

**МІНІСТЕРСТВО УКРАЇНИ З ПИТАНЬ НАДЗВИЧАЙНИХ
СИТУАЦІЙ ТА У СПРАВАХ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ ВІД
НАСЛІДКІВ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ
АКАДЕМІЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни
«АСУ та інформаційне забезпечення діяльності пожежно-
рятувальної служби» на тему:**

**Розрахунок параметрів системи оперативного
зв'язку гарнізону МНС України**

**Харків
2005**

МІНІСТЕРСТВО УКРАЇНИ З ПИТАНЬ НАДЗВИЧАЙНИХ
СИТУАЦІЙ ТА У СПРАВАХ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ ВІД
НАСЛІДКІВ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ
АКАДЕМІЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «АСУ та інформаційне забезпечення діяльності пожежно-рятувальної служби» на тему:

Розрахунок параметрів системи оперативного зв'язку гарнізону
МНС України

Для курсантів, студентів та слухачів ФЗН кваліфікаційного рівня спеціаліст

Методичні вказівки
затверджені на засіданні
кафедри «Інформаційні
технології і системи
управління», протокол №1
від 29.08.2005 р.

Харків

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «АСУ та інформаційне забезпечення діяльності пожежно-рятувальної служби». Розрахунок параметрів системи оперативного зв'язку гарнізону МНС України. Для курсантів, студентів та слухачів ФЗН кваліфікаційного рівня спеціаліст/ Укладачі: І.А. Чуб, Г.В. Щербак, В.П. Докучасв, І.М. Ніколаєв. – Харків: АЦЗУ, 2005 – 24 с.

Рецензенти: Гнидько В.І., доцент кафедри КМІТ ХДТУБА;
Шматко О.В., завідувач кафедри ІтаОТ АЦЗУ.

План 2005 р.

Підп. до друку	05 р.	Формат	60 x 84 1/16
Друк різнограф.		Умовн. - друк. арк.	1,75
Тираж	200 прим.	Вид. №	Зам. №

АЦЗУ, 61023, Харків, вул. Чернишевського, 94.

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ

СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОГО ЗВ'ЯЗКУ ГАРНІЗОНУ МНС УКРАЇНИ

Метою розрахункової роботи є: вибір технічних засобів зв'язку та управління для організації оперативно-диспетчерського зв'язку гарнізону МНС України.

Задано:

- гарнізон МНС України має Центр управління силами і засобами гарнізону і пожежно-рятувальні частини;
- інтенсивність вхідного потоку викликів, що надійшли до мережі спецзв'язку за лініями «112» - λ [вик/хв];
- середній час переговорів в мережі спецзв'язку за лініями «112» - T_n [хв];
- інтенсивність пошкодження каналів зв'язку - γ [1/год];
- коефіцієнт зайнятості диспетчера - K_d ;
- коефіцієнт готовності апаратури - K_r ;
- час зайнятості диспетчера обробкою прийнятого виклику - $T_{обсл}$ [хв];
- імовірність втрати виклику в мережі спецзв'язку по лініях «112» - P_v ;
- максимальне навантаження за зміну на одного диспетчера - Y_{1max} (12 год.-зайн. для усіх варіантів);
- рівень шуму на місці надзвичайної ситуації - $N_{ш}$ [дБ];
- коефіцієнт розповсюдження, який враховує затухання електричного сигналу у лінії спецзв'язку - α [дБ/м];
- довжина лінії зв'язку - Z [м];
- висота підвісу гучномовця від земної поверхні - h [м];
- площа бойової дільниці - $S_{бл}$ [м²].

Вимагається:

1. Провести вибір технічних засобів зв'язку і управління і розробити структурну схему оперативного зв'язку гарнізону МНС України.
2. Розрахувати пропускну спроможність мережі спецзв'язку, оптимізувати мережу спецзв'язку та визначити її стійкість.
3. Розрахувати параметри озвучення бойової дільниці на пожежі.

Методика виконання розрахунково-графічної роботи.

Задано:

- кількість пожежно-рятувальних частин в гарнізоні: $N_{пч} = 10$;
- інтенсивність вхідного потоку викликів, що надійшли до мережі спецзв'язку за лініями «112»: $\lambda = 0,32$ [вик/хв];
- середній час переговорів в мережі спецзв'язку за лініями «112»: $T_n = 0,89$ [хв];
- інтенсивність пошкодження каналів зв'язку: $\gamma_1 = 7,8 \cdot 10^{-6}$ 1/год;
 $\gamma_2 = 7 \cdot 10^{-6}$ 1/год;
- коефіцієнт зайнятості диспетчера: $K_d = 0,56$;
- коефіцієнт готовності апаратури: $K_r = 0,98$;
- час зайнятості диспетчера обробкою прийнятого виклику: $T_{обсл} = 1,7$ [хв];

- імовірність втрати виклику в мережі спецзв'язку по лініях «112»: $P_{в.} = 0,00013$;
- максимальне навантаження за зміну на одного диспетчера: $Y_{\max} = 12$ год.-зайн.;
- рівень шуму на місці надзвичайної ситуації: $N_{ш} = 20$ дБ;
- коефіцієнт розповсюдження, який враховує затухання електричного сигналу у лінії спецзв'язку: $\alpha = 0,22$ дБ/м;
- довжина лінії зв'язку: $Z = 145$ м;
- висота підвісу гучномовця від земної поверхні: $h = 7,5$ м;
- площа бойової ділянки: $S_{бд} = 350$ м².

Вимагається:

1. Провести вибір технічних засобів зв'язку і управління і розробити структурну схему оперативного зв'язку гарнізону МНС України.
2. Розрахувати пропускну спроможність мережі спецзв'язку, оптимізувати мережу спецзв'язку та визначити її стійкість.
3. Розрахувати параметри озвучення бойової ділянки на місці ліквідації надзвичайної ситуації.

1. Вибір технічних засобів і розробка схеми оперативного зв'язку гарнізону МНС України.

Структурна схема системи оперативного зв'язку гарнізону МНС України (Рис. 1) являє собою упорядковану сукупність різноманітних видів проводового і радіозв'язку, які призначені для управління силами і засобами МНС і повинні забезпечувати обмін службовою інформацією між підрозділами гарнізону, а також між зовнішніми абонентами міста.

