МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО -НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М.ПОТЕБНІ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ, ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Михайлуца О.М., Ніконова З.А., Небеснюк О.Ю., Ніконова А.О.

**«ОСНОВИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ»**

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт

для здобувачів вищої освіти бакалавра спеціальності «Мікро та наносистемна техніка» освітньої програми 153 «Мікро та наносистемна техніка»

ЗАПОРІЖЖЯ

2022

**ЗМІСТ**

 ВСТУП

1. Основні функції MS Excel . Основні навички роботи в середовищі MS EXEL. Лабораторна робота №1
2. Зв'язування і впровадження об'єктів у MS Excel. Лабораторна робота №2
3. Способи кодування інформації. Лабораторна робота №3
4. Рішення логічних задач засобами алгебри логіки. Лабораторна робота №4
5. Створення базових таблиць Access. Ознайомлення з роботою програми ELECTRONIC WORKBENCH. Лабораторна робота №5

ВСТУП

Microsoft Excel (MS Excel) – програма для роботи з електронними таблицями, створена корпорацією Microsoft для Microsoft Windows. Програма дає можливость виконувати економіко-статистичні, математичні та інженерні розрахунки, має графічні інструменти та можливості макропрограмування VBA (Visual Basic for Application).

Оволодіння цією програмою надає багато можливостей при проведенні інженерних розрахунків, серед яких розрахунки функцій при змінних аргументах за допомогою копіювання комірок, побудова графіків та їх швидка апроксимація, вбудовані формули для операцій з масивами, логічні функції тощо. Усе це дозволяє прискорити процес розрахунків, підвищити їх точність та зменшити ймовірність помилок.

Цикл представлених лабораторних робіт спрямовано на навчання студентів користуватися основними функціями MS Excel з метою подальшого застосування отриманих знань в інженерних дисциплінах. Цикл складається з двох частин. При виконанні лабораторних робіт першої частини студенти навчаються користуватися основними функціями MS Excel та їх застосуванням при рішенні деяких математичних задач.

При виконанні лабораторних робіт другої частини студенти навчаються користуватися основними функціями MS Excel та їх застосуванням при рішенні деяких математичних задач.







Відносні і абсолютні посилання на комірки. Посилання на комірку у формулі може бути відносним, абсолютним або змішаним.

Відносне посилання включає тільки імена стовпця та рядка (наприклад, А1). Якщо копіювати комірку з таким посиланням у інші, то посилання будуть змінюватися за рядком (якщо копіювати рядок) та стовпцем, якщо копіювати стовпець. Це дуже зручно при копіюванні формул у таблицях з посиланням на дані попереднього рядка або стовпця.

Але іноді треба, щоб посилання у комірках не змінювались (коли, наприклад, це посилання на якусь константу). Тоді використовують абсолютні посилання, які вказують на конкретну комірку. При переміщенні або копіюванні формули таке посилання не змінюється, оскільки воно задає фіксовану позицію на робочому листі. Ознакою абсолютного посилання є наявність двох знаків ($) - перед ім'ям стовпця і перед номером рядка (наприклад: $A$1 ).

У змішаних посиланнях є один знак ($) (наприклад: А$1; $А1). Якщо він стоїть перед ім'ям стовпця, то ми маємо абсолютне посилання на стовпець і відносне на рядок. Якщо формула містить абсолютне посилання, то при копіюванні це посилання не змінюється.

Імена у формулах. Вказати адресу комірки або діапазону – це не єдиний спосіб послатися на них у формулі. У Excel існує можливість привласнювати коміркам, діапазонам комірок, формулам і константам імена і використовувати їх як абсолютні посилання. Привласнювати імена можна і несуміжним діапазонам, а також коміркам, розташованим в діапазоні, якому вже дано ім'я.

Щоб присвоїти ім'я комірці або діапазону комірок, треба спочатку їх виділити. Після цього необхідно клацнути в крайньому лівому полі рядка формул, де знаходиться адреса поточної комірки. В результаті в цьому полі з'явиться курсор введення, а адреса комірки буде виділена. Введіть ім'я діапазону, натисніть клавішу Enter.

Існує і інший спосіб присвоєння імені діапазонам: викликати команду “Вставка Имя Присвоить” і ввести ім'я діапазону в поле Имя діалогового вікна “Присвоение имени”.

