала обслуживания.

Процесс обслуживания вызовов на участке «узел спецсвязи-диспетчер» можно формализовать в виде системы массового обслуживания с ограниченным числом мест ожидания. Зная поток поступающих вызовов и время обслуживания вызова, можно с помощью математических расчетов определить оптимальную структуру системы обслуживания.

Пропускная способность подсистемы приема вызовов по спецлиниям «01» будет зависеть от числа

спецлиний «01» и количества диспетчеров. В момент времени, когда все диспетчеры заняты приемом вызовов, очередной поступивший вызов будет ожидать начала обслуживания, заняв в качестве места для ожидания одну из спецлиний «01», т.е. ту спецлинию «01», по которой он поступил. Поскольку число спецлиний «01» ограничено, то в момент времени, когда все спецлинии «01» заняты обслуживаемыми и ожидающими обслуживания вызовами, очередной поступивший вызов получит отказ в обслуживании. Следовательно, процесс приема вызовов по спецлиниям «01» характеризуется возможностью потери вызова и ожиданием начала обслуживания. **Нормированное значение**

Методика определения необходимого числа линии специальной связи «01» и количества диспетчерского состава

Оптимизация сети специальной связи сводится к нахождению минимального числа линий связи «01» и диспетчеров, при которых обеспечиваются заданная вероятность отказа в обслуживании (вероятность потери вызова) и необходимая пропускная способность сети специальной связи.

Последовательно увеличивая число линий связи с 1 до n , находим такое число линий связи, при котором выполняется условие:

$$P_{\text{отк}} \leq P_n \quad (1)$$

(вероятность потери вызова меньше или равна нормированному значению).

Нагрузка, создаваемая в сети специальной связи $y = \lambda T_n$

λ - интенсивности входного потока вызовов,

T_n - времени обслуживания одного вызова (времени переговора).

Вероятность того, что все линии специальной связи свободны $P_{0n} = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{y^k}{k!}}$ где k – последовательность

целых чисел, $k = 0, 1, 2, \dots, n$.
Для случая, когда $n=1$ (одна линия связи), вероятность того, что эта линия связи будет свободна:

$$P_{01} = \frac{1}{\sum_{k=0}^1 \frac{y^k}{k!}} = \frac{1}{1 + \frac{y^1}{1!}} = \frac{1}{1 + \lambda T_n}$$

Вероятность того, что все n линий связи будут заняты (т.е. вероятность отказа в обслуживании)

$$P_{\text{отк } n} = \frac{y^n}{n!} P_{0n}, \quad \text{для } n=1 \text{ вероятность отказа в обслуживании равна:} \quad P_{\text{отк } 1} = \frac{y^1}{1!} P_{01}$$

Методика определения необходимого числа линии специальной связи «01» и количества диспетчерского состава

Сравнивая полученное значение и заданное значение вероятности потери вызова, приходим к выводу, что условие не соблюдается.

Производим проверку условия (1) $P_{\text{отк } 1} \leq P_n$. Если условие соблюдается, то расчет окончен.

Если условие (1) не соблюдается продолжаем расчет для $n=2$.

Вероятность того, что 2 линии связи свободны :

$$P_{02} = \frac{1}{1 + \frac{y^1}{1!} + \frac{y^2}{2!}}$$

Вероятность отказа (обе линии заняты):

$$P_{\text{отк}} = \frac{y^2}{2!} P_{02}$$

Проверка условия (1) $P_{\text{отк } 2} \leq P_n$. Если условие соблюдается, то расчет окончен.

Если условие (1) не соблюдается продолжаем расчет для $n=3$ и т.д..

Вероятность того, что вызов будет принят на обслуживание (относительная пропускная способность сети

специальной связи по линиям «01»), определяется как: $P_{\text{обсл}} = 1 - P_{\text{отк } n}$

Абсолютная пропускная способность системы информационного обеспечения диспетчерского состава определяется

выражением: $A = \lambda \cdot P_{\text{обсл}}$

Время занятости диспетчера обслуживанием одного вызова : $T_{\text{обсл } 2} = T_{\text{п}} + T_{\text{обсл } 1}$

Где $T_{\text{п}}$ – заданная величина времени одного «чистого» переговора диспетчера с вызывающим абонентом;
 $T_{\text{обсл } 1}$ – время занятости диспетчера обработкой принятого вызова (запись поступившего вызова в журнале регистрации и т.п.).

Методика определения необходимого числа линий специальной связи «01» и количества диспетчерского состава

По заданной интенсивности входного потока λ [выз./мин], поступающих в систему информационного обеспечения диспетчерского состава, и времени обслуживания одного вызова диспетчером $T_{обсл}$ [час] определим полную нагрузку на всех диспетчеров за смену, т.е. за 24 ч:

$$y_d = 24 \cdot \lambda \cdot T_{обсл} \text{ [час – зан]}$$

Допустимая нагрузка на одного диспетчера за смену с учетом коэффициента занятости диспетчера:

$$y_{1 \text{ доп}} = K_{доп} \cdot y_{1 \text{ max}} \text{ [час – зан]}$$

где: $K_{доп}$ – коэффициент занятости диспетчера;

$y_{1 \text{ max}}$ – максимальная нагрузка на одного диспетчера за смену.

