

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

## **ЗВІТ**

**З лабораторної роботи № 6**

**ОПЕРАЦІЙНІ ПІДСИЛЮВАЧІ З НЕГАТИВНИМ  
ЗВОРОТНИМ ЗВ'ЯЗКОМ**

Київ  
2021

УДК 001.006 (004.21)

ББК 73Ц

I-72

**Укладачі:** А. О. Запорожченко

I-72 Звіт. З лабораторної роботи №6 Операційні підсилювачі з негативним зворотним зв'язком./ укл. А. О. Запорожченко. – К. : КНУ ім. Т. Шевченка, 2021. – 11 с. (Укр. мов.)

Наведено загальний звіт виконання роботи з моделювання електронних схем у програмі Multisim™.

УДК 001.006 (004.21)

ББК 73Ц

© Київський Національний Університет  
імені Тараса Шевченка, 2021

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	5
ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.....	6
1. Інвертувальний підсилювач.....	6
2. Неінвертувальний підсилювач .....	7
3. Інтегратор .....	8
ВИСНОВОК .....	10
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	11

## ВСТУП

Звіт по операційним підсилювачам з негативним зворотнім зв'язком: 11 с., 9 мал.

**Мета роботи:** ознайомитися з властивостями операційних підсилювачів, опанувати способи підсилення електричних сигналів схемами з ОП, охопленим негативним зворотним зв'язком та способи виконання математичних операцій за допомогою схем з ОП.

**Метод вимірювання:** метод співставлення – одночасне спостереження вхідного та вихідного сигналів на екрані двоканального осцилографа із наступних вимірюванням і порівнянням їх параметрів.

ОПЕРАЦІЙНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ, ОП, ІНТЕГРАЛЬНІ МІКРОСХЕМИ, ЕЛЕКТРОННИЙ СИГНАЛ, НЕГАТИВНИЙ ЗВОРОТНИЙ ЗВ'ЯЗОК, MULTISIM.

## ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

**Операційний підсилювач** – це багатокаскадний диференціальний підсилювач постійного струму, який має в діапазоні частот до кількох десятків кілогерц коефіцієнт підсилення більший за  $10^4$  і за своїми властивостями наближається до уявного “ідеального” підсилювача. Під “ідеальним” розуміють такий підсилювач, який має:

- 1) нескінченний коефіцієнт підсилення за напругою диференціального вхідного сигналу ( $K \rightarrow \infty$ );
- 2) нескінченний вхідний імпеданс ( $Z_{вх} \rightarrow \infty$ );
- 3) нульовий вихідний імпеданс ( $Z_{вих} = 0$ );
- 4) рівну нулеві напругу на виході ( $U_{вих} = 0$ ) при рівності напруг на вході ( $U_{вх1} = U_{вх2}$ );
- 5) нескінченний діапазон робочих частот.

Раніше такі високоякісні підсилювачі використовувалися виключно в аналогових обчислювальних пристроях для виконання математичних операцій, наприклад, складання та інтегрування. Звідси і походить їх назва – операційні підсилювачі ОП). ОП – основна інтегральна мікросхемою для створення аналогових електронних пристроїв.

