

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

МОЛОКОВСЬКИЙ ІГОР ОЛЕКСІЙОВИЧ



УДК 621.39

**МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ МОБІЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ У
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків-2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, професор
Турупалов Віктор Володимирович,
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», декан факультету комп'ютерних інформаційних технологій та автоматики.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Семенко Анатолій Іларіонович,
Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, професор кафедри телекомунікаційних систем;

кандидат технічних наук
Рвачова Наталія Володимирівна,
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, доцент кафедри комп'ютерної інженерії.

Захист відбудеться "18" вересня 2013 року о 15⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.01 при Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: Україна, 61050, м. Харків, м. Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: Україна, 61050, м. Харків, м. Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий "01" серпня 2013 року.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



К.А. Трубчанінова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Нині існує безліч різних телекомунікаційних мереж: звичайні мережі надання інформаційних послуг населенню, корпоративним підприємствам і *мережі спеціального призначення* для застосування на підприємствах з агресивним середовищем. Для таких мереж крім звичайних пред'являються підвищені вимоги іскро- й вибухобезпеки, точності передачі інформації в агресивних середовищах. У даній роботі розглянуто метод визначення місцеположення мобільного об'єкту у *телекомунікаційній мережі спеціального призначення (ТМСП)* для вуглевидобувної ділянки очисного забою (лави), яка є найбільш небезпечною ланкою в технологічному ланцюгу підприємства. У якості *мобільного об'єкту* може виступати персонал, рухоме механічне обладнання та інші об'єкти, на яких закріплена радіопозначка.

Точна оцінка місця розташування мобільних об'єктів у аварійній ситуації допоможе швидше знайти персонал і надати медичну допомогу. Крім того, дистанційний моніторинг, управління устаткуванням в умовах підземного простору дозволять управлінському персоналу запобігати нещасним випадкам та іншим причинам виробничих втрат. Дане питання надзвичайно важливе, бо за даними Державної служби гірничого нагляду та промислової безпеки України тільки за 2012-й рік з організаційно-технічних причин загинуло 64 людини, що склало 83,1% від загального числа загиблих у вугільній галузі по Донецькому територіальному управлінню.

Протягом останніх років ведуться інтенсивні розробки у створенні сучасних комплексів технологічного зв'язку для вуглевидобувних підприємств, в тому числі на основі випромінюючих систем або їх окремих компонентів, що вирішують задачі знаходження місця розташування випромінюючих пристроїв, вибору шляху прокладання з'єднувальних ліній, визначення місця знаходження мобільних об'єктів та інше. Серед зарубіжних і вітчизняних авторів, які вирішували окремі завдання у цій галузі, можна відзначити наступних: Akyildiz I.F., Stuntebeck E.P., Su W., Sankarasubramaniam Y., Cayirci E., Aniss H., Tardif P.M., Ouedraogo R., Fortier P., Boggione L., Boutin M., Affes S., Despins C., Denidni T., Резаї В., Вишневський В., Гайкович Г., Сахнюк А.А., Литвин А.М., Брюханов О.М., Іванов Ю.О., Кремінна О.Г., Решетюк В.А., Бабенко І.В., Турупалов В.В., Василенко А.В., Шевченка А.Г., Ревякін В.І., Альошин Г.В., Богданов Ю.О. та інші.

Незважаючи на велику кількість робіт, присвячених створенню універсальних комплексів технологічного зв'язку для вуглевидобувних підприємств, на сьогоднішній день є потреба в ефективних методах визначення місцезнаходження мобільних об'єктів, які знаходяться в підземній частині, і аварійного зв'язку з ними по бездротових технологіях для підвищення безпеки робіт та надійності функціонування підприємства. Запропонований підхід до побудови промислових телекомунікаційних мереж на основі бездротових технологій дозволяє визначати координати мобільних об'єктів з більшою точністю, проводити моніторинг усіх технологічних процесів. Все вищевикладене підкреслює важливість і актуальність розглянутого питання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Питання і завдання, розглянуті в дисертаційній роботі, відповідають Державній програмі розвитку «Основні наукові напрями та найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природних, технічних і гуманітарних наук на 2009-2013 рр.» позиція 1.2.5.2 «Науково-технічне забезпечення процесів конвергенції в телекомунікаційних мережах», що затверджено наказом МОН України, Національною Академією Наук України від 26.11.09 № 1066/609. Виконання дисертаційної роботи пов'язане з планами науково-дослідницьких робіт ДВНЗ «Донецький національний технічний університет». Ряд положень дисертації є результатами науково-дослідної роботи, виконаної при особистій участі автора в якості виконавця в період 2011-2013 рр. (ДР № 0111U001424 «Розробка теорії синтезу дискретно-безперервних систем автоматичного керування технологічними об'єктами» та Н-03-11 «Дослідження і розробка методів проектування та підвищення технічної ефективності цифрових систем управління, інформаційно-вимірювальних систем і телекомунікацій»).

Окремі результати дослідження впроваджено при проектуванні комплексів технологічних засобів зв'язку для вуглевидобувних підприємств у ПАТ «Автоматгірмаш ім. В.А. Антипова», а також для контролю за місцем розташування мобільних об'єктів, управління технологічними процесами та здійснення моніторингу за станом навколишнього середовища у ТОВ «Інпромтех», а також в навчальний процес з дисципліни «Промислові системи телекомунікацій» на кафедрі «Автоматика та телекомунікації» ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», що підтверджено відповідними актами.

Метою роботи є підвищення точності визначення координат положення мобільного об'єкту в телекомунікаційних мережах в умовах динамічної зміни навколишнього простору.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити загальну науково-прикладну задачу розробки методу та засобів моніторингу положення мобільного об'єкту у телекомунікаційних мережах спеціального призначення в умовах підземної частини вуглевидобувних підприємств.

У свою чергу, для вирішення загальної науково-прикладної задачі дисертації необхідно вирішити наступні **завдання**:

– виконати аналіз існуючих методів контролю технологічного процесу, місцеперебування мобільного об'єкту і засобів передачі інформації в телекомунікаційних мережах вуглевидобувних підприємств;

– розробити математичну модель визначення координат мобільних об'єктів в умовах підземної частини вуглевидобувних підприємств;

– вдосконалити математичну модель розповсюдження радіохвиль в умовах обмеженого простору за рахунок урахування дестабілізуючих факторів навколишнього середовища очисного вибою вуглевидобувного підприємства;

– розробити метод визначення місцеперебування мобільних об'єктів за рахунок використання центру технічного обслуговування телекомунікаційної мережі спеціального призначення;

– розробити структуру апаратно-програмного комплексу збору і аналізу інформації про місцеперебування мобільних об'єктів з використанням центру технічного обслуговування в телекомунікаційній мережі вуглевидобувного підприємства.

Об'єкт дослідження: процеси функціонування телекомунікаційних мереж спеціального призначення вуглевидобувного підприємства.

Предмет дослідження: метод забезпечення моніторингу в телекомунікаційній мережі спеціального призначення вуглевидобувного підприємства.

Методи дослідження: методи розповсюдження радіосигналів, методи теорії ймовірності та математичної статистики, методи моделювання на ПЕОМ.

Наукова новизна отриманих результатів міститься в запропонованому новому підході до визначення місцеперебування мобільних об'єктів з використанням центру технічного обслуговування в телекомунікаційній мережі спеціального призначення та полягає в наступному:

– вперше запропоновано математичну модель визначення координат мобільних об'єктів, яка відрізняється тим, що враховує параметри об'єктів при постійній зміні положення навколишнього простору очисного вибою вуглевидобувного підприємства, що дозволяє підвищити точність визначення місця розташування мобільних об'єктів;

– вдосконалено модель розповсюдження радіохвиль в умовах обмеженого простору, яка відрізняється від існуючих урахуванням дестабілізуючих факторів навколишнього середовища очисного вибою вуглевидобувного підприємства, що дозволяє оцінити сумарне загасання і максимальну відстань між передавальним та прийомним пристроями;

– вперше запропоновано метод визначення координат мобільних об'єктів, який відрізняється тим, що враховує конструктивні особливості обладнання очисного вибою вуглевидобувного підприємства та заснований на побудові розрахункових сіток і моделі визначення координат, що дозволяє зменшити час аварійно-рятувальних робіт.