Определим необходимое число диспетчеров, округляя результат до ближайшего целого значения:

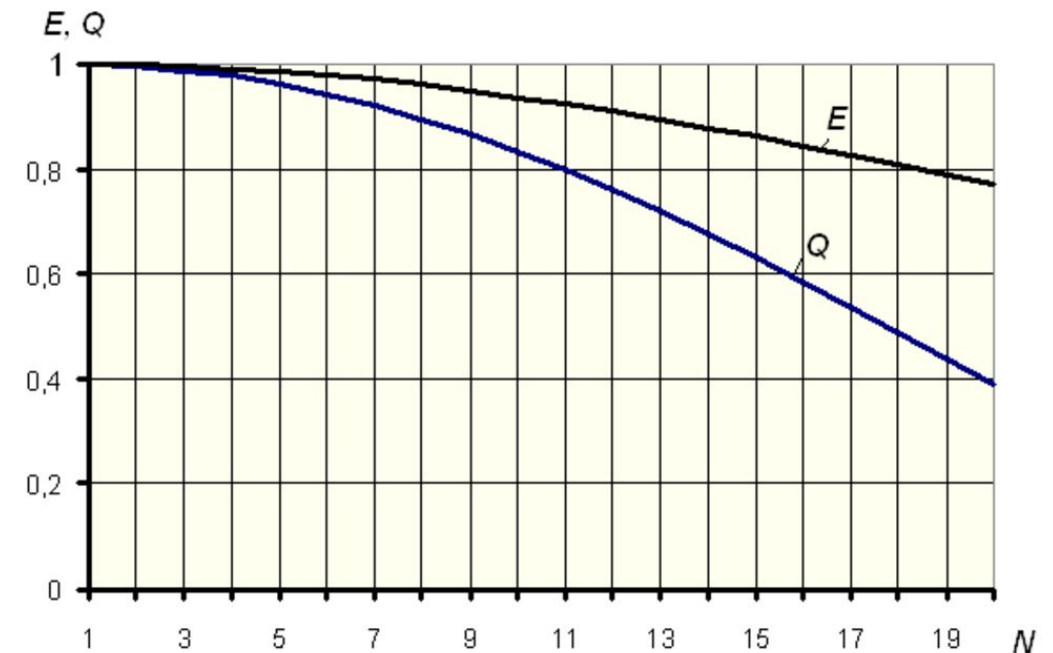
$$n_d = \frac{y_d}{y_{1 \text{ доп}}}$$

Данная методика оптимизация сети специальной связи позволяет проводить расчет необходимого числа каналов информационного обеспечения (линий специальной связи) и диспетчерского состава при различных начальных условиях.

Моделирование процесса обслуживания поступающих вызовов в системе оперативной радиосвязи

Существует **два типа радиосетей**, которым соответствуют две модели обслуживания абонентов.