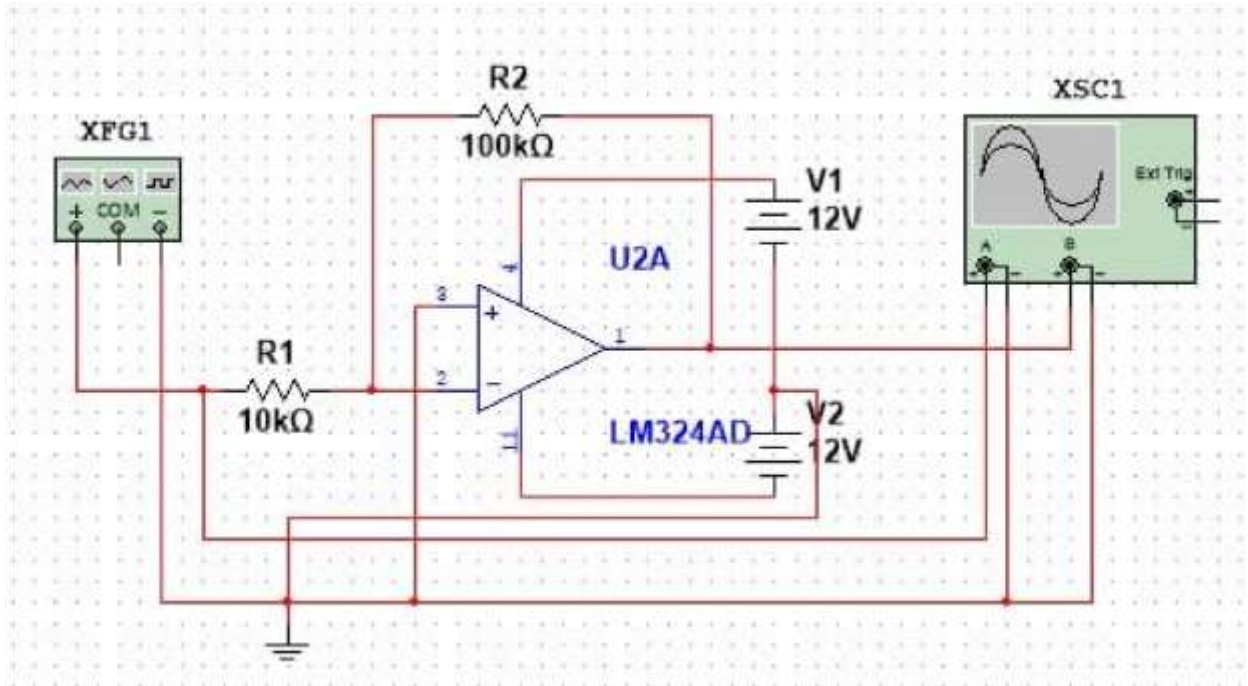
**Створення зворотного зв'язку** полягає в тому, що частина вихідного сигналу підсилювача повертається через ланку зворотного зв'язку (ЗЗ) на його вхід. Якщо сигнал зворотного зв'язку подається на вхід у протифазі до вхідного сигналу, то зворотний зв'язок називають негативним (НЗЗ). Якщо ж він подається на вхід у фазі до вхідного сигналу, то такий зворотний зв'язок називають позитивним (ПЗЗ).

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

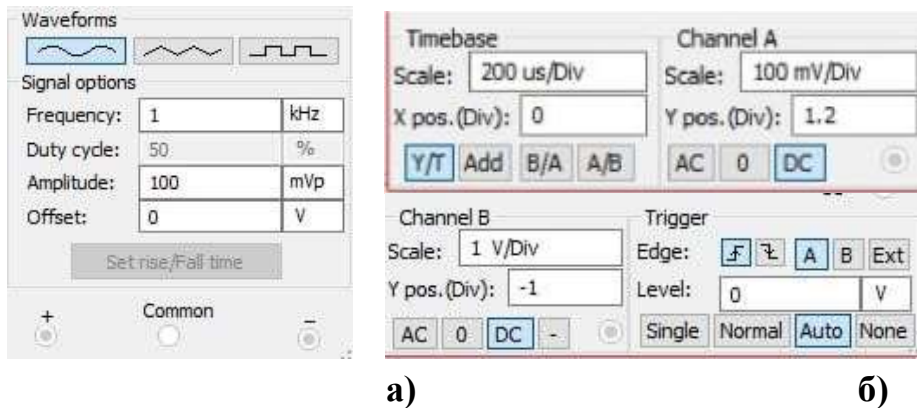
### 1. Інвертувальний підсилювач

Схема для моделювання інвертуального підсилювача на малюнку 1.

Складається з операційного підсилювача, двох резисторів номіналом 10 кОм і 100 кОм, генератора сигналів та осцилографу. Параметри генератора та осцилографа, на який виводили вхідний та вихідний сигнали, на малюнку 2 а) та б).



Малюнок 1. Схема під'єднання інвертуального підсилювача.



Малюнок 2. Параметри а) генератора та б) осцилографа.