Практичне значення одержаних в дисертаційній роботі результатів для галузі телекомунікацій полягає в наступному:

– на основі розробленого методу визначення координат мобільних об'єктів була визначена структура технічних засобів для телекомунікаційної мережі спеціального призначення в підземній частині вуглевидобувного підприємства;

– розроблений апаратно-програмний комплекс центру технічного обслуговування, що базується на отриманих теоретичних і експериментальних дослідженнях математичної моделі визначення координат мобільних об'єктів у телекомунікаційній мережі спеціального призначення, дозволяє автоматизувати процес пошуку мобільних об'єктів в підземній частині вуглевидобувного підприємства як в нормальному режимі роботи, так і в аварійних ситуаціях. Даний комплекс відрізняється від раніше створених більш точним визначенням місця розташування об'єктів (з точністю до 0,6 м);

– отримані результати досліджень використовуються при проектуванні сучасних комплексів технологічних засобів зв'язку для вуглевидобувних підприємств в ПАТ «Автоматгірмаш ім. В.А. Антипова» (акт впровадження від 21.01.2013 р.) і ТОВ «Інпромтех» (акт впровадження від 26.02.2013 р.);

– результати розробки внесені у нормативно-правовий акт з охорони праці «Системи і засоби комплексної автоматизації і диспетчеризації шахт. Структура і загальні вимоги».

Особистий внесок автора полягає у самостійному отриманні основних наукових результатів, експериментальних дослідженнях та апробації результатів. У друкованих працях, опублікованих як у співавторстві, так і одноосібно, дисертантові належать: формування завдань, математична модель визначення координат мобільних об'єктів [10], розвиток моделі розповсюдження радіохвиль в умовах обмеженого простору [3,5-9], метод визначення координат мобільних об'єктів [11], структура технічних засобів для телекомунікаційної мережі спеціального призначення (ТМСП) [11].

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень були представлені та обговорені на наступних конференціях:

– IV Міжнародний науково-технічний симпозиум «Нові технології в телекомунікаціях», Карпати, Вішків, 2011 р;

– VII Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології», ДУІКТ, 2011 р;

– VIII Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології», Лівадія, АР Крим, 2012 р;

– VI Міжнародний науково-технічний симпозиум «Нові технології в телекомунікаціях», Україна, Вішків, 2013 р.

Публікації. Матеріали дисертації опубліковані у 15 наукових працях, з них 4 – тези доповідей на науково-технічних конференціях, 11 – статті у фахових виданнях згідно переліку ДАК України (усі роботи опубліковані в збірниках наукових праць).

Структура і обсяг дисертаційної роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг роботи складає 161 сторінка, в тому числі 2 рисунки, 5 додатків на 30 сторінках і списку використаних джерел – 100 найменувань на 12 сторінках. Дисертація написана російською мовою.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** розкрито стан розглянутої науково-прикладної проблеми в галузі телекомунікацій, обґрунтована актуальність, визначено зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами, сформульовані мета, об'єкт, предмет, методи і завдання дослідження, представлені наукова новизна і практична цінність дисертаційної роботи.

Перший розділ присвячений аналізу існуючих комплексів технологічного зв'язку, виявленню їх недоліків та визначенню вимог щодо

структури, умов безпеки, що впливають на надійність промислової телекомунікаційної мережі.

Однією з основних характеристик ТМСП є надійність. Згідно ДСТУ 2860-94, це – комплексний показник, і для його характеристики використовуються поняття безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності, збережуваності і безпеки праці. В даному випадку надійність роботи ТМСП дозволяє забезпечити безпечно проведення робіт у підземній частині вуглевидобувного підприємства та отримати соціальний ефект. Однією зі складових цього соціального ефекту є швидкість знаходження персоналу в підземній частині вуглевидобувного підприємства в аварійній ситуації за рахунок визначення його місцеположення. Виявлено, що існуючі системи зв'язку не виконують всіх необхідних умов стандартів з безпеки ведення робіт у підземній частині вуглевидобувного підприємства, та існує необхідність у розробці універсального методу визначення місцеположення мобільного об'єкту та передавання цієї інформації у телекомунікаційну мережу спеціального призначення.

У **другому розділі** запропоновано математичну модель визначення координат мобільного об'єкту, що враховує технологічні особливості процесу вуглевидобутку. Для визначення місця розташування мобільного об'єкту необхідно визначити його координати. Припустимо, що A являє собою тривимірну область лави (рис. 1), а $M \in A$ є точка в A . Використовуючи

стандартну евклідову систему координат, одержуємо, що $M = \left\{ \begin{array}{l} x, 0 \leq x \leq l_d \\ y, 0 \leq y \leq l_{\text{виїмка}} \\ z, h_{\text{min}} \leq z \leq h_{\text{max}} \end{array} \right\}$.

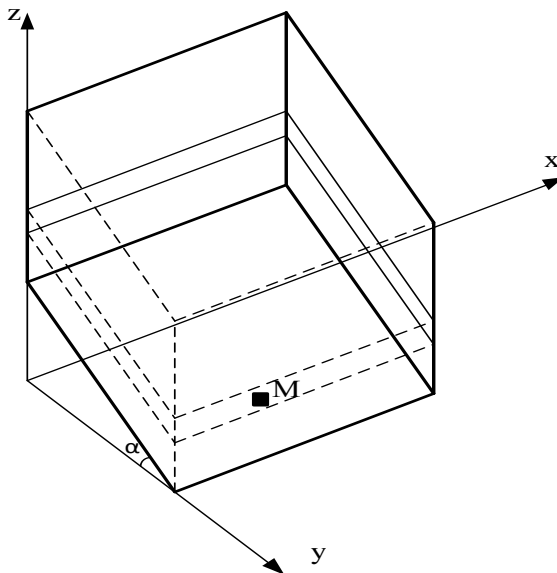


Рис. 1. Тривимірна модель виїмкового поля вуглевидобувного підприємства

Положення мобільного об'єкту відносно координати x визначається швидкістю руху комбайну V_x , бо згідно з технологічним процесом обслуговуючий персонал знаходиться на певних місцях відносно виконуючого

механізму:

$$V_x = dx/dt.$$

Розрахункова швидкість подачі комбайна не може бути вище максимальної, наведеної в технічній характеристиці. Фактична або експлуатаційна швидкість подачі визначається шляхом хронометражних спостережень у конкретному забої і менше розрахункової, тому що всі фактори врахувати в розрахунках неможливо.

Швидкість руху комбайна остаточно знаходиться з умови:

$$V_x = \min(V_n; V_{\text{кріплення}}).$$

де V_n - швидкість подачі комбайна, $V_{\text{кріплення}}$ - швидкість кріплення очисного вибою

Отже,

$$x = \int \min [V_n(t); V_{\text{кріплення}}(t)] dt. \quad (1)$$

Положення мобільного об'єкту відносно координати y визначається швидкістю руху очисного вибою V_y :

$$V_y = dy/dt.$$

Добове просування очисного вибою визначається з співвідношення:

$$V_y = A_{\text{сум}} / (l_{\text{л}} m \gamma c), \text{ м/добу}$$

де $A_{\text{сум}}$ - навантаження на очисний вибій, т/добу, m - потужність пласта, м, γ - щільність вугілля, т/м³, c - коефіцієнт добування вугілля з очисного забою.

