

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА ІНФОРМАТИЗАЦІЇ

ФАКУЛЬТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Кафедра телекомунікаційних систем та мереж

(Тут вказуємо кафедру, на якій пишемо диплом. Далі за текстом, де потрібно, В  
ЗАВДАННІ, ПОДАННІ ГОЛОВІ ДЕК, У ВИСНОВКУ КАФЕДРИ ТОЩО вказуємо  
цю кафедру СКРІЗЬ)

**Пояснювальна записка**

до магістерської роботи

на тему: “**ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ МОДУЛЯЦІЇ І  
КОДУВАННЯ**”

Виконав: студент 6 курсу, групи **ТСДМ-61**  
спеціальності

172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

**Телекомунікаційні системи та  
мережі(ТСДМ-61,62)**

(спеціалізація)

**Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і  
телебачення (РТДМ-61)**

(спеціалізація)

**Радіоелектронні пристрої, системи та  
комплекси (РТДМ-62)**

(спеціалізація)

**Ххххххх О.В.**

(прізвище та ініціали)

Керівник

**Хххххххххх Г.О.**

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

Київ -2018

## ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА ІНФОРМАТИЗАЦІЇ

Факультет            Телекомунікацій

Кафедра             Телекомунікаційних систем та мереж (ВАША КАФЕДРА!!!)

Ступінь вищої освіти            магістр

Спеціальність            172 Телекомунікації та радіотехніка  
Телекомунікаційні системи та мережі (ТСДМ-61,62),  
Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення (РТДМ-61),  
Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси (РТДМ-62)

Спеціалізація            \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТСМ (ваша кафедра)

В.Ф. Заїка (завідувач  
вашої кафедри)

\_\_\_\_\_ 2018 року

**ЗАВДАННЯ**

НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Терещенку Олександрові Віталійовичу

1. Тема роботи: “Дослідження сучасних методів модуляції і кодування”, керівник роботи Ххххххх Ганна Олександрівна, к.т.н., доцент, затверджені наказом вищого навчального закладу від 24.10.2018 року №487.

2. Строк подання студентом роботи 21.12.2018р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Системи безпроводового зв'язку;
2. Види модуляцій і кодування.
3. Енергетична і частотна ефективність різних видів модуляцій.
4. Науково-технічна література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Системи безпроводового зв'язку.
2. Дослідження впливу модуляцій та кодування сигналу на ефективність безпроводових систем.
3. Вплив застосування канального кодування на підвищення ефективності безпроводових систем.

5. Перелік графічного матеріалу (назва слайдів презентації):

1. Мета роботи;
2. Технології широкосмугової безпроводової передачі даних;
3. Структурна схема системи безпроводового зв'язку та її основні показники;
4. Протиріччя при побудові ефективних систем безпроводового зв'язку;
5. Ефективність систем безпроводового зв'язку;
6. Енергетична ефективність модульованих сигналів
7. Частотна ефективність модульованих сигналів
8. Ефективні види модуляцій сигналу сучасних безпроводових систем;
9. Процес підвищення ефективності безпроводових систем;
10. Висновки.

6. Дата видачі завдання 29.10.2018р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підбір науково-технічної літератури	*****	
2.	Системи безпроводового зв'язку	30.10.18	
3.	Дослідження впливу модуляцій та кодування сигналу на ефективність безпроводових систем	05.11.18	
4.	Вплив застосування канального кодування на підвищення ефективності безпроводових систем	12.11.18	
5.	Висновки, вступ, реферат	29.11.18	
6.	Розробка презентації	20.12.18	

Студент

Ххххххх О.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Ххххххх Г.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА

по магістерській роботі

Студента Ххххххх Олександра Віталійовича

на тему: ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ МОДУЛЯЦІЇ І КОДУВАННЯ

### Актуальність:

В сучасному суспільстві безпроводові системи зв'язку займають визначальну роль, причому постійно змінюються як вимоги споживачів, так і технології, які можуть забезпечити дані вимоги. Постійно відбувається переоцінка цінностей, ті потреби та технології, які ще вчора здавались вершиною можливого, сьогодні вже багатьох не задовольняють.

