

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



**НАУКОВІ ПРАЦІ
ДОНЕЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

*Серія: “Обчислювальна техніка
та автоматизація”*

№ 1(26) 2014

Донецьк
2014

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАУКОВІ ПРАЦІ
ДОНЕЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

*Серія: “Обчислювальна техніка
та автоматизація”*

Всеукраїнський науковий збірник

Заснований у липні 1998 року

Виходить 2 рази на рік

№ 1(26) 2014

Донецьк
2014

УДК 681.5: 658.5: 621.3

Друкується за рішенням Вченої ради державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» (протокол № 6 від 20.06.2014).

У збірнику опубліковано статті науковців, аспірантів, магістрів та інженерів провідних підприємств і вищих навчальних закладів України, в яких наведено результати наукових досліджень та розробок, виконаних у 2013-2014 роках згідно напрямків: автоматизація технологічних процесів, комп'ютерні інформаційні технології, інформаційно-вимірювальні системи, електронні і мікропроцесорні прилади.

Матеріали збірника призначено для викладачів, наукових співробітників, інженерно-технічних робітників, аспірантів та студентів, що займаються питаннями розробки і використання автоматичних, комп'ютерних і електронних систем.

Засновник та видавець – Донецький національний технічний університет.

Редакційна колегія: О.А. Мінаєв, чл-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф., головний редактор; Є.О. Башков, д-р техн. наук, проф., заступник головного редактора; Є.Б. Ковальов, д-р техн. наук, проф., відп. секретар випуску; Ахім Кінле д-р техн. наук, проф.; Іван Тауфер д-р техн. наук, проф.; А.А. Зорі, д-р техн. наук, проф.; О.Г. Воронцов, д-р техн. наук, проф.; Ю.О. Скобцов, д-р техн. наук, проф.; Н.І. Чичикало, д-р техн. наук, проф.; М.М. Заблодський, д-р техн. наук, проф.; В.В. Турупалов, канд. техн. наук, проф.; К.М. Маренич, канд. техн. наук, проф.; О.В. Хорхордін, канд. техн. наук, доц.; М.Г. Хламов, канд. техн. наук, доц.; Б.В. Гавриленко, канд. техн. наук, доц.

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: серія КВ № 7376 від 03.06.2003.

Збірник включено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (затверджено постановою президії ВАК України № 1-05/5 від 01. 07. 2010 р., надруковано в бюлетені ВАК №7, 2010).

Збірник включено до бібліографічної бази даних наукових публікацій Російський індекс наукового цитування (РІНЦ) (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=38108)

ЗМІСТ

Стор.

Розділ 1 Автоматизація технологічних процесів	5
Борисов А.А. Применение FF-, FB-, MFC-AGC регуляторов в концепции управления приводами клетей прокатного стана по мощности.	6
Воротникова З.Е. Формирование и использование архивной базы данных в системе «советчик оператора доменной печи»	14
Суздаль В.С., Тавровский И.И., Соболев А.В., Кобылянский Б.Б. Система с параметрической инвариантностью для процессов кристаллизации	24
Лапта С.С., Масолова Н.В., Зиновьева Я.В. Развитие теории моделирования переходного процесса в сложной гомеостатической системе	29
Мироненко Л.П., Петренко И.В., Власенко А.Ю. Интеграл Ньютона-Лейбница и вторая интегральная теорема о среднем	36
Найденова Т.В., Федюн Р.В. Синтез САУ процессом биохимической водоочистки	41
Федюн Р.В. Автоматичне управління занурювальними насосами водовідливу ліквідованих шахт	51
Гарматенко А.М. Алгоритм поиска кратковременной памяти в данных акустической эмиссии угольных пластов	61
Розділ 2 Інформаційні технології та телекомунікації	69
Воропаєва А.О. Розробка методу керування безпроводовими телекомунікаційними мережами нового покоління на основі застосування підходу максимізації завантаженості мережі	70
Гостев В.И., Кунах Н.И., Артюшик А.С. Аппроксимация звена чистого запаздывания для АQM-систем комплексной передаточной функцией звена Паде	77
Дегтяренко И.В., Лозинская В.Н. Динамические модели средств управления трафиком в сетевом узле	85
Дмитриева О.А. Оптимизация выполнения матрично-векторных операция при параллельном моделировании динамических процессов	94
Євсєєва О.Г. Використання комп'ютерно-орієнтованих засобів проектування і організації навчання математики на засадах діяльнісного підходу в технічному університеті	101
Воропаєва В.Я., Жуковська Д.О. Оцінка впливу алгоритмів обробки черг на показники QOS	111
Воропаєва В.Я., Кабакчей В.И. Выбор методов оценки количества меток в рабочей зоне RFID-ридера для достижения максимальной пропускной способности	119
Кануннікова К.П., Червинський В.В. Алгоритм динамічного регулювання споживаної потужності мікростілками гетерогенної мережі LTE	126
Klymash M.M., Haider Abbas Al-Zayadi, Lavriv O.A. Improving throughput using channel quality indicator in LTE technology	134