Отже, отримуємо:

$$y = \int A_{\text{сум}} / (l_{\text{л}} m \gamma c)(t) dt. \quad (2)$$

Положення мобільного об'єкту відносно координати z визначається швидкістю руху очисного вибою V_z з урахуванням кута падіння пластів:

$$V_z = dz/dt,$$

$$V_z = V_y \sin \alpha.$$

Таким чином:

$$z = \int V_y \sin \alpha dt. \quad (3)$$

Результатом (1), (2), (3) є координати мобільного об'єкту, які визначені щодо місця розташування в очисному забої наступним чином:

$$M(x, y, z) = \left\{ \begin{array}{l} x = \int \min [V_n(t); V_{\text{кріплення}}(t)] dt \\ y = \int A_{\text{сум}} / (l_{\text{л}} m \gamma c)(t) dt \\ z = \int A_{\text{сум}} / (l_{\text{л}} m \gamma c) \sin \alpha(t) dt \end{array} \right\}.$$

Проте такий підхід можна застосувати і до визначення місця розташування *зчитувачів*, до яких надходить сигнал від кінцевого пристрою. Нехай $S \in A$ є точка в A , тоді координати точки $S = (x_i, y_i, z_i)$.

$$S = f(l_{\text{л}}, h_{\text{кр}}, V_{\text{рез}}),$$

де $l_{\text{л}}$ - довжина лави; $h_{\text{кр}}$ - крок кріплення; $V_{\text{рез}}$ - швидкість різання виконавчим

механізмом комбайна.

Для визначення координат точки S скористаємося методом побудови розрахункових сіток з кроком: $x_i = x_{i-1} + h_{кр}$, $i = 1, 2, \dots, N_{сек}$.

Для умов конкретної очисної ділянки довжина лави $l_l = const$. Знаючи, що мобільний об'єкт розташовується в обмеженому просторі, визначення його місцеположення можна здійснити тільки в межах секції. Кількість секцій визначаємо з наступного виразу:

$$N_{сек} = l_l / h_{кр},$$

На кожній секції розташований зчитувач, на який буде надходити інформація від кінцевого пристрою, розташованого в обладнанні мобільного об'єкту.

Отже,

$$N_{сек} = N_{зчит}.$$

Відстань у привибійному просторі протягом довжини очисного вибою може приминати два значення (y_{i2}, y_{i1}) і залежить від місця розташування комбайна (рис. 2).

$$y_{i2} = y_{i1} + h_{мех}$$

де $h_{мех}$ - робочий орган виконуючого механізму, $l_{виймполя} \leq y_{i1} \leq 0$ - значення y_{i1} змінюється в залежності від місцезнаходження виконуючого механізму комбайна.

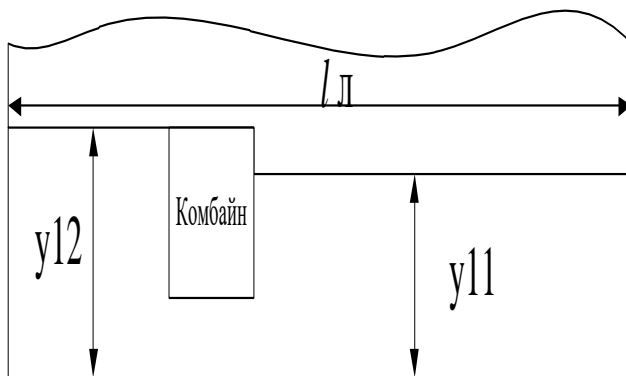


Рис. 2. Вплив місцезнаходження комбайна на значення y_i

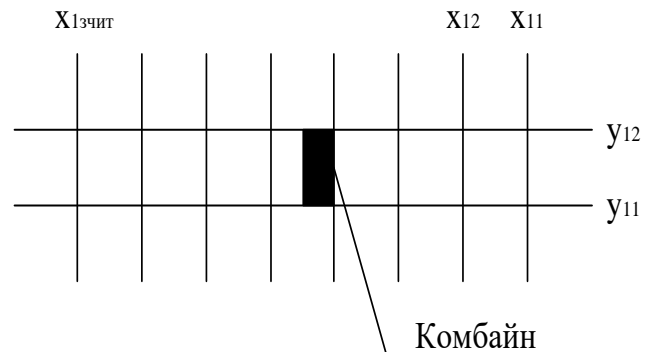


Рис. 3. Розрахункова сітка координат зчитувачів

Приймаємо, що координата z залишається умовно постійною, оскільки переміщення лави уздовж пласта має незначне відхилення. Таким чином отримуємо двомірну розрахункову сітку координат, у вузлах якої розташовані зчитувачі.

Знаючи кількість зчитувачів, їм можна присвоїти постійну адресу. В залежності від того, на який зчитувач надходить сигнал від кінцевого пристрою, визначається місце розташування мобільного об'єкту.

Для визначення місця розташування мобільного об'єкту доцільно враховувати антропоморфні особливості людини (середня ширина плечей

людини становить приблизно 0,6 м). Сигнал від кінцевого пристрою буде надходити на кілька поруч розташованих зчитувачів одночасно.

Така математична модель ТМСП передбачає використання бездротової технології передачі повідомлень. Поширенню радіохвиль через вугілля і пласти породи заважає розсіювання електромагнітних хвиль через їх властивості та обмежений простір. Неоднорідна комплексна структура вугілля і пластів породи ускладнює процес поширення радіохвиль. Загасання сигналу головним чином залежить від діелектричної проникності і питомої провідності вугільних шарів. Щоб встановити відповідну систему радіозв'язку в підземній частині вуглевидобувного підприємства, слід визначити механізм поширення радіохвиль у виробці, а так само через вугілля і пласти породи.

Виявлено, що при частотах в діапазоні 200-4000 МГц гірська порода і вугілля виступають як постійні діелектрики (рис. 4). За таких умов можливо припустити, що передача радіосигналу приймає форму хвилеводного поширення у виробці, бо відрізки хвиль надвисоких частот менше розмірів виробки. Електромагнітна хвиля, що розповсюджується уздовж прямокутної виробки в діелектричному середовищі, може поширюватися в будь-якому з декількох хвилеводних режимів. Всі ці режими – режими «з втратами» внаслідок того, що будь-яка частина хвилі, яка ударяється об стіни виробки, частково заломлюється в навколишній діелектрик і частково відбивається назад до хвилеводу. Заломлена частина хвилі являє собою втрату енергії.

Режими поширення хвиль з найменшими темпами загасання в прямокутній виробці в діелектричному середовищі представлені двома типами. Зокрема електричні поля, які поляризовані переважно в горизонтальному (E_h) і вертикальному (E_v) напрямках. Загальні втрати сигналу в прямій виробці складаються з суми втрат поширення, впливу компонента дифузного випромінювання і внесених втрат в прийомних і передавальних антенах.

В діелектричному середовищі прямокутної виробки режими поширення представлені двома типами E_h та E_v . На рис. 5 наведена геометрія хвилеводу.



Рис. 4. Приклад вугільних горизонтальних виробок і поперечних розрізів

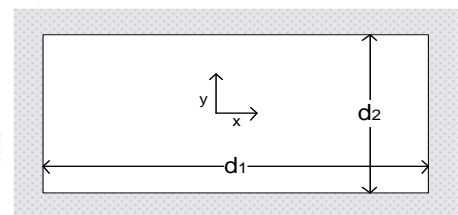


Рис.5. Геометрія хвилеводу

Основні компоненти поля режиму E_h у виробці представлені таким чином:

$$E_x = E_0 \cos k_1 x \cos k_2 y \exp(-ik_3 z); \quad (4)$$

$$H_y = \frac{k_3}{\omega \mu_0} E_0 \cos k_1 x \cos k_2 y \exp(-ik_3 z), \quad (5)$$

Система координат центрована у виробці. При цьому x - горизонтально, y - вертикально і z - уздовж виробки, як показано на рис 5.

Напруженість електричного поля E_0 , як функція просторових координат, має постійні коефіцієнти розповсюдження k_1, k_2, k_3 вздовж осей x, y, z . У діелектрику, що оточує виробку, розповсюдження хвилі має форму прогресивних хвиль у поперечному напрямку, а також вздовж виробки.