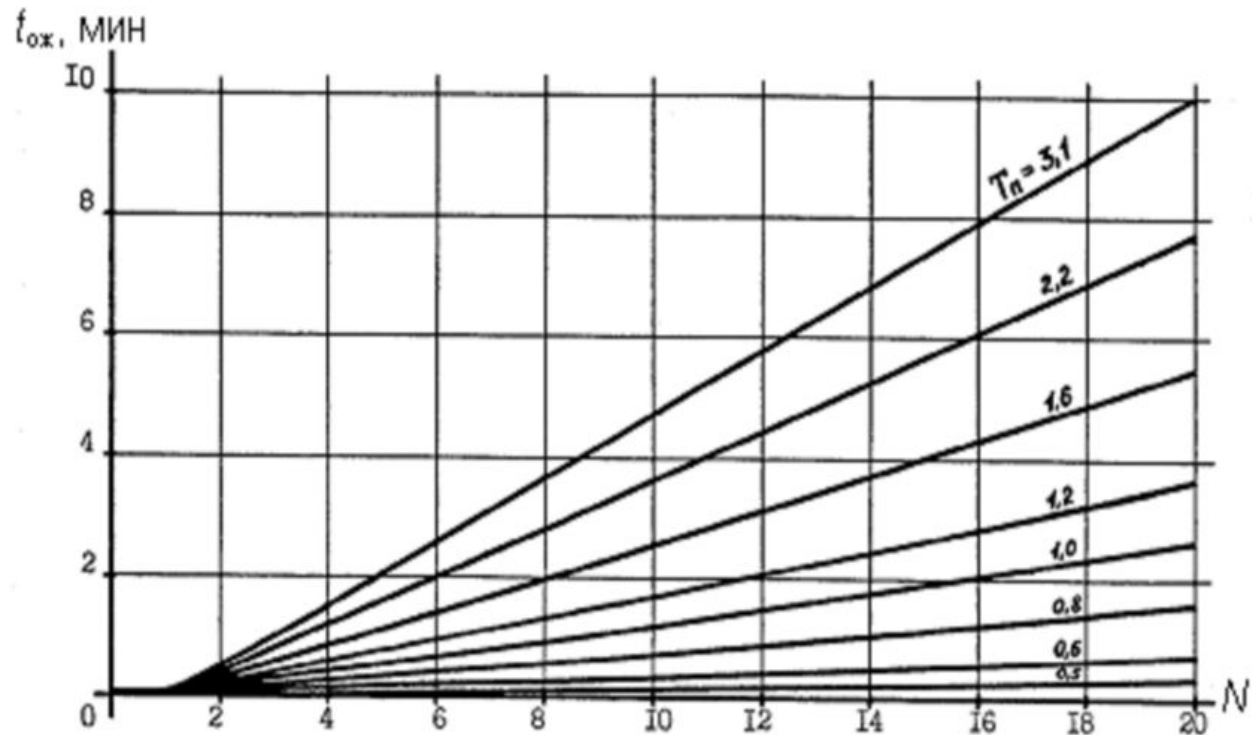
- ❑ **Радиосеть I-го типа** – сеть связи диспетчера Единой дежурно-диспетчерской службы ЕДДС (ЦУС) с операторами (диспетчерами) пункта связи части (ПСЧ) и подвижными абонентами на территории гарнизона пожарной охраны.
- ❑ **Радиосеть II-го типа** – сеть связи на месте пожара между всеми участниками его ликвидации. По характеру организации процесса тушения, непредсказуемости развития самого пожара в модели такой сети должен быть абсолютный приоритет у руководителя тушения пожара во избежание непреднамеренной потери информации из-за блокирования канала связи каким-либо абонентом радиосети.
- ❑ На основании исследования сложных математических моделей таких радиосетей были рассчитаны показатели оперативности связи (Q) и эффективности функционирования (E) сети радиосвязи от количества абонентов (N).
- ❑ эффективность функционирования сети связи с ростом числа абонентов монотонно уменьшается, так как резко возрастают затраты времени на ожидание освобождения канала связи.



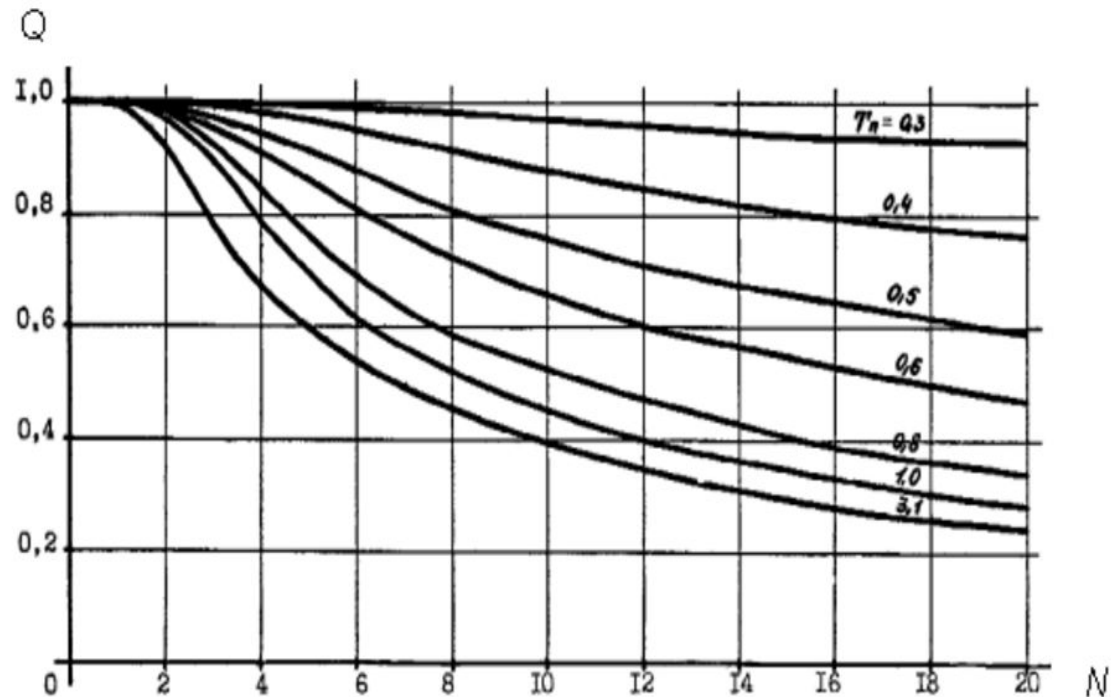
Моделирование процесса обслуживания поступающих вызовов в системе оперативной радиосвязи

На основе этих математических моделей получены также другие зависимости:

1) Зависимость среднего времени ожидания от числа абонентов N сети связи для различных значений среднего времени переговоров T_n при интенсивности входного потока вызова $\lambda=0,5$



2) Зависимость оперативности Q связи от числа абонентов N при различных значениях средней продолжительности переговоров T_n для интенсивности входного потока вызова $\lambda=0,5$ выз/мин



Пользуясь полученными кривыми, можно установить число абонентов, которые должны работать на одном частотном канале при определенных условиях, например, при определенных величинах эффективности функционирования и оперативности связи.