Функції. Excel надає в розпорядження користувачів безліч спеціальних функцій, які можна застосовувати в обчисленнях. Функція представляє формулу, що виконує певні операції. Початкові дані переда¬ются в неї за допомогою аргументів. Звернення до функції здійснюється шляхом вказівки її імені, після якого йдуть круглі дужки.

В якості аргумента можна задати числове або текстове значення, адресу комірки (абсолютну або відносну), адресу або ім'я діапазону. Викликаються функції з формул, причому в одній формулі може бути декілька функцій, об'єднаних різними знаками операцій. Якщо в якості аргументів функ-ції використовуються інші функції, то такі функції називаються вкладеними.

Виклик функцій. Виклик функції у формулі, тобто введення її імені, дужок і аргументів, можна виконати з клавіатури або безпосередньо в комірці, або в рядку фор¬мул. При цьому адреси комірок, вміст яких повинен використовуватися в якості аргументів функції, зручно визначати, виділяючи комірки за допомогою миші.

При роботі з функціями рекомендується використовувати рядок формул і “Мастер функций”. В цьому випадку аргументи встановлюються в діалоговому вікні, що пов¬ностю виключає появу помилок, вірогідність виникнення яких при введенні функції з клавіатури досить висока.

Введення функцій за допомогою рядка формул і майстра. При введенні формули, в лівій частині рядка формул відображається ім'я функції, яка викликалася останньою. Клацнувши на розташованій поряд з ним стрілці, можна розкрити список, що містить імена десяти функцій, що недавно використовувались, рис. 1.5.

Якщо потрібна функція, вказана в цьому списку, виберіть її. Ім'я функції появит¬ся в рядку формул, а на екрані відкриється діалогове вікно “Аргументы функции”, яке міститиме її опис і поля для введення аргументів, рис. 1.6.

Відкрити вікно “Мастер функций” можна і іншим способом, а саме натиснувши кнопку “Вставка функции” рядка формул або викликавши команду “Вставка Функция”.

Помилки у формулах. Excel може розпізнати далеко не всі помилкові ситуації. Наприклад, якщо непра¬вильно вказаний порядок виконання операцій, формула все одно буде обчисле¬на, оскільки формальних помилок при запису її компонентів допущено не було. Щоб легше було знайти логічну помилку, можна встановити для робочого листа режим відображення формул, а не результатів.













2) y=е2х+x2+7, z=a√x+bsin(y), a=3, b=10;

3) y=3x+сos(x)+1, z=ax3+by2, a=8, b=6;

4) y=x2-12x-5, z=asin(x2)+bcos(y2), a=7, b=2;

5) y=2x3+9x2-4, z=aex-bth(y), a=7, b=2;

6) y=x4+12x2-10, z=a√(x3+b) + cos(y), a=4, b=15;

7) y=2cos(2x) -3x, z=a √(x2+by2), a=9, b=10;

8) y=x3+3e, z= √(ax3+by2), a=12, b=6;

9) y=x2+2sin(3x)+2, z=aln(x)-by3, a=22, b=14;

10) y=x+cos(x2+3) , z=ax-bln(y2), a=3, b=15;

11) y=x3-3x2+3, z=ae-x + be-y, a=20, b=3;

12) y=2x2+4x+6, z=a√(x5+bcos(y)), a=5, b=2;

13) y=x+log(3x) , z=alg(x)-bsin(3y), a=8, b=16;

14) y=(x-1)3+ln(x) , z= aex - be-2y, a=18, b=4;

15) y=x2-3e-x, z=ax2-bcos(y), a=12, b=21;

16) y=lg(x)-sin(3x) , z=ax2-bcos(y), a=3, b=9;

17) y=x3-sin(5x)+7, z=a√x2-bcos(y), a=17, b=4;

18) y=3x2+√2x, z=ax3+bsin(y), a=3, b=8;

19) y=ex-3x2+√3, z= eax + e-by, a=3, b=0,1;

20) y=lg(5x)-x2+2, z=ax+√(by2+ x), a=6, b=18.

**1.6 Контрольні питання**

1. Як встановити автозбереження файлів?

2. Що таке комірки, як вони позначаються?

3. Як проводиться редагування вмісту комірок?

4. Як проводиться автозаповнення комірок?

5. Види форматів комірок. Як вони задаються?

6. Засоби введення функцій.