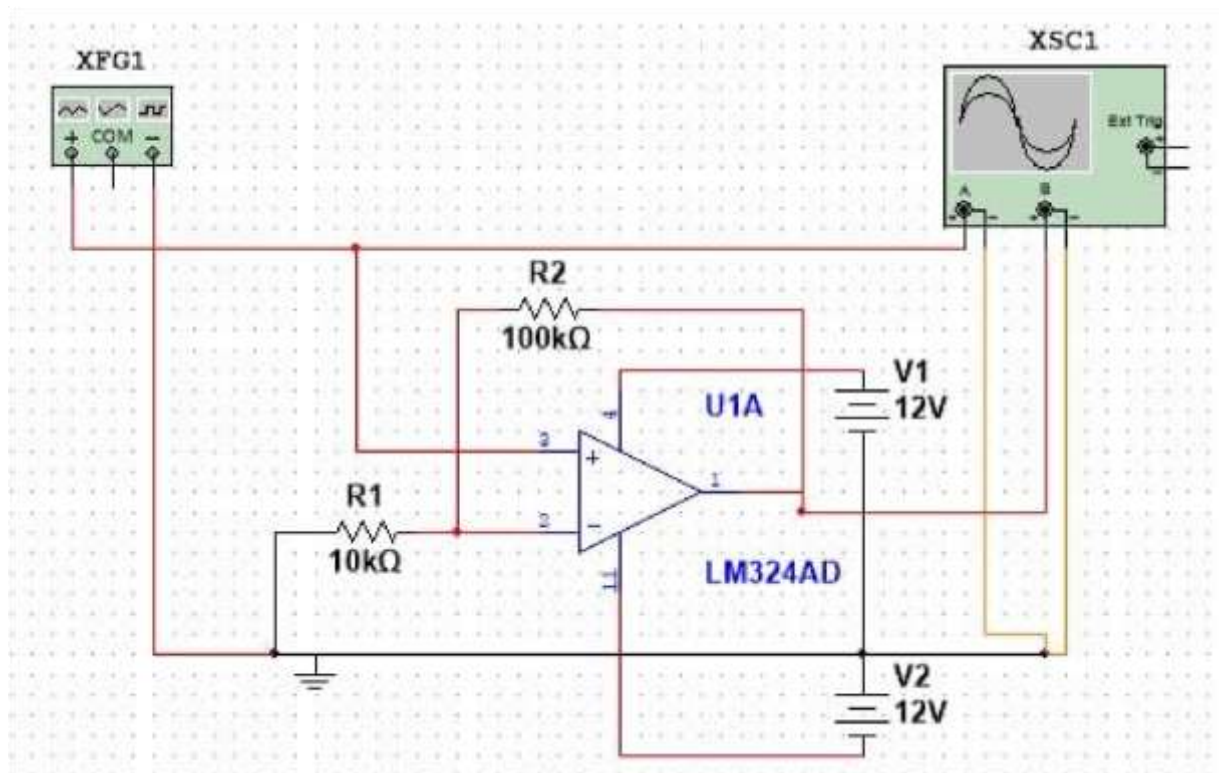
На екрані осцилографа отримуємо картину, наведену на малюнку 3. Оскільки графіки приблизно однакові за амплітудою, але масштабування різниться в 10 разів, то кажемо, що амплітуда вихідного сигналу збільшилася в 10 разів. Є зсув фази в  $\pi$  радіан для вихідного сигналу, що відповідає назві підсилювача.



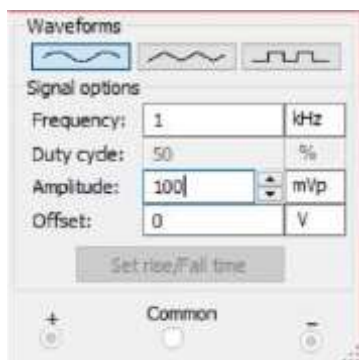
**Малюнок 3. Графік залежності вхідного та вихідного сигналу інвертувального підсилювача від часу.**