Центр управління силами і засобами (ЦУСЗ) гарнізону має розгалужену мережу ліній та каналів зв'язку, основні з яких забезпечують цілодобовий зв'язок з пожежно-рятувальними частинами (ПЧ), спеціальними службами міста (ССМ), особливо важливими об'єктами (ОВО).

Для підвищення надійності (живучості) зв'язку використовують декілька ліній, що дублюють зв'язок. Так, лінії зв'язку ЦУСЗ і ПЧ включають до себе некомутовані (прямі) телефонні лінії зв'язку, лінії автоматичної телефонної станції (АТС) повної значності, спеціального зв'язку за лініями «112», радіозв'язок, факсимільний і телеграфний зв'язок.

Зв'язок ЦУСЗ і ССМ здійснюється за прямими некомутованими лініями зв'язку, за лініями АТС та за лініями спецзв'язку «112» за допомогою вузла спецзв'язку (ВСЗ). Зв'язок ЦУСЗ з особливо важливими об'єктами здійснюється за прямими лініями зв'язку, за лініями АТС та за високочастотними (ВЧ) каналам. Високочастотні канали, як правило, служать для передачі дискретних сигналів, зокрема, від датчиків контролю автотранспорту, що знаходяться в депо пожежно-рятувальних частин, а також від апаратури автоматичної пожежної сигналізації, розміщеної на об'єктах, що охороняються.

5. Вимоги щодо оформлення розрахунково-графічної роботи.

На виконання розрахунково-графічної роботи надається термін протягом одного місяця від дати видачі завдання на її виконання. Розрахунково-графічна робота містить пояснювальну записку обсягом 7-10 аркушів формату А4, та графічну частину на аркуші формату А3 (наводиться схема зв'язку гарнізону МНС України).

Робота виконується відповідно до вихідних даних, які знаходяться у таблиці 3 додатку 2. Номер варіанту визначається за номером залікової книжки, при цьому номери залікових книжок з 1 до 20 відповідають номеру варіанту безпосередньо, а починаючи з 21 номеру залікової книжки, потрібно підсумувати цифри 2 та 1. Тоді номер варіанту, що необхідно обрати, буде №3 (таким чином визначаються номери решти варіантів). За такою методикою обираються значення $N_{пч}$, λ , $T_{п.}$, γ , $K_{д.}$ та $K_{г.}$. Значення, починаючи з $T_{обс1}$ до $S_{бд.}$, обираються відповідно номеру по списку у журналі навчальної групи. Після виконання робота подається викладачеві для її перевірки. Після перевірки проводиться її захист.

Література:

1. Шаровар Ф.И. Автоматизированные системы управления и связь в пожарной охране. - М.: Радио и связь, 1989. - 296 с.
2. Чудинов В.Н., Козловский Г.Я. Связь в пожарной охране и основы электроники. - М.: Радио и связь, 1986. - 272 с.
3. Чуб І.А., Пустоваров В.Є., Винокуров Г.Е. та ін. Автоматизовані системи управління та зв'язок у сфері цивільного захисту. - Харків: АЦЗУ, 2005.- 240 с.
4. Настанова по службі зв'язку і АСУ пожежної охорони МВС України /Додаток до наказу МВС України № 755 від 09.06.1992 р. - 120 с.
5. Настанова із організації зв'язку та інформаційних систем в МНС України.

За наявності в місті сучасної охоронно-пожежної сигналізації, ЦУСЗ і ПЧ мають зв'язок по прямим лініям зв'язку та по лініям АТС з пультами централізованого спостереження (ПЦС). Сигнали прийняті на ПЦС від сумішених об'єктових приладів тривожної сигналізації, передаються на ЦУСЗ чи на пункт зв'язку пожежно-рятувальної частини.

Зв'язок на місці надзвичайної ситуації (НС) при організації оперативного штабу ліквідації НС на базі автомобіля зв'язку і освітлення (АЗО) здійснюється з використанням засобів радіо і проводового зв'язку. Для організації проводового зв'язку використовується комутатор оперативного зв'язку (КОЗ), до якого підключено телефонні апарати з тональним викликом керівника ліквідації НС (КЛНС) та начальників бойових дільниць (НБД). Для організації телефонного зв'язку КЛНС з диспетчером ЦУСЗ в комутаторі передбачено можливість підключення до телефонної мережі міста за допомогою районної АТС (РАТС).

Для здійснення гучномовного сповіщення на місці надзвичайної ситуації використовується підсилювач потужності (ПП), до якого підключено гучномовці на кожен бойову дільницю. При цьому КЛНС за допомогою виносного мікрофону (М) має можливість передачі циркулярної інформації на всі бойові дільниці.

Для організації радіозв'язку КЛНС з диспетчером ЦУСЗ і черговими вартами пожежно-рятувальних частин на АЗО встановлена пересувна радіостанція (РВ), а в пожежно-рятувальних частинах і на ЦУСЗ встановлюються стаціонарні радіостанції. Радіозв'язок КЛНС з НБД здійснюється за допомогою радіостанцій, що носять (РН).

2. Вибір та обґрунтування переліку технічних засобів для організації системи оперативного зв'язку.

Для організації системи оперативного зв'язку гарнізону МНС України використовуються технічні засоби проводового і радіозв'язку (Рис. 1).

2.1. Технічні засоби проводового та диспетчерського оперативного зв'язку.

Проводовий та диспетчерський оперативний зв'язок призначені відповідно для організації оперативного телефонного та гучномовного зв'язку і для оперативного управління силами та засобами МНС. Проводовий зв'язок забезпечує передачу повідомлень про надзвичайні ситуації від заявників на ЦУСЗ або пункт зв'язку частини (ПЗЧ). Диспетчерський оперативний зв'язок забезпечує оперативне встановлення виборчого й циркулярного зв'язку між керівником або відповідальним черговим по підрозділу (диспетчером) і виконавцем.

Для організації проводового та диспетчерського оперативного зв'язку використовуються такі технічні засоби: центральний пульт, групові пульти або станції, кінцеві абонентські прилади (телефонні апарати), підключені до групових пультів за допомогою абонентських ліній.

