

**Кафедра організації та технічного забезпечення
аварійно-рятувальних робіт
Національного університету цивільного захисту України**

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ЗВ'ЯЗОК

**Методичні вказівки до виконання контрольної роботи
для здобувачів вищої освіти заочної форми навчання**

на тему:

«Розрахунок параметрів проводового оперативно-диспетчерського зв'язку і дальності дії мережі радіозв'язку для забезпечення оперативного управління підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України»

Харків 2018

**Кафедра організації та технічного забезпечення
аварійно-рятувальних робіт
Національного університету цивільного захисту України**

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ЗВ'ЯЗОК

**Методичні вказівки до виконання контрольної роботи
для здобувачів вищої освіти заочної форми навчання**

на тему:

«Розрахунок параметрів проводового оперативно-диспетчерського зв'язку і дальності дії мережі радіозв'язку для забезпечення оперативного управління підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України»

Харків 2018

Рекомендовано до друку кафедрою
організації та технічного забезпечення
аварійно-рятувальних робіт
НУЦЗ України
Протокол від 29 січня 2018 р. № 6

Укладачі: В.О. Собина, А.Б. Фещенко, О.В. Закора

Рецензенти: доктор технічних наук, академік Академії прикладної радіоелектроніки та Міжнародної академії зв'язку В.В. Поповський – завідуючий кафедрою інфокомунікаційної інженерії факультету інфокомунікацій Харківського національного університету радіоелектроніки;
доктор технічних наук, професор І.А. Чуб, начальник кафедри пожежної профілактики в населених пунктах факультету пожежної безпеки Національного університету цивільного захисту України.

Автоматизовані системи управління та зв'язок: методичні вказівки до виконання контрольної роботи на тему: «Розрахунок параметрів проводового оперативно-диспетчерського зв'язку і дальності дії мережі радіозв'язку для забезпечення оперативного управління підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України». Для здобувачів вищої освіти заочної форми навчання / Укладачі В.О. Собина, А.Б. Фещенко, О.В. Закора, Х.: НУЦЗУ. 2018. – 39 с.

У методичних вказівках до виконання контрольної роботи розглянуто методики розрахунку параметрів проводового оперативно-диспетчерського зв'язку і мережі радіозв'язку гарнізону ДСНС України; надано вхідні дані до розрахункових контрольних завдань; вимоги і рекомендації з розробки схеми проводового оперативно-диспетчерського зв'язку; вибір та обґрунтування переліку технічних засобів для організації системи оперативного зв'язку.

Завдання до розрахунку спрямовано на оптимізацію мережі телефонного спецзв'язку «101(112)» і оцінки її пропускну здатності, наведено приклади розрахунків параметрів оперативно-диспетчерського зв'язку та розрахунку дальності дії мережі радіозв'язку для забезпечення оперативного управління підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України.

Рівень викладення матеріалу дозволяє використовувати його у навчальному процесі для здобувачів вищої освіти заочної форми навчання, які навчаються в галузі знань 26 "Цивільна безпека", спеціальність - 263 "Цивільна безпека", спеціалізація – Цивільний захист.

ВСТУП

Методичні вказівки до виконання контрольної роботи спрямовані на систематизування та закріплення теоретичних і практичних знань та вмінь, отриманих здобувачі вищої освіти заочної форми навчання під час навчання і вивчення навчальної дисципліни "Автоматизовані системи управління та зв'язок".

Мета контрольної роботи:

1. Удосконалення знань з основ організації оперативно-диспетчерського зв'язку і мережі радіозв'язку для забезпечення оперативного управління підрозділами гарнізону ДСНС України.

2. Придбання умінь у проведенні оціночних розрахунків параметрів оперативно-диспетчерського зв'язку параметрів мережі радіозв'язку для конкретних умов розташування підрозділів ДСНС України на місцевості.

3. Придбання навичок самостійного застосування знань та вмінь при рішенні навчальних і службових задач та оформлення звітних матеріалів.

Зміст контрольної роботи складається з двох частин:

1. Розрахунок параметрів проводового оперативно-диспетчерського зв'язку

2. Розрахунок дальності дії мережі радіозв'язку.

Робота виконується здобувачами вищої освіти заочної форм навчання самостійно під керівництвом викладача-консультанта.

Для захисту контрольної роботи слухач повинен за місяць до початку сесії надати пояснювальну записку і креслення викладачу для перевірки і рецензування. Викладач розглядає надані матеріали, оцінює правильність розрахунків, обґрунтованість прийнятих рішень, повноту роботи і якість її виконання. За результатами перевірки виставляється загальна результуюча оцінка за контрольну роботу. При незадовільній оцінці слухач повинен переробити або повторно виконати роботу за іншим варіантом або надану.

Вимоги до оформлення контрольної роботи:

Контрольна робота виконується за індивідуальним завданням по варіантам.

Вихідні дані за номером варіанта до виконання та завдань контрольної роботи обирається з таблиць 1, 2, 3 Додатку 1, 2 за номером фамілії здобувача у списку в журналі навчальної групи.

Контрольна робота повинна містити наступне:

- титульний лист (Додаток 3);
- бланк виконання контрольної роботи (Додаток 4).

Контрольна робота оформлюється у вигляді заповнення бланку виконання контрольної роботи у окремому зошиті або на паперах формату А-4, в якому відображаються текстова і графічна частини (Додаток 4).

Текстова частина бланку виконання контрольної роботи включає пояснення проведених розрахунків і висновків по результатам розрахунків.

Графічна частина включає підсумкові таблиці за результатами розрахунків, графіки та схеми, за допомогою яких ці розрахунки проводились. В заключній частині повинні бути висновки з результатів розрахунків.

1 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОВОДОВОГО ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО ЗВ'ЯЗКУ ГАРНІЗОНУ ДСНС УКРАЇНИ

1.1 Вхідні дані до розрахункового контрольного завдання

Задано:

- гарнізон ДСНС України має оперативно-координаційний центр (ОКЦ) і $N_{ПЗ}$ пунктів зв'язку (ПЗ) пожежно-рятувальних частин (ПРЧ), що входять до складу оперативно диспетчерської служби;

- інтенсивність вхідного потоку викликів, що надходить у режимі надзвичайної ситуації по лініях мережі спецзв'язку «101(112)» - λ [1/хв];

- середній час розмов в мережі спецзв'язку по лініях «101(112)» - $T_{П}$ [хв];

- інтенсивність пошкодження каналів зв'язку - γ [1/год];

- коефіцієнт зайнятості диспетчера - $K_{д}$;

- коефіцієнт готовності апаратури - $K_{Г}$;

- час зайнятості диспетчера обробкою прийнятого виклику - $T_{обсл1}$ [хв];

- імовірність втрати виклику в мережі спецзв'язку по лініях «101(112)» -

$P_{В}$;

- максимальне навантаження за зміну на одного диспетчера -

Y_{1max} [год] (12 год. для усіх варіантів);

1.2 Вимоги до розрахунку:

Провести вибір технічних засобів зв'язку і управління і розробити структурну схему оперативно-диспетчерського зв'язку гарнізону ДСНС України.

Розрахувати пропускну спроможність мережі спецзв'язку, оптимізувати мережу спецзв'язку та визначити її стійкість.

Розрахувати параметри зони озвучення для забезпечення оповіщення і гучномовного управління.

Зробити висновки, в яких дати аналіз отриманих результатів.

Варіанти індивідуальних завдань надані у додатку № 1, де по варіантах у таблиці № 1 вказані значення заданих вихідних величин. Номер варіанту для здобувачі вищої освіти заочної форми навчання визначається згідно номеру у журналі навчальної групи.

1.3 Методика виконання розрахункового контрольного завдання №1

1.3.1 Розробка схеми проводового оперативно-диспетчерського зв'язку гарнізону ДСНС України і вибір технічних засобів

Структурна схема системи проводового оперативно-диспетчерського зв'язку гарнізону ДСНС України являє собою упорядковану сукупність органів управління, ліній і засобів проводового зв'язку, які призначені для управління діями підрозділів під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій і

повинні забезпечувати обмін службовою інформацією між підрозділами гарнізону, а також між зовнішніми абонентами міста.

При цьому, оперативно-координаційний центр (ОКЦ) гарнізону має розгалужену мережу ліній та каналів зв'язку, основні з яких забезпечують цілодобовий зв'язок з пунктами зв'язку (ПЗ) пожежно-рятувальних частин (ПРЧ), спеціальними службами міста (ССМ), особливо важливими об'єктами (ОВО), окремими об'єктами захисту.

Для підвищення надійності (живучості) зв'язку використовують декілька ліній, що дублюють зв'язок. Так, лінії зв'язку ОКЦ і ПЗ ПРЧ включають до себе некомутовані (прямі) телефонні лінії зв'язку, лінії автоматичної телефонної станції (АТС) повної значності, спеціального зв'язку по лініях «101(112)», факсимільний і телеграфний зв'язок.

Зв'язок ОКЦ і ССМ здійснюється за прямими некомутованими лініями зв'язку, за лініями АТС та за лініями спецзв'язку «101(112)» за допомогою вузла спецзв'язку (ВСЗ). Зв'язок ОКЦ з особливо важливими об'єктами здійснюється за прямими лініями зв'язку, за лініями АТС та за високочастотними (ВЧ) каналами. 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 сигналізації, що влаштована на об'єктах, що охороняються.

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

Зв'язок на місці події при організації оперативного штабу 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 підключені телефонні апарати з тональним викликом керівника з ліквідації події (КЛП) та начальників бойових дільниць (НБД). Для організації телефонного зв'язку КЛП з диспетчером ОКЦ в комутаторі передбачено можливість підключення до телефонної мережі міста за допомогою районної АТС (РАТС).

Для здійснення гучномовного оповіщення на місці події використовується підсилювач потужності (ПП), до якого підключені гучномовці на кожну бойову дільницю. При цьому КЛП за допомогою виносного мікрофону (М) має можливість передачі циркулярної інформації на всі бойові дільниці.