7. Формули у **MS Excel**.

8. Відносні і абсолютні посилання на комірки.

9. Імена комірок та їх діапазонів.

10. Робота з **Мастером функцій.**

11. Помилки у формулах.

12. Діаграми. Види діаграм.

13. Створення діаграм.

14. Редагування діаграм.

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІЙ ЛОГІКИ**

**Мета роботи:** ознайомитись з видами функцій логіки та навчитись користуватися ними у середовищі MS Excel.

**3.1 Теоретичні відомості**

Логічна функція - це функція логічних змінних, яка може приймати тільки два значення: 0 (Ні ) або 1 (Так).

Логічні функції допомагають створювати складні формули, які залежно від виконання тих або інших умов здійснюватимуть різні види обробки даних.

У цій категорії всього шість команд, але про чотирьох з них варто поговорити детальніше, оскільки вони значно розширюють наші можливості в застосуванні всіх інших команд.

Команда “***ЕСЛИ***” дозволяє організувати різного роду розгалуження. Формат команда “***ЕСЛИ***”:

*=ЕСЛИ(лог\_выражение;значение\_если\_истина; значение\_ если\_ложь)*

Логічною умовою виступають рівність і нерівності з використанням знаків >, <, = та ін.

Приклад: *=ЕСЛИ(С1>D1\*B5; "УРА! "; "НА ЖАЛЬ".)* - якщо число в осередку С1 більше, ніж D1\*В5, то в нашому осередку буде радість, а якщо менше - розчарування. У функцію “***ЕСЛИ***” може бути вкладена інша функція “***ЕСЛИ***”, а в неї ще одна - "і так сім разів". Наприклад: *= ЕСЛИ (С1>100; "УРА! "; ЯКЩО(Е1=1; G1; G2))* - якщо осередок С1 більше ста, то в нашому осередку буде написано "Ура! "а якщо менше або рівна - те в неї скопіюється вміст осередків G1(при Е1, рівному 1) або G2 (при Е1, не рівному 1).

Команда “***И***” дозволяє створити декілька умов, які можна використовувати в команді “***ЕСЛИ***”. Усі умови в команді “***И***” мають бути виконані, тільки тоді функція набуває значення істини. Якщо хоч одна умова не виконана, то значення її брехня. Формат команди “***И***”:

*=И(логическое\_условие\_1; логическое\_условие\_2…)*

Всього логічних умов може бути до 30 штук.

*Приклад спільного використання функцій “****ЕСЛИ***” *та “****И***”: *=ЕСЛИ(И(Е1>1; G2="Ура! "); "Вгадав"; "Не вгадав")* - якщо осередок Е1 більше одиниці, а в G2 знаходиться слово "Ура! "то в нашому осередку опиниться слово "Вгадав" (істина), якщо ж якась з логічних умов не виконана (брехня), отримаємо "Не вгадав".

Команда “***ИЛИ***” теж дозволяє задати декілька умов, але іншим чином. Якщо хоч одне з них виконано, то функція набуває значення істина. І тільки коли усі задані умови невірні, отримаємо брехню. Формат такий же, як у функції “***И***”, її можна також використовувати разом з “***ЕСЛИ***”*.*

Команда “***НЕ***” інвертує ( перевертає ) отримані значення: була істина, стане брехня, та навпаки.

**Приклад**: *=ЕСЛИ(НЕ(С1>D1\*B5); ”УРА! ”; ”НА ЖАЛЬ…”)* - "УРА!" з’является, коли С1 не більше D1\*B5.

**3.2 Порядок виконання роботи**

При виконанні лабораторної роботи дотримуйтесь рекомендованого порядку:

* ознайомтесь з матеріалом , який наведено у підрозділі 2.1;
* отримайте від викладача варіант завдання;
* створіть новий проект у Microsoft Office Excel 2003;
* виконайте завдання згідно варіанту та прикладу, що наведений у підрозділі 2.3. Завдання наведено у підрозділі 2.5;
* оформіть звіт.

**3.3 Приклад виконання завдання**

Припустимо, що Ви працюєте у деканаті інститута та Вам потрібно скласти список студентів, які допущені до іспиту на основі даних про здачу заліків (див. табл 3.1).