Мірошкін О.М. Модифікація системи адресації мікрокоманд у пристрої керування при його реалізації у базисі гібридних FPGA	144
Молоковский И.А. Моделирование процессов распространения радиоволн в подземной части угледобывающего предприятия	152
Пасічник В.В., Назарук М.В. Інформаційно-технологічний супровід системних трансформацій вітчизняної освітньої галузі	160
Батыр С.С., Хорхордин А.В. Особенности оценки эффективности методов управления очередью маршрутизатора	169
Розділ 3 Інформаційно-вимірювальні системи, електронні та мікропроцесорні прилади	177
Вовна А.В., Зори А.А. Оптический измеритель концентрации метана с аппаратно-программной компенсацией температурного дрейфа	178
Жукова Н.В., Литвинов В.И., Голиков В.В. Лабораторный стенд регулируемого линейного асинхронного электропривода – аналога электропривода постоянного тока	189
Кузнецов Д.Н., Чупис Д.А. Исследование физической модели ступенчатого испытательного воздействия для определения динамических характеристик термопреобразователей	202
Куценко В.П. Математичне моделювання властивостей діелектричних матеріалів при використанні мікрохвильових експертних систем	210
Лыков А.Г., Косарев Н.П. Исследование влияния ширины спектра излучения источника на чувствительность измерительных каналов газоанализаторов выхлопных газов автомобильного транспорта	218
Штепа А.А. Обоснование концепции структурно алгоритмической организации модульной компьютеризированной информационно-измерительной системы электрофизиологических сигналов	226

Розділ 2

Інформаційні технології та телекомунікації

УДК 621.391

И.А. Молоковский (канд. техн. наук)ГБУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк
кафедра автоматики и телекоммуникаций
e-mail: igor.molokovskiy@gmail.com**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН В ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

В статье рассмотрена и проанализирована математическая модель распространения радиоволн в условиях ограниченного пространства, что характерно для подземной части угледобывающего предприятия. Данная математическая модель основана на использовании параметров боковых стен, потолка и пола угольной выработки, что позволяет учесть три вида потерь: потери преломления, потери из-за рассеивания и потери из-за разного угла наклона стен. На основе разработанной математической модели, было произведено моделирование распространения радиосигнала.

Ключевые слова: модель, радиоволна, потери, преломление.

Актуальность проблемы

В подземной части угледобывающего предприятия, как и на многих других промышленных предприятиях, используются различные технологические системы связи [1]. Соответствующие системы в пределах подземных выработок, на поверхности угледобывающего предприятия, а также между подземными рабочими станциями являются жизненно важной частью правильного функционирования любого подземного средства связи. Отлаженная работа технологических систем [3,4,11], которая зависит от качества переданного сигнала и от скорости его доставки, вносит важный фактор в концепцию безопасности отрасли в целом. Именно для оптимизации этих параметров необходимо детально изучить вопросы распространения радиоволн в подземной части угледобывающего предприятия.

Постановка задачи

Данная статья должна представлять математическую модель распространения радиоволны в больших поперечных выработках подземной части угледобывающего предприятия, а так же описывать анализ распространения не большого объема данных в таких условиях. Предлагаемая модель основана на теории распространение мод волны в волноводе, разработанной ранее для передачи СВЧ волн в выработках подземной части угледобывающего предприятия, с учетом потерь из-за преломления волны об стенки туннеля, а так же рассеивания на неровностях стены и случайного наклона [2,7,9].