На рис. 1 наведено структурну схему проводового оперативно-диспетчерського зв'язку пожежно-рятувальної служби в гарнізоні ДСНС України. Зі схеми видно, що основу проводового оперативно-диспетчерського зв'язку складають лінії міської телефонної мережі (МТМ).

Передача повідомлень про надзвичайні події від заявників до оперативно-координаційного центру головного управління (ОКЦ ГУ) ДСНС України в об-

ласті ДСНС, пункту зв'язку пожежно-рятувальної частини (ПЗ ПРЧ) забезпечується наступним чином.

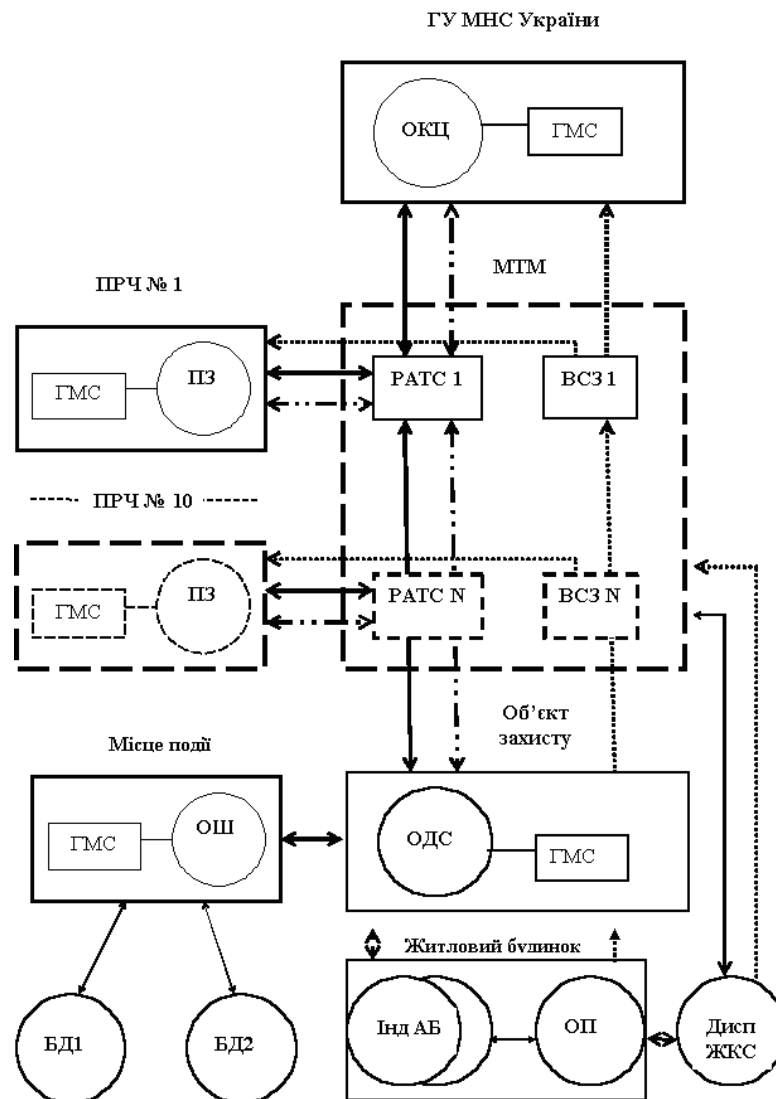


Рис. 1.1 – Структурна схема проводового оперативно-диспетчерського зв'язку гарнізону ДСНС України

Від окремих об'єктів захисту передача повідомлень про надзвичайні події здійснюється об'єктовою оперативно-диспетчерською службою (ОДС).

При цьому застосовуються:

- лінія прямого зв'язку ОДС з ПЗ найближчої ПРЧ. Ця лінія проходить через з'єднувальні плати найближчої районної автоматичної телефонної станції (РАТС);
- лінія спецзв'язку 101(112) з ОКЦ і ПЗ найближчої ПРЧ через найближчий районний вузол спецзв'язку 101(112);
- лінія пожежної сигналізації для зв'язку ОДС з ПЗ найближчої ПРЧ;
- лінія повної значності для зв'язку ОДС з ОКЦ і ПЗ найближчої ПРЧ, а також з іншими службами через комутатори районних АТС міста (РАТС).

Від житлових будинків передача повідомлень про надзвичайні події здійснюється:

- індивідуальними абонентами (Інд АБ), при цьому застосовуються лінія спецзв'язку 101(112) з ОКЦ і ПЗ найближчої ПРЧ через найближчий районний вузол спецзв'язку 101(112), або лінії повної значності для зв'язку з іншими службами через комутатори районних АТС міста (РАТС);

- охороною під'їздів (ОП), при цьому застосовуються лінія спецзв'язку 101(112) з ОКЦ і ПЗ найближчої ПРЧ через найближчий районний вузол спецзв'язку 101(112), або лінії повної значності для зв'язку з іншими службами через комутатори районних АТС міста (РАТС), крім того повинен бути застосований прямий зв'язок з диспетчером комунально-житлової служби;

- диспетчером житлово-комунальної служби (Диспетчер ЖКС), у якого повинні бути засоби диспетчерського зв'язку, такі самі як на окремому об'єкті захисту.

З моменту надходження інформації від заявника про виникнення надзвичайної ситуації починається процес оперативно-диспетчерського управління діями пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС.

Управління діями пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС забезпечується спеціальним комплектом оперативно-диспетчерського зв'язку, який у свій склад включає: центральний пульт, групові пульти або станції, кінцеві абонентські прилади (телефонні апарати), підключені до групових пультив за допомогою абонентських ліній.

При цьому оперативно-диспетчерське управління забезпечує усі види прямого зв'язку між взаємодіючими підрозділами: ОКЦ - ПЗ ПРЧ - об'єктова ОДС - оперативний штаб ліквідації надзвичайної події (ОШ) - начальники бойових дільниць (БД).

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

1.4.1 Технічні засоби проводового оперативно-диспетчерського зв'язку

Зразковий перелік технічних засобів, які можливо використовувати для організації оперативного зв'язку гарнізону ДСНС, наводиться в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Зразковий перелік засобів зв'язку

Найменування обладнання	Кількість	Призначення і ТТХ
Пульт оперативно-диспетчерського зв'язку НАБАТ	1	
Пульт оперативно-диспетчерського зв'язку РЕГІОН-120ХТ	1	
Багатофункціональний пульт МФП-4	N	

1.4.2 Технічні засоби гучномовного зв'язку

Гучномовний зв'язок призначений для передачі звукової інформації оперативного характеру, доповнює апаратуру оперативно-диспетчерського зв'язку.

Місцеве оповіщення здійснюється гучномовною системою (ГМС) на ОКЦ, ПЗ ПРЧ, зонах оповіщення окремих об'єктів, на бойових ділянках місць ліквідації надзвичайних подій.

Загальне оповіщення керівників і спецслужб міста здійснюється за допомогою проводових ліній зв'язку.

Гучномовний зв'язок зорганізується за схемою одnobічної дії за допомогою центрального підсилювача потужності (ПП), комплекту гучномовців (ГМ), сигнальних кабелів і пристроїв комутації.

1.4.3 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.

1.5 Розрахунок параметрів оперативно-диспетчерського зв'язку

1.5.1 Оптимізація мережі телефонного спецзв'язку «101(112)»

Оптимізація мережі спецзв'язку зводиться до знаходження такого числа n ліній зв'язку «101(112)» і диспетчерів, при яких забезпечується виконання умови, такої що імовірність втрати виклику $P_{вдм\ n}$ не перевищить заданого рівня P_B . При цьому забезпечується 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 $P_{вдм\ n} \leq P_B$.

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

$$y = \lambda T_{п}; \quad (1.1)$$

де λ – інтенсивність вхідного потоку викликів, що надходить до мережі спецзв'язку за лініями «01(112)», $1/\text{хв}$.

$T_{п}$ – середній час переговорів в мережі спецзв'язку за лініями «101(112)», хв.

В загальному вигляді імовірність того, що всі n ліній зв'язку вільні, визначається як:

$$P_{0n} = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{y^k}{k!}} \quad (1.2)$$

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

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

$$P_{вдм\ n} = \frac{y^n}{n!} P_{0n} \quad (1.3)$$

Таким чином, розраховуючи $P_{вдм\ n}$, необхідно отримане значення порівняти з P_B , поки не буде досягнуто узгодження з поставленою умовою.

Після задоволення умови $P_{вдм\ n} \leq P_B$ визначається імовірність того, що виклик буде прийнято на обслуговування (чи відносна пропускна здатність мережі спецзв'язку), користуючись наступною формулою:

$$P_{обс} = 1 - P_{вдм\ n}; \quad (1.4)$$

Отримане значення $P_{обс}$ показує відсоток обслуговування викликів, що надійшли по лініях зв'язку «101(112)».

1.5.2 Розрахунок пропускної спроможності мережі телефонного спецзв'язку «101(112)»

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

$$A = \lambda P_{обс}; \quad (1.5)$$

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

$$n_3 = y P_{обс} \quad (1.6)$$

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

$$K_3 = n_3/n, \quad (1.7)$$

де n - кількість ліній, що отримано при розрахунку.
Середнє число вільних ліній зв'язку можна визначити як:

$$n_0 = n - n_3, \quad (1.8)$$

Коефіцієнт простою ліній спецзв'язку «101(112)» визначається за формулою:

$$K_n = \frac{n_0}{n}. \quad (1.9)$$

Для визначення фактичної пропускної здатності мережі спецзв'язку по лініям «101(112)», з урахуванням коефіцієнта надійності апаратури, можна скористуватися виразом:

$$A_\phi = AK_r; \quad (1.10)$$

де K_r - коефіцієнт готовності апаратури.

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

$$n_\phi = n/K_r \quad (1.11)$$

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

$$T_{обсд} = T_n + T_{обс1}; \quad (1.12)$$

де T_n - задана величина часу однієї «чистої» розмови диспетчера з абонентом, що викликає (середній час переговорів в мережі спецзв'язку за лініями «101(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 $T_{обсд}$ визначається повне навантаження на всіх диспетчерів за зміну (за добу).

$$Y_D = 24\lambda T_{обсд} [\text{год}]; \quad (1.13)$$

де λ - інтенсивність надходження викликів, вик/хв;

$T_{обсд}$ - час зайнятості диспетчера, хв.