## 2. Неінвертувальний підсилювач

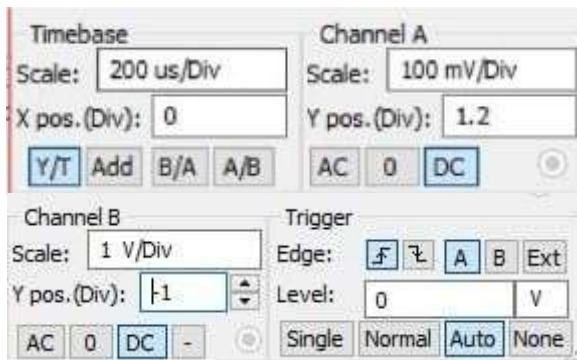
Схема для моделювання неінвертувального підсилювача містить операційний підсилювач, два резистора номіналом 10 кОм і 100 кОм, генератор сигналів та осцилограф, яка зображена на малюнку 4. Параметри генератора сигналів та осцилографа, на який виводили вхідний та вихідний сигнали, на малюнку 5 а) і б).



**Малюнок 4. Схема під'єднання неінвертувального підсилювача.**



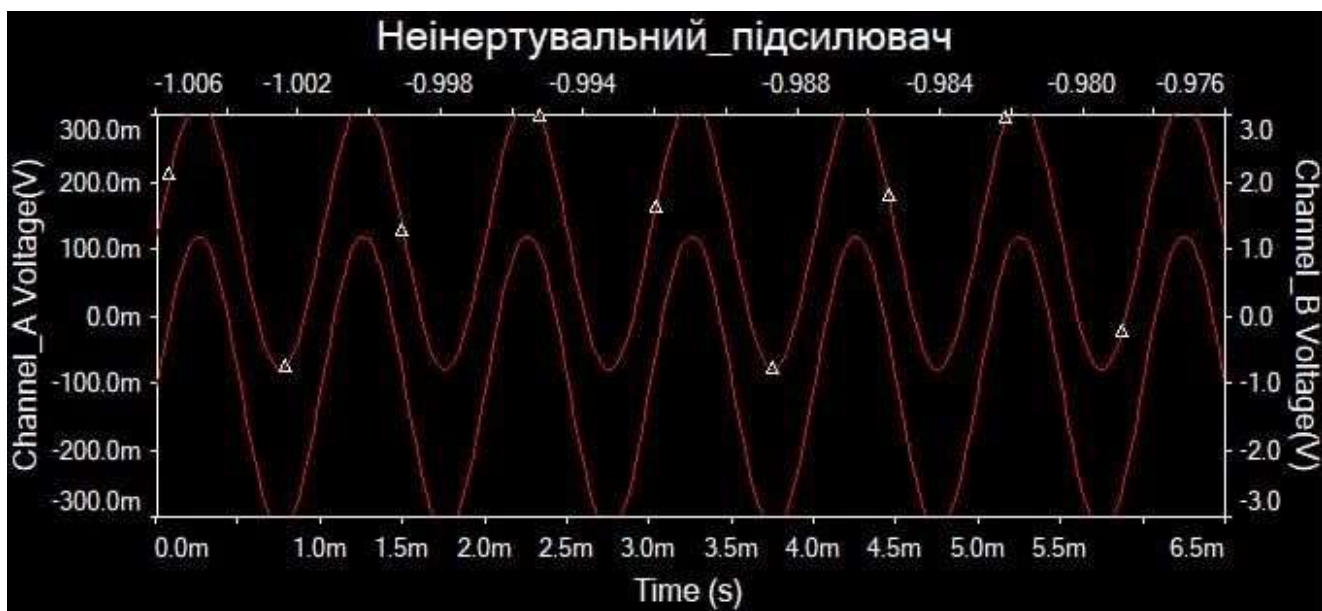
а)



б)

**Малюнок 5. Параметри а) генератора сигналів та б) осцилографа.**

На екрані осцилографа отримали картину, що на малюнку 6. Оскільки графіки приблизно однакові за амплітудою, але їхнє масштабування різниться в 10 разів, то кажемо, що амплітуда вихідного сигналу збільшилася в 10 разів. Оскільки не спостерігаємо зсув фази для вихідного сигналу, то це відповідає назві підсилювача.