Тому магістерська робота студента, що присвячена дослідженню впливу модуляції та кодування на ефективність безпроводових систем, є актуальною і своєчасною.

### Позитивні сторони:

Робота дозволяє досить повно оцінити загальну характеристику, сутність та структуру поставленої проблеми. Досліджено важливе питання впливу модуляції та кодування сигналу на ефективність безпроводових систем. На основі досліджень розроблено алгоритм підвищення ефективності безпроводових систем.

### Недоліки:

1. З роботи не зрозуміло, чи можливе застосування досліджених узагальнених характеристик ситеми для удосконалення існуючих безпроводових систем, чи лише при розробці нових.

2. В роботі не приведено програмний код розробленого алгоритму.

### Висновки:

Незважаючи на дрібні недоліки, магістерська робота заслуговує оцінку **відмінно**, а студент Ххххххх Олександр Віталійович - присвоєння кваліфікації «інженер інформаційно-телекомунікаційних систем, викладач вищих навчальних закладів». (вказуйте кваліфікацію, яка відповідає вашій спеціалізації)

Якість роботи	
Виконано на замовлення підприємства	
Виконано за тематикою НДР	
Виконано з макетом	
Виконано з застосуванням ЕОМ та МПТ	√
Має практичну цінність	√
Проект-частина комплексної теми	

Підпис рецензента

(\_\_\_\_\_)

Підпис

засвідчую

Підпис особи, що засвідчує

(\_\_\_\_\_)

М.П.

# ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

## ПОДАННЯ ГОЛОВІ ДЕРЖАВНОЇ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ ЩОДО ЗАХИСТУ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

Направляється студент Ххххххх О.В. до захисту магістерської роботи  
(прізвище та ініціали)  
за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка  
(шифр і назва спеціальності)  
на тему: Дослідження сучасних методів модуляції і кодування

Магістерська робота і рецензія додаються.

Декан факультету \_\_\_\_\_  
(підпис) Коршун Н.В.  
(прізвище та ініціали)

### Довідка про успішність

Ххххххх О.В. за період навчання на факультеті Телекомунікацій,  
(прізвище та ініціали)  
з 2017 року до 2018 року повністю виконав (ла) навчальний план за спеціальністю з таким розподілом оцінок за:  
національною шкалою: відмінно \_\_\_\_\_%, добре \_\_\_\_\_%, задовільно \_\_\_\_\_%;  
шкалою ECTS: A \_\_\_\_\_%; B \_\_\_\_\_%; C \_\_\_\_\_%; D \_\_\_\_\_%; E \_\_\_\_\_%.

Старший диспетчер факультету \_\_\_\_\_  
(підпис) \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

### Висновок керівника магістерської роботи

Студент Ххххххх Олександр Віталійович показав гарну теоретичну та інженерну підготовку, уміння володіти новими комп'ютерними технологіями, користуватися навчальною, довідковою і науково-технічною літературою, в тому числі рекомендаціями МСЕ. Працюючи над завданнями, які доручались керівником, проявив ініціативність, сумлінність та хист до інженерної роботи.

Магістерська робота виконана на високому рівні і заслуговує оцінку "відмінно", а студент Ххххххх Олександр Віталійович - присвоєння кваліфікації «інженер інформаційно-телекомунікаційних систем, викладач вищих навчальних закладів». (вказуйте кваліфікацію, яка відповідає вашій спеціалізації)».