Можно определить допустимое время ожидания при различном числе абонентов и разном времени продолжительности переговоров, а также решать другие вопросы, связанные с оптимизацией построения сетей оперативной связи ГПС.

Расчет характеристик оперативности и эффективности функционирования радиосвязи

Для передачи сообщения по каналу связи затрачивается определенное время (чистого) переговора T_{Π} и некоторое непроизводительное время $T_{Н}$ из-за недостаточно эффективной работы канала связи.

Так как характер работы канала связи постоянно меняется, то непроизводительные затраты времени $T_{Н}$ являются случайной величиной. Радиосеть функционирует более эффективно, если при одном и том же времени передачи информации отношение $T_{\Pi}/(T_{\Pi} + T_{Н})$ будет больше.

Эффективность функционирования сети радиосвязи представляет собой математическое ожидание случайной величины отношения времени переговоров к общему времени доставки информации в различные моменты времени.

Эффективность функционирования является показателем качества использования канала связи для выполнения заданных функций в радиосети и определяется по формуле:

$$E = \sum_{i=0}^n P_i \cdot \left(\frac{T_{\Pi i}}{T_{\Pi i} + T_{Н i}} \right)$$

где n – число возможных состояний системы связи;

P_i – предельные вероятности состояния системы;

$T_{\Pi i}$ – эффективное время передачи информации при i -ом вызове;

$T_{Н i}$ – непроизводительные затраты времени при i -ом вызове.

В сетях радиосвязи I-го и II-го типов к непроизводительным затратам относят время, затраченное на ожидание освобождения занятого канала связи, на включение средства связи, набор номера вызываемого абонента и т.п.

Расчет дальности действия УКВ и КВ радиосвязи

Дальность действия радиосвязи приводится в характеристиках радиостанций. Для современных стационарных и мобильных радиостанций дальность связи лежит в пределах 10–30 км, а для носимых – 1–3 км.

Реальная дальность радиосвязи зависит не только от электрических параметров радиостанции, но и от условий, в которых организуется радиосвязь (характер местности, высота установки антенны и т.д.). При наличии прямой видимости между передающей и приемной антеннами используют формулу Б.В. Введенского:

$$E_m = \frac{4\pi\sqrt{60P_\Sigma\sigma}}{\lambda d^2} \cdot h_1 h_2$$

где E_m – напряженность поля, [мкВ/м]; P_Σ – мощность излучения передающей антенны, [Вт]; σ – коэффициент направленного действия передающей антенны; λ – длина волны, [м]; d – протяженность линии радиосвязи, [км]; h_1, h_2 – высоты поднятия соответственно передающей и приемной антенн, [м].

Для уверенной связи напряженность поля полезного сигнала в точке приема должна превышать напряженность поля помех в N раз. Для радиостанций, используемых в пожарной охране, такое