2.2. Технічні засоби радіозв'язку.

$$\text{Значить, } r_0 = 100 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot 10^{-3} \cdot 100,00037}{4\pi \cdot 10^{0,00127 - 1,6 \cdot 10^{-5}}}} = 22,47, \text{ м.}$$

За отриманим значенням r_0 та обраною висотою підвісу гучномовця h від земної поверхні за формулою (20) визначаємо відстань від гучномовця до найбільш віддаленої точки А по поверхні землі (рис.2):

$$l = \sqrt{(22,47)^2 - (7,5)^2} = 21,18, \text{ м.}$$

За допомогою рисунка 1 визначаємо кут нахилу акустичної вісі до горизонталі:

$$\alpha = \arcsin \frac{h}{r_0} = \arcsin \frac{7,5}{22,47} = 19,5^\circ.$$

За таблицею 2 додатку 1 визначаємо, що для вибраного типу гучномовця (100ГРД-1) ексцентриситет характеристики спрямованості гучномовця у вертикальній площині складає $e=0,77$.

За формулою (21) визначаємо довжину зони озвучення (велику вісь наземного еліпса):

$$a = 21,18 \cdot \frac{1 - (0,77)^2}{1 - (0,77)^2 \cdot \cos^2 19,5} = 18,22, \text{ м.}$$

За формулою (22) розраховуємо ширину зони озвучення (малу вісь наземного еліпса):

$$b = 18,22 \cdot \sqrt{\frac{(7,5)^2 + (1 - (0,77)^2) \cdot 21,18}{(7,5)^2 + (21,18)^2}} = 6,53, \text{ м.}$$

За отриманими значеннями «а» та «b» за формулою (23) визначаємо площу, яка має бути озвучена одним гучномовцем, що розміщується на бойовій дільниці:

$$S = \frac{\pi \cdot 18,22 \cdot 6,53}{4} = 93,44, \text{ м}^2.$$

Порівнюючи отриманий результат з площею бойової дільниці $S_{\text{бд}} = 350 \text{ м}^2$, приходимо до висновку, що для озвучення всієї бойової дільниці буде достатньо $n = S_{\text{бд}}/S = 350/93,44 = 3,7 \approx 4$ гучномовця 100ГРД-1 з номінальною потужністю 100 Вт.

За допомогою заданої інтенсивності вхідного потоку викликів λ , що надходять до мережі спецзв'язку, і часом обслуговування одного виклику диспетчером $T_{обс2}$, за формулою (14) визначаємо повне навантаження на всіх диспетчерів за зміну (24 години).

$$Y_d = 24 \cdot 0,32 \cdot 0,048 = 0,37 \text{ год-зайн.}$$

За формулою (15) розраховуємо допустиме навантаження на одного диспетчера за зміну з урахуванням коефіцієнта зайнятості диспетчера:

$$Y_{доп} = 0,56 \cdot 12 = 6,72, \text{ год-зайн.}$$

За формулою (16) визначаємо необхідне число диспетчерів у зміні для обслуговування викликів, що надходять по мережі спецзв'язку «112»:

$$n_d = \frac{0,37}{6,72} = 0,055.$$

Приймаємо одного диспетчера.

Таким чином за результатами розрахунку мережі спецзв'язку визначено, що необхідно мати 5 ліній зв'язку «112» та одного диспетчера.

Приклад вибору технічних засобів гучномовного зв'язку (ГМЗ) та розрахунку параметрів озвучення бойової ділянки на місці НС.

За формулою (17) визначаємо величину потрібного рівня звукового тиску, що забезпечить ефективний гучномовний зв'язок на місці НС:

$$N = 20 + 7 = 27 \text{ дБ.}$$

За таблицею 2 додатку 1 обираємо наступний тип гучномовця: 100ГРД-1.

За формулою (18) визначаємо електричну потужність, що підводиться до гучномовця:

$$P = 100 \cdot e^{\frac{0,22}{1000} \cdot (-0,115 \cdot 0,145)} = 100,00037 \text{ Вт.}$$

За формулою (19) розраховуємо відстань r_0 за акустичною віссю (рис.2), на яку розповсюджується дія гучномовця:

$$\beta = 10 \cdot \text{Lg}\left(\frac{100,00037}{100}\right) = 1,6 \cdot 10^{-5}, \text{ дБ.}$$

Радіозв'язок призначений для організації багатоканального двобічного радіотелефонного зв'язку між рухомими та нерухомими абонентами за допомогою ультракоротких хвиль (УКХ).

Для забезпечення радіозв'язку використовуються радіостанції, які діляться на стаціонарні, рухомі (автомобільні) і ті, що носять. Стаціонарні радіостанції встановлюються в чергових частинах ЦУСЗ, центральному пункті радіозв'язку (ЦПР), ПЗЧ і на окремих постах, а ті, що возять (автомобільні) – на основних і спеціальних пожежно-рятувальних автомобілях згідно табельної належності.

2.3. Технічні засоби телеграфного та факсимільного зв'язку.

Телеграфний зв'язок призначений для передачі дискретних (літерно-цифрових) повідомлень за допомогою проводових та радіоканалів.

Телеграфна апаратура складається з телеграфного апарату, призначеного для передачі та прийому телеграм, апаратури ущільнення та ліній зв'язку.

Факсимільний зв'язок призначений для передачі документальних повідомлень, наведених у вигляді літерно-цифрових, напівтонових та графічних зображень. Зв'язок здійснюється за допомогою проводових та радіоканалів. При використанні факсимільної апаратури для передачі інформації по радіоканалу можуть застосовуватись радіостанції УКХ діапазону, що встановлюються на рухомих об'єктах.

Факсимільна апаратура складається з ліній зв'язку та факсимільного апарату, призначеного для передачі та прийому зображень, документальних повідомлень, графічного і текстового матеріалів та ін.

2.3. Технічні засоби гучномовного зв'язку.

Гучномовний зв'язок призначений для передачі звукової інформації оперативного характеру з прийомом її безпосередньо на акустичні засоби ЦУСЗ (місцеве оповіщення), а також за допомогою проводових ліній зв'язку керівникам і спецслужбам міста (загальне оповіщення). Місцеве оповіщення використовується також і для передачі звукових повідомлень від КЛНС до НБД безпосередньо на місці надзвичайної ситуації.