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис) Ххххххх Г.О.  
(прізвище та ініціали)

“ ” \_\_\_\_\_ 2018 року

### Висновок кафедри про магістерську роботу

Магістерську роботу розглянуто. Студент Ххххххх О.В.  
(прізвище та ініціали)  
допускається до захисту даної роботи в Державній екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри  
Телекомунікаційних систем та мереж (ваша кафедра!!!!) \_\_\_\_\_  
(підпис) Заїка В.Ф. (завідувач вашої кафедри!!!!)  
(прізвище та ініціали)

“ ” \_\_\_\_\_ 2018 року

**РЕФЕРАТ**

Текстова частина магістерської роботи: 83 сторінки, 25 рисунків, 8 таблиць, 35 джерел.

*Об'єкт дослідження* – ефективність роботи безпроводових систем.

*Предмет дослідження* – види модуляції та кодування в безпроводових мережах.

*Мета роботи* – дослідити вплив модуляції та кодування на ефективність безпроводових систем.

*Методи дослідження* – теорії електрозв'язку, теоретичної радіотехніки, математичного та комп'ютерного імітаційного моделювання.

В роботі приведено основні відомості про системи та мережі безпроводного зв'язку та виявлено тенденції їх сучасного розвитку. Сформульовано нові задачі підвищення їх ефективності як на етапі аналізу окремих функціональних вузлів, так і синтезу системи та мережі в цілому за технічними вимогами. Проаналізовано різні види модуляцій та розроблено рекомендації з їх вибору в залежності від заданих технічних вимог до системи та з врахуванням необхідності підвищення ефективності систем. Розглянуто різні види канального кодування та показано ефективність його застосування, особливо для систем з обмеженим відношенням сигнал/шум. На основі досліджень, проведених в роботі, представлено алгоритм підвищення ефективності безпроводових систем.

Галузь використання – безпроводова мережа зв'язку.

МОДУЛЮВАННЯ, КОДУВАННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, БЕЗПРОВОДОВА МЕРЕЖА, СИСТЕМА, ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНОСТЬ, ЧАСТОТНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ШИРИНА СМУГИ ПРОПУСКАННЯ, МОДУЛЯЦІЯ, БЛОКОВЕ КОДУВАННЯ.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....	8
ВСТУП.....	10
1 СИСТЕМИ БЕЗПРОВОДОВОГО ЗВ'ЯЗКУ .....	12
1.1 Історія створення та розвитку безпроводових телекомунікаційних систем .....	12
1.2 Основні вимоги до безпроводових систем та їх будова.....	24
1.3 Ефективність систем безпроводового зв'язку .....	27
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОДУЛЯЦІЙ ТА КОДУВАННЯ СИГНАЛУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ БЕЗПРОВОДОВИХ СИСТЕМ.....	34
2.1 Основні види модуляцій та їх характеристики .....	34
2.2 Енергетична ефективність модульованих сигналів.....	38
2.3 Частотна ефективність модульованих сигналів.....	49
3 ВПЛИВ ЗАСТОСУВАННЯ КАНАЛЬНОГО КОДУВАННЯ НА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БЕЗПРОВОДОВИХ СИСТЕМ .....	62
3.1 Блокове кодування та його види.....	62
3.2 Дослідження блокового кодування .....	64
3.3 Коди Хемінга, Голея та Ріда-Соломона .....	73
3.4 Інші види каналного кодування .....	74
3.5 Застосування отриманих результатів для безпроводових мереж .....	76
ВИСНОВКИ .....	78
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	79
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ .....	81

# 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ В МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖАХ

## 1.1 Аналіз архітектури мультисервісних мереж

Зростання популярності мультисервісних мереж зв'язку - одна з найпомітніших тенденцій ринку телекомунікаційних послуг останніх років [3, 22].

Агент в протоколі SNMP - елемент, який забезпечує менеджерам, розташованим на керуючих станціях мережі, доступ до значень змінних МІВ, і тим самим дає їм можливість реалізовувати функції управління та спостереження за пристроєм. Типова структура системи управління зображена на рис. 1.1.

На сьогодні в діапазоні частот 2.4 ГГц найбільш широке поширення отримали три технології безпроводової передачі даних Bluetooth, WiFi, і ZigBee. Порівняльна характеристика приведена в табл. 1.1 [5].