З виразів (4) та (5) отримуємо втрату при розповсюдженні електромагнітних хвиль L_{Eh} в дБ для режиму E_h , що розраховується за формулою:

$$L_{Eh} = 4,3 \cdot \lambda^2 \cdot r \cdot \chi \left(\frac{K_1}{d_1^3 \sqrt{K_1 - 1}} + \frac{1}{d_2^3 \sqrt{K_2 - 1}} \right), \quad (6)$$

де K_1 - діелектрична постійна бічних стін; K_2 - діелектрична постійна покрівлі та ґрунту виробки; d_1, d_2 - ширина і висота виробки відповідно; χ - коефіцієнт впливу конструктивних особливостей гірничої виробки; r - відстань між приймально-передавальними елементами.

Відповідно, результат для режиму E_v наступний:

$$L_{Ev} = 4,3 \cdot \lambda^2 \cdot r \cdot \chi \left(\frac{1}{d_1^3 \sqrt{K_1 - 1}} + \frac{K_2}{d_2^3 \sqrt{K_2 - 1}} \right). \quad (7)$$

На рис. 6 наведені результати втрат при розповсюдженні радіосигналу, що обчислені за (6) та (7).

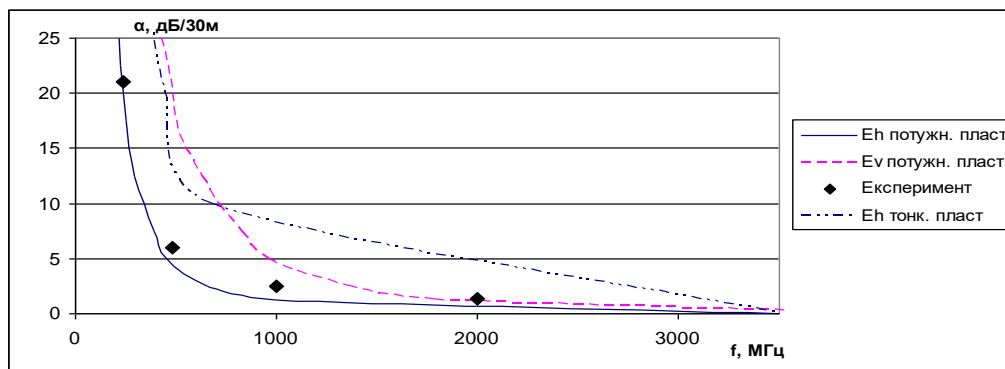


Рис. 6 Темпи втрати при розповсюдженні радіосигналу для режимів E_h, E_v в потужному та тонкому пластах вугілля

Розсіювання режиму E_h в інші режими для генерування дифузного випромінювання виникає під впливом двох факторів: шорсткість і нахил стінок.

Шорсткість в даному випадку вважається місцевим ефектом, що залежить від рівня поверхні щодо середнього рівня поверхні стіни. Втрата в наслідок шорсткості для режиму E_h представлена формулою:

$$L_{roughness} = 4.343\pi^2 h^2 \lambda r \chi \left(\frac{1}{d_1^4} + \frac{1}{d_2^4} \right). \quad (8)$$

Втрата внаслідок шорсткості збільшується разом з довжиною хвилі.

Нахил з довгим діапазоном стін виробки щодо середніх площин, які визначають величини d_1 і d_2 у виробці, призводить до того, що енергія в режимі

E_n відхиляється від напрямків, визначених умовою балансу фаз для даного режиму. Таким чином, втрати внаслідок нахилу (дБ) розраховуються за формулою:

$$L_{\text{tilt}} = \frac{4.343\pi^2\theta^2 r\chi}{\lambda}, \quad (9)$$

де θ - середньоквадратичний нахил.

З рівнянь (8) і (9) видно, що шорсткість найбільш важлива при низьких частотах.

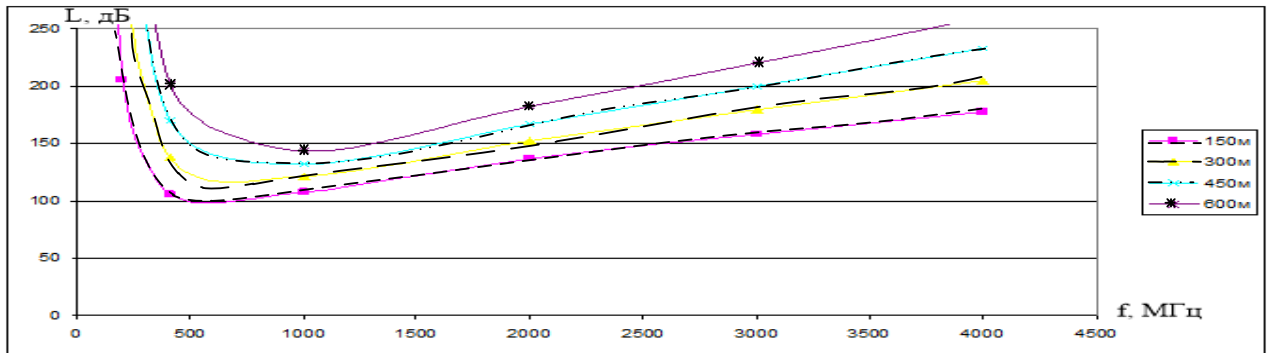


Рис. 7. Загальні втрати в дБ для різних відстаней вздовж прямої виробки

Однак, використовувати спрямовані випромінювачі незручно за даних умов. Цю проблему вирішуємо за рахунок застосування випромінюючого кабелю, який має наступні переваги:

- характеристики системи зв'язку визначаються параметрами кабелю і мало залежать від електричних властивостей стінок виробки;
- на характеристики сигналу мало впливає рухомий транспорт;
- змінюючи параметри кабелю, можна змінювати властивості системи зв'язку – зону обслуговування поблизу кабелю, ослаблення сигналу уздовж кабелю, оптимальні частоти зв'язку.

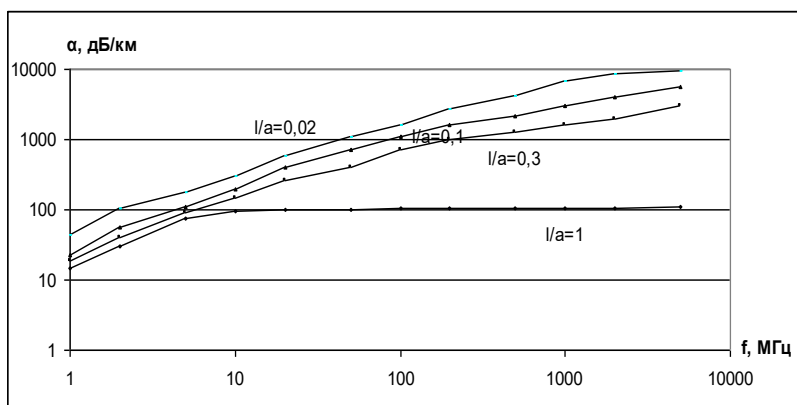


Рис. 8. Вплив віддалення кабелю від стінок тунелю на послаблення електромагнітних хвиль

Результати наведені для умов: діаметр внутрішнього проводу – 1,5 мм; діаметр обплетення – 10 мм; діаметр ізоляції кабелю – 11,5 мм; діаметр тунелю

На рис. 8 наведена частотна залежність послаблення радіохвиль уздовж кабелю з урахуванням різного віддалення випромінюючого кабелю від стінок тунелю.

$a=2$ м; провідність стінки тунелю – 10^{-3} См/м; відносна діелектрична провідність матеріалу кабелю – $5,7 \cdot 10^7$ См/м; діелектрична проникність ізолятора і захисної оболонки відповідно рівні 2,5 і 3; зверху захисної оболонки нанесений шар пилу з поздовжньою провідністю – 10^{-3} См.