Основная часть

Рассматривается два типа тоннелей в шахте. Один из них является тоннелем с ленточным конвейером, размер такого тоннеля 6х3 метра. Соседний тоннель больших размеров 13х10 метров. В наших расчетах мы будем учитывать три вида потерь [5]:

- потери преломления;
- потери рассеивания из-за неровностей стены;
- потери из-за разного наклона стен относительно которых распространяются волны.

При расчете этих потерь используем волновую теорию и теорию излучения. Первая составляющая – потери на преломлении. Каждая мода в туннели может быть описана, как пучок параллельных лучей отражающихся от всех четырех стены туннеля. Угол скольжения волны рассчитывается по формулам (1) и (2) [10]:

$$\phi_1 = \frac{n_1 \lambda}{2d_1}, \quad (1)$$

$$\phi_2 = \frac{n_2 \lambda}{2d_2}, \quad (2)$$

где индекс 1 относится к боковым стенкам;

индекс 2 относится к потолку и полу;

n_1 и n_2 – горизонтальные и вертикальные моды соответственно;

d_1 и d_2 являются размерами горизонтального и вертикального тоннеля соответственно;

λ – длина волны в свободном пространстве.

Выражения (1) и (2) являются условиями для фазовой когерентности из-за многократного отражения лучей друг с другом.

Потери мощности на расстояние g рассчитываются через g_1 и g_2 :

$$g = g_1 \cdot g_2, \quad (3)$$

где g_1 – коэффициент потери мощности на отражении для боковых стенок;

g_2 – коэффициент потери мощности на отражении для крыши и пола.

$$g_1 = (FR_1)^{N_1}, \quad (4)$$

$$g_2 = R_2^{N_2}, \quad (5)$$

где F – эффективная поверхность отражения на боковых стенках обозначается;

N_1, N_2 – количество отражений лучей на расстоянии z .

Значение N_1, N_2 определяется из зависимости:

$$N_1 = (\phi_1 \cdot z) / d_1, \quad (6)$$

$$N_2 = (\phi_2 \cdot z) / d_2. \quad (7)$$

Мощность отражения R_1 и R_2 рассчитываются через формулы Френеля:

$$R_{1,h} = \left\{ \frac{\sqrt{K\phi_1 - (\phi_1^2 + K - 1)}}{\sqrt{K\phi_1 + (\phi_1^2 + K - 1)}} \right\}^2, \quad (8)$$

$$R_{2,h} = \left\{ \frac{\sqrt{\phi_2 - (\phi_2^2 + K - 1)}}{\sqrt{\phi_2 + (\phi_2^2 + K - 1)}} \right\}^2, \quad (9)$$

$$R_{1,v} = \left\{ \frac{\sqrt{\phi_1 - (\phi_1^2 + K - 1)}}{\sqrt{\phi_1 + (\phi_1^2 + K - 1)}} \right\}^2, \quad (10)$$

$$R_{2,v} = \left\{ \frac{\sqrt{K\phi_2 - (\phi_2^2 + K - 1)}}{\sqrt{K\phi_2 + (\phi_2^2 + K - 1)}} \right\}^2. \quad (11)$$

где K – диэлектрическая константа для материала, из которого сделаны стены;

h и v – вертикальная и горизонтальная поляризация соответственно.

Скорость затухания α_{ref} вычисляется исходя из выражения:

$$\alpha_{ref} = -100 \left(\frac{10 \log_{10} g}{z} \right). \quad (12)$$

$$\alpha_{ref} = -1000 \left[\frac{n_1 \lambda}{2d_1^2} \log_{10}(FR_1) + \frac{n_2 \lambda}{2d_2^2} \log_{10}(R_2) \right]. \quad (13)$$

Потери рассеивания из-за неровностей стены. Предполагаем, что стенки туннели неровные. С помощью гауссовского распределения описываем амплитуду неровности стены, через среднеквадратическое отклонение из h . Мощность потерь на отражении получается из формулы (14) и (15):

$$g_1 = e^{-2 \left(\frac{2\pi h \cdot \sin \phi_1}{\lambda} \right)^2}, \quad (14)$$

$$g_2 = e^{-2 \left(\frac{2\pi h \cdot \sin \phi_2}{\lambda} \right)^2}. \quad (15)$$