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

$$Y_{1доп} = K_D Y_{1макс} [\text{год}]; \quad (1.14)$$

де K_D - коефіцієнт зайнятості диспетчера;

$Y_{1макс} = 12 \text{ год}$ - 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 «01(112)»:

$$n_D = \frac{Y_D}{Y_{1доп}} \quad (1.15)$$

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

1.6 Приклад розрахунків параметрів оперативно-диспетчерського зв'язку

Задано:

- кількість пожежно-рятувальних частин в гарнізоні: $N_{прч} = 10$;
- інтенсивність вхідного потоку викликів, що надходить у режимі надзвичайної ситуації по лініях мережі спецзв'язку «101(112)»: $\lambda = 0.32 [1/\text{хв}]$;
- середній час розмов по лініях мережі спецзв'язку «101(112)»: $T_{п} = 0.85 [\text{хв}]$;
- коефіцієнт зайнятості диспетчера: $K_D = 0,75$;
- коефіцієнт готовності апаратури зв'язку: $K_G = 0,985$;
- час зайнятості диспетчера обробкою прийнятого виклику: $T_{обсл1} = 1.5 [\text{хв}]$;
- імовірність втрати виклику в мережі спецзв'язку по лініях «101(112)»: $P_B = 0.0015$;

- максимальне навантаження за зміну на одного диспетчера:
 $Y_{1\text{макс}} = 12$ [год];

Вимагається:

Розрахувати пропускну спроможність мережі спецзв'язку, оптимізувати мережу спецзв'язку та визначити її стійкість.

Розрахувати параметри зони озвучення для забезпечення оповіщення і гучномовного управління.

1.6.1 Розрахунок оптимізації мережі спецзв'язку «101(112)»

За формулою (1.1) визначаємо відносне навантаження, яке створюється в мережі спецзв'язку:

$$y = 0.32 * 0.85 = 0.272$$

Далі проводимо розрахунки для P_{0n} і $P_{вдм\ n}$ за формулами (1.2, 1.3). Отримані значення вносимо у таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Розрахункові значення P_{0n} і $P_{вдм\ n}$

n	0	1	2	3	4	5
$y = 0.272$						
$\frac{y^n}{n!}$	1	0.272	0.037	0.0034	0.0002	0.0000
$\sum_{k=0}^n \frac{y^k}{k!}$	1	1.272	1.309	1.3123	1.3126	1.3126
P_{0n}	1	0.7862	0.7639	0.7620	0.7619	0.7619
$P_{вдм\ n}$	1	0.2138	0.0283	0.0026	0.0002	0,0000
$P_{вдм\ 4} < P_B = 0.0015$						

Порівнюючи отримані значення $P_{вдм.4}$ та задане значення ймовірності втрати виклику P_B , приходимо к висновку, що при чотирьох лініях зв'язку умова $P_{вдм.4} \leq P_B$ виконується, тобто $P_{вдм.4} = 0.0002 < P_B = 0.0015$.

Після задоволення умови $P_{вдм\ n} \leq P_B$ за формулою (1.4) визначаємо відносну пропускну спроможність мережі спецзв'язку або ймовірність того, що виклик буде прийнято на обслуговування:

$$P_{обс} = 1 - P_{вдм\ 4} = 1 - 0.0002 = 0.9998$$

Отримане значення $P_{обс}$ показує відсоток обслуговування викликів, що надійшли по лініях зв'язку «101(112)».

Таким чином, в режимі, що установився, в мережі спецзв'язку буде обслуговуватися майже 100 % викликів, які надійдуть по лініях «101(112)».

1.6.2 Розрахунок пропускної спроможності мережі телефонного спецзв'язку «101(112)»

За формулою (1.5) визначаємо абсолютну пропускну спроможність мережі спецзв'язку (кількість розмов, що проводяться за хвилину):

$$\Lambda = 0.32 * 0.9998 = 0.3199 \approx 0.32 [1/хв]$$

Тобто мережа спецзв'язку здатна обслуговувати в середньому 0,32 виклики за хвилину. Інакше обслуговувати усі виклики з інтенсивністю 1 виклик в інтервалі 3-х хвилин.

За формулою (1.6) визначаємо середнє значення числа зайнятих ліній зв'язку:

$$n_3 = y * (1 - P_{вдм4}) = 0.272 * (1 - 0.0002) = 0.2719 \approx 0.272$$

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

Таким чином, у режимі роботи мережі спецзв'язку, який встановився, у будь-який час буде зайнято не більше ніж одна лінія зв'язку (точніше 0,272 лінія зв'язку), інші будуть у стані готовності до обслуговування викликів. Досягається високий рівень ефективності обслуговування всіх викликів, що поступили.

За формулою (1.7) визначаємо коефіцієнт зайнятості ліній зв'язку:

$$K_3 = 0.272 / 4 = 0.0680$$

де $n=4$ - кількість ліній, що отримано при розрахунку.

За формулою (1.8) визначаємо середнє число вільних ліній зв'язку:

$$n_0 = 4 - 0.272 = 3.728$$

За формулою (1.9) визначаємо коефіцієнт простою ліній спецзв'язку «01(112)»:

$$K_{\Pi} = 3.728 / 4 = 0.932$$

За формулою (1.10) визначаємо фактичну пропускну здатність мережі спецзв'язку по лініях «01(112)»:

$$\Lambda_{\Phi} = \Lambda * K_{\Gamma} = 0.32 * 0.985 = 0.32 * 0.985 \approx 0.315 [1/хв]$$

Тобто, фактична пропускну здатність значною мірою визначається коефіцієнтом готовності K_{Γ} засобів зв'язку.

Тоді за формулою (1.11) визначаємо необхідну кількість ліній спецзв'язку з урахуванням надійності апаратури, що використовується:

$$n_{\Phi} = 4/0.985 = 4.061$$

Виходячи з заданих величин часу обслуговування та розмови, за формулою (1.12) визначаємо час зайнятості диспетчера обслуговуванням виклику, що надійшов:

$$T_{\text{обсД}} = 0.85 + 1.5 = 2.35 \text{ [хв].}$$

За допомогою заданої інтенсивності вхідного потоку викликів λ , що надходять до мережі спецзв'язку, і часом обслуговування одного виклику диспетчером $T_{\text{обсД}}$, за формулою (1.13) визначаємо повне навантаження на всіх диспетчерів за зміну (24 години).

$$Y_{\text{Д}} = 24 * 0.32 * 2.35 = 18.05 \text{ [год].}$$

За формулою (1.14) розраховуємо допустиме навантаження на одного диспетчера за зміну з урахуванням коефіцієнта зайнятості диспетчера:

$$Y_{1\text{доп}} = 0.75 * 12 = 9 \text{ [год].}$$

За формулою (1.15) визначаємо необхідне число диспетчерів у зміні для обслуговування викликів, що надходять по мережі спецзв'язку «01»:

$$n_{\text{Д}} = 18.05/9 = 2 \text{ дисп.}$$

Приймаємо 2 диспетчера.

Таким чином за результатами розрахунку мережі спецзв'язку визначили, що необхідно мати 4 лінії зв'язку «101(112)» та два диспетчера.

Узагальнені дані розрахунків вносимо у таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Узагальнені дані параметрів оперативно-диспетчерського зв'язку

Вхідні дані								
N	λ	$T_{\text{п}}$	γ_1	γ_2	$K_{\text{Д}}$	$K_{\text{Г}}$	$T_{\text{обс1}}$	$P_{\text{В}}$
10	0.32	0.85	0.0017	0.0015	0.75	0.985	1.5	0.0015
Вихідні дані								
y	n	P_{04}	$P_{\text{вдм4}}$	L	n_3	n_0	K_3	$K_{\text{Д}}$
0.272	4	0.7619	0.0002	0.32	0.272	3.728	0.068	0.932
L_{Φ}	n_{Φ}	$T_{\text{обсД}}$	$Y_{\text{Д}}$	$Y_{1\text{доп}}$	$Y_{1\text{макс}} = 12 \text{ год. за добу}$			
0.315	4.06	2.35	18.05	9	$n_{\text{Д}} = 2$			

2 РОЗРАХУНОК ДАЛЬНОСТІ ДІЇ МЕРЕЖІ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ ОРС ЦЗ ГАРНІЗОНУ ДСНС УКРАЇНИ

На основі вихідних даних виконати:

1. Розрахунок дальності дії радіозв'язку;
2. Визначити максимально можливе перевищення висот на трасі радіозв'язку між заданими пунктами;
3. Визначити мінімальну потужність передавальної радіостанції для забезпечення радіозв'язку між заданими пунктами;
4. Визначити мінімальну висоту підйому антени приймальної радіостанції для забезпечення радіозв'язку між заданими пунктами;
5. Зробити висновки, в яких дати аналіз отриманих результатів.
6. Обов'язково привести фрагменти графіків, за допомогою яких визначається та, чи інша розрахункова величина.

Рекомендований алгоритм виконання розрахунково-графічного контрольного завдання:

1. З'ясувати завдання на розрахунково-графічну роботу.
2. Провести попередні розрахунки параметрів радіозв'язку.
3. Визначити довжину траси радіозв'язку, побудувати трикутник максимального перевищення висот точок місцевості між пунктами радіозв'язку.
4. Визначити максимальне перевищення висот точок місцевості відносно траси радіозв'язку.
5. Визначити послаблення сигналу за рахунок рельєфу.
6. Провести остаточні розрахунки параметрів радіозв'язку.
7. Зробити висновки. У висновках дати всебічний аналіз отриманих результатів, дати також порівняльну оцінку результатів розрахунків, отриманих графічним методом і за формулою Введенського.

До початку виконання розрахунків слід ретельно ознайомитися з основами теорії радіозв'язку і методикою розрахунків, які надані у довідковому матеріалі. Методика розрахунків пояснюється конкретним прикладом.