Гучномовний зв'язок організується по схемі однієї дії за допомогою центрального ПП (або ПП, що укомплектовано на базі АЗО), пристроїв комутації, лінійних споруд і гучномовців.

2.4. Апаратура контрольного звукозапису.

Зміст інформації, що передається каналами зв'язку, реєструється за допомогою апаратури магнітного запису. Число магнітофонів, що встановлюються, залежить від кількості призначених для контролю каналів зв'язку. Для автоматичної фіксації часу ведення переговорів до кожного магнітофону підводиться центральна годинникова мережа або багатоканальний магнітофон з'єднується з персональним комп'ютером.

Зразковий перелік технічних засобів, які можливо використовувати для організації оперативного зв'язку гарнізону МНС України, наводиться в таблиці 1.

Якщо в гарнізоні МНС України, де курсант (студент) проходив стажування, а слухач обіймає посаду, для організації оперативного зв'язку використовується яка-небудь інша апаратура, то в РГР необхідно вказати її з приведенням повних тактико-технічних характеристик.

Таблиця 1 – Зразковий перелік засобів зв'язку.

Найменування обладнання	кількість	Примітка
Пульти оперативного зв'язку типу ПОС-90	1	Має 2 пульти управління; 90 ліній прямих абонентів та ін.
Станція оперативного зв'язку СОС-30М	11	коротка техн. характеристика.
Телефонний апарат	13	коротка техн. характеристика.
Багатоканальний магнітофон	12	коротка техн. характеристика.

3. Розрахунок пропускної спроможності мережі спецзв'язку «112».

3.1 Визначення сталості системи зв'язку яка містить N каналів.

Стійкість структури зв'язку, що складається з N каналів зв'язку (наприклад, з одного основного і декількох резервних каналів), в загальному вигляді розраховується за наступною формулою:

$$P_n(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i); \quad (1)$$

де $P_i = e^{-\gamma_i t}$ - імовірність безвідмовної роботи i-го каналу зв'язку;

γ - інтенсивність пошкодження каналу зв'язку, [1 /год.];

t - час роботи каналу зв'язку.

Імовірність безвідмовної роботи кожного каналу зв'язку P_i розраховується для часу роботи протягом місяця.

За результатами розрахунку сталості безвідмовної роботи системи потрібно визначити підвищення сталості у разі застосування резервного каналу зв'язку.

3.2 Оптимізація мережі спецзв'язку «112».

Оптимізація мережі спецзв'язку зводиться до знаходження такого числа N ліній зв'язку «112» і диспетчерів, при яких забезпечуються задана імовірність втрати виклику P_v й необхідна пропускна спроможність мережі спецзв'язку.

Таким чином, послідовно збільшуючи число ліній зв'язку від 1 до n, потрібно знайти таке число ліній зв'язку, при якому виконується умова $P_v \geq P_{в\text{ідм}n}$.

Навантаження, яке створюється в мережі спецзв'язку, може бути визначене за допомогою формули:

Отримане значення визначає число ліній, зайнятих розмовами, в режимі роботи мережі спецзв'язку, що встановився.

Таким чином, при режимі роботи мережі спецзв'язку, який встановився буде зайнята лише одна лінія зв'язку (точніше 0,2847 лінії зв'язку), інші будуть простоювати, тобто досягається високий рівень ефективності обслуговування $100 - 0,2847 = 99,72\%$ всіх викликів, що поступили.

За формулою (8) визначаємо коефіцієнт зайнятості ліній зв'язку:

$$K_3 = \frac{0,2847}{5} = 0,0569,$$

де N=5 - кількість ліній, що отримано при розрахунку.

За формулою (9) визначаємо середнє число вільних ліній зв'язку:

$$n_0 = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{y^k (n-k)}{k!} P_{05} = \left(\frac{0,2848^0 (5-0)}{0!} + \frac{0,2848^1 (5-1)}{1!} + \frac{0,2848^2 (5-2)}{2!} + \frac{0,2848^3 (5-3)}{3!} + \frac{0,2848^4 (5-4)}{4!} \right) \cdot 0,7758 = 4,86,$$

де k = 1,2,..; N=5 - число ліній зв'язку мережі.

За формулою (10) визначаємо коефіцієнт простою ліній спецзв'язку «112»:

$$K_n = \frac{4,86}{5} = 0,972.$$

За формулою (11) визначаємо фактичну пропускну здатність мережі спецзв'язку по лініях «112»:

$$q_{\phi} = (1 - P_{в\text{ідм}5}) \cdot K_{\Gamma} = (1 - 0,00001) \cdot 0,98 = 0,97999.$$

Тоді за формулою (12) визначаємо необхідну кількість ліній спецзв'язку з урахуванням надійності апаратури, що використовується:

$$n_{\phi} = \frac{5}{0,98} = 5,102.$$

Виходячи з заданих величин часу обслуговування та розмови, за формулою (13) визначаємо час зайнятості диспетчера обслуговуванням виклику, що надійшов:

$$T_{обс2} = 0,89 + 1,7 = 2,89 \text{ хв. або } 0,048 \text{ годин.}$$

$$P_{\text{відм-4}} = \frac{0,2848^4}{4!} \cdot 0,7522 = 0,00021.$$

Порівнюючи отримані значення $P_{\text{відм-4}}$ та задане значення ймовірності втрати виклику P_v , приходимо до висновку, що умова $P_{\text{відм-4}}=0,00021 \leq P_v=0,00013$ не виконується. Тому збільшуємо число ліній зв'язку до $n=5$. При цьому, ймовірність того, що п'ять ліній зв'язку будуть вільні:

$$P_{05} = \frac{1}{\frac{0,2848^0}{0!} + \frac{0,2848^1}{1!} + \frac{0,2848^2}{2!} + \frac{0,2848^3}{3!} + \frac{0,2848^4}{4!} + \frac{0,2848^5}{5!}} = 0,7758.$$

Ймовірність відмови при цьому визначається як:

$$P_{\text{відм-5}} = \frac{0,2848^5}{5!} \cdot 0,7758 = 0,00001.$$

Порівнюючи отримані значення $P_{\text{відм-5}}$ та задане значення ймовірності втрати виклику P_v , приходимо до висновку, що при п'яти лініях зв'язку умова $P_{\text{відм-5}} \leq P_v$ виконується, тобто $P_{\text{відм-5}}=0,00001 \leq P_v=0,00013$.