Рассмотрим ϕ_1 и ϕ_2 как небольшие значения угла, мы находим из (1), (2), (3), (6) и (7) скорость затухания α_{ref} равна:

$$\alpha_{roug} = 434,3 \pi^2 h^2 \lambda \left(\frac{n_1^3}{n_1^4} + \frac{n_2^3}{d_2^4} \right). \quad (16)$$

Угловые потери. Вместо расчета угловых потерь для фиксированного угла θ_0 , мы рассмотрим для большого диапазона значений наклона используя Гауссовское распределением со среднеквадратическим отклонением θ_0 . Для конкретного отражения от боковых стенок, где угол наклона равен θ , отражающий луч наклонен под углом $\phi_1 + 2\theta$ относительно стены. Электрическое поле рассчитывается следующих образом:

$$E' = E_o e^{-ik_0 [z \cos(\phi_1 + 2\theta) + x \sin(\phi_1 + 2\theta)]} \quad (17)$$

в то время как значение электрического поля для мод составляет:

$$E = E_o e^{-ik_0 [Z \cos \phi_1 + x \sin \phi_1]} \quad (18)$$

где $k_0 = 2\pi / \lambda$.

Коэффициент мощности связь E' обратно через моде E задается через нормированный интеграл перекрытия:

$$g_1(\theta) = \frac{|\iint EE' \cdot dx dy|^2}{(\iint |E|^2 dx dy)(\iint |E'|^2 dx dy)}, \quad (19)$$

где интегрирование происходит по перечному сечению туннеля.

Для маленьких величин θ и ϕ_1 (17) получаем:

$$g_1(\theta) = \left(\frac{\sin k_0 \theta d_1}{k_0 \theta d_1} \right)^2, \quad (20)$$

аналогично:

$$g_2(\theta) = \left(\frac{\sin k_0 \theta d_2}{k_0 \theta d_2} \right)^2. \quad (21)$$

Теперь введем статистику с помощью Гауссова весового коэффициента:

$$p(\theta) = \frac{1}{\theta_0 \sqrt{2\pi}} e^{-\theta^2 / 2\theta_0^2}. \quad (22)$$

Затем

$$g_1 = \int_{-\infty}^{\infty} g_1(\theta) p(\theta) d(\theta), \quad (23)$$

$$g_2 = \int_{-\infty}^{\infty} g_2(\theta) p(\theta) d(\theta). \quad (24)$$

Чтобы избежать численного интегрирования, воспользуемся аппроксимацией:

$$\left(\frac{\sin x}{x} \right)^2 \approx e^{-x^2/3}, \quad (25)$$

получим для (21) и (22) приблизительные значения:

$$g_1 \cong \frac{1}{\left[1 + \frac{2}{3} \left(\frac{2\pi\theta_0 d_1}{\lambda} \right)^2 \right]^{1/2}}, \quad (26)$$

$$g_2 \cong \frac{1}{\left[1 + \frac{2}{3} \left(\frac{2\pi\theta_0 d_2}{\lambda} \right)^2 \right]^{1/2}}. \quad (27)$$

Угловые потери рассчитываем затем через (1), (2) и (3):

$$\alpha_{sum} = -\frac{500n_1\lambda}{d_1^2} \log_{10} g_1 - \frac{500n_2\lambda}{d_2^2} \log_{10} g_2, \quad (28)$$

где все расстояния в метрах, а α_{sum} в db/30 метров.

На основе вышеприведенной математической модели произведено моделирование распространения радиоволн в условиях ограниченного пространства в подземной части угледобывающего предприятия.