2.1 Методика виконання розрахунково-графічного контрольного завдання №2

2.1.1 Урахування умов розповсюдження радіохвиль.

Радіозв'язок у підрозділах ДСНС України організується в основному на ультракоротких хвилях за допомогою радіостанцій, які працюють у діапазонах 148...149МГц (діапазон А), 172...173МГц (діапазон В) та 412...423МГц (діапазон С).

При організації оперативного радіозв'язку в гарнізоні ДСНС одним з основних параметрів є дальність.

Параметр "дальність радіозв'язку", як правило, надається у характеристиках радіостанцій. Для стаціонарних і мобільних радіостанцій, які випускаються в наш час, дальність зв'язку лежить у межах 10...30 км, а для тих, що носяться, у межах 1...3 км. Однак приведені значення умовної і реальної дальності радіозв'язку визначаються стосовно до кожного конкретного випадку. Дійсно, дальність радіозв'язку залежить не тільки від електричних параметрів радіостанції, але і від умов, у яких організується радіозв'язок (характер місцевості, висота установки антен і т.д.).

На розповсюдження радіохвиль мають вплив багато різних факторів: погодні умови, характер місцевості, тобто її рельєф, наявність природних або штучних перешкод, і, нарешті, особливості розміщення і побудови антенних пристроїв. Переважний вплив того, чи іншого фактору при рівних вихідних умовах в значній мірі визначається діапазоном радіохвиль, у якому організується радіозв'язок.

Для ультракороткохвильового діапазону, у якому організується радіозв'язок пожежної охорони, потрібно, перш за усе, враховувати умови місцевості: рельєф, поверхню, що підстилає, наявність перешкод тощо. З урахуванням місцевості визначається потрібна висота підняття антен радіостанцій для забезпечення потрібної дальності дії каналу радіозв'язку.

При наявності прямої видимості між передавальною і приймальною антенами для розрахунку напруженості поля E_m (мкВ/м) користуються формулою Введенського

$$E_m = \frac{4\pi\sqrt{60}P_\Sigma G}{\lambda D^2} h_1 h_2, \quad (2.1)$$

де P_Σ - потужність випромінювання передавальної радіостанції, Вт;
 G - коефіцієнт спрямованої дії (підсилення) передавальної антени по потужності, разів;

λ - довжина хвилі, м;

D - довжина лінії радіозв'язку, км;

h_1, h_2 - висоти підняття передавальної і приймальної антен відповідно, м.

Відомо, що радіозв'язок можливий у межах дальності прямої видимості. Дальність дії каналу радіозв'язку обмежується дальністю прямої видимості, яка визначається за формулою:

$$D_{н.в.} = 4,12(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}), \quad (2.2)$$

де $D_{н.в.}$ - дальність прямої видимості, км,

h_1, h_2 - висота над рівнем моря передаючої та приймальної антен відповідно, м.

Ця дальність може суттєво скорочуватися за умовами розповсюдження радіохвиль (місцевості) та енергетичними можливостями радіостанцій. Але для визначення можливості забезпечення радіозв'язку між двома пунктами місцевості треба спочатку переконатися, що відстань між ними не перевищує дальність прямої видимості.

Якщо ця відстань перевищує дальність прямої видимості, то треба збільшити висоти підйому антен.

Якщо ця відстань знаходиться у межах дальності прямої видимості, то треба переходити до вивчення профілю рельєфу і виявлення перешкод на трасі радіозв'язку.

2.2 Порядок вивчення рельєфу місцевості та побудова його профілю за допомогою топографічних карт.

Профіль рельєфу будується за допомогою горизонталей на окремому папері. Вивчення профілю дає можливість виявити природні та штучні перешкоди на трасі радіозв'язку, абсолютні та відносні перевищення точок місцевості, а також антен радіостанцій на трасі радіозв'язку.

Ці дані застосовуються для розрахунку реальної дальності дії радіозв'язку з урахуванням енергетичних можливостей радіостанцій.

Для більшості оціночних розрахунків обмежуються побудовою трикутника профілю рельєфу для трьох основних точок місцевості, таких як: місця розташування ОДС ОКЦ (ЦПЗ) і ПЗЧ та найвища точка місцевості на трасі радіозв'язку між цими пунктами.

2.3 Розрахунок дальності дії радіозв'язку графічним методом.

Дальність радіозв'язку визначається виходячи з величини необхідної напруженості електричного поля корисного сигналу на вході антени (у точці прийому) E_m , при якій забезпечується надійність і висока якість радіозв'язку. Напруженості електричного поля корисного сигналу і завади вимірюється у мкВ/м. Для забезпечення впевненого зв'язку напруженість для корисного сигналу E_{min} повинна перевищувати напруженість поля завади E_3 у точці прийому у певне число разів N , що визначається технічними характеристиками радіозасобів і задачами, які вирішуються застосуванням цих засобів. Потрібне відношення звичайно задається у дБ. Так для радіостанцій, які застосовуються у пожежній охороні, необхідне перевищення по напруженості E_{min} складає $= 20$ дБ, тобто:

$$N(\text{дБ}) = 20 \lg \frac{E_{\min}}{E_3} = 20 \text{дБ} \quad (2.3)$$

що еквівалентно перевищенню напруженості поля корисного сигналу в точці прийому над полем завади у $N= 10$ разів.

Для розрахунку дальності радіозв'язку з нерухомими та рухомими об'єктами (пожежними частинами, пожежними автомобілями) у діапазоні дециметрових хвиль графічним методом користуються графіками, наведені на рис. 2.1.

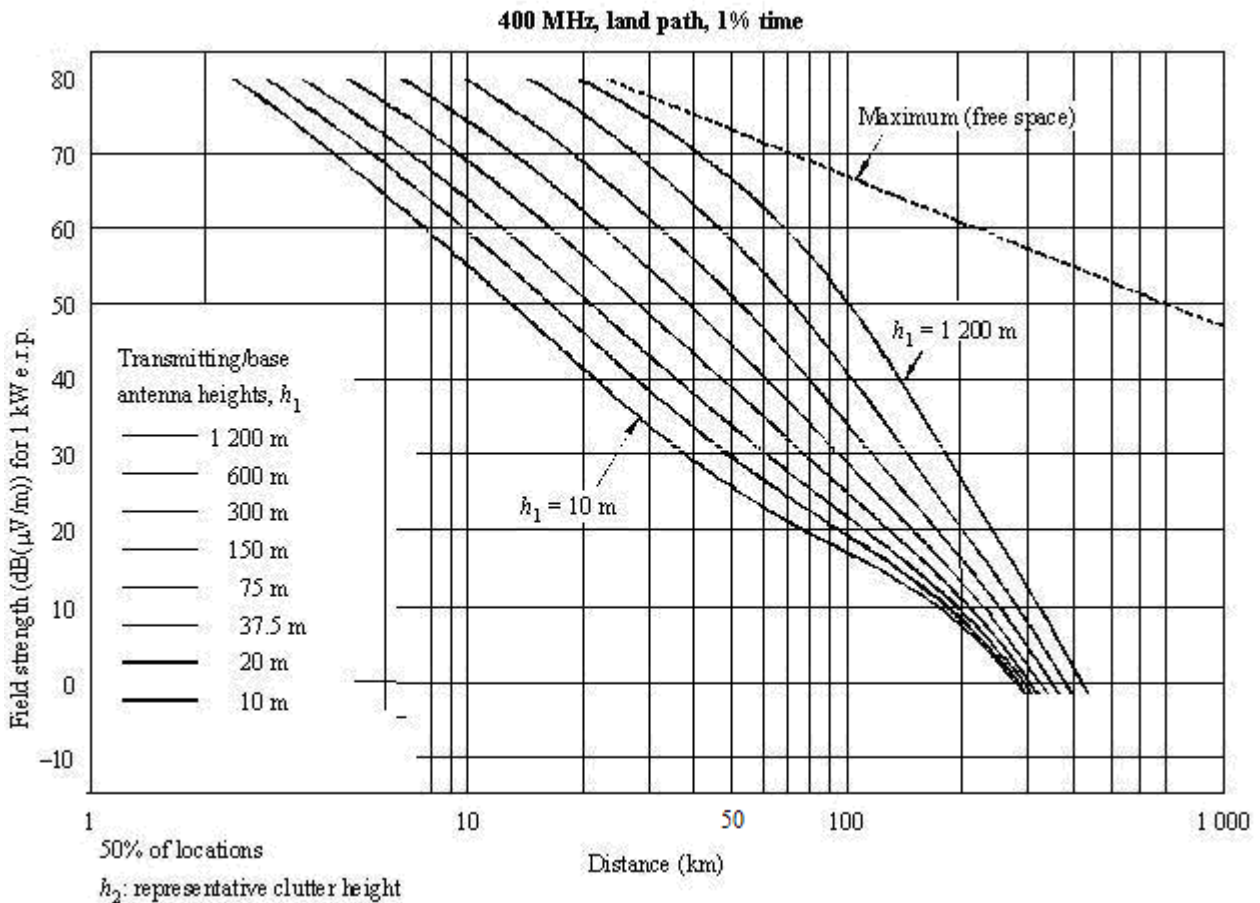


Рис. 2.1 – Залежності напруженості поля від відстані до випромінюючої антени та різних значень висот h_1

На графіках наведена залежність усереднених значень амплітуди напруженості електричного поля E_m (дБ/мкВ/м) від дальності радіоліній D (км) для різних значень висоти підйому над рівнем місцевості антени стаціонарної (центральної) радіостанції ($h_1 = 10, 20, \dots, 1200$ м) при фіксованій висоті антени мобільної станції h_2 . Розроблені криві містять окремі прогнози для сухопутних і морських трас розповсюдження радіохвиль (РРХ) для випадку використання ненапрявленої (ізотропної) антени передавача ($G = 0$ дБ), потужність якого дорівнює 1000 Вт. Криві дають оцінки значень E_m , що можуть перевищуватися протягом 1, 10 або 50% часу для діапазонів частот (30 – 300), (300 – 1000) і (1000 – 3000) МГц для певних умов та обмежень:

- забезпечується перевищення значення напруженості у 50% місць у межах області 200 на 200 м.;

- для заданої ефективної висоти стаціонарної антени h_1 (від 10 до 1200 м), яка визначається як висота антени над середньою висотою місцевості на інтервалі дальності від 3 до 15 км у напрямі на прийомну/мобільну антену;

- висота прийомної/мобільної антени h_2 дорівнює характерній висоті поверхні землі навколо прийомної/мобільної антени (звичайно 10 м.).