Після задоволення умови $P_{\text{відм-}n} \leq P_v$ за формулою (5) визначаємо відносну пропускну спроможність мережі спецзв'язку або ймовірність того, що виклик буде прийнято на обслуговування:

$$P_{\text{обс}} = 1 - P_{\text{відм-5}} = 1 - 0,00001 = 0,99999.$$

Отримане значення $P_{\text{обс}}$ показує відсоток обслуговування викликів, що надійшли по лініях зв'язку «112».

Таким чином, в режимі, що установився, в мережі спецзв'язку буде обслуговуватися 99,99% викликів, які надійдуть по лініях «112».

За формулою (6) визначаємо абсолютну пропускну спроможність мережі спецзв'язку (кількість розмов, що проводяться за хвилину):

$$\Lambda = 0,32 \cdot 0,99999 = 0,3199,$$

тобто мережа спецзв'язку здатна здійснювати в середньому 0,319 розмови за хвилину.

За формулою (7) визначаємо середнє значення числа зайнятих ліній зв'язку:

$$N_3 = y \cdot (1 - P_{\text{відм-5}}) = 0,2848 \cdot (1 - 0,00001) = 0,2847.$$

$$y = \lambda \cdot T_n, [\text{хв -зайн}]; \quad (2)$$

де λ – інтенсивність вхідного потоку викликів, що надійшли до мережі спецзв'язку за лініями «112», вик/хв.

T_n – середній час переговорів в мережі спецзв'язку за лініями «112», хв.

В загальному вигляді ймовірність того, що всі N ліній зв'язку вільні, визначається як:

$$P_{0n} = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{y^k}{k!}} \quad (3)$$

де k - послідовність цілих чисел, $k = 0, 1, 2, \dots, n$.

Ймовірність того, що всі n ліній зв'язку будуть зайняті (ймовірність відмови в обслуговуванні) визначається за формулою:

$$P_{\text{відм-}n} = \frac{Y^n}{n!} P_{0n} \quad (4)$$

Таким чином, розраховуючи $P_{\text{відм-}n}$, необхідно отримане значення порівняти з P_v , поки не буде досягнуто узгодження з поставленою умовою.

Після задоволення умови $P_{\text{відм-}n} \leq P_v$ визначається ймовірність того, що виклик буде прийнято на обслуговування (чи відносна пропускну здатність мережі спецзв'язку), користуючись наступною формулою:

$$P_{\text{обс}} = 1 - P_{\text{відм-}n}; \quad (5)$$

Отримане значення $P_{\text{обс}}$ показує відсоток обслуговування викликів, що надійшли по лініях зв'язку «112».

Абсолютна пропускну здатність мережі спецзв'язку (кількість розмов, що проводяться за хвилину) визначається наступним чином:

$$\Lambda = \lambda \cdot P_{\text{обс}}; \quad (6)$$

Середнє значення числа зайнятих ліній зв'язку при цьому можна визначити за допомогою формули:

$$N_3 = Y \cdot (1 - P_{\text{відм-}n}) \quad (7)$$

Отримане значення визначає число ліній, зайнятих розмовами, в режимі роботи мережі спецзв'язку, що встановився.

Тут необхідно дати оцінку ефективності обслуговування викликів, що надходять, виходячи з отриманих значень.

Коефіцієнт зайнятості ліній зв'язку визначається як

$$K_z = N_z/N ; \quad (8)$$

де N - кількість ліній, що отримано при розрахунку.

Середнє число вільних ліній зв'язку можна визначити як:

$$n_0 = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{Y^k (n-k)}{k!} P_{on} \quad (9)$$

де $k = 1, 2, \dots$; N - число ліній зв'язку мережі.

Коефіцієнт простою ліній спецзв'язку «112» визначається за формулою:

$$K_n = \frac{n_0}{N} ; \quad (10)$$

Для визначення фактичної пропускної здатності мережі спецзв'язку по лініям «112», з урахуванням коефіцієнта надійності апаратури, можна скористуватися виразом:

$$q_\phi = (1 - P_{відм n}) \cdot K_r ; \quad (11)$$

де K_r - коефіцієнт готовності апаратури.

Тоді необхідна кількість ліній спецзв'язку з урахуванням надійності апаратури, що використовується, визначається як:

$$N_\phi = N/K_r ; \quad (12)$$

При надходженні виклику на ЦУСЗ його обслуговуванням займається диспетчер. Виходячи з заданих величин часу обслуговування та розмови, можна визначити час зайнятості означеного диспетчера обслуговуванням виклику, що надійшов, як:

$$T_{обс2} = T_n + T_{обс1} ; \quad (13)$$

де T_n - задана величина часу однієї «чистої» розмови диспетчера з абонентом, що викликає (середній час переговорів в мережі спецзв'язку за лініями «112»);

$T_{обс1}$ - час зайнятості диспетчера обробкою прийнятого виклику (запис виклику, що надійшов, в журналі реєстрації та ін.), хв.