З наведеної залежності робимо висновок, що стінка тунелю починає впливати на послаблення електромагнітних хвиль сильніше на високих частотах діапазону. При зменшенні індуктивності зв'язку вплив провідності стінки тунелю на втрати сигналу зменшується та при $L_t < 5$ нГн/м практично не позначається.

Таким чином, запропонована математична модель телекомунікаційної мережі спеціального призначення на основі бездротової технології передачі повідомлень може бути покладена в основу побудови сучасних систем зв'язку для підземної частини вуглевидобувного підприємства.

В третьому розділі запропоновано новий метод відстеження та контролю за місцем знаходження персоналу і мобільного устаткування в умовах підземної частини вуглевидобувного підприємства.

Зважаючи на важливість бездротового стеження і моніторингу пристроїв для вуглевидобувних підприємств, розроблено апаратно-програмний комплекс центру технічного обслуговування (АПК ЦТО), який здатен вирішувати щоденні питання безпеки персоналу, а також проблеми під час надзвичайних ситуацій. В основу АПК ЦТО покладено процес передачі інформації з використанням бездротової технології NanoNet із вбудованим Radio Frequency Identification (RFID) пристроєм. Компоненти, що працюють з використанням даної технології, утворюють бездротову мережу між собою та іншими статичними і мобільними пристроями, які встановлені як на стаціонарних, так і на рухомих об'єктах. До складу АПК ЦТО входять кінцеві пристрої з радіопозначкою, зчитувачі та пристрої узгодження (рис. 9).

Радіопозначку розташовують в обладнанні персоналу. На кріпленні у підземній частині вуглевидобувного підприємства розташовано зчитувач, який приймає сигнал від радіопозначки, перетворює його, приєднуючи до пакету кадри, в яких зашифровано індивідуальний номер не тільки RFID позначки, але і номер зчитувача. Останній передає ці кадри в загальну мережу вуглевидобувного підприємства через випромінюючий кабель та узгоджувальний пристрій. Структура телекомунікаційної мережі, що наведена на рис. 10, також може бути використана для моніторингу пересування персоналу за маршрутом до робочого місця.

Зчитувачі мають бути розташовані у визначених місцях за заданою траєкторією. Узгоджувальний пристрій знаходиться в диспетчерській вуглевидобувного підприємства для збору інформації від усіх зчитувачів. У виробці кожне обладнання оснащено кінцевим пристроєм, що має свою унікальну мітку. Кожен зчитувач так само має свій унікальний код для маркування пакетів, що проходять через нього.

Коли кінцевий пристрій переміщується уздовж виробки, сигнал з нього надходить до найближчих зчитувачів. До бази даних записується інформація з

кожного зчитувача, а потім за цими даними відбувається обчислення для визначення місця, де знаходиться кінцевий пристрій.

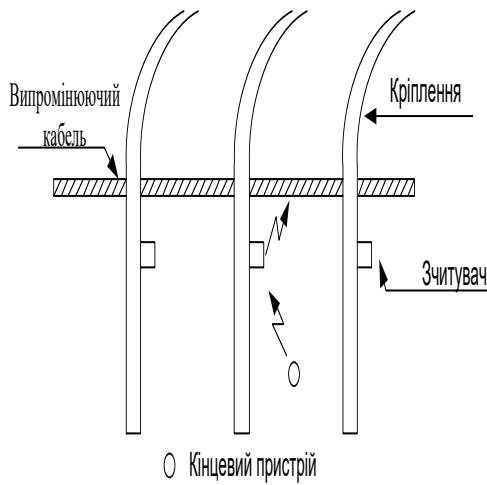


Рис. 9. Структура розташування обладнання в технологічній мережі вуглевидобувного підприємства

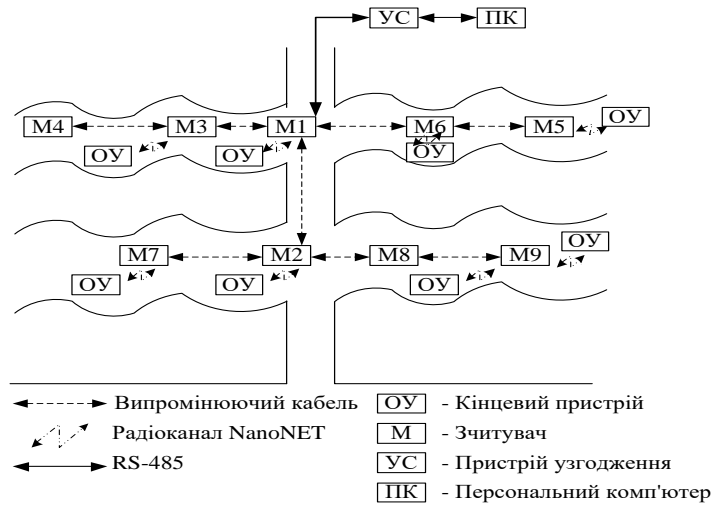


Рис. 10. Розміщення приладів на основі бездротової технології NanoNET в підземній частині вуглевидобувного підприємства

Запропоновано бездротову технологію NanoNet використовувати в підземній частині вуглевидобувних підприємств. Для адаптації технології NanoNet у підземній частині вугледобувного підприємства проведено експериментальні дослідження, на ґрунті яких створена відповідна модель визначення місцеположення мобільних об'єктів у телекомунікаційних мережах спеціального призначення. Експерименти були виконані двома способами, а саме, експерименти для оцінки частки успішно доставлених пакетів (використано чотири різних моделі) і експерименти для оцінки коефіцієнта проходження радіосигналу.

Перший етап експериментів. Перша модель. Експерименти були виконані двічі, щоб визначити максимальну працюючу відстань між зчитувачем (М) та кінцевим пристроєм (ОУ). Віддалення між зчитувачем та кінцевим пристроєм поступово збільшувалася з 2 до 5 м для того, щоб дізнатися максимальну працюючу відстань, ґрунтуючись на кількості втрачених пакетів (рис. 11).

Частка успішно доставлених пакетів визначається як число радіосигналів, отриманих вузлами призначення, до числа радіосигналів, посланих вихідними вузлами.

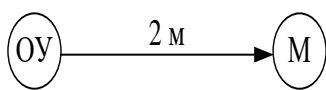


Рис. 11. Зв'язок між зчитувачем (М) та кінцевим пристроєм (ОУ)

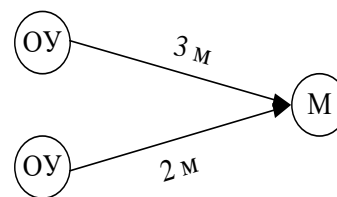


Рис. 12. Зв'язок між зчитувачами (М) та двома кінцевими пристроями (ОУ)

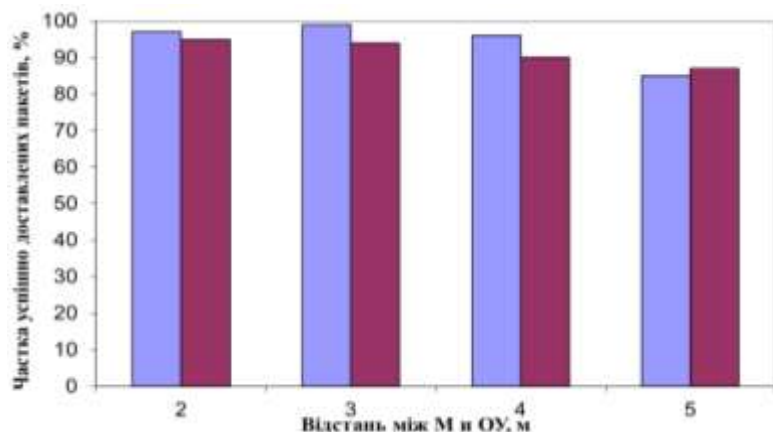


Рис. 13. Зміна частки успішно доставлених пакетів зі збільшенням проміжної відстані між М та ОУ

Результати дослідження числа пакетів, отриманих зчитувачем від окремого кінцевого пристрою при поступовому збільшенні проміжної відстані, наведена на рис. 13. Частка успішно доставлених пакетів становила 96% на проміжній відстані 2 м, і поступово зменшувалося до 86%, коли проміжна відстань складала 5м.