превышение составляет 20 дБ, т.е. $N = 20 \lg \left(\frac{E_m}{E_n} \right)$,

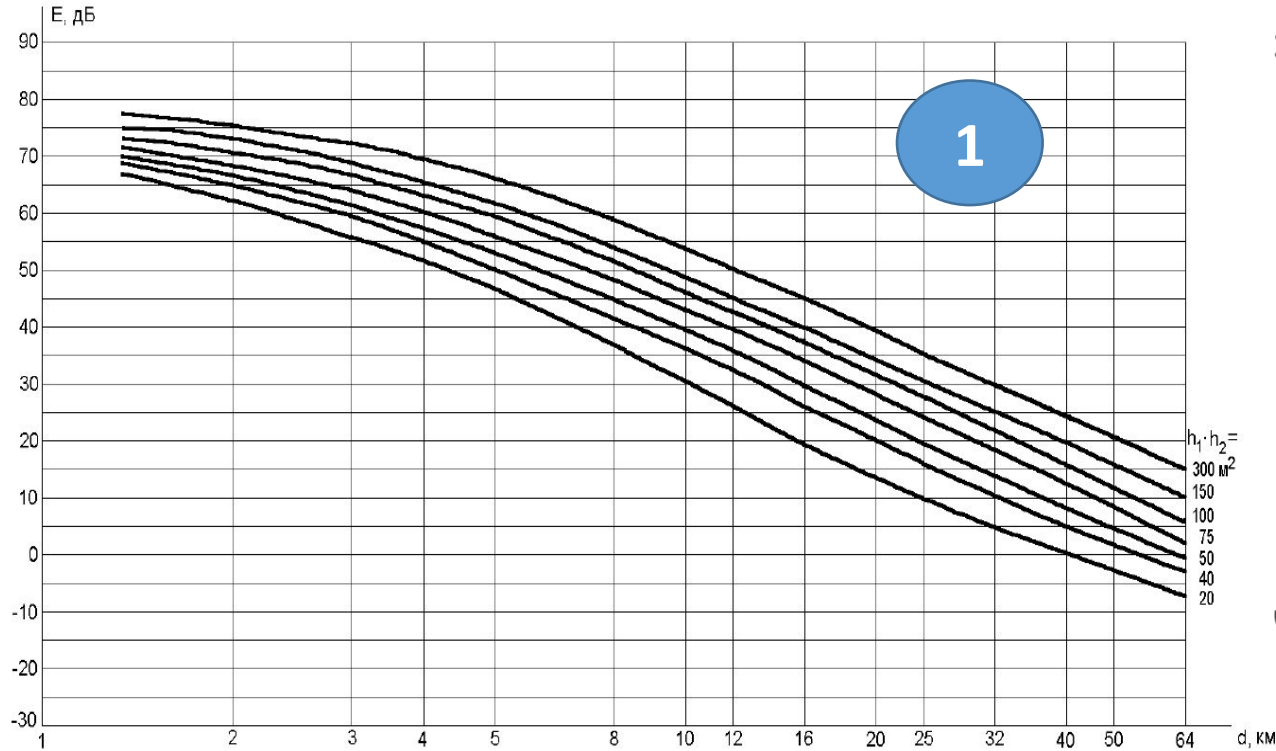
E_m – напряженность электрического поля полезного сигнала в точке приема, мкВ/м;

E_n – напряженность электрического поля помех в точке приема, мкВ/м.

Расчет дальности действия УКВ и КВ

радиосвязи

Зависимость средних значений напряженности поля от расстояния между антеннами



Графики построены для мощности излучения передатчика $P_{\text{пер}} = 10$ Вт для расстояний от 1 до 60 км. Если мощность передатчика отлична от 10 Вт используют график поправок V_M [дБ], учитывающей изменение мощности передатчика $P_{\text{пер}}$ от 1 до 100 Вт, в зависимости от типа применяемых радиостанций.

Расчет ожидаемой дальности радиосвязи основан на графических зависимостях изменения напряженности электромагнитного поля $E_{\text{п}}$ [дБ], приведенной к точке приема, от расстояния d [км] для различных значений произведения высот подъема передающей и приемной антенн $h_1 h_2$, м². Графики показывают медианные (или среднестатистические) значения напряженности поля ОВЧ (УКВ) радиоволн.

Графики напряженности поля приведены для вертикальной поляризации антенн при распространении радиоволн метрового диапазона в полосе частот 148-174 МГц.



Расчет дальности действия УКВ и КВ радиосвязи

Графики напряженности поля приведены для среднепересеченной местности (параметр рельефа местности $\Delta h = 50$ м). Среднепересеченной считается такая местность, на которой среднее колебание отметок высот не превышает 50 м.

В случае отличия рельефа местности от среднепересеченного необходимо ввести дополнительный коэффициент ослабления сигнала $V_{осл}$ [Дб], значения которого для полосы частот 148-174 МГц приведены в таблице.

Зависимость коэффициента ослабления сигнала $V_{осл}$ [Дб] от параметра рельефа местности Δh [м]

Δh [м]	30	40	50	70	90	110	120	140	150	170	190	210	230	250	290	330	360	500
	-2	-1	0	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Размеры зоны уверенной радиосвязи зависят от процента времени проявления помех со стороны мешающих передатчиков. Для одноканальных ведомственных сетей радиосвязи с небольшой нагрузкой, не выходящих на городскую телефонную сеть, принимается процент времени надежности связи на границе зоны обслуживания (50 %). При этом поправка V_{μ} , учитывающая надежность канала связи на уровне вероятности 50 % составляет 0 дБ.

Допустимый процент времени проявления помех со стороны мешающих радиостанций, работающих в совмещенном частотном канале, и на частотах, близких к частоте полезного сигнала, устанавливается равным 10 %. При этом поправка V_{μ} составляет -5 дБ.