Статистичні значення напруженості обмежені максимальною теоретично обґрунтованою величиною (верхній графік), яка відповідає напруженості поля для умов розповсюдження радіохвиль у вільному просторі (у космосі).

Природно, дані криві охоплюють не всі практичні випадки проведення розрахунків. Для уточнення результатів розрахунків залежно від тих або інших чинників рекомендації МСЕ передбачають ряд поправок.

Для розрахунку дальності графічним методом використовується рівність:

$$E_m = E_{min} - B_M - B_{h2} + B_{ocл} + \beta_1 l_1 + \beta_2 l_2 - G_1 - G_2 + \Delta E, \quad (2.4)$$

де E_m – напруженість поля в точці прийому, визначена для відповідних умов за допомогою графіків, дБ/мкВ/м;

E_{min} – мінімальна для приймача напруженість поля корисного сигналу (чутливість), діюче значення, дБ/мкВ/м;

B_M – поправочний коефіцієнт, якщо потужність передавача відрізняється від 1000 Вт;

$B_{h2} = [3,2 + 6,2 \cdot \lg(f)] \cdot \lg(h_2''/10)$ – поправочний коефіцієнт на висоту прийомної антени над рівнем моря h_2'' , дБ;

$B_{ocл}$ – коефіцієнт, що залежить від нерівності рельєфу, дБ;

β_1, β_2 – питомі коефіцієнти, що враховують загасання сигналу у фідерних трактах передавача та приймача, дБ/м;

l_1, l_2 – довжина фідерних ліній передавача та приймача, м;

G_1, G_2 – коефіцієнти підсилення сигналу антенами передавача та приймача, дБ;

$\Delta E = 3$ дБ – величина, яка враховує перерахунок амплітудного значення напруженості поля у діюче значення;

f – частота сигналу, МГц;

h_2 – висота прийомної антени над рівнем моря, м.

Графіки (криві) видаються Міжнародним союзом електрозв'язку (МСЕ) – спеціалізованою установою ООН, яка забезпечує координацію між різними державами питань спільного використання радіочастотного ресурсу, і виробляються на основі опрацювання великого статистичного матеріалу.

Якщо потужність передавача відрізняється від 1000 Вт, то вводиться поправка B_M , яка визначається за графіком на рис. 2.

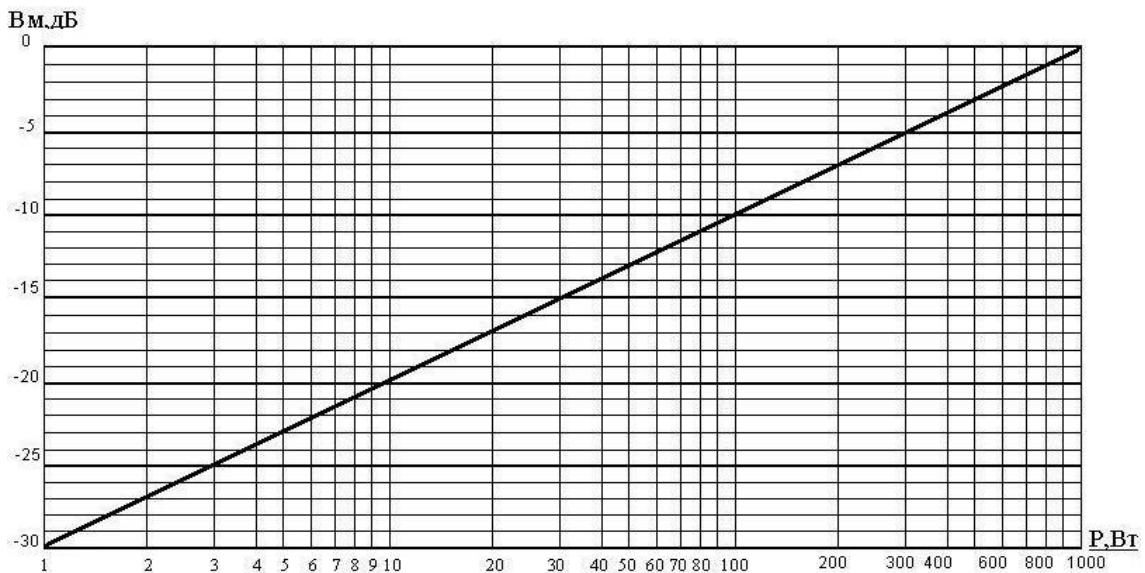


Рис. 2.2 – Величина поправочного коефіцієнта V_m , якщо потужність передавача відрізняється від 1000 Вт

Мінімальні значення напруженості поля корисного сигналу E_{min} , при яких забезпечується надійність і висока якість радіозв'язку, визначаються для різних діапазонів частот величинами, приведеними у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Мінімальні значення напруженості поля корисного сигналу E_{min} для різних діапазонів частот

Діапазон частот МГц	Мінімальне значення напруженості поля корисного сигналу E_{min}	
	дБ/мкВ/м	мкВ/м
30...50	8	2,5
100...200	20	10
300...350	25	18
350...450	30	32

Звичайно вважається, що розповсюдження радіохвиль здійснюється над середньопересіченою місцевістю. Середньопересіченою місцевістю вважається така, на якій середнє коливання висот на відстані від 10 до 50 км від стаціонарної радіостанції Δh (рис. 2.3) не перевищує 50 м.

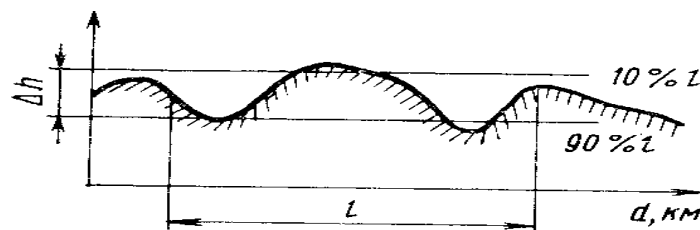


Рис. 2.3 – Нерівність рельєфу місцевості

Встановлено, що на відстані менше 10 км від центральної радіостанції рельєф місцевості на дальність зв'язку істотно не впливає. У багатьох випадках досить припустимою можна вважати нерівномірність рельєфу $\Delta h = 50$ м.

У загальному випадку, коли Δh у зоні визначення відрізняється від 50 м, необхідно вносити поправки. Поправка, що враховує відхилення реального рельєфу місцевості від значення $\Delta h = 50$ м, визначається за даними таблиці 2, у якій наведена залежність додаткового коефіцієнту ослаблення $V_{осл}$ від величини Δh нерівномірності рельєфу. Для значень нерівномірностей Δh , що відрізняються від заданих, у таблиці, застосовується лінійна апроксимація:

$$V_{осл}(\Delta h) = V_{осл}(\Delta h_{min}) + (V_{осл}(\Delta h_{max}) - V_{осл}(\Delta h_{min})) \cdot (\Delta h - \Delta h_{min}) / (\Delta h_{max} - \Delta h_{min}), \quad (2.5)$$

де $\Delta h_{min}, \Delta h_{max}$ - мінімальне і максимальне наявні у таблиці значення інтервалу, якому належить величина Δh ,

$V_{осл}(\Delta h_{min}), V_{осл}(\Delta h_{max})$ - наявні у таблиці значення ослаблення, які відповідають $\Delta h_{min}, \Delta h_{max}$.

Таблиця 2.2 – Визначення коефіцієнту ослаблення $V_{осл}$ від величини Δh нерівномірності рельєфу місцевості

Δh (м)	30	40	50	70	90	110	140	170	190	210	230	250	290	330
$V_{осл}$ (дБ)	-2	-1	0	1	3	4	6	8	9	10	11	12	13	14

Для зменшення напруженості сигналу у фідерних трактах передавача та приймача необхідно знати добутки β_{1l_1} та β_{2l_2} . Для фідерних трактів радіостанцій, що застосовуються у пожежній охороні, приймають $\beta_1 = \beta_2 = 0,15$ дБ/м.

У пожежній охороні в основному застосовуються не напрямлені антени з круговою (у горизонтальній площині) діаграмою спрямованості (штирвова антена та антена типу "стакан"). Коефіцієнти підсилення для таких антен звичайно мають приблизно рівні значення $G_1 = G_2 = 1,5$ дБ.

Після визначення за формулою (4) напруженості електричного поля з графіка рис.1 для заданого значення висоти антени передавача h_1 можна визначити дальність радіозв'язку. Для значень висот h_1 , що відрізняються від заданих для графіків, застосовується лінійна апроксимація або інтерполяція.

2.4 Приклад виконання розрахунково-графічного завдання графічним методом

Вихідні дані включаємо у таблицю 2.1*.

Таблиця 2.1* – Вихідні дані

Абсолютні висоти пунктів траси зв'язку, їх взаємна відстань (відстань від ОДС ОКЦ) № варіантів		ОДС ОКЦ ($H_{ЦПЗ\text{ абс}}$ [м])	ПЗЧ ($H_{ПЗЧ\text{ абс}}$ [м]/ $L_{ЦПЗ-ПЗЧ}$ [км])		Найвища точка місцевості ($H_{ТМ\text{ абс}}$ [м]/ $L_{ЦПЗ-ТМ}$ [км])
1		95м	135м/25км		185м/15км
Технічні характеристики засобів зв'язку					
Діапазон частот (МГц)	Потужність. передавача (Вт)	Висота підйому передав. антени (м)	Висота підйому прийом. антени (м)	Довжина фідерної лінії передавача (м)	Довжина фідерної лінії приймача (м)
350...450	7	22	11	22	11

1) Попередня оцінка розрахункових параметрів.

Визначаємо значення параметрів, які входять до розрахункової формули (4), безпосередньо на основі вихідних даних.