Таблиця 3.1 – Вихідні дані до завдання

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Студент | I залік | II залік | III залік |
| *1* | *2* | *3* | *4* |
| Іванов | залік | залік | залік |
| Петров | залік | ні | залік |
| Сидоров | залік | ні | ні |
| Продовження табл. 2.1 |
| *1* | *2* | *3* | *4* |
| Павлов | ні | залік | залік |
| Сімонов | ні | ні | ні |
| Карпенко | залік | залік | ні |
| Вавилов | ні | ні | залік |

За умовою студент буде долущений до іспиту, якщо він має усі три заліки.

1) Створюємо таблицю у середовищі Microsoft Excel та заповнюємо її згідно вихідних даних (рис. 3.1):



Рисунок 3.1 - Вихідні дані до завдання

2) У комірку E2 вводимо формулу: =ЕСЛИ(И(B2="залік";C2="залік";D2="залік");"допущений";"не допущений"), потім копіюємо її у комірки Е3:Е8.

Отримуємо результат, рис. 3.1:



Рисунок 3.2 – Результати виконання завдання

**3.4 Зміст звіту**

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

* + мету роботи;
	+ завдання на виконання роботи;
	+ результати виконаної роботи ;
	+ висновки.

**3.5 Завдання на лабораторну роботу**

Припустимо, Ви працюєте у деканаті інституту та Вам потрібно скласти список студентів, що допущені до іспиту на основі даних про здачу трьох заліків. Для даних взяти список студентів своєї групи, інформацію про заліки проставити випадковим чином. Студент допускається до здачі іспиту, якщо має не менш двох заліків.

**3.6 Контрольні питання**

1. Поняття логічних функцій.

2. Назвіть основні логічні функції.

3. Який формат запису простої функції “***ЕСЛИ***” у Excel ?

4. Який формат запису логічної функції “***И***” у Excel ?

5. Який формат запису логічної функції “***ИЛИ***” у Excel ?

 **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4. РОБОТА З МАТРИЦЯМИ**

Мета роботи: ознайомитись з функціями по роботі з матрицям та їх застосуванням при рішенні систем лінійних рівнянь.

**4.1 Теоретичні відомості**

***Загальні відомості про матриці***

Значна частина математичних моделей різних об'єктів і процесів записується в досить простій і компактній матричній формі. Зокрема, при рішенні лінійних рівнянь ми маємо справу з матрицями і арифметичними діями з ними.

Матрицею розмірністю *m×n* називається прямокутна таблиця чисел, що містить m рядків і *n* стовпців. Матриці позначаються прописними (заголовними) буквами латинського алфавіту. Числа, що становлять матрицю, називаються елементами матриці і позначаються рядковими буквами з подвійною індексацією: *aij*, де *i* - номер рядка, а *j* - номер стовпця. Наприклад, матриця *А* розміром *m×n* може бути представлена у виді:



де *i*=1,..., *m*; *j*=1,..., *n*.

Дві матриці *А* і *В* одного розміру називаються рівними, якщо вони співпадають поелементно, тобто *aij*=*bij* для будь-яких *i*=1,2, ..., *m*; *j*=1, 2, ..., *n*.

Матриця, що складається з одного рядка, називається матрицею (вектором) - рядком:



а з одного стовпця - матрицею (вектором) - стовпцем:



Якщо число рядків матриці дорівнює числу стовпців і рівне *n*, то таку матрицю називають квадратною *n*-го порядку. Наприклад, квадратна матриця 2-го порядку :



Якщо у елементу матриці *aij* номер стовпця дорівнює номеру рядка (*i=j*), то такий елемент називається діагональним. Діагональні елементи утворюють головну діагональ матриці.

Квадратна матриця з рівними нулю усіх недіагональних елементів називається діагональній.

Квадратна матриця називається одиничною, якщо вона діагональна, і усі діагональні елементи дорівнюють одиниці. Одинична матриця має вигляд:



***Операції з матрицями***

Як і над числами, над матрицями можна проводити ряд операцій, причому у випадку з матрицями деякі з операцій є специфічними.

***Транспонування***

Транспонованою називається матриця (*АТ*), у якій стовпці початкової матриці (*А*) замінюються рядками з відповідними номерами.

Для позначення транспонованої матриці іноді використовують символ ' (*A*'). Транспонуванням називається операція переходу від початкової матриці (*А*) до транспонованої (*АТ*).