Друга модель. Було досліджено одночасний зв'язок зчитувача (М) та двох кінцевих пристроїв (ОУ) при поступовому підвищенні проміжної відстані від 2 до 5 м. (рис. 12).

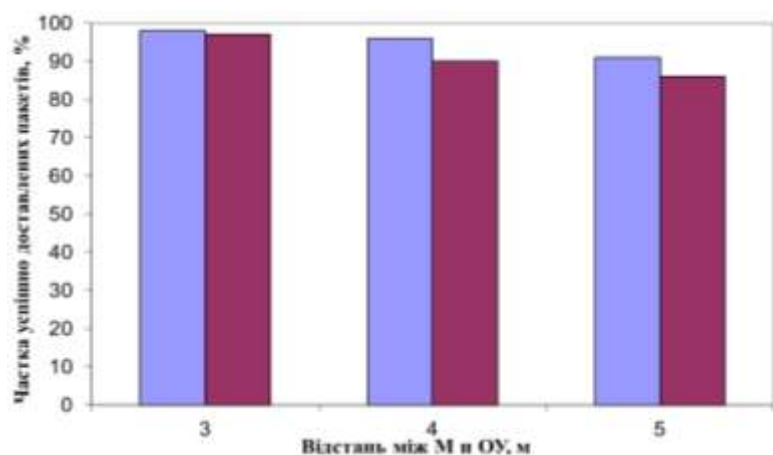


Рис. 14. Зміна частки успішно доставлених пакетів зі збільшенням проміжної відстані між М та двома ОУ

Результати дослідження передачі пакетів у моделі, коли окремий зчитувач одночасно отримував пакети від двох кінцевих пристроїв за один раз (рис. 14) наступні: на проміжній відстані 3 м частка успішно доставлених пакетів становить 95%, тоді як на проміжній відстані 5 м – 85%.

Третя модель. Експерименти були виконані, щоб перевірити передачу даних від кінцевого пристрою (ОУ) до узгоджувального пристрою (УС) в системах з багатьма циклами передачі, розташовуючи один (рис. 15б) або два додаткових зчитувача (рис. 15в) між узгоджувальним та кінцевими пристроями.

Такі ситуації виникають при пересуванні персоналу за маршрутом до робочого місця вздовж виробки. У випадках, що розглянуті у третій моделі експериментів, ланцюг містить різну кількість пристроїв прийому-передачі зі стандартним циклом функціонування. Відсутність додаткових зчитувачів між узгоджувальним та кінцевим пристроями називають системою з одноразовим циклом передачі радіохвилі, тоді як наявність одного або двох додаткових зчитувачів збільшить число пересилки в два або три рази.

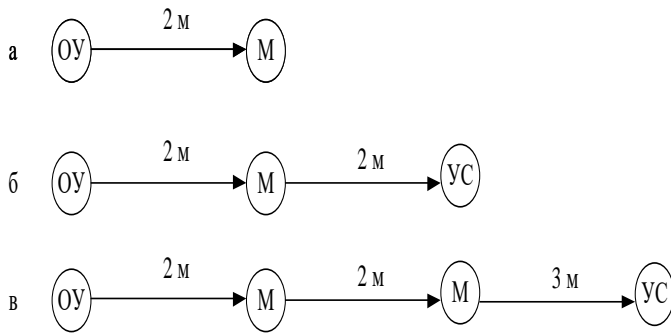


Рис. 15. Комутація між ОУ та УС через зчитувачі

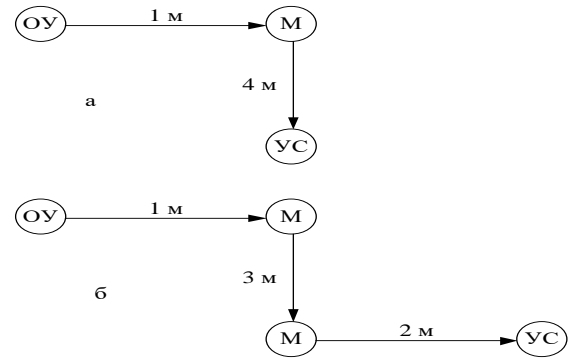


Рис.16. Комутація між ОУ та УС через зчитувачі у відгалуженнях і тунелях

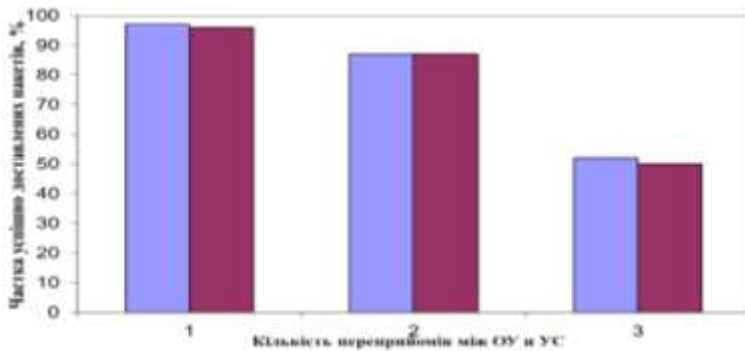


Рис. 17. Зміна частки успішно доставлених пакетів зі збільшенням числа циклів передачі на шляху повідомлення

Четверта модель. Експерименти були виконані, щоб перевірити передачу даних від кінцевого пристрою (ОУ) до узгоджувального пристрою (УС) у системі з багатьма циклами передачі, навіть якщо тракт передачі не був прямим, тобто L-форми (рис. 16а) або S-форми (рис. 16б), які дуже поширені в підземній частині вуглевидобувних підприємств.

Співвідношення доставки пакета склало 97% для випадку топології L-подібної виробки і 98% для топології S-подібної виробки (рис. 18).

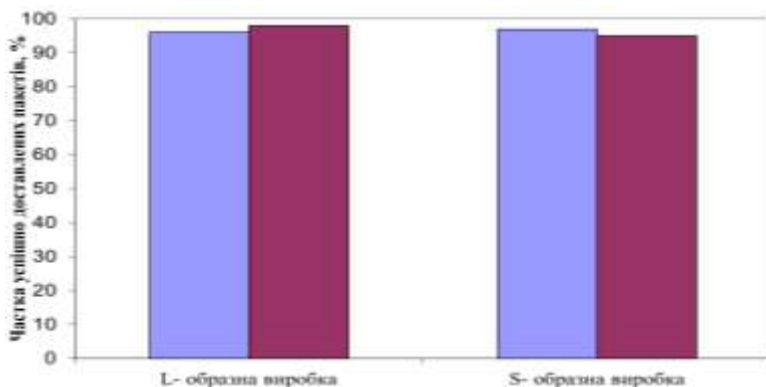


Рис. 18. Зміна частки успішно доставки пакетів L- та S-подібної виробки

За допомогою другого етапу експериментів було проаналізовано вплив частоти випромінювання на імовірність отримання радіосигналу. Зберігаючи

У разі одного циклу функціонування частка успішно доставлених пакетів становила 96%, при збільшенні числа циклів на шляху сполучення цей показник зменшився до 87% і 52%, відповідно (рис. 17).

Пакети були відправлені кінцевим пристроєм до пристрою узгодження через L- або S-подібну виробку. У топології L-форми був один зчитувач між кінцевим пристроєм і пристроєм узгодження, в той час як для топології S-форми було два зчитувача.

коефіцієнт випромінювання радіосигналу кожні 2 та 5 секунд, експерименти були виконані двічі, збільшуючи число міток від 1 до 10. Імовірність одержання радіосигналів у різних сценаріях наведена на рис. 19.