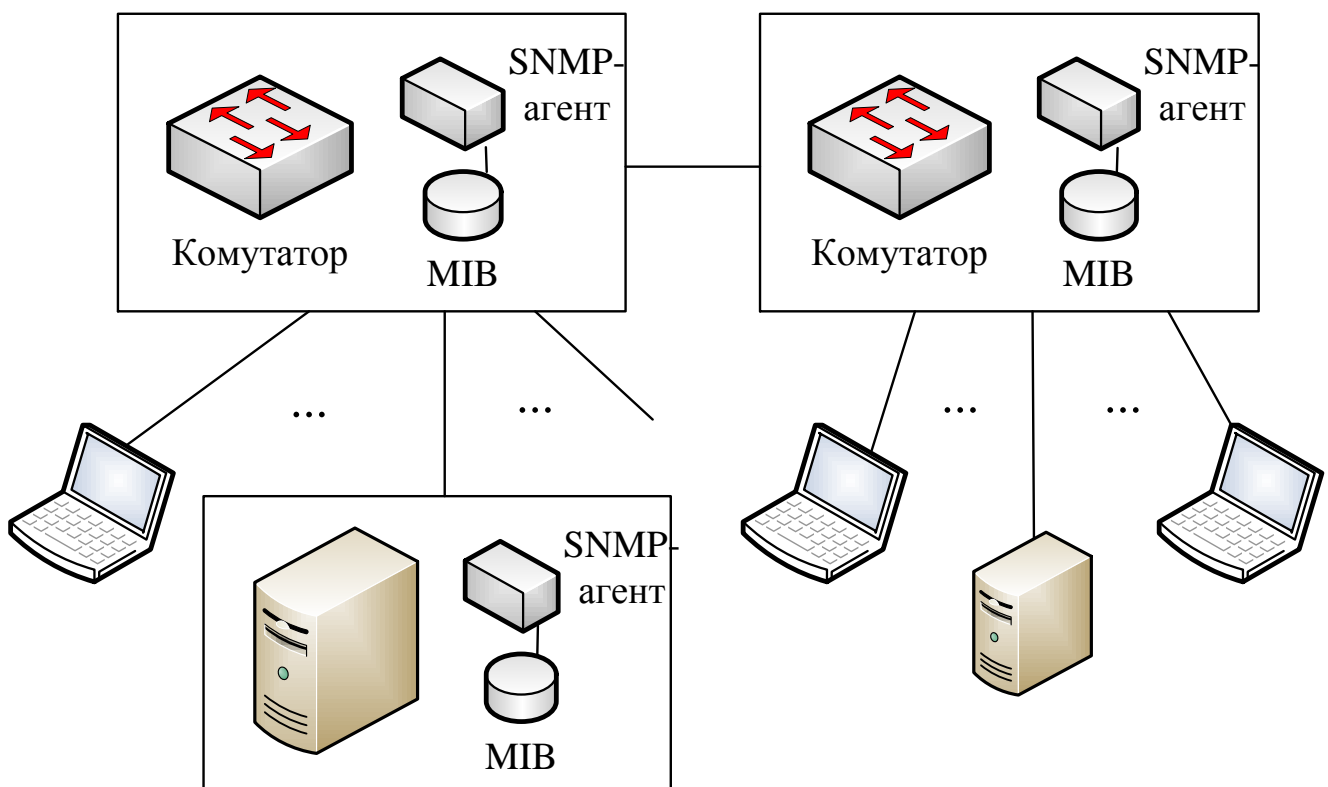


Рис. 1.1. Типова структура системи управління мережею



## Порівняльна характеристика технологій Bluetooth, WiFi і ZigBee

Характеристики	Технологія безпроводової передачі даних (стандарт)		
	Bluetooth (IEEE 802.15.1)	WiFi (IEEE 802.11b)	ZigBee (IEEE 802.15.4)
Частотний діапазон, ГГц	2.4-2,483	2.4 - 2.483	2.4 - 2.483
Пропускна спроможність, кбіт/с	723,1	11 000	250
Максимальна кількість вузлів в мережі	7	10	65 536

Згідно теореми Літтла середній час затримки доставки пакетів дорівнює відношенню середнього числа пакетів в черзі до інтенсивності обслуговування потоку запитів

$$T_3 = \frac{L_q}{\lambda}, \quad (1.1)$$

де  $L_q$  - довжина черги;  $\lambda$  - інтенсивність обслуговування пакетів.