Расчет дальности действия УКВ и КВ

радиосвязи

Величина напряженности поля полезного сигнала на входе приемного устройства E_{Π} [дБ], определяется по формуле:

$$E_{\Pi} = E_{min} + B_{осл} - B_{М} + \beta_1 l_1 - G_1 + \beta_2 l_2 - G_2 - B_{и} \quad (1)$$

$\beta_1 l_1$ и $\beta_2 l_2$ - затухание антенно-фидерных трактов передатчика и приемника соответственно;

$\beta_1 = \beta_2 = 0,15$ Дб/м - коэффициент погонного затухания фидерного тракта передатчика и приемника;

l_1 и l_2 - длина фидерного тракта передатчика радиостанции ЦУС и приемника радиостанции ПЧ соответственно, [м];

G_1 и G_2 - коэффициенты усиления передающей и приемной антенн;

$B_{М} = 10lg \frac{1}{P_1}$ [дБ] - поправка, учитывающая изменение электромагнитного поля в случае отличия мощности

излучения передатчика от мощности $P_1 = 10$ Вт;

$B_{и}$ - поправка, учитывающая надежность канала связи;

$B_{осл}$ - дополнительный коэффициент ослабления сигнала, значения которого определяются по таблице;

$E_{min} = 20$ дБ (10 мкВ/м) - минимальное значение напряженности поля полезного сигнала на входе приемника радиостанции, при котором обеспечивается высокое качество радиосвязи.

По полученной величине напряженности поля полезного сигнала на входе приемника E_{Π} и заданному удалению пожарной части от ЦУС с помощью графиков **1** определяется произведение высот антенн $h_1 h_2$. Из полученного произведения высот выбираются необходимые высоты стационарных антенн ЦУС и удаленной пожарной части.

С помощью графиков **1** решается и задача по определению ожидаемой дальности связи между стационарной и возимой радиостанциями, установленными соответственно на ЦУС и на пожарном автомобиле. Для этого вычисляем уровень напряженности поля полезного сигнала на входе приемного устройства по формуле (1) и по графикам определяем дальность действия радиосвязи для заданных значений высот установки антенн. Высота подъема антенны возимой радиостанции пожарного автомобиля при этом принимается равной 2 м

Особенности расчета дальности связи для носимых радиостанций

Основой для расчета ожидаемой дальности связи в радиосетях ГПС, где используются носимые радиостанции (Виола-Н, Транспорт РН-12, Радиус, Моторола, Гранит и др.), имеющие различные значения выходной мощности излучения передатчика: 0,2; 0,5 и 1,0 Вт, служат те же положения, что и для расчета каналов связи (ожидаемой дальности радиосвязи), организуемых на стационарных и возимых радиостанциях. Вместе с тем, в случае использования носимых радиостанций необходимо учитывать следующие особенности организации связи:

- низкое расположение антенны носимой радиостанции ($h = 1,5$ м);
- значительное экранирующее влияние плотной городской застройки, промышленных зданий и сооружений на месте пожара, штабного или пожарного автомобиля, находящегося в непосредственной близости от абонента, оснащенного носимой радиостанцией;
- существенные отличия в условиях распространения радиоволн на трассах связи при наличии большого количества пожарной техники на месте пожара.

В случае организации радиосвязи между носимой и стационарной радиостанциями высоко установленная антенна на стационарном пункте позволяет обеспечить условия прямой видимости между антеннами, а при организации связи только между носимыми радиостанциями условия прямой видимости не обеспечиваются.

В сложных условиях организации связи при использовании носимых радиостанций величина поправки, учитывающей отмеченные выше особенности, достигает 2-4 дБ при организации радиосвязи на среднепересеченной местности в сельскохозяйственных районах и 6-8 дБ – в условиях городской застройки и при организации радиосвязи на месте пожара.

Организация планирования радиосетей

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.

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 сигнал/помеха полезного и мешающего сигналов в точке приема будет больше некоторой величины.

Защитное отношение - минимально приемлемое отношение сигнал/помеха на входе приемного устройства, при котором можно обеспечить заданное качество радиосвязи.

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.

Расчет электромагнитной совместимости радиосредств в сетях оперативной связи

Электромагнитная совместимость (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.

При организации радиосетей различают два основных вида помех:

- ❑ помехи за счет блокирования или подавления полезного сигнала мешающим,
- ❑ интермодуляционные помехи.

Установлено, что функциональная зависимость допустимого уровня мешающего сигнала на входе приемника от частотного разноса с достаточной для практических расчетов точностью описывается следующим эмпирическим выражением:

$$U_{\text{М доп}} = 73 + U_{\text{ВХ}} + \sqrt{|f - f_{\text{М}}| \cdot K} \quad [\text{дБ}]$$

$|f - f_{\text{М}}|$ - разнос частот между полезным и мешающим сигналами;