З визначення транспонованої матриці виходить, що якщо початкова матриця *А* має розмір *m×n*, то транспонована матриця *АТ* має розмір *n×m*.

Для здійснення транспонування в **MS Excel** використовується функція “***ТРАНСП***”, яка дозволяє поміняти орієнтацію масиву на робочому листі з вертикальною на горизонтальну і навпаки.

Функція має вигляд “***ТРАНСП (масив)*** ”***.*** Тут **(*масив)*** - це масив, що транспонується, або діапазон осередків на робочому листі. Транспонування масиву полягає в тому, що перший рядок масиву стає першим стовпцем нового масиву, другий рядок масиву стає другим стовпцем нового масиву і т. д.

***Обчислення визначника матриці***

Важливою характеристикою квадратних матриць є їх визначник. Визначник матриці - це число, що обчислюється на основі значень елементів масиву. Визначник матриці *А* позначається як |*А*| або ∆.

Визначником матриці першого порядку *А*, або визначником першого порядку, називається елемент *а*11.

∆1 = |*А*| = *а*11

Визначником матриці другого порядку А, або визначником другого порядку, називається число, яке обчислюється за формулою:



У **MS Excel** для обчислення визначника квадратної матриці використовується функція “***МОПРЕД***”. Функція має вигляд “***МОПРЕД(масив)*** ”***.*** Тут ***(масив)*** - це числовий масив, в якому зберігається матриця з рівною кількістю рядків і стовпців. При цьому масив може бути заданий як інтервал осередків, наприклад, А1:С3; чи як масив констант, наприклад, {1;2;3;4;5;6;7;8;9}.

***Знаходження зворотної матриці***

Для кожного числа а≠0 існує зворотнє число а-1, і для квадратних матриць вводиться аналогічне поняття. Зворотні матриці зазвичай використовуються для вирішення систем рівнянь з декількома невідомими.

Матриця *А-1* називається зворотною по відношенню до квадратної матриці *А*, якщо при множенні цієї матриці на дану як ліворуч, так і праворуч виходить одинична матриця:



Як випливає з визначення, зворотна матриця є квадратною того ж порядку, що і початкова матриця.

Існують спеціальні досить складні алгоритми для ручного обчислення зворотних матриць. У **MS Excel** для знаходження зворотної матриці використовується функція “***МОБР***”, яка обчислює зворотну матрицю для матриці, що зберігається в таблиці у вигляді масиву.

***Складання і віднімання матриць***

Складати (віднімати) можна матриці одного розміру. Сумою матриць *А* = (*aij*) і *В* = (*bij*) розміру *m×n* називається *матриця C = A + B*, елементи якої *cij = aij + bij* для *i* = 1,2,..., *m*; *j* = 1,2,..., *n* (тобто матриця складається поелементно). Наприклад, якщо:



то 

Аналогічно визначають різницю двох матриць *С = А - В.*

У **MS Excel** для виконання операцій підсумовування і віднімання матриць можуть бути використані формули, що вводяться у відповідні осередки.

***Множення матриці на число***

Добутком матриці *А* на число *k* називається матриця *В = kA*, елементи якої *bij = kaij* для *i* = 1,2,..., *m*; *j* = 1,2,..., *n*. Інакше кажучи, при множенні матриці на постійну величину кожен елемент цієї матриці множиться на цю величину:

*k⋅Aij = (k⋅aij*).

***Множення матриць***

Добуток матриць визначений, якщо число стовпців першої матриці дорівнює числу рядків другою.

Нехай *А* = (*aij*) *m×n*, *B* = (*bij*) *n×p*, тоді розмірність добутку *А×В*

дорівнює *m×p*. При цьому матриця *С* називається добутком матриць *А* і *В*, якщо кожен її елемент *cij* дорівнює сумі добутків елементів *i*-го рядка матриці *А* на відповідні елементи *j*-го стовпця матриці *В*:



Таким чином, перемножування матриць здійснюється за наступним правилом:



Наприклад





Багато властивостей, властивих операціям над числами, справедливі і для операцій множення матриць.

В алгебрі матриць немає дії ділення. Вираз *А/В* не має сенсу. Його замінюють два різні вирази *В- 1 × А* і *А × В- 1*, якщо існує *В- 1*.