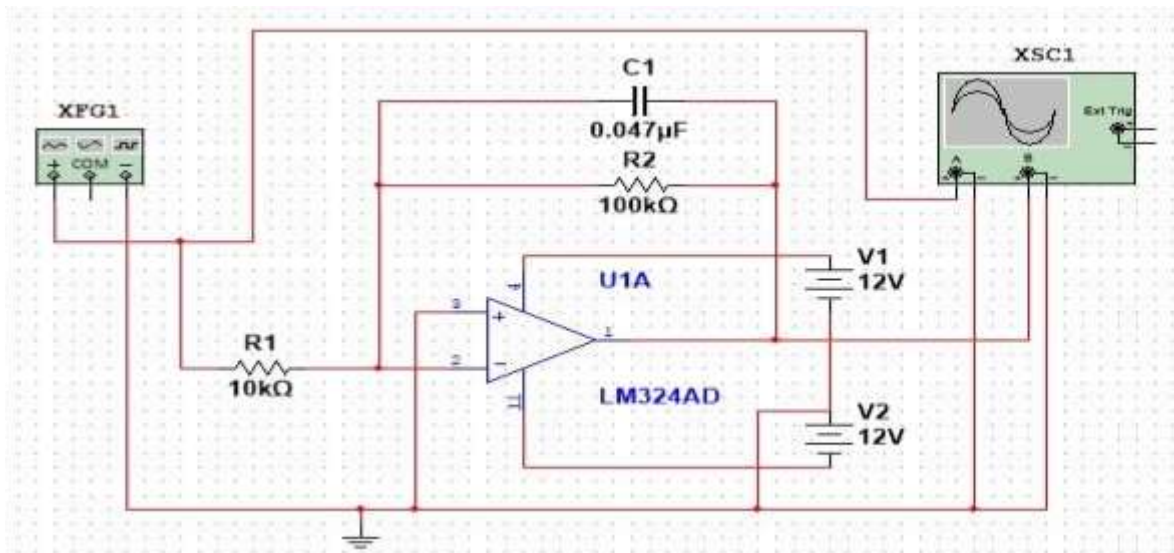


**Малюнок 6. Графік залежності вхідного та вихідного сигналу неінвертувального підсилювача від часу.**

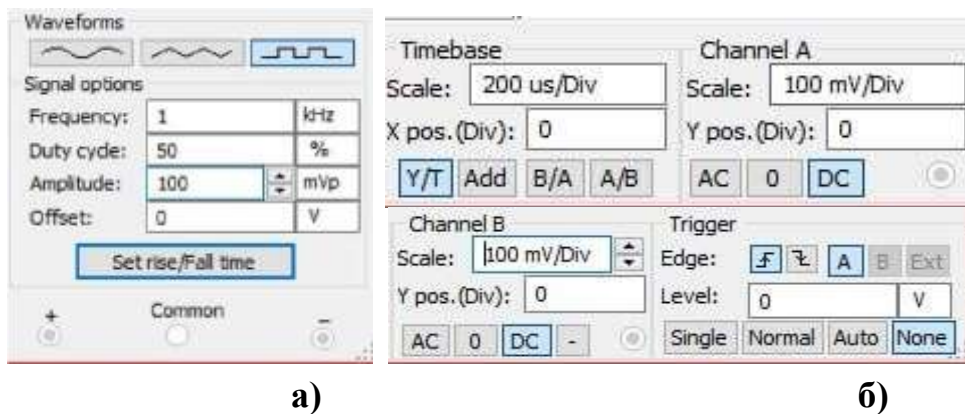
### 3. Інтегратор.

Схема для моделювання інтегратора на базі інвертувального підсилювача містить операційний підсилювач, два резистора номіналом 10 кОм і 100 кОм, конденсатор ємністю 0,047 мкФ, генератор сигналів та осцилограф, яка зображена на малюнку 7. Параметри генератора сигналів та осцилографа, на який виводили вхідний та вихідний сигнал, на малюнках 8 а) та б).