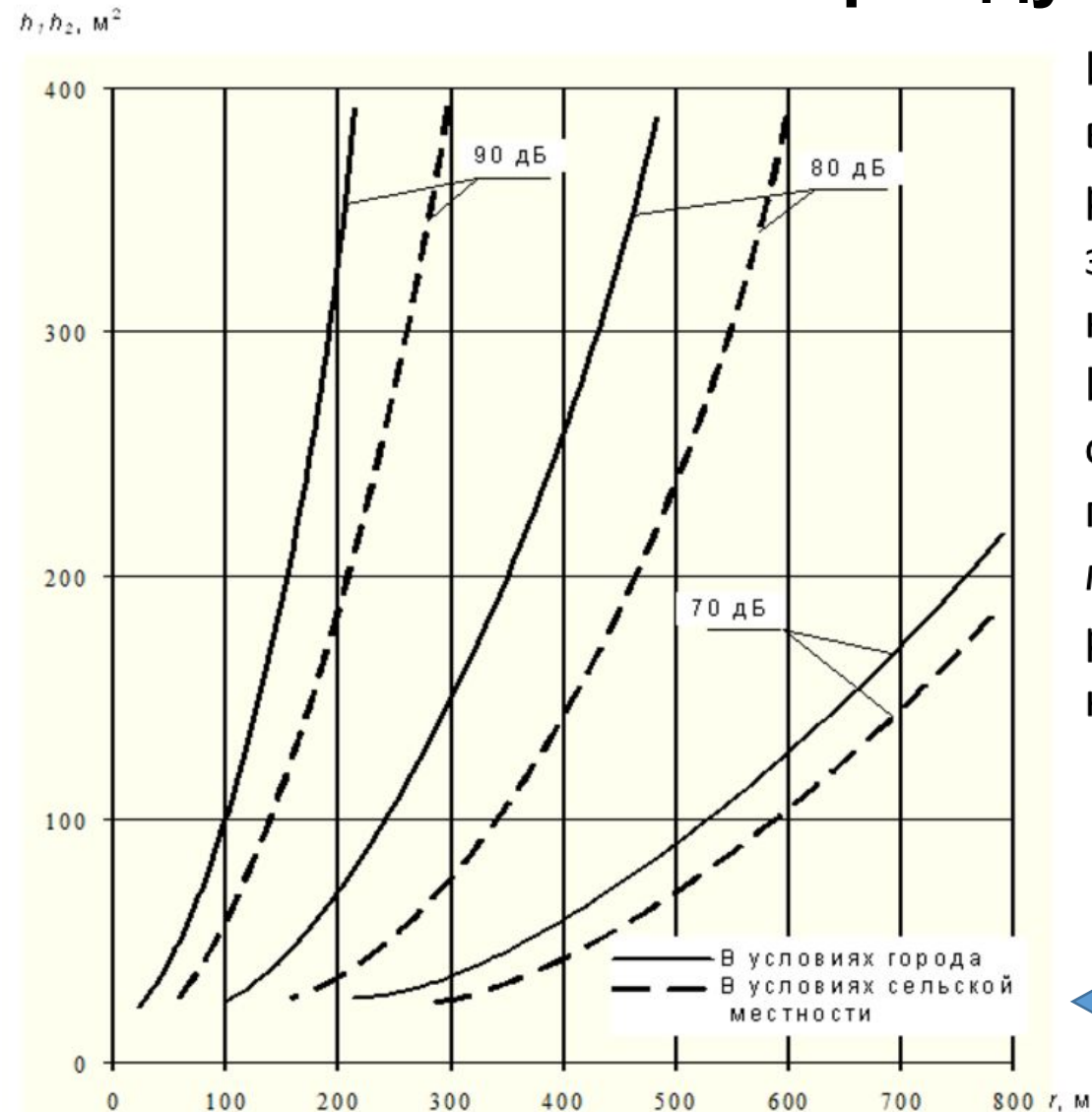
$U_{\text{ВХ}}$ - уровень полезного сигнала на входе приемника, который принимается равным $U_{\text{ВХ}} = E_{\text{min}} = 20$ [дБ];

$K = 1 \text{ дБ}^2/\text{кГц}$ - коэффициент согласования размерности.

Эта эмпирическая формула позволяет количественно определить защищенность приемника при воздействии на его вход мешающих сигналов в реальных условиях функционирования радиостанций различных радиосетей на территории гарнизона пожарной охраны.

Расчет электромагнитной совместимости радиосредств в сетях оперативной связи

Интермодуляционные помехи.



Интермодуляция (Intermodulation) - это процесс взаимодействия нескольких различных сигналов на входе радиоприемника, при котором возникают помехи, зашумляющие принимаемый сигнал. Такие помехи относятся к помехам взаимной модуляции (интермодуляции). 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:

$$2f_{n1} - f_{n2} = f_c \quad \text{или} \quad 2f_{n2} - f_{n1} = f_c$$

Зависимость территориального разнесения антенн радиостанций, работающих на интермодуляционно совместимых частотах, от высоты установки антенн

Расчет электромагнитной совместимости радиосредств в сетях оперативной связи

Расчет ЭМС двух близко расположенных радиостанций

При проведении практического выбора рабочих частот радиостанций в случае установки двух стационарных антенн на крыше одного служебного здания (ЦУС или ЦПР) допустимый уровень мешающего сигнала определяется в основном выходным уровнем сигнала от передатчика мешающей радиостанции (равным 148 дБ при выходной мощности излучения передатчика 10 Вт) и затуханием электромагнитного поля между стационарными антеннами.