Для квадратних матриць можлива операція піднесення до степеня. Після визначення. вважають, що *А0 = Е* і *А1 = А*. Цілим позитивним ступенем *Am(m>*1) квадратною матрицею *А* називається добутком *m* матриць, рівних *А*, тобто, :



Для знаходження добутку двох матриць в **Excel** використовується функція “***МУМНОЖ***”, яка обчислює добуток матриць.

***Рішення системи рівнянь у MS Excel***

Рішення системи рівнянь за допомогою знаходження зворотної матриці. Нехай дана лінійна система рівнянь.



Цю систему рівнянь можна представити в матричній формі:

,

де:



Матриця невідомих обчислюється за формулою .

**4.2 Порядок виконання роботи**

При виконанні лабораторної роботи дотримуйтесь рекомендованого порядку:

* ознайомтесь з матеріалом , який наведено у підрозділі 3.1;
* отримайте від викладача варіант завдання;
* створіть новий проект в Microsoft Office Excel 2003;
* виконайте завдання згідно варіанту та прикладу, що наведений у підрозділі 3.3. Варіанти завдань наведено у підрозділі 3.5;
* оформіть звіт.

**4.3 Приклад виконання завдання**

**Завдання**.Рішити систему рівнянь, а також провести транспонування і обчислення визначника матриці.



1) Вводимо значення елементів матриць *A* і *B* рівняння у комірки, рис. 3.1.

2) Виділяємо блок комірок під зворотню матрицю.

3) Викликаємо діалогове вікно “***Мастер функций***” і в робочому полі “***Категория***”обираємо “***Математические***”, а в робочому полі “***Функция***”– ім'я функції “***МОБР***”. Після цього клацаємо по кнопці **ОК**.

4) Вводимо діапазон початкової матриці у робоче поле (“***Массив***”) і натискаємо кнопку **ОК** .



Рисунок 3.1 – Функція в табличному вигляді

5) Потім натискуємо поєднання клавіш **Ctrl+Shift+Enter**. Зворотна матриця готова.

6) Перемножуємо зворотну матрицю *A-1* на матрицю *B* за допомогою матричної функції “***МУМНОЖ***” (порядок множення важливий - першою повинна йти матриця *A-1*, а другою - *B*). Отриманий вектор-стовпець *Х* є результатом рішення системи рівнянь.

7) Транспонування матриці *А*. Для цього виділяємо блок комірок під транспоновану матрицю.

8) Запускаємо “**Мастер функцій**” і в робочому полі “**Категория**”выбераем “**Ссылки и массивы**”, а в робочому полі “**Функция**” - ім'я функції ***ТРАНСП***, після цього клацаємо на кнопці ОК.

9) Після появи діалогового вікна ***ТРАНСП*** виділяємо матрицю і тиснемо **Enter**. Після цього натискаємо поєднання клавіш **Ctrl+Shift+Enter**.

10) Обчислимо визначник матриці *A-1*. Для цього вибираємо комірку під визначник ∆. Запускаємо “**Мастер функцій**” і в робочому полі “**Категория**” обираємо “**Математические**”, а в робочому полі “**Функция**” - ім'я функції ***МОПРЕД***.

11) Після появи діалогового вікна ***МОПРЕД*** виділяємо матрицю і тиснемо **Enter**. Готовий приклад показана на рис. 3.2 .

Рисунок 3.2 – Зображення готового завдання.

**3.4 Зміст звіту**

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

* + мету роботи;
	+ завдання на виконання роботи;
	+ результати виконаної роботи ;
	+ висновки.

**4.5 Завдання на лабораторну роботу**

Вирішити систему рівнянь, провести транспонування і обчислення визначника матриці. Варіанти завдань наведено в табл.3.1.

Таблиця 3.1 –Варіанти завдань:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вар-т | Завдання | Вар-т | Завдання |
| *1* | *2* | *3* | *4* |
| 1 |  | 2 |  |
| 3 |  | 4 |  |
| 5 |  | 6 |  |
| 7 |  | 8 |  |
| 9 |  | 10 |  |
| Продовження табл.3.1 |
| *1* | *2* | *3* | *4* |
| 11 |  | 12 |  |
| 13 |  | 14 |  |
| 15 |  | 16 |  |
| 17 |  | 18 |  |
| 19 |  | 20 |  |

**4.6 Контрольні питання**

1. Що таке матриця? Види матриць. Розмірність матриць

2. Які операції над матрицями Ви знаєте?