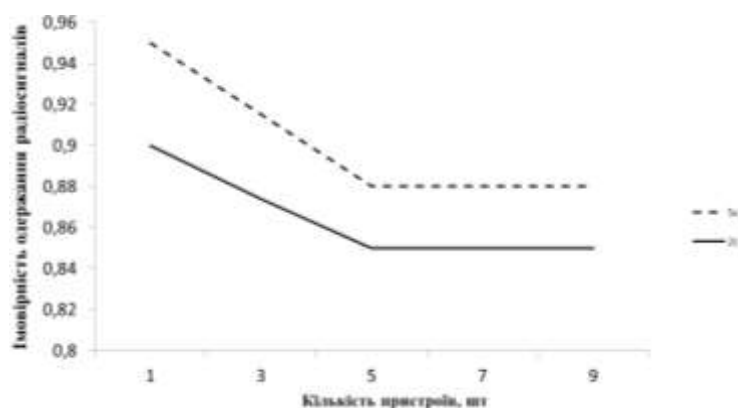


Рис. 19. Зміна ймовірності отримання радіосигналу зі збільшенням числа ОУ.

Зменшення коефіцієнта випромінювання радіосигналу приводить до збільшення ймовірності отримання радіосигналів.

В четвертому розділі запропоновано апаратно-програмний комплекс центра технічного обслуговування (АПК ЦТО) для телекомунікаційної мережі спеціального призначення вуглевидобувного підприємства. АПК ЦТО забезпечує необхідну безпеку персоналу, що працює на вуглевидобувних підприємствах. Для телекомунікаційної системи моніторингу АПК ЦТО розроблено спеціальний апаратно-програмний комплекс для позиціонування мобільних об'єктів та моніторингу процесів.

АПК ЦТО дозволяє здійснювати контроль місць розташування та роботи обладнання для поліпшення продуктивності та скорочення нещасних випадків з важкими наслідками. Крім цього ефективним є застосування комплексу для визначення місця знаходження та відстеження персоналу в разі аварії при проведенні рятувальних робіт.

Даний програмний продукт слід використовувати для контролю дотримання техніки безпеки персоналом і попередження окремих робітників. Передбачено розширення функціональних можливостей запропонованого апаратно-програмного комплексу, зокрема можливо здійснювати контроль за рівнем метану, чадного газу, температури вугільних пластів, руху пластів породи і демаркації затоплених областей в режимі реального часу.

ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

У дисертаційній роботі вирішено нову науково-прикладна задачу по розробці методу та засобів моніторингу положення мобільного об'єкту у телекомунікаційних мережах спеціального призначення в умовах підземної частини вуглевидобувних підприємств. Проведені у дисертації дослідження,

Діаграма показує, що ймовірність отримання радіосигналів зменшується для високого коефіцієнта випромінювання радіосигналу. Підвищення коефіцієнта випромінювання радіосигналу збільшує шанс втрати радіосигналу через перевантаження в системі.

результати вирішення окремих наукових задач, а також результати розрахунків та експериментів дали змогу отримати наступні наукові і практичні результати:

- вперше запропоновано математичну модель визначення координат мобільних об'єктів, яка відрізняється тим, що враховує параметри об'єктів при постійній зміні положення навколишнього простору очисного вибою вуглевидобувного підприємства, що дозволяє підвищити точність визначення місця розташування мобільних об'єктів;

- вдосконалено модель розповсюдження радіохвиль в умовах обмеженого простору, яка відрізняється від існуючих урахуванням дестабілізуючих факторів навколишнього середовища очисного вибою вуглевидобувного підприємства, що дозволяє оцінити сумарне загасання і максимальну відстань між передавальним та прийомним пристроями;

- вперше запропоновано метод визначення координат мобільних об'єктів, який відрізняється тим, що враховує конструктивні особливості обладнання очисного вибою вуглевидобувного підприємства та заснований на побудові розрахункових сіток і моделі визначення координат, що дозволяє зменшити час аварійно-рятувальних робіт;

- на основі розробленого методу визначення координат мобільних об'єктів була визначена структура технічних засобів для телекомунікаційної мережі спеціального призначення в підземній частині вуглевидобувного підприємства;

- розроблений апаратно-програмний комплекс центру технічного обслуговування, що базується на отриманих теоретичних і експериментальних дослідженнях математичної моделі визначення координат мобільних об'єктів у телекомунікаційної мережі спеціального призначення, дозволяє автоматизувати процес пошуку мобільних об'єктів в підземній частині вуглевидобувного підприємства як в нормальному режимі роботи, так і в аварійних ситуаціях. Даний комплекс відрізняється від раніше створених більш точним визначенням місця розташування об'єктів (з точністю до 0,6 м);

- за результатами практичних досліджень було виявлено, що зменшення відстані між кінцевим пристроєм та зчитувачами збільшує ефективність відстеження місцеположення мобільних об'єктів, так частка успішно доставлених пакетів зменшувалася від 96% до 86% зі збільшенням проміжної відстані від 2 до 5 метрів;

- отримані результати досліджень використовуються при проектуванні сучасних комплексів технологічних засобів зв'язку для вуглевидобувних підприємств в ПАТ «Автоматгірмаш ім. В.А. Антипова» (акт впровадження від 21.01.2013р.) і ТОВ «Інпромтех» (акт впровадження від 26.02.2013 р.);

- теоретичні розробки внесені у нормативно-правовий акт з охорони праці «Системи і засоби комплексної автоматизації і диспетчеризації шахт. Структура і загальні вимоги».

Достовірність отриманих теоретичних результатів підтверджено даними практичних експериментів, проведених у двох категоріях: дослідження в підземній частині вуглевидобувного підприємства і в нормальному середовищі.

Розроблений апаратно-програмний комплекс забезпечує доступ до

інформації про місце знаходження персоналу для проведення рятувальних робіт як в нормальному режимі роботи, так і в аварійних ситуаціях. АПК не має прив'язки до конкретних гірничо-геологічних умов і може бути розгорнутий на будь-якому вуглевидобувному підприємстві.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Молоковський І.О. Аналіз систем промислового зв'язку [Текст] / Молоковський І.О. // Національна Академія наук України. Інститут проблем моделювання в енергетиці. Збірник наукових праць "Моделювання та інформаційні технології". – Київ, 2009 р. – Випуск 52. – С. 157-160.
2. Молоковський І.А. Повышение надежности передачи информации в сетях технологической связи [Текст] / Молоковський І.А., Турупалов В.В., Шебанова Л.А. // Національна Академія наук України. Інститут проблем моделювання в енергетиці. Збірник наукових праць "Моделювання та інформаційні технології". – Київ, 2009 р. – Випуск 54. – С. 109-112.
3. Молоковський І.А. Исследование возможности передачи информации с помощью беспроводных технологий в телекоммуникационных сетях промышленных предприятий [Текст] / Молоковський І.А. // Сборник научных трудов Донецкого национального технического университета, серия: «Вычислительная техника и автоматизация-2010». – Донецк, 2010 р. – Випуск 19 (171). – С. 77-82.
4. Молоковський І.А. Надежность промышленных телекоммуникационных систем [Текст] / Молоковський І.А., Турупалов В.В., Шебанова Л.А. // Сборник научных трудов Донецкого национального технического университета, серия: «Вычислительная техника и автоматизация-2011». – Донецк, 2011 г. – Випуск 20 (182). – С.152-155.
5. Молоковський І.А. Повышение надежности технологических сетей связи [Текст] / Молоковський І.А., Яремко І.Н. // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту. – Донецьк, 2011 р. – Випуск 26. – С. 63-66.
6. Молоковський І.О. Застосування випромінюючого кабелю у технологічних мережах промислових підприємств [Текст] / Молоковський І.О., Турупалов В.В., Шебанова Л.О. // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту. – Донецьк, 2011 р. – Випуск 27. – С. 50-56.
7. Молоковський І.О. Аналіз технологій бездротового зв'язку у технологічних мережах промислових підприємств [Текст] / Молоковський І.О., Турупалов В.В., Шебанова Л.О. // Наукові праці Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. – Донецьк, 2011. – Випуск 28. – С. 88-93.
8. Молоковський І.О. Використання НВЧ радіо хвиль для зв'язку у технологічних мережах промислових підприємств [Текст] / Молоковський І.О., Турупалов В.В., Шебанова Л.О. // Національна Академія наук України. Інститут проблем моделювання в енергетиці. Збірник наукових праць

"Моделювання та інформаційні технології". – Київ, 2011 р. – Випуск 62. – С. 130-137.