Для заданого частотного діапазону з таблиці 1 визначаємо $E_{min} = 30$ дБ/мкВ/м.

Для заданої потужності передавача і за допомогою графіка на рис. 2 визначаємо $B_M = -21,5$ дБ;

З урахуванням довжини фідерних ліній $l_1 = 22$ м і $l_2 = 11$ м а також β_1 і $\beta_2 = 0,15$ дБ/м визначаємо $\beta_1 l_1 = 3,3$ дБ, $\beta_2 l_2 = 1,65$ дБ.

Приймаємо G_1 і $G_2 = 1,5$ дБ; $\Delta E = 3$ дБ.

Визначені параметри включаємо у таблицю 2*.

Таблиця 2.2* – Попередня оцінка розрахункових параметрів

E_{min}	B_M	$\beta_1 l_1$	$\beta_2 l_2$	G_1	G_2	ΔE
30 дБ	-21,5 дБ	3,3 дБ	1,65 дБ	1,5 дБ	1,5 дБ	3 дБ

2) З'ясування довжини траси зв'язку.

Потрібна дальність зв'язку $D_{потр} = 25$ км (довжина траси радіозв'язку) з'ясується за даними таблиці 1*: $L_{ЦПЗ-ПЗЧ} = 25$ км.

3) Перевірка забезпечення дальності прямої видимості з урахуванням висот підйому антен радіостанцій.

$$D_{н.в.} = 4,12 \times (\sqrt{h_1 + h_{м1}} + \sqrt{h_2 + h_{м2}}) = 4,12 \times (\sqrt{117} + \sqrt{146}) \approx 4,12 \times (10,8 + 12,1) \approx 94 \text{ км.}$$

Визначаємо, що $D_{пв} > D_{потр} = 25$ км. Таким чином, потрібна дальність зв'язку знаходиться у межах прямої видимості.

4) Побудова трикутника профіля рельєфу місцевості та визначення $V_{осл}$.

Трикутник профілю рельєфу на трасі радіозв'язку будуюмо у рівномірному масштабі по дальності і висоті місцевості (рис.1*).

По трикутнику профілю рельєфу визначаємо максимальне перевищення висот на трасі радіозв'язку, $\Delta h = 65$ м.

За допомогою таблиці 2 та лінійної апроксимації на інтервалі 50-70 м визначаємо $V_{осл} = V_{осл}(50) + (V_{осл}(70) - V_{осл}(50)) \cdot (65-50) / (70-50) = 0 + 1 \cdot 15 / 20 = 0,75$ дБ.

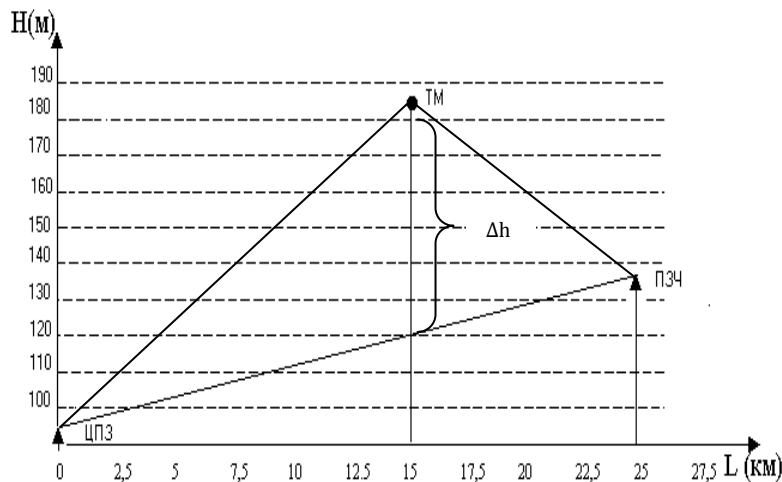


Рис. 2.1* – Трикутник профілю рельєфу на трасі радіо зв'язку

5) Визначення поправки на висоту антени приймача

Поправочний коефіцієнт на висоту прийомної антени визначимо, виходячі з середньої частоти діапазону у 400 МГц, та висоти прийомної антени над рівнем моря $h_2'' = 146$ м.

$$V_{h2} = [3,2 + 6,2 \cdot \lg(400)] \cdot \lg(146/10) = [3,2 + 6,2 \cdot 2,6] \cdot 1,16 = 22,4 \text{ дБ.}$$

6) Визначення дальності радіозв'язку $D_{розр}$ по графіках

З виразу (4) розраховуємо умовне значення напруженості поля:

$E_m = E_{min} - V_m - V_{h2} + V_{осл} + \beta_1 l_1 + \beta_2 l_2 - G_1 - G_2 + \Delta E = 30 - (-21,5) - 22,4 + 0,75 + 3,3 + 1,65 - 1,5 - 1,5 + 3 = 34,8$ дБ/мкВ/м. Як ефективну висоту передавальної антени враховуємо задану висоту антени над місцевістю $h_1 = 22$ м. Тоді За допомогою графіків на рис. 1 визначаємо розрахункову дальність радіозв'язку $D_{розр} = 40$ км и дальність у вільному просторі $D_{вп}$ – до 1160 км.

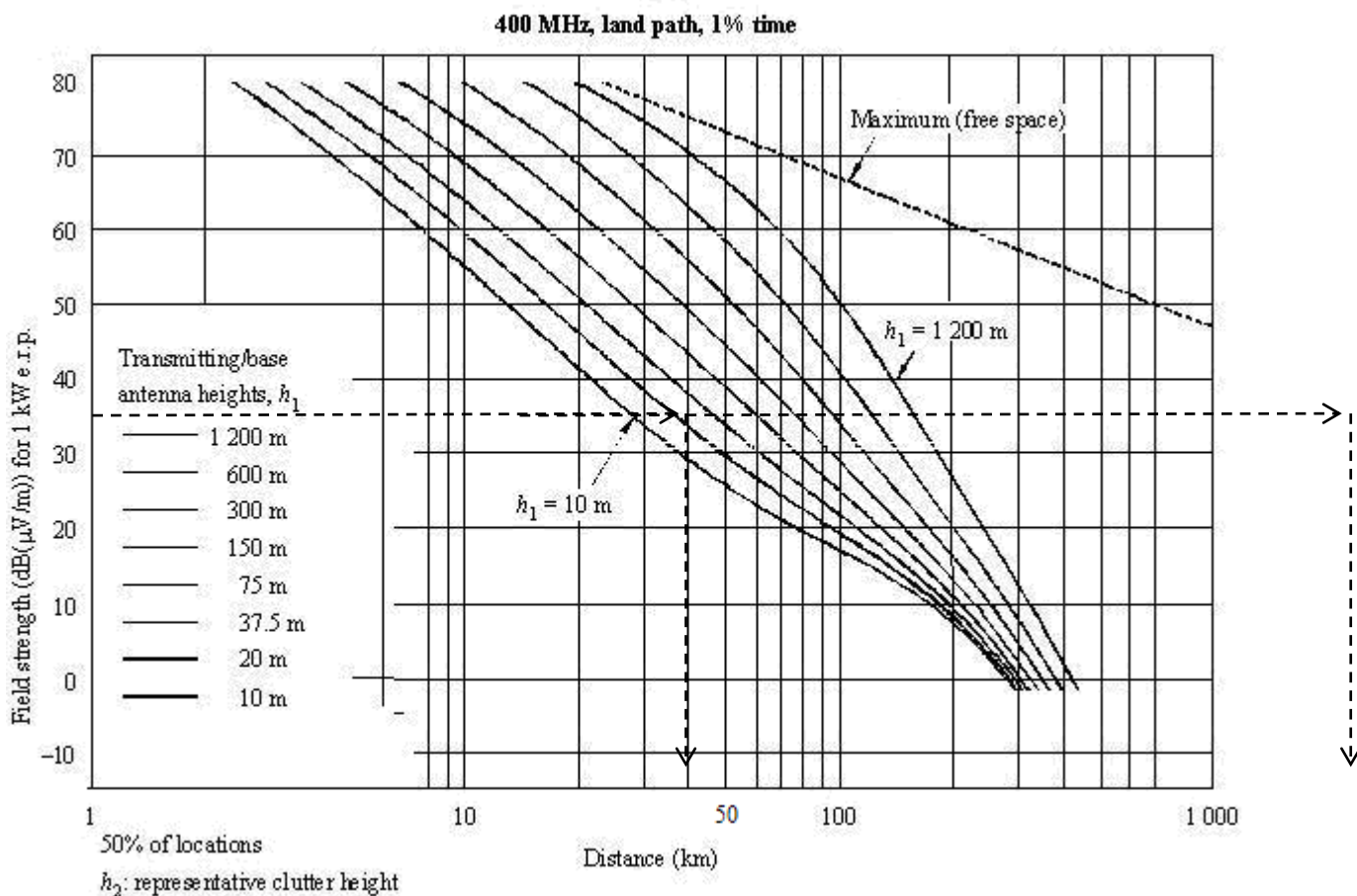


Рис. 2.2* – Приклад визначення розрахункової дальності радіозв'язку за допомогою графіка

Результати розрахунків включаємо у таблицю 2.3*.

Таблиця 2.3*. Розрахункова дальність радіозв'язку з урахуванням усіх вихідних даних.

E_m дБ/мкВ/м	B_m дБ	B_{h2} дБ	$B_{осл}$ дБ	h_1 м	$D_{розр}$ км	$D_{потр}$ км	$D_{ВП}$ км
58	- 21,5	22,4	0,75	22	40	25	1160

Висновок: дальність зв'язку забезпечується.

7). Визначення дальності радіозв'язку за формулою Введенського.

Для безпосереднього використання формули Введенського необхідно перевести потрібні параметри у відповідні одиниці.

Припускаємо, що для надійного радіозв'язку необхідно забезпечити рівень сигналу $E_m = E_{min} + \Delta E = 30 + 3 = 33$ дБ/мкВ/м. Рівень сигналу у 33 дБ/мкВ/м означає, що потрібний рівень у мікровольтах має бути $E_m = 10^{33/20} \approx 45$ мкВ/м.