ЗАВИСИМОСТЬ ЗАТУХАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ (B_A) ОТ РАССТОЯНИЯ (R) МЕЖДУ ДВУМЯ АНТЕННАМИ СТАЦИОНАРНЫХ РАДИОСТАНЦИЙ

R [м]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	17
B_A [дБ]	18	24	28	31	34	37	38	39	40	41

Допустимый уровень мешающего сигнала от близко расположенного передатчика определяется по

$$\Delta E_{M \text{ доп}} = E_1 - \beta_1 l_1 + G_1 - \beta_2 l_2 + G_2 - B_A$$

Частотный разнос рабочих каналов радиостанций определяется по формуле:

$$|f_1 - f_m| = \frac{(\Delta E_{M \text{ доп}} - 73 - E_{\min})^2}{K}$$

На заключительном этапе расчета проводится выбор номиналов рабочих частот. Если одна радиостанция работает на частоте f_1 , а частотный разнос рабочих каналов составил $|f_1 - f_m|$, то рабочая частота второй радиостанции (второй радиосети) будет равна $f_2 = f_1 + |f_1 - f_m|$.

Расчет электромагнитной совместимости радиосредств в сетях оперативной связи

Расчет ЭМС трех близко расположенных радиостанций

В случае расчета допустимого уровня мешающего влияния передатчиков двух соседних радиостанций на приемник третьей необходимо рассматривать интермодуляционные помехи третьего порядка.

Результаты экспериментальных исследований частотной зависимости параметра трехсигнальной избирательности приемных устройств радиостанций типов «Виола» и «Сапфир» показали, что оценка взаимных мешающих влияний между тремя радиосетями, организуемыми на интермодуляционно несовместимых частотах проводится исходя из величины трехсигнальной избирательности приемника, равной 70 дБ. Уровень мешающего сигнала на входе приемного устройства радиостанции при этом вычисляется по формуле:

$$E_{2M} = 70 + \beta_1 l_1 - G_1 + \beta_2 l_2 - G_2 - B_M - B_{\text{И}}$$

$\beta_2 l_2$ и G_2 - затухание фидерного тракта, и коэффициент усиления антенны одного из двух мешающих передатчиков;

70 дБ - параметр трехсигнальной избирательности приемника (допустимый уровень мешающего сигнала);

$B_{\text{И}}$ – поправка, учитывающая допустимый процент времени (на уровне 10%) проявления помех по совмещенному частотному каналу, принимается равной $B_{\text{И}} = -5$ дБ.

Организация связи и освещения на пожаре

Связь на пожаре предназначена для управления силами и средствами, обеспечения их взаимодействия и обмена информацией.

Связь на пожаре организуется для четкого управления пожарными подразделениями на месте пожара, обеспечения их взаимодействия и своевременной передачи информации с места пожара на ЕДДС (ЦУС) или ПЧ.

На месте пожара должны быть организованы следующие виды связи:

- ❑ **связь управления** - между руководителем тушения пожара (РТП), штабом пожаротушения (НШ), начальником тыла (НТ), боевыми участками (БУ) и подразделениями, работающими на пожаре при помощи возимых и носимых радиостанций, полевых телефонных аппаратов и переговорных устройств, громкоговорящих устройств и мегафонов;
- ❑ **связь взаимодействия** - между начальниками боевых участков и подразделениями, работающими на пожаре, при помощи радиостанций, полевых телефонных аппаратов и сигнально-переговорных устройств;
- ❑ **связь информации** - между оперативным штабом пожаротушения (РТП) и ЦУС с использованием телефонных аппаратов городской телефонной сети или с помощью радиостанции, установленной на автомобиле связи и освещения.

Организация связи и освещения на пожаре

Связь на пожаре может осуществляться с помощью автомобильных и носимых радиостанций, полевых телефонных аппаратов, сигнально-переговорных устройств, громкоговорящих установок, мегафонов и телевидения.

На пожар выезжает отделение связи, которое выполняет следующие работы:

- ✓ устанавливает и поддерживает с помощью радиостанций связь с ЦУС,
- ✓ подключает телефонную аппаратуру к ГТС;
- ✓ поддерживает связь с боевыми участками;
- ✓ разворачивает штабной стол;
- ✓ обеспечивает бесперебойную работу всех средств связи;
- ✓ устанавливает выносные громкоговорители на боевых участках;
- ✓ обеспечивает связь тыла с дежурной службой пожаротушения;
- ✓ в случае необходимости по распоряжению РТП производит работы по разворачиванию и обслуживанию технических средств электроосвещения.

Автомобиль связи и освещения оборудуется звукоусилительной установкой, антенным устройством, громкоговорителем мощностью 10–50 Вт, электромегафонами, выносными микрофонами, переходными штуцерами для блоков усилителя, магнитофоном с резервным комплектом магнитных пленок.

Для осуществления громкоговорящего оповещения на месте пожара используется усилитель мощности (УМ), к которому подключаются громкоговорители по числу боевых участков. При этом РТП с помощью выносного микрофона (М) имеет возможность передачи циркулярной информации