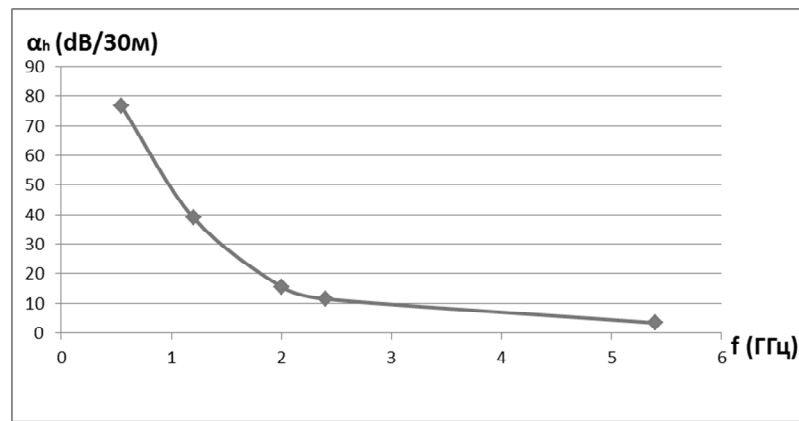


Рисунок 1 – Залежність загального затухання для горизонтальної поляризації від частоти сигналу

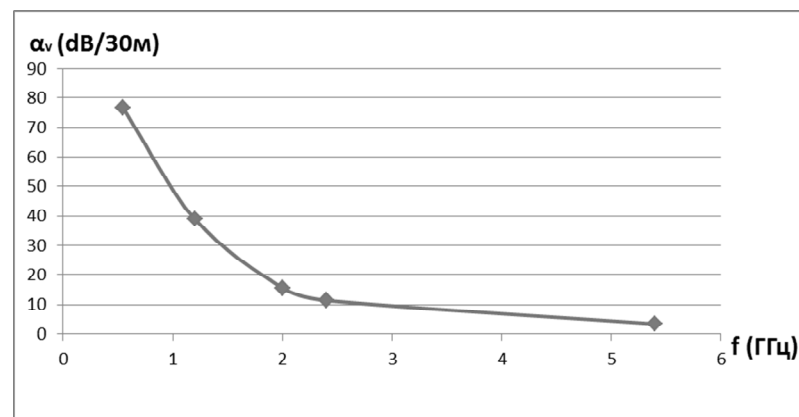


Рисунок 2 – Залежність загального затухання для вертикальної поляризації від частоти сигналу

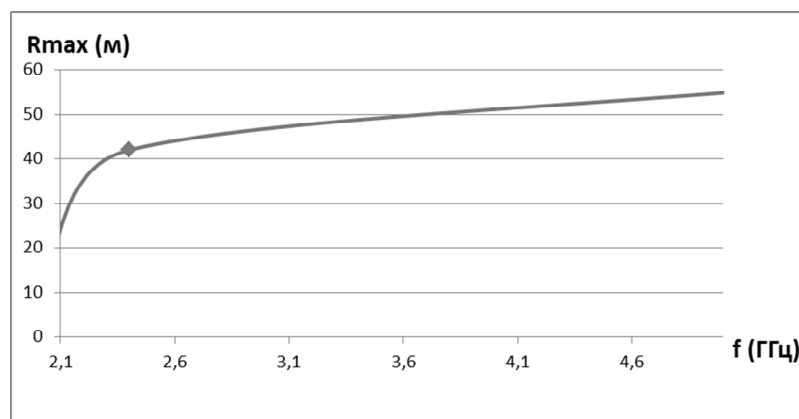


Рисунок 3 – Залежність дальності поширення сигналу від частоти

Выводы

В статье рассмотрена и проанализирована математическая модель распространения радиоволн в условиях ограниченного пространства, что характерно для подземной части угледобывающего предприятия. Данная математическая модель основана на использовании параметров боковых стен, потолка и пола угольной выработки, что позволяет учесть три вида потерь: потери преломления, потери из-за рассеивания и потери из-за разного угла

наклона стен. Важным критерием является учет горизонтальных и вертикальных мод, а также учет влияния размеров горизонтальной и вертикальной выработки. Математическая модель позволяет также рассчитать общее затухание. На основе общего затухания и производится расчет максимальной дальности распространения радиосигнала в зависимости от длины волны радиосигнала, который распространяется в свободном пространстве.

На основе разработанной математической модели, было произведено моделирование распространения радиосигнала. На рисунках 1 и 2 представлены зависимости затухания от различных частот для вертикальной и горизонтальной поляризаций. Как и предполагалось – вертикальная поляризация более подвержена влиянию затухания. На рисунке 3 представлена зависимость дальности распространения сигнала от частоты, так как, при большей частоте затухания меньше, то дальность распространения при этом получаем больше. Предложенная модель может быть внедрена в аппаратно-программный комплекс, который был описан в [8].