Аналогічно розраховується середнє число пакетів класу  $k$  в каналі  $n$ , а застосування теореми Літтла дозволяє визначити середню затримку пакетів цього класу в розглядаємому каналі:  $t_{nk} = \frac{1}{1 \cdot b_n (1 - \lambda)}$ , тобто  $t_{nk}$  залежить тільки від загальної завантаженості каналу та залишається постійною величиною для пакетів різних класів, що проходять через цей канал.

Тоді, якщо  $T_3$  – віртуальний маршрут пакету, то затримка пакету на маршруті дорівнює

$$t_k = \sum_{n=T_3} \frac{1}{1 \cdot b_n (1 - \lambda)}. \quad (1.2)$$

## Порівняльна характеристика технологій Bluetooth, WiFi і ZigBee

Характеристики	Технологія безпроводової передачі даних (стандарт)		
	Bluetooth (IEEE 802.15.1)	WiFi (IEEE 802.11b)	ZigBee (IEEE 802.15.4)
Вихідна потужність, дБм	0-20	20	0
Діапазон дії, м (середні значення)	10-100	20 - 300	10- 100
Сфери застосування	Заміщення проводового з'єднання	Передача мультимедійної інформації (Інтернет, електронна пошта, відео)	Віддалений моніторинг і управління

**1.2 Технології безпроводової передачі даних**

В результаті на виході суматора утворюється модульований високочастотний сигнал

$$s(t) = x(t)\cos[\omega_0 t] - y(t)\sin[\omega_0 t] = A\cos[\omega_0 t + \phi_i z(t)], \quad (1.3)$$

де  $\phi_i$  - фазовий множник, який визначає величину зміни фази символу та визначається по формулі

$$\phi_i = \frac{2\pi i}{M}, \quad i = 1, 2, \dots, 4. \quad (1.5)$$

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ ДЖЕРЕЛ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ПЕРЕЛІКУ ПОСИЛАНЬ

### Книги

1. Іваненко М. Є. Телекомунікаційні мережі: монографія / М. Є. Іваненко, К. С. Суриков, С. Е. Василюк, В. В. Король, П. П. Петренко, К. Р. Верещак; під ред. М. Є. Іваненко. – 3-е вид. – Харків : Техніка, 1986. – 302 с.
2. Тукоси Т. Волоконно-оптические устройства / Т. Тукоси, К. Камото, М. Оцу, С. Комо, Н. Косе, В. Хакамада, С. Мору ; под ред. Т. Тукоси ; пер. с япон. под ред. П. Р. Иванова. – Ленинград : Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.
3. Баркланов И. Г. Технологии измерений в телекоммуникациях / И. Г. Баркланов. – Москва : Эко-Трендз, 1997. – 139 с.
4. Tanenbaum A. S. Computer Networks / A. S. Tanenbaum, D. J. Wetherall. – 5-th Ed. – Prentice Hall, Cloth, 2011. – 960 p.