За заданою інтенсивністю вхідного потоку викликів λ , що надходять до мережі спецзв'язку, і часом обслуговування одного виклику диспетчером $T_{обс2}$,

$$P_{відм-1} = \frac{0,2848^1}{1!} \cdot 0,7783 = 0,2217 .$$

Порівнюючи отримані значення $P_{відм-1}$ та задане значення ймовірності втрати виклику P_v , приходимо до висновку, що умова $P_{відм-1}=0,2217 \leq P_v=0,00013$ не виконується. Тому збільшуємо число ліній зв'язку до $n=2$. При цьому, ймовірність того, що дві лінії зв'язку будуть вільні:

$$P_{02} = \frac{1}{\frac{0,2848^0}{0!} + \frac{0,2848^1}{1!} + \frac{0,2848^2}{2!}} = 0,7545 .$$

Ймовірність відмови при цьому визначається як:

$$P_{відм-2} = \frac{0,2848^2}{2!} \cdot 0,7545 = 0,0306 .$$

Порівнюючи отримані значення $P_{відм-2}$ та задане значення ймовірності втрати виклику P_v , приходимо до висновку, що умова $P_{відм-2}=0,0306 \leq P_v=0,00013$ не виконується. Тому збільшуємо число ліній зв'язку до $n=3$. При цьому, ймовірність того, що три лінії зв'язку будуть вільні:

$$P_{03} = \frac{1}{\frac{0,2848^0}{0!} + \frac{0,2848^1}{1!} + \frac{0,2848^2}{2!} + \frac{0,2848^3}{3!}} = 0,7523 .$$

Ймовірність відмови при цьому визначається як:

$$P_{відм-3} = \frac{0,2848^3}{3!} \cdot 0,7523 = 0,0029 .$$

Порівнюючи отримані значення $P_{відм-3}$ та задане значення ймовірності втрати виклику P_v , приходимо до висновку, що умова $P_{відм-3}=0,0029 \leq P_v=0,00013$ не виконується. Тому збільшуємо число ліній зв'язку до $n=4$. При цьому, ймовірність того, що чотири лінії зв'язку будуть вільні:

$$P_{04} = \frac{1}{\frac{0,2848^0}{0!} + \frac{0,2848^1}{1!} + \frac{0,2848^2}{2!} + \frac{0,2848^3}{3!} + \frac{0,2848^4}{4!}} = 0,7522 .$$

Ймовірність відмови при цьому визначається як:

Площу бойової дільниці $S_{\text{бд}}$, що задана, потрібно порівняти з тою, яку отримано у результаті розрахунку S . Із цього порівняння визначається кількість гучномовців, яка потрібна для озвучення всієї бойової дільниці на пожежі. Для вибору гучномовної установки враховується значення електричної потужності P , яке отримано при розрахунку за формулою (18).

Приклад розрахунку пропускнуої спроможності мережі спецзв'язку «112».

3.1 Визначення сталості системи зв'язку яка містить № каналів.

Визначаємо ймовірність безвідмовної роботи кожного каналу зв'язку P_1 для часу роботи протягом року:

$$P_1 = e^{-0,0000078 \cdot 365 \cdot 24} = 0,93 ;$$

$$P_2 = e^{-0,000007 \cdot 365 \cdot 24} = 0,94 .$$

За формулою (1) визначаємо стійкість системи зв'язку, що складається з двох каналів зв'язку:

$$P_2(t) = 1 - (1 - 0,93) \cdot (1 - 0,94) = 0,9958 .$$

Таким чином, в результаті резервування основного каналу зв'язку стійкість системи оперативного зв'язку, в цілому, підвищується на величину:
 $P_2(t) - P_1 = 0,9958 - 0,93 = 0,0658 .$

3.2 Оптимізація мережі спецзв'язку «112».

За формулою (2) визначаємо навантаження, яке створюється в мережі спецзв'язку:

$$y = 0,32 \cdot 0,89 = 0,2848 , \text{ хв.-зайн.}$$

Для випадку, коли $n=1$, за формулою (3) визначаємо ймовірність того, що одна лінія зв'язку буде вільна:

$$P_{01} = \frac{1}{\frac{0,2848^0}{0!} + \frac{0,2848^1}{1!}} = 0,7783 .$$

За формулою (4) визначаємо ймовірність того, що $n=1$ лінія зв'язку буде зайнята (ймовірність відмови в обслуговуванні):

визначається повне навантаження на всіх диспетчерів за зміну (24 години).

$$Y_d = 24 \cdot \lambda \cdot T_{\text{обс2}} [\text{год-зайн}] ; \quad (14)$$

де λ - інтенсивність надходження викликів, перерахована у вик/год;

$T_{\text{обс2}}$ - час зайнятості диспетчера у годинах.

Розраховується допустиме навантаження на одного диспетчера за зміну з урахуванням коефіцієнта зайнятості диспетчера

$$Y_{1\text{доп}} = K_d \cdot Y_{1\text{макс}} , [\text{год-зайн}] \quad (15)$$

де K_d - коефіцієнт зайнятості диспетчера;

$Y_{1\text{макс}}=12$ год-зайн - максимальне навантаження за зміну на одного диспетчера.

Отримавши значення допустимого навантаження на одного диспетчера за зміну, можна визначити необхідне число диспетчерів у зміні для обслуговування викликів, що надходять по мережі спецзв'язку «112»:

$$n_d = \frac{Y_d}{Y_{1\text{доп}}} \quad (16)$$

Після отримання результатів розрахунку потрібно зробити висновки щодо влаштування обраних технічних засобів зв'язку для організації оперативно-диспетчерського зв'язку гарнізону МНС України.

4. Вибір технічних засобів гучномовного зв'язку (ГМЗ) та розрахунок параметрів озвучення бойової дільниці на місці НС.

Для передачі команд та розпоряджень на бойові дільниці використовують гучномовну апаратуру. В цьому випадку слід приділяти особливу увагу вибору гучномовців та їх розміщенню на відкритих місцях. При ліквідації надзвичайної ситуації (наприклад, пожежі) мають місце шуми значного рівня. Щоб перекрити зазначені шуми, потрібні гучномовці великих електричних потужностей. Для забезпечення ефективного зв'язку на місці НС потрібно, щоб рівень звукового сигналу (звукового тиску) перевищував рівень шуму на 7...10 дБ. При цьому площа, яка підлягає озвученню одним гучномовцем, визначається за наступною методикою. А згідно з заданими значеннями рівня шуму на бойовій ділянці та площі бойової ділянки здійснюється відповідно розрахунок.

По-перше, визначається величина потрібного рівня звукового тиску, що забезпечить ефективний гучномовний зв'язок на місці НС:

$$N = N_{\text{ш}} + (7...10) \text{ дБ.} \quad (17)$$

де $N_{\text{ш}}$ - рівень шуму на місці НС, дБ.