Список использованной литературы

1. Молоковський І.О. Аналіз систем промислового зв'язку / І.О. Молоковський; Національна Академія наук України. Інститут проблем моделювання в енергетиці // Збірник наукових праць "Моделювання та інформаційні технології". – 2009. – Випуск 52. – С. 157-160.
2. Молоковский И.А. Влияние окружающей среды на передачу радиосигналов в промышленных телекоммуникационных системах / И.А. Молоковский // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології». - Лівадія: ДУІКТ, 2012. – С. 147-149.
3. Турупалов В.В. Информационная система обеспечения безопасности промышленных предприятий / В.В. Турупалов // Науковий вісник Чернівецького університету «Комп'ютерні системи та компоненти. Збірник наукових праць. - 2012. – Т.3, Випуск 2. – С. 65-68.
4. Турупалов В.В. Роль телекомунікаційних технологій у системах автоматизації підприємств гірничого-добувного комплексу / В.В. Турупалов // Научно-теоретический журнал «Искусственный интеллект». - 2012. - №4. - С. 516 - 521.
5. Турупалов В.В. Повышение надежности технологических сетей связи / В.В. Турупалов, И.А. Молоковский // Сучасні інформаційно-комунікаційні технології: VII Міжнародна науково-технічна конференція: збірник тез. - К., 2011. - С. 152–154.
6. Турупалов В.В. Спеціалізована телекомунікаційна мережа в системі управління вугільною шахтою / В.В. Турупалов, Р.В. Федюн, В.О. Попов // 11-я международная конференция по автоматическому управлению [«Автоматика-2004»], (27–30 сентября 2004 г.): тезисы докл. – К., 2004. - Т. 4. - С. 113.
7. Молоковский И.А. Исследование возможности передачи информации с помощью беспроводных технологий в телекоммуникационных сетях промышленных предприятий / И.А. Молоковский // Сборник научных трудов Донецкого национального технического университета, серия: «Вычислительная техника и автоматизация-2010». – 2010. – Випуск 19 (171). – С. 77-82.
8. Молоковский И.А. Программный комплекс определения местоположения мобильных объектов / И.А. Молоковский // Науковий вісник Чернівецького національного університету ім. Юрія Федьковича. Серія: Комп'ютерні системи та компоненти. – 2013. – Т. 4, Випуск 3. – С. 113-118.
9. Молоковский И.А. Исследование особенностей проектирования систем связи с использованием излучающего кабеля / И.А. Молоковский // Наукові праці Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. – 2013. – Випуск 36. – С. 90-96.

10. Савкин М.М. Распространение радиоволн в горных выработках / М.М. Савкин // Радиосвязь и высокочастотная телемеханика в горной промышленности: сб. науч. тр. СО АН СССР. – Новосибирск, 1964. – С. 7–38.
11. Вовна А.В. Разработка математической модели измерительного контроля концентрации пыли в газах теплоэлектростанции / А.В. Вовна, А.А. Дробот // Збірник наукових праць XIII Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів і студентів «Автоматизація технологічних об'єктів та процесів. Пошук молодих». – Донецьк, 2013. – С. 393 – 397.