### Статті, конференції, семінари

1. Петренко П. П. Сучасні телекомунікації / П. П. Петренко, П. П. Петров, К. С. Іванов, С. О. Волков, П. Н. Сидоренко // Праці УНДІРТ. – 2004. – №5(53). – С. 21-25.
2. Коноваленко К. С. Інтерактивна гетерогенна телекомунікаційна мережа / К. С. Коноваленко // Зв'язок. – 2006. – № 1. – С. 78-85.
3. Введенский Ю. В. Применение сложных сигналов для измерения импульсных переходных характеристик корреляционным методом / Ю. В. Введенский, В. И. Сазанов, А. М. Сизьмин // Известия вузов СССР. Радиоэлектроника. – 1973. – Т.16, №3. – С.23-27.
4. Кравченко Ю. В. Оцінка стану складних об'єктів / Ю. В. Кравченко, Р. А. Миколайчук // Міжнародна наукова конференція «ISDMCI». – Ялта : 3-5 липня 2012 р. – С. 100-101.
5. Zhang Chang-fu. Telecommunication and standardization / ZhangChang-fu, Qiu Kun, Qiu Qi // Semiconduct. Optoelectron. – 2005. – Т. 26, № 1. – Р. 47-49.
6. Takahashi A. Overview of ITU-T and its standardization of QoE assessment methodologies / A. Takahashi // IEICE Tech. Rep. – July 2010. – V.110, №118. – Р. 65-69.

### Стандарти, нормативні документи

1. Framework for IMT-2000 networks // ITU-T Recommendation Q.1701. – 1999.
2. Требования к качеству восприятия для IPTV : Рекомендация ITU-T G.1080. – 2008.
3. Information technology – Security techniques – Information security management systems – Overview and vocabulary // ISO/IEC 27000:2014 .

### **Законодавчі та нормативні документи**

1. Кримінально-процесуальний кодекс України: станом на 1 груд. 2005 р. / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – Київ : Парлам. вид-во, 2006. – 207 с. – (Бібліотека офіційних видань).

2. Медична статистика: зб. нормат. док. / упоряд. та голов. ред. В. М. Заболотько. – Київ: МНІАЦ мед. статистики : Медінформ, 2006. – 459 с. – (Нормативні директивні правові документи).

3. Експлуатація, порядок і терміни перевірки запобіжних пристроїв посудин, апаратів і трубопроводів теплових електростанцій: СОУ-Н ЕЕ 39.501:2007. – Офіц. вид. – Київ: ГРІФРЕ: М-во палива та енергетики України, 2007. – VI, 74 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України. Інструкція).

4. Україна. Верховна Рада. Кабінет Міністрів. Державний бюджет України на 1997 рік: (уточнений) / Кабінет Міністрів України. – Київ: [б. в.], 1996. - 10 с.

### **Електронні ресурси** *(дату відвідування сайту вказувати обов'язково).*

1. Равшанов Я. О. Сколько стоит корпоративный ЦОД: методики расчета ТСО [Електронний ресурс] / Я. О. Равшанов// Технологии и средства связи. – 2010. – №4. – Режим доступу : <http://tssonline.ru/articles2/fix-corp/skolko-stoit-korporativnii-cod-metodiki-rascheta-tso> (10.12.2015 р.).

2. Kaganski S. Selecting the right KPIs for SMEs Production with the Support of PMS and PLM [Електронний ресурс] / S. Kaganski, A. Snatkin, M. Paavel, K. Karjust, S. Peterson // International Journal of Research In Social Sciences. –2013. – Vol. 3, Issue 1. – P. 69-76. – Режим доступу: <http://archive.org/details/International Journal Of Research In Social Sciencesijrss>(07.08.2015 р.)

3. Голицына И. Н. Мобильное обучение как новая технология в образовании [Електронний ресурс] / И. Н. Голицына, Н. Л. Половникова, Ф. П. Иванов // – Режим доступу : [http://library.istu.edu/bulletin/art\\_tech\\_2009\\_05.pdf](http://library.istu.edu/bulletin/art_tech_2009_05.pdf) (05.01.2010 р.).

4. Information security standards [Електронний ресурс] // – Режим доступу : <http://www.iso27001security.com> (03.05.2014 р.).

5. Національне агентство з акредитації України [Електронний ресурс] // – Режим доступу : <http://naau.org.ua> (04.05.2014 р.).