Крім цього, якщо на місці НС є вітер й атмосферні опади, рівень звукового тиску N необхідно збільшити ще на 7...10 дБ. на кожні 100 метрів відстані від гучномовця до одержувача інформації. За таблицею 2 додатку 1 обирається тип гучномовця, визначаються його стандартний звуковий тиск $P_{ст}$ та номінальна електрична потужність $P_{ном}$. Для визначення величини електричної потужності гучномовця, який розміщується на місці НС, необхідно мати на увазі вплив затухання електричного сигналу в лінії. Електрична потужність, що підводиться до гучномовця та яка має бути не менше ніж $P_{ном}$ з урахуванням затухання в лінії, визначається за формулою:

$$P_{ном} = P e^{-\alpha z} \quad (18)$$

де α - коефіцієнт розповсюдження, який враховує затухання електричного сигналу у лінії зв'язку, Нп/м;

z - довжина лінії зв'язку (сюди враховується також і висота підвісу гучномовця), м.;

P - електрична потужність гучномовної установки, до якої підключається гучномовець. Якщо коефіцієнт α вимірюється у дБ/м, необхідно користуватись наступним співвідношенням 1дБ = 0,115Нп.

Розрахунок відстані r_0 за акустичною віссю (рис.2), на яку розповсюджується дія гучномовця, проводиться за формулою:

$$r_0 = P_{ном} P_{ст} \sqrt{\frac{3 \cdot 10^{-3} P}{4\pi \cdot 10^{0,01N-\beta}}} \quad (19)$$

$$\text{де } \beta = 10Lg\left(\frac{P}{P_{ном}}\right), \text{ дБ.}$$

За отриманим значенням r_0 та обраною висотою підвісу гучномовця h від земної поверхні можна визначити значення l – відстань від гучномовця до найбільш віддаленої точки А по поверхні землі (рис. 2).

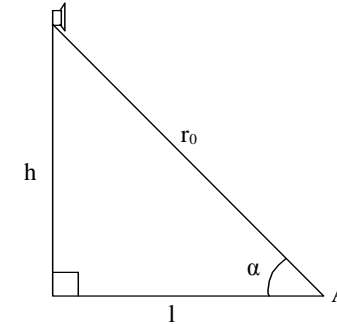


Рис. 2 - Параметри відстаней від гучномовця, що піднятий над землею.

$$l = \sqrt{r_0^2 - h^2} \quad (20)$$

де h – висота, на яку піднято гучномовець, м.

Довжина зони озвучення (велика вісь наземного еліпса) визначається за формулою:

$$a = l \frac{1 - c^2}{1 - c^2 \cos^2 \alpha} \quad (21)$$

де α - кут нахилу акустичної вісі до горизонталі (рис. 2);

c - ексцентриситет характеристики спрямованості гучномовця у вертикальній площині. Для ГР-1 дорівнює 0,94; для 10ГРД-5, 25ГРД-2, 100ГРД-6 та ін. складає 0,77 (таблиця 2, додаток 1).

$$\alpha = \arcsin \frac{h}{r_0} .$$

Розраховується ширина зони озвучення (мала вісь наземного еліпса):

$$b = a \sqrt{\frac{h^2 + (1 - c^2) l^2}{h^2 + l^2}} \quad (22)$$

За отриманими значеннями «а» та «b» визначається площа, яка має бути озвучена одним гучномовцем, що влаштовується на бойовій ділянці:

$$S = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{4} \quad (23)$$

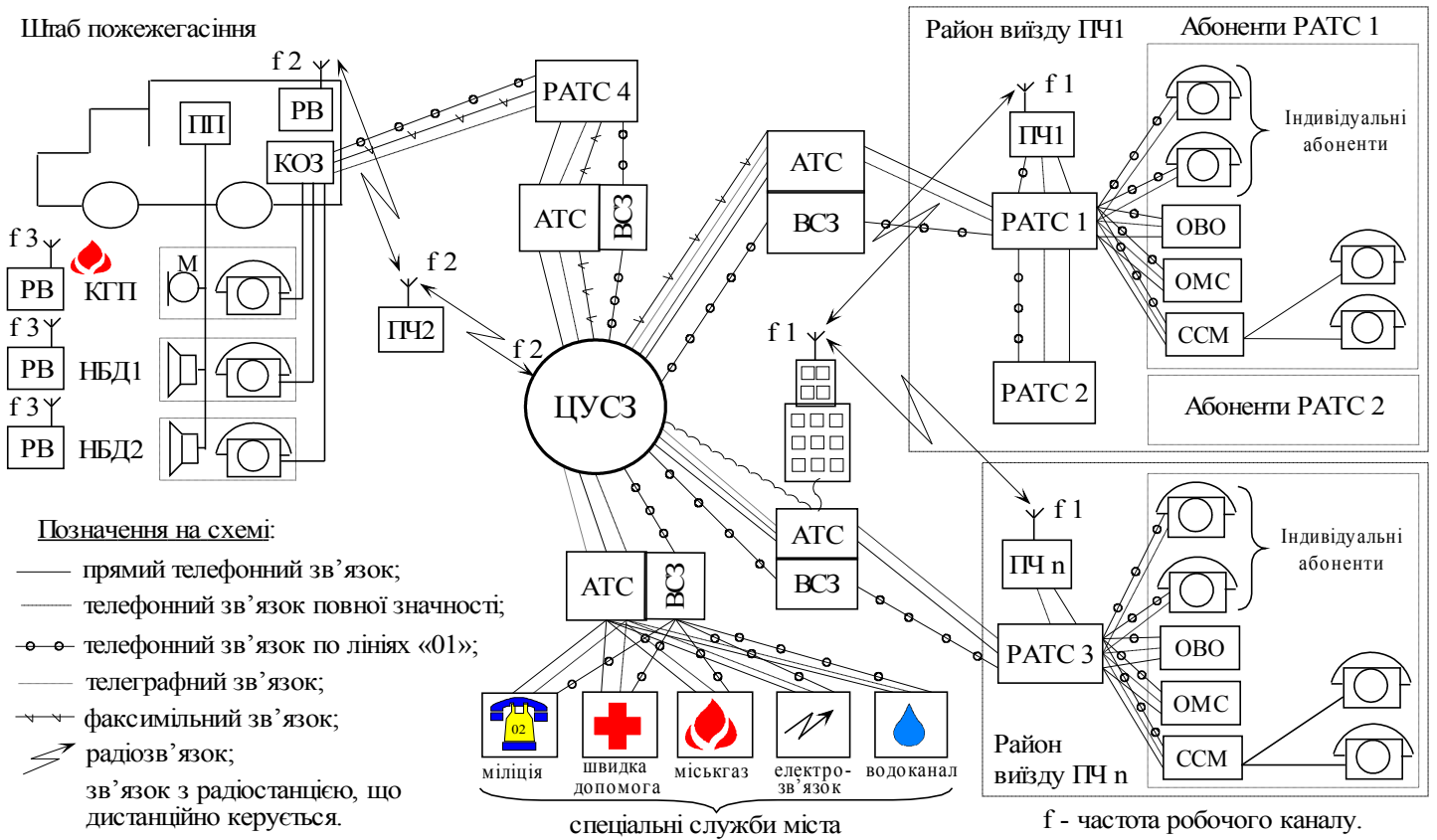


Рис. 1 – Структурна схема оперативного зв'язку гарнізону МНС України

Додаток 1

Таблиця 2 - Технічні характеристики гучномовців

Параметри гучномовців	Одиниця вимірювання	Тип гучномовця						
		ГР-1	10ГРД-5	25ГРД-2	50ГРД-8	100ГРД-1	10ГРД-6	25ГРД-5
Номінальна потужність	Вт.	1; 3; 5; 10	2,5; 5; 10	2,5; 6; 12,5; 25	12,5; 25; 50	25; 50; 100	3; 5; 10	6,25; 12,5; 25
Номінальна напруга живлення	В	30	30; 120; 240	30; 120; 240	30; 120; 240	30; 120; 240	30; 120; 240	30; 120; 240
Номінальний діапазон частот	Гц	500 ÷ 3500	500 ÷ 3550	200 ÷ 4000	200 ÷ 4000	200 ÷ 4000	500 ÷ 3550	500 ÷ 3550
Нерівноважність частотної характеристики	дБ	15	15	15	15	15	15	15
Стандартний звуковий тиск $P_{ст}$	н/м ²	1	1,5	0,8	0,7	1,5	1,5	1,5
Призначення гучномовця		Озвучення шахт та приміщень, в яких є вібрація та удари		Озвучення відкритих просторів та великих закритих приміщень			Озвучення цехів та відкритих просторів, де є пил та хімічно агресивне середовище	

Таблиця 3 – Вихідні дані

Варіант	Параметр													
	$N_{пч}$	λ , вик/хв	$T_{п}$, хв	γ_1 , 10^{-3} год $^{-1}$	γ_2 , 10^{-3} год $^{-1}$	K_d	K_r	$T_{обс1}$, хв	P_v	$N_{ш}$, дБ	α дБ/м	Z м	h м	$S_{об}$, м 2
1	9	0,11	1,3	0,9	0,58	0,8	0,89	1,43	0,0013	56	0,09	50	7,5	350
2	12	0,35	1,7	0,88	0,39	0,7	0,92	1,53	0,0011	75	0,12	235	25	999
3	10	0,23	1,2	0,95	0,82	0,56	0,94	1,23	0,0009	88	0,25	176	17	1500
4	8	0,31	1,5	0,89	0,73	0,64	0,85	1,29	0,0012	95	0,51	300	12	2000
5	15	0,51	0,9	0,99	0,69	0,74	0,93	1,12	0,00087	67	0,33	230	17	2500
6	13	0,26	0,8	0,85	0,76	0,58	0,91	1,09	0,0009	70	0,22	145	21	1600
7	15	0,36	0,9	0,87	0,82	0,68	0,9	1,97	0,00076	90	0,17	99	13	777
8	12	0,29	0,94	0,9	0,79	0,76	0,89	2,01	0,00088	105	0,45	180	20	3000
9	9	0,46	1,3	0,89	0,8	0,64	0,98	1,87	0,00065	60	0,4	123	16	2340
10	11	0,18	1,0	0,91	0,87	0,77	0,89	1,88	0,00077	109	0,6	100	25	2500
11	14	0,25	1,1	0,95	0,77	0,66	0,85	2,0	0,0011	77	0,23	78	16	1450
12	13	0,17	0,9	0,65	0,57	0,76	0,8	1,93	0,00056	80	0,7	113	23	899
13	10	0,32	0,89	0,78	0,7	0,56	0,98	1,7	0,00013	70	0,22	145	7,5	350
14	17	0,42	0,9	0,81	0,78	0,67	0,88	1,6	0,00086	90	0,17	99	25	999
15	11	0,46	1,3	0,89	0,57	0,76	0,8	1,8	0,00099	105	0,45	180	17	1500
16	12	0,29	0,94	0,9	0,77	0,66	0,85	1,45	0,0012	60	0,4	123	12	2000
17	9	0,46	0,8	0,85	0,76	0,58	0,91	1,65	0,00087	109	0,6	100	15	2500
18	13	0,26	0,8	0,85	0,79	0,76	0,89	1,76	0,0008	70	0,45	330	21	1600
19	17	0,42	0,9	0,81	0,82	0,68	0,9	1,23	0,00067	90	0,4	123	16	3000
20	10	0,32	0,89	0,78	0,82	0,56	0,94	1,42	0,0009	105	0,6	100	25	2340
21								0,75	0,00089	60	0,23	78	16	2500
22								0,81	0,00065	109	0,7	113	23	1450
23								1,4	0,00077	77	0,22	145	7,5	899
24								0,98	0,00088	80	0,17	99	25	350
25								1,76	0,001	105	0,45	180	17	999
26								1,58	0,00097	60	0,4	123	12	3000
27								1,43	0,00069	109	0,22	100	25	2340
28								1,2	0,00091	77	0,17	78	16	2500
29								1,17	0,00054	80	0,45	113	23	1450
30								0,84	0,00085	70	0,4	145	7,5	899
31								0,78	0,00065	90	0,6	99	25	350
32								1,56	0,00078	105	0,47	180	17	999
33								1,3	0,00059	60	0,33	123	12	1500