Сумарне ослаблення потужності сигналу в фідерних лініях $\beta_1 l_1 + \beta_2 l_2 = 3,3 + 1,65 = 4,95$ дБ ≈ 5 дБ. Це відповідає еквівалентному послабленню потужності передавача P_Σ у $V_\phi = 10^{5/10} = 3,1$ разів.

Коефіцієнт підсилення антени передавача $G_1 = 1,5$ дБ відповідає підсиленню потужності у $G_a = 10^{1,5/10} = 1,4$ разів.

Ослаблення сигналу за рахунок рельєфу $B_{осл} = 0,75$ дБ, або у $V_p = 10^{0,75/10} = 1,2$ разів.

Довжина хвилі для середини частотного діапазону складає $\lambda = 0,75$ м, при $h_1 = 22$ м, $h_2 = 11$ м.

Формула Введенського з урахуванням додаткових чинників:

$$E_m = \frac{4\pi \sqrt{60 P_\Sigma G_a / (V_p V_\phi)}}{\lambda D^2} h_1 h_2$$

Після перетворення і підстановки у формулу визначених величин отримуємо:

$$D^2 = \frac{4 \times 3,14 \times \sqrt{60 \times 7 \times 1,4 / (3,1 \times 1,2)}}{0,75 \times 45} 22 \times 11$$

Після завершення числових розрахунків отримуємо дальність радіозв'язку за формулою Введенського $D_{зв'яз} = 33,6$ км.

Висновок: дальність зв'язку забезпечується,

Бачимо, що за формулою Введенського отримуються результати, які відмінні від результатів графічних розрахунків. Підвищити точність графічного методу дозволяють деякі додаткові поправки, які враховують інші суттєві чинники.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Кодекс цивільного захисту України Київ, (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 34-35, ст.458).
2. І.А.Чуб та ін. Автоматизовані системи управління та зв'язок у сфері цивільного захисту: Навчальний посібник/ - Харків, 2005. – 272 с.
3. Наказ МНС України № 575 від 13.03.2012 "Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту"
4. Бурляй І.В. та ін. Системи радіозв'язку та їх застосування оперативно-рятувальною службою. - Чернігів: РВК «Деснянська правда», 2007.-288с.
5. Щербак Г.В. та ін. Сучасні телекомунікаційні мережі у цивільному захисті. - Харків: УЦЗУ, 2007 - 255 с.

6. Шаровар Ф.И. Автоматизированные системы управления и связь в пожарной охране.- М.: Радио и связь, 1989.-296 с.
7. Чудинов В.Н. Связь в пожарной охране и основы электроники. М.: "Радио и связь", 1986.-272 с.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Таблиця 1 – Данні за варіантами розрахунку параметрів проведеного оперативного-диспетчерського зв'язку гарнізону ДСНС України

Варіант	Вхідні параметри					
	λ , хв. ⁻¹	$T_{п}$, хв.	K_d	K_r	$T_{обс1}$, хв.	P_B
0	0,32	0,85	0,75	0,985	1,5	0,0015
1	0,15	1,35	0,62	0,98	1,4	0,0005
2	0,2	1,3	0,64	0,982	1,5	0,0006
3	0,25	1,25	0,66	0,984	1,45	0,0007
4	0,3	1,2	0,68	0,986	1,3	0,0008
5	0,35	1,15	0,7	0,988	1,35	0,0009
6	0,37	1,1	0,72	0,99	1,25	0,001
7	0,35	0,95	0,74	0,992	1,2	0,0011
8	0,3	0,9	0,76	0,994	1,55	0,0012
9	0,25	1,35	0,78	0,98	1,6	0,0013
10	0,2	1,3	0,8	0,982	1,65	0,0014
11	0,15	1,25	0,82	0,984	1,4	0,0015
12	0,2	1,2	0,62	0,986	1,5	0,0016
13	0,25	1,15	0,64	0,988	1,45	0,0017
14	0,3	1,1	0,66	0,982	1,3	0,0018
15	0,35	0,95	0,68	0,984	1,35	0,0019
16	0,4	0,9	0,7	0,986	1,25	0,002
17	0,35	1,35	0,72	0,98	1,2	0,0005
18	0,3	1,3	0,74	0,983	1,55	0,0006
19	0,25	1,25	0,76	0,984	1,6	0,0007
20	0,2	1,2	0,78	0,986	1,65	0,0008
21	0,15	1,15	0,8	0,988	1,4	0,0009
22	0,2	1,1	0,82	0,98	1,5	0,001
23	0,25	0,95	0,62	0,982	1,45	0,0011
24	0,3	0,9	0,64	0,984	1,3	0,0012
25	0,35	1,3	0,66	0,98	1,35	0,0013
26	0,4	1,25	0,68	0,982	1,25	0,0014
27	0,35	1,2	0,7	0,984	1,2	0,0015
28	0,3	1,15	0,72	0,986	1,55	0,0016
29	0,25	1,1	0,74	0,988	1,6	0,0017
30	0,2	0,95	0,72	0,98	1,5	0,0018

**Варіанти завдань для індивідуального розрахунку
дальності дії мережі радіозв'язку для забезпечення оперативного управ-
ління підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України**

Таблиця 2. –Пункти розміщення радіостанцій і умови рельєфу

Абсолютні висоти пунктів траси зв'язку, їх взаємна відстань (відстань від ОДС ОКЦ) № варіантів	ОДС ОКЦ (ЦПЗ) ($H_{\text{ЦПЗ абс}}[\text{м}]$)	ПЗЧ ($H_{\text{ПЗЧ абс}}[\text{м}]/L_{\text{ЦПЗ-ПЗЧ}}$ [км])	Найвища точка мі- сцевості на трасі зв'язку ($H_{\text{ТМ абс}}[\text{м}]/L_{\text{ЦПЗ-ТМ}}$ [км])
1.	50	135/30	195/25
2.	55	120/27	190/20
3.	60	115/25	185/18
4.	65	110/28	180/17
5.	70	105/32	175/22
6.	75	100/33	170/23
7.	80	95/34	165/16
8.	85	90/31	160/19
9.	90	85/29	165/12
10.	95	80/26	170/13
11.	100	75/25	175/10
12.	105	70/27	180/11
13.	110	65/28	185/12
14.	115	60/29	190/13
15.	120	55/30	195/14
16.	125	50/32	200/15
17.	130	45/33	195/16
18.	135	50/34	190/17
19.	140	55/33	185/18
20.	145	60/32	180/19
21.	150	65/31	175/20
22.	155	70/30	170/21
23.	160	75/29	175/22
24.	165	80/28	180/12
25.	170	85/27	185/13
26.	175	90/26	190/14
27.	120	55/30	195/14
28.	140	55/33	185/18
29.	110	65/28	185/12
30.	155	70/30	170/21

Таблиця 3 – Тактико-технічні характеристики радіостанцій

№ Вар.	Діапазон частот (МГц)	Потужн. Передав. (Вт)	Висота підйому передав. антени (м)	Висота підйому прийм. антени (м)	Довжина фідерної лінії передав. (м)	Довжина фідерної лінії прийм. (м)
1	350...450	5	25	15	25	15
2	350...450	10	20	20	20	20
3	350...450	15	30	15	30	15
4	350...450	18	27	17	27	17
5	350...450	20	23	19	23	19
6	350...450	22	21	21	21	21
7	350...450	25	20	20	20	20
8	350...450	26	24	15	24	15
9	350...450	28	26	13	26	13
10	350...450	30	28	12	28	12
11	350...450	28	22	17	22	17
12	350...450	26	19	19	19	19
13	350...450	24	26	20	26	20
14	350...450	23	29	15	29	15
15	350...450	20	21	20	21	20
16	350...450	19	19	19	19	19
17	350...450	17	17	14	17	14
18	350...450	15	23	15	23	15
19	350...450	13	27	17	27	17
20	350...450	11	29	10	29	10
21	350...450	8	25	17	25	17
22	350...450	7	24	16	24	16
23	350...450	6	26	11	26	11
24	350...450	9	27	13	27	13
25	350...450	12	22	18	22	18
26	350...450	24	23	20	26	27
27	350...450	6	15	17	22	20
28	350...450	8	19	13	21	15
29	350...450	10	25	11	30	17
30	350...450	12	23	9	33	15

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Кафедра «Організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт»

КОНТРОЛЬНА РОБОТА

з дисципліни

«Автоматизовані системи управління та зв'язок»

на тему:

«РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОВОДОВОГО ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО ЗВ'ЯЗКУ І ДАЛЬНОСТІ ДІЇ МЕРЕЖІ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ ОРС ЦЗ ГАРНІЗОНУ ДСНС УКРАЇНИ»

(ВАРІАНТ № ____)

Виконана здобувачем вищої освіти

Начальна група _____

«__» _____ 201__ р.

Кількість балів _____

Оцінка за національною
шкалою _____

Оцінка ECTS _____

Перевірив _____

канд.техн.наук доцент Феценко А.Б.

(підпис)

«__» _____ 201__ р.

Харків, 201__

БЛАНК

виконання контрольної роботи

З дисципліни: _____

Навчальна група _____ Фамілія, ініціали _____

I. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОВОДОВОГО ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО ЗВ'ЯЗКУ ГАРНІЗОНУ ДСНС УКРАЇНИ

Таблиця 2.1 – Вхідні дані

Вхідні параметри							
Вар. №	λ , хв. ⁻¹	$T_{п}$, хв.	$Y_{1\max}$	$K_{д}$	$K_{г}$	$T_{обс1}$, хв.	$P_{в}$
			12 год. за добу				

1.1 Розрахунок оптимізації мережі спецзв'язку «101(112)»

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

$$y = \lambda \cdot T_{п} = \underline{\hspace{2cm}} * \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Далі проводимо розрахунки для P_{0n} і $P_{вдм n}$ за формулами (3,4). Отримані значення вносимо у таблицю 2.