9. Молоковський І.А. Расчет основных параметров передачи данных в сетях промышленных телекоммуникаций [Текст] / Молоковський І.А., Турупалов В.В., Игнатенко Е.Г. // Збірник наукових праць Донецького національного технічного університету серія «Обчислювальна техніка та автоматизація-2012». – Донецьк, 2012 р. – Випуск 22 (200). – С. 115-119.

10. Молоковський І.О. Модель визначення координат мобільних об'єктів в телекомунікаційних мережах спеціального призначення [Текст] / Молоковський І.О. // Науковий вісник Чернівецького національного університету ім. Юрія Федьковича. Серія: Комп'ютерні системи та компоненти. – Чернівці: ЧНУ, 2013. – Том 4, Випуск 1. – С. 106-109.

11. Молоковський І.А. Аппаратно-программный комплекс для центра технического обслуживания сети специального назначения [Текст] / Молоковський І.А., Турупалов В.В. // Наукові праці Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. – Донецьк, 2013. – Випуск 33. – С. 119-125.

12. Молоковський І.О. Бездротові технології у технологічних мережах промислових підприємств [Текст] / Молоковський І.О., Турупалов В.В. // Матеріали IV Міжнародного науково-технічного симпозіуму «Нові технології в телекомунікаціях». – Вишків: ДУІКТ, 2011 р. – С. 54-56.

13. Турупалов В.В. Повышение надежности технологических сетей связи [Текст] / Турупалов В.В., Молоковський І.А. // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології». – Київ: ДУІКТ, 2011 р. – С.152-154.

14. Молоковський І.А. Влияние окружающей среды на передачу радиосигналов в промышленных телекоммуникационных системах [Текст] / Молоковський І.А. // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології». – Лівадія: ДУІКТ, 2012 р. – С. 147-149.

15. Молоковський І.А. Основные принципы безопасной эксплуатации промышленных телекоммуникационных систем технологических предприятий [Текст] / Молоковський І.А. // Матеріали VI Міжнародного науково-технічного симпозіуму «Нові технології в телекомунікаціях». – Вишків: ДУІКТ, 2013 р. – С. 158-160.

АНОТАЦІЯ

Молоковський І.О. Метод визначення місцеположення мобільних об'єктів у телекомунікаційних мережах спеціального призначення – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі. – Українська Державна академія залізничного транспорту, Харків, 2013.

Дисертацію присвячено розробці та дослідженню нового методу визначення місцезнаходження мобільних об'єктів у складних умовах підземної частини вуглевидобувного підприємства на основі впровадження бездротових технологій передачі даних. Запропонована математична модель визначення координат мобільних об'єктів, яка враховує постійно змінні параметри і положення навколишнього простору очисного вибою вуглевидобувного підприємства, що дозволяє підвищити точність визначення місця розташування мобільних об'єктів. Запропонований метод і розроблений на його базі програмний продукт дозволяють визначити точне місцеперебування рухомих об'єктів, що дозволить вчасно запобігти аварійним ситуаціям, або, у разі виникнення таких, максимально швидко знайти робочих, що потрапили у «пастки».

Ключові слова: телекомунікаційна мережа спеціального призначення, місцезнаходження мобільних об'єктів, вуглевидобувне підприємство, бездротові технології, аварійні ситуації.

АННОТАЦІЯ

Молоковский И.А. Метод определения местоположения мобильных объектов в телекоммуникационной сети специального назначения. – Рукопись.

Диссертация на получение ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – телекоммуникационные системы и сети. – Украинская Государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2013.

Диссертация посвящена разработке и исследованию нового метода определения местонахождения персонала и мобильных объектов в сложных условиях подземной части угледобывающего предприятия на основе внедрения беспроводных технологий передачи данных.

Проведенный анализ показал, что существующие системы связи не выполняют всех необходимых требований стандартов по технике безопасности и существует необходимость в определении местоположения мобильных объектов в телекоммуникационных системах специального назначения с целью обеспечения безопасности труда на угледобывающих предприятиях.

Предложенная математическая модель определения координат мобильных объектов учитывает постоянно изменяющиеся параметры и положение окружающего пространства очистного забоя угледобывающего предприятия. Данная модель опирается на параметры технологического процесса, движения механических установок.

Получила дальнейшее развитие модель распространения радиоволн в условиях ограниченного пространства, за счет учета дестабилизирующих факторов окружающей среды очистного забоя угледобывающего предприятия, что позволяет оценить суммарное затухание и максимальное расстояние между передающим и приемным устройствами. На основе математической модели

предложен новый метод определения координат мобильных объектов, учитывающий конструктивные особенности оборудования очистного забоя угледобывающего предприятия, который основан на построении расчетных сетей и модели определения координат.

На основе предложенного метода разработан аппаратно-программный комплекс для телекоммуникационной сети специального назначения. Данный аппаратно-программный комплекс, позволяет автоматизировать процесс поиска мобильных объектов в подземной части угледобывающего предприятия, как при нормальном режиме работы, так и в аварийных ситуациях. Данный комплекс отличается, от ранее созданных, более точным определением местоположения объектов (с точностью до 0,6 м), что позволит своевременно предотвратить аварийные ситуации, или, в случае возникновения таких, максимально быстро найти рабочих, попавших в «ловушки».

Разработанный аппаратно-программный комплекс не имеет привязки к конкретным горно-геологическим условиям и может быть развернут на любом угледобывающем предприятии. Предусмотрено расширение функциональных возможностей, предложенного аппаратно-программного комплекса, в частности, достижимо осуществлять контроль над уровнем метана, угарного газа, температуры угольных пластов, движения пластов породы и демаркации затопленных областей в режиме реального времени. АПК ЦТО является открытой системой, которая может наращивать количество блоков и расширять функциональные возможности при подключении датчиков метана, угарного газа, температуры и другого оборудования.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть специального назначения, местоположение мобильных объектов, угледобывающее предприятие, беспроводные технологии, аварийные ситуации.

ABSTRACT

Molokovskiy I. The method of determining the location of mobile objects in industrial communication networks. – Manuscript.

The dissertation is competing for the degree of Ph.D. on speciality 05.12.02 – telecommunication system and networks. – Ukrainian State Academy of Railway Transport, Khar'kov, 2013.

The thesis is devoted to development and investigation of a new method for mobile object localization in the severe colliery underground environment based upon implementation of wireless data transfer technologies. The proposed method and the software product developed based thereupon make it possible to determine the exact location of mobile objects, thus allowing for timely prevention of emergencies or, in case of occurrence thereof, to find the workers who have fallen into a “trap” as quickly as possible.

Keywords: telecommunications network of special purpose, location of mobile objects, coal mining enterprise, wireless, emergencies.

МОЛОКОВСЬКИЙ ІГОР ОЛЕКСІЙОВИЧ

УДК 621.39

**МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ МОБІЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ У
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку 25.07.2013 р.
Формат 60 × 84 1/16. Папір офсетний. Друк. різнограф.
Ум. друк. арк. 0,9. Обл. - вид. арк. 1,0.
Замовлення № 34. Тираж 100 прим.

Надруковано: Видавництво «Донецька Політехніка»
83001, м. Донецьк, вул. Артема, 58, 9-уч. корп. Тел (062) 301-09-67