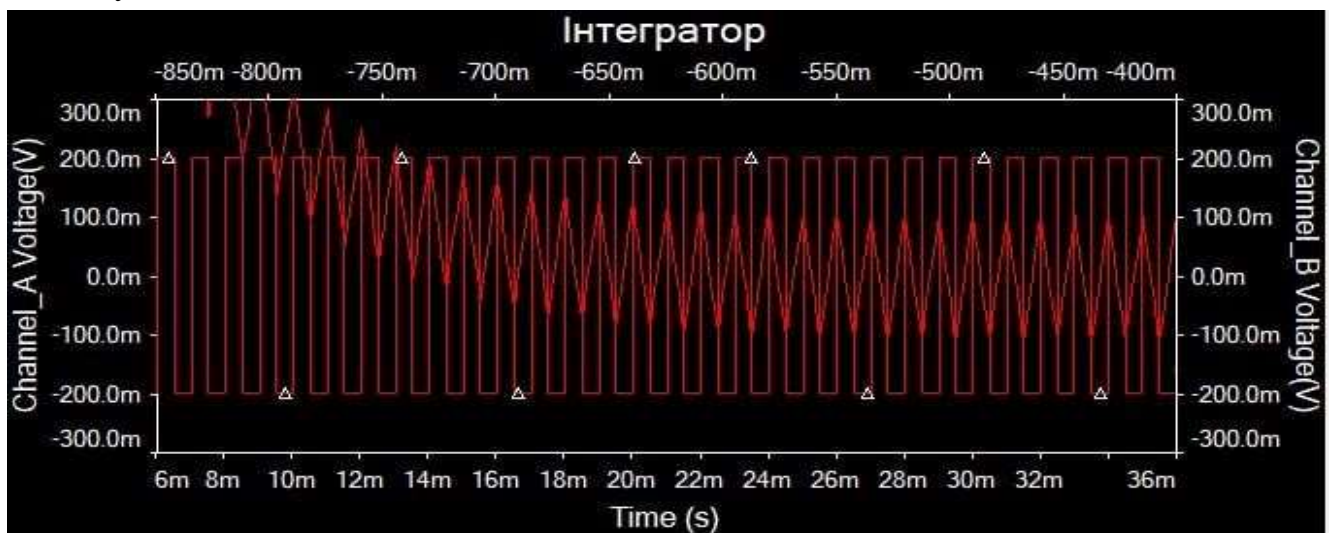


Малюнок 7. Схема під'єднання інтегратора.



Малюнок 8. Параметри а) генератора сигналів та б) осцилографа.

На екрані осцилографа отримали картину, малюнок 9. Інтегралом періодичної імпульсної функції є періодична пилкоподібна функція. Що й бачимо на екрані через певний час. На початку часової прямої вихідний сигнал має таку ж форму, але спадає експоненціально до усталеної первісної функції вхідного сигналу.



Малюнок 9. Графік залежності вхідного та вихідного сигналу інтегратора від часу.

## ВИСНОВОК

У ході цієї лабораторної роботи ми ознайомилися з властивостями операційних підсилювачів, опанували способи підсилення електричних сигналів схемами з ОП, охопленим негативним зворотним зв'язком та способи виконання математичних операцій за допомогою схем з ОП. Дізналися основні характеристики ОП та призначення різних видів підсилювачів.

Серед них були:

- 1) *підсилювач напруги* (послідовний НЗЗ за напругою);
- 2) *перетворювач струмнапруга* (паралельний НЗЗ за напругою);
- 3) *перетворювач напруга-струм* (послідовний НЗЗ за струмом);
- 4) *підсилювач струму* (паралельний НЗЗ за струмом).

У ході моделювання наочно переконалися у дії підсилювача напруги реалізованого як інвертувальний (зміна фази), неінвертувальний (зміни фази не спостерігалось) та інтегратора (сигнал на виході — інтеграл від сигналу на вході). В даному випадку вихідний сигнал набував усталеної форми через 30 мілісекунд. Коло НЗЗ інтегратора на основі ОП складає інтегровальну RC-ланку – фільтр нижніх частот (вихідна напруга знімається з конденсатора).

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Методичні вказівки до практикуму «Основи радіоелектроніки» для студентів фізичного факультету / Упоряд. О.В.Слободянюк,
2. Ю. О. Мягченко, В. М. Кравченко.- К.: Поліграфічний центр «Принт лайн», 2007.- 120 с.
3. Ю.О. Мягченко, Ю.М. Дулич, А.В.Хачатрян “Вивчення радіоелектронних схем методом комп’ютерного моделювання” : Методичне видання. – К.: 2006.- с.