References

1. Molokovskiy, I.O. (2009), “Analysis of systems of industrial networks”, *National Academy of Sciences of Ukraine. Simulation and informational technologies. Collection of scientific works*, vol. 52, pp. 157–160.
2. Molokovskiy, I.A. (2011), “Effect of the environment on a radio propagation in industrial network”, *8 th International Conference for New Generation Networks and Telecommunication Problems*, State University for IT and Telecommunication DUISK, Livadia, Ukraine, pp. 147–149.
3. Turupalov, V.V. (2012), “Telecommunications system to ensure safety in mines”, *Scientific Bulletin of Chernivtsi University. Coll. sciences. Ave Series: Computer Systems and Components*, vol. 3, no. 2, pp. 65–68.
4. Turupalov, V.V. (2012), “The role of communication technologies in systems of automation of mining complex”, *Scientific-theoretical magazine "Artificial intelligence"*, vol. 4, pp. 516–521.
5. Turupalov, V.V. and Molokovskiy, I.A. (2011), “Improving the reliability of technological networks”, *5 th International Conference for New Generation Networks and Telecommunication Problems*, State University for IT and Telecommunication DUISK, Livadia, Ukraine, pp. 152–154.
6. Turupalov, V.V., Fedjun, R.V. and Popov, V.O. (2004) “Special telecommunication network management system of coal mine” *AUTOMATICS-2004: 11- International Conference on Automatic Control, 4-5October 1999*, Kiev, pp. 113.
7. Molokovskiy, I.O. (2010), “Investigation of the possibility of information transmission using the wireless technologies in industrial networks”, *Collection of scientific works of Donetsk National Technical University*, vol. 19(171), pp. 77–82.
8. Molokovskiy, I.O. (2013), “The software product of mobile object localization in industrial networks”, *Scientific Bulletin of Chernivtsi University. Coll. sciences. Ave Series: Computer Systems and Components*, vol. 4, no. 3, pp. 113–118.
9. Molokovskiy, I.O. (2013), “Research communication system with coaxial cable”, *Collection of scientific works of Donetsk Railway Transport Institute*, vol. 36, pp. 90–96.
10. Savkin, M.M. (1964), “Radio propagation in mines”, *Radiosvjaz' i vysokochastotnaja telemechanika v gornoj promyshlennosti: sb. nauch. tr. / SO AN SSSR*, pp. 7-38.
11. Vovna, A.V. and Drobot, A.A. (2013), “Develop a mathematical model of the measuring control dust concentration in gases power plants”, *Zbirnik naukovih prac' XIII Mizhnarodnoi naukovo-tehnicnoi konferencii aspirantiv i studentiv «Avtomatizacija tehnologichnih ob'ektiv ta procesiv. Poshuk molodih*, pp.393-397.

Надійшла до редакції
25.04.2014

Рецензент:
д-р техн. наук, проф. Скобцов Ю.О.

І.О. Молоковський
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Моделювання процесу поширення радіохвиль в підземній частині вугледобувних підприємств. У статті розглянута і проаналізована математична модель розповсюдження радіохвиль в умовах обмеженого простору, що характерно для підземної частини вугледобувного підприємства. Дана математична модель заснована на використанні параметрів стін, стелі та підлоги вугільної виробки, що дозволяє врахувати три види втрат: втрати на заломлення, втрати через розсіювання і втрати через різні кути нахилу стін. На основі розробленої математичної моделі, було зроблено моделювання поширення радіосигналу.

Ключові слова: модель, радіохвиля, втрати, заломлення.

I. Molokovskiy

Donetsk National Technical University

The propagation of radio waves in the underground part of the mine. This paper presents and analyzes a mathematical model of radio-wave propagation in the conditions of a limited space that is typical of a coal producer substructure. This mathematical model is based on the use of the parameters of side walls, ceiling and floor of coal openings that brings to taking into account three types of losses: refraction losses, losses due to dispersion and losses due to different tilt angle of walls.

Refraction losses can be calculated as capacity losses of separate bundles of parallel rays reflecting from all four walls of a tunnel. This requires detection of a grazing angle of a wave which depends upon the array of factors. Though, an upper-range value will be introduced by the effective reflecting surface on side walls and number of rays reverberation at a certain distance.

For definition of dispersion losses due to walls unevenness the assumptions that walls are uneven should be made. By dint of Gaussian distribution we describe amplitude of walls unevenness through a mean-square deviation.

The losses for greater range of tilt values using Gaussian distribution with a mean-square deviation have been considered instead of calculation of angular losses for a fixed angle. An important criterion is consideration of horizontal and vertical modes as well as consideration of a size effect of horizontal and vertical openings. A mathematical model also enables to calculate overall attenuation. On the grounds of this overall attenuation the calculation of a maximum radio signal propagation depending on wave-length of a radio signals propagated in a free space is made.

On the grounds of the developed mathematical model we made modelling of a radio signal propagation.

Keywords: model, radio wave, loss, refraction.



Молоковський Ігорь Алексеевич, Україна, закончил Донецкий национальный технический университет, канд. тех. наук, доцент кафедры автоматики и телекоммуникаций ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет» (ул. Артема, 58, г. Донецк, 83001, Украина). Основное направление научной деятельности – исследование промышленных телекоммуникационных систем, надежность в ТКС, исследование современных технологий беспроводного доступа.