Таблиця 2 Розрахункові значення P_{0n} і $P_{вдм n}$

n	0	1	2	3	4	5
$y = \underline{\hspace{2cm}}$						
$\frac{y^n}{n!}$	1					
$\sum_{k=0}^n \frac{y^k}{k!}$	1					
$P_{0n} = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{y^k}{k!}}$	1					
$P_{вдм n} = \frac{y^n}{n!} P_{0n}$	1					
$P_{вдм n} = \underline{\hspace{2cm}} < P_{в} = \underline{\hspace{2cm}}$						

Порівнюючи отримані значення $P_{вдм n}$ та задане значення ймовірності втрати виклику $P_{в}$, приходимо к висновку, що при чотирьох лініях зв'язку умова $P_{вдм n} \leq P_{в}$ виконується, тобто

$$P_{\text{відмп.}} = \underline{\hspace{2cm}} < P_{\text{в}} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

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

$$P_{\text{обс}} = 1 - P_{\text{відмп.}} = 1 - \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Отримане значення $P_{\text{обс}}$ показує відсоток обслуговування викликів, що надійшли по лініях зв'язку «101(112)».

Таким чином, в режимі, що установився, в мережі спецзв'язку буде обслуговуватися майже 100 % викликів, які надійдуть по лініях «101(112)».

1.2 Розрахунок пропускну спроможності мережі телефонного спецзв'язку «101(112)»

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

$$\Lambda = \lambda \cdot P_{\text{обс.}} = \underline{\hspace{2cm}} * \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \approx \underline{\hspace{2cm}} [1/\text{хв}]$$

Тобто мережа спецзв'язку здатна обслуговувати в середньому виклики за хвилину. Інакше обслуговувати усі виклики з інтенсивністю виклик в інтервалі -х хвилин.

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

$$n_3 = \lambda \cdot P_{\text{обс}} = \underline{\hspace{2cm}} * \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \approx \underline{\hspace{2cm}}$$

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

Таким чином, у режимі роботи мережі спецзв'язку, який встановився, у будь-який час буде зайнято не більше ніж одна лінія зв'язку (точніше $n_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ лінія зв'язку), інші будуть у стані готовності до обслуговування викликів. Досягається високий рівень ефективності обслуговування всіх викликів, що поступили.

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

$$K_3 = n_3/n = \underline{\hspace{2cm}} / \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

де $n = \underline{\hspace{2cm}}$ - кількість ліній, що отримано при розрахунку.

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

$$n_0 = n - n_3 = \underline{\quad} - \underline{\quad} = \underline{\quad}$$

За формулою (10) визначаємо коефіцієнт простою ліній спецзв'язку «101(112)»:

$$K_{\Pi} = n_0/n = \underline{\quad}/\underline{\quad} = \underline{\quad}$$

За формулою (11) визначаємо фактичну пропускну здатність мережі спецзв'язку по лініях «101(112)»:

$$\Lambda_{\Phi} = \Lambda * K_{\Gamma} = \underline{\quad} * \underline{\quad} = \underline{\quad} * \underline{\quad} \approx \underline{\quad} [1/\text{хв}]$$

Тобто, фактична пропускну здатність значною мірою визначається коефіцієнтом готовності K_{Γ} засобів зв'язку.

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

$$n_{\Phi} = n/K_{\Gamma} = n_{\Phi} = \underline{\quad}/\underline{\quad} = \underline{\quad}$$

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

$$T_{\text{обсд}} = T_{\Pi} + T_{\text{обс1}} = \underline{\quad} + \underline{\quad} = \underline{\quad} [\text{хв.}].$$

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

$$Y_{\text{д}} = 24\lambda T_{\text{обсд}} [\text{год.}] = \underline{\quad} * \underline{\quad} * \underline{\quad} = \underline{\quad} [\text{год.}].$$

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

$$Y_{1\text{доп}} = K_{\text{д}} Y_{1\text{макс}} = \underline{\quad} * \underline{\quad} = \underline{\quad} [\text{год.}].$$

За формулою (16) визначаємо необхідне число диспетчерів у зміні для обслуговування викликів, що надходять по мережі спецзв'язку «01»:

$$n_{\text{д}} = Y_{\text{д}} / Y_{1\text{доп}} = \underline{\quad} / \underline{\quad} = \underline{\quad} \text{ диспетчера}$$

Приймаємо _____ диспетчера.

Таким чином за результатами розрахунку мережі спецзв'язку визначили, що необхідно мати

$n =$ _____ лінії зв'язку «101(112)» та $n_d =$ _____ диспетчера.

Узагальнені дані розрахунків вносимо у таблицю 3.

Таблиця 3 – Узагальнені дані параметрів оперативно-диспетчерського зв'язку

Вихідні дані								
у	$P_{0п}$	$P_{вдм\ n}$	n	$P_{обс}$	Λ_3 хв. ⁻¹	n _з	K _з	n ₀
K _п	Λ_{ϕ} хв. ⁻¹	n _ф	T _{обсд} хв.	У _д год.	У _{1доп} год.	n _д		

II. РОЗРАХУНОК ДАЛЬНОСТІ ДІЇ МЕРЕЖІ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ ОРС ЦЗ ГАРНІЗОНУ ДСНС УКРАЇНИ

Виконання розрахунків графічним методом

Вихідні дані включаємо у таблицю 1*.

Таблиця 1* – Вихідні дані

Абсолютні висоти пунктів траси зв'язку, їх взаємна відстань (відстань від ОДС ОКЦ) № варіантів		ОДС ОКЦ (Н _{ЦПЗ абс} [М])	ПЗЧ (Н _{ПЗЧ абс} [М]/L _{ЦПЗ-ПЗЧ} [км])		Найвища точка місцевості (Н _{ТМ абс} [М]/L _{ЦПЗ-ТМ} [км])
		м	м/ км		м/ км
Технічні характеристики засобів зв'язку					
Діапазон частот (МГц)	Потужність. передавача (Вт)	Висота підйому передав. антени (м)	Висота підйому приймальної. антени (м)	Довжина фідерної лінії передавача (м)	Довжина фідерної лінії приймача (м)

1. Попередня оцінка розрахункових параметрів.

Визначаємо значення параметрів, які входять до розрахункової формули (3), безпосередньо на основі вихідних даних.

Для заданого частотного діапазону визначаємо $E_{min} = \underline{\hspace{2cm}}$ дБ.

Для заданої потужності передавача і за допомогою графіка на рис.2 визначаємо $B_M = \underline{\hspace{2cm}}$ дБ;

З урахуванням довжини фідерних ліній $l_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ м і $l_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ м а також β_1 і $\beta_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ дБ/м визначаємо $\beta_1 l_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ дБ, $\beta_2 l_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ дБ.

Приймаємо G_1 і $G_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ дБ; $\Delta E = \underline{\hspace{2cm}}$ дБ.

Визначені параметри включаємо у таблицю 2*.

Таблиця 2* – Попередня оцінка розрахункових параметрів

E_{min}	B_M	$\beta_1 l_1$	$\beta_2 l_2$	G_1	G_2	ΔE
дБ	дБ	дБ	дБ	дБ	дБ	дБ

5. Визначення поправки на висоту антени приймача

Поправочний коефіцієнт на висоту прийомної антени визначимо, виходячі з середньої частоти діапазону у _____ МГц, та висоти прийомної антени над рівнем моря $h_2'' =$ _____ м.

$$B_{h_2} = [3,2 + 6,2 \cdot \lg(f)] \cdot \lg(h_2''/10) =$$

6. Визначення розрахункової дальності радіозв'язку $D_{розр}$

Визначаємо висоту $h_1 =$ _____ м.

Визначаємо $E_m =$ _____ \approx _____ (дБ).

За допомогою графіків на рис. 1 визначаємо розрахункову дальність радіозв'язку $D_{розр} =$ _____ км и потенційну дальність у вільному просторі - до $D_{потВП} =$ _____ км.

Результати розрахунків включаємо у таблицю 3*.

Таблиця 3*. Розрахункова дальність радіозв'язку з урахуванням усіх вихідних даних.

E_m дБ/мкВ/м	B_m (дБ)	$B_{осл}$ (дБ)	h_1 (м)	$D_{розр}$ (км)	$D_{поттр}$ (км)	$D_{потВП}$ (км)

Висновок:

7. Визначення дальності радіозв'язку за формулою Введенського.

Для надійного радіозв'язку необхідно забезпечити $E_m = E_{min} + \Delta E =$ _____ + _____ = _____ (дБ). Рівень сигналу у _____ дБ/мкВ/м означає, що потрібний рівень корисного сигналу має бути $E_m =$ _____ мкВ/м.

Сумарне ослаблення сигналу в фідерних лініях $\beta_{1l_1} + \beta_{2l_2} =$ _____ + _____ = _____ дБ.

Це відповідає еквівалентному послабленню потужності передавача P_{Σ} у _____ рази.

Коефіцієнт підсилення антени передавача $G_1 =$ _____ дБ відповідає підсиленню у _____ рази.

Ослаблення сигналу за рахунок рельєфу $B_{осл.} = \underline{\hspace{2cm}}$ дБ, або у $\underline{\hspace{2cm}}$ разів.

Довжина хвилі для середини частотного діапазону складає $\lambda = \underline{\hspace{2cm}}$ м.

$h_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ м, $h_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ м, $D_{зв} = ?$

Після підстановки визначених величин у формулу Введенського отримаємо:

$$D^2 = \text{-----} =$$

Після завершення числових розрахунків отримаємо дальність радіозв'язку за формулою Введенського $D_{звВВ} = \underline{\hspace{2cm}}$ км.

Висновок: дальність зв'язку _____

Навчальне видання

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ЗВ'ЯЗОК

**Методичні вказівки до виконання контрольної роботи на тему:
«Розрахунок параметрів проводового оперативно-диспетчерського
зв'язку і дальності дії мережі радіозв'язку для забезпечення оперативно-
го управління підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України».
Для здобувачів вищої освіти заочної форми навчання /**

Підписано до друку 01.06.18. Формат 60x84 1/16.
Умовн.-друк. арк.2,5.
Вид. № 37/18.

Сектор редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України
61023 м. Харків, вул. Чернишевська, 94.
www.nuczu.edu.ua