3. Що таке транспонована матриця? Яка функція у **MS Excel** використовується для її отримання?

4. Що таке визначник матриці? Як його обчислити у **MS Excel**?

5. Що таке зворотня матриця? Як її обчислити у **MS Excel**?

6. Які арифметичні дії над матрицями Ви знаєте?

7. Як проводиться множення матриці на матрицю математично та у середовищі **MS Excel**?

8. Методика рішення системи рівнянь у **MS Excel.**

Лабораторна робота №5

Тема роботи**: МОДЕЛЮВАННЯ СХЕМ В ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ELECTRONIC WORKBENCH**

 Мета роботи: ознайомитися з програмою та набути практичних навичок роботи з програмоюELECTRONIC WORKBENCH

1. **ОПЕРАЦІЇ ПРОГРАМИ**

Програма Electronics Workbench розроблена фірмою National Instruments Electronics Workbench Group і використовується для схемотехнічного моделювання аналогових та цифрових радіоелектронних пристроїв різного призначення та дає змогу простими засобами будувати на екрані монітора аналогову або цифрову електронну схему, підключати електро- та радіовимірювальні прилади та отримувати результати або в вигляді цифрових даних на моніторах вимірювальних приладів або на логічному аналізаторі.

Electronics Workbench дає змогу будувати схеми різного ступеня складності за допомогою таких операцій:

− вибір елементів і приладів із бібліотек;

− переміщення елементів і схем у будь-яке місце робочого поля;

 поворот елементів і груп елементів на кути, кратні 90°;

− копіювання, вставлення або видалення елементів, груп елементів, фрагментів схем і цілих схем;

− зміна кольору дротів;

− виділення кольором контурів схем для зручнішого сприйняття;

− одночасне приєднання декількох вимірювальних приладів і спостереження їхніх показань на екрані монітора;

− присвоювання елементу умовного позначення;

− зміна параметрів елементів у широкому діапазоні.

Усі операції проводяться за допомогою миші та клавіатури. Управління тільки з клавіатури неможливо.

Шляхом налаштування приладів можна виконати таке:

− змінювати шкали приладів залежно від діапазону вимірювань;

− задавати режим роботи приладу;

− задавати вигляд вхідних впливів на схему (постійні й гармонійні струми і напруги, трикутні та прямокутні імпульси).

Графічні можливості програми дають змогу:

− одночасно спостерігати декілька кривих на графіку;

− відображати криві на графіках різними кольорами;

− вимірювати координати точок на графіку;

− імпортувати дані в графічний редактор, що дає змогу зробити необхідні перетворення схеми та виведення її на принтер.

Перед створенням креслення принципової схеми за допомогою програми EWB необхідно виконати таке:

* підготувати на аркуші паперу її ескіз із приблизними розташуванням компонентів та з урахуванням можливості оформлення окремих фрагментів у вигляді підсхем;
* ознайомитися з бібліотекою готових схем програми.

Загалом процес створення схеми починається з розміщення на робочому полі програми компонентів із бібліотеки програми відповідно до підготовленого ескізу.

Після розміщення компонентів виконується з’єднання їхніх виводів за допомогою дротів. Необхідно враховувати, що до виводу компонента можна підключити тільки один дріт.

**2.ІНТЕРФЕЙС ПРОГРАМИ**

На рисунку 5.1 наведено інтерфейс програми, який складається з рядка заголовка, рядка меню, панелі інструментів, стрічки інструментів із вкладками умовних позначень компонентів (бібліотека елементів програми) та робочого поля.



Рисунок 5.1 – Інтерфейс програми Electronics Workbench

У бібліотеки елементів програми Electronics Workbench входять аналогові, цифрові й цифро-аналогові компоненти. Можна виокремити такі вкладки (групи): джерела, базові компоненти, діоди, транзистори, логічні компоненти тощо.

**Рядок меню**

**Меню File** призначено для збереження, завантаження файлів, отримання твердої копії обраних для друку складників схеми, а також для імпорту/експорту файлів у формати інших систем моделювання та програм розроблення печатних плат.

Команди New, Open, Save, Save as є типовими для Windows командами роботи з файлами.

Команда Revent to Saved… призначена для знищення всіх змін, які внесені в поточному сеансі редагування, та відновлення схеми в початковому вигляді.

Команди Import/Export забезпечують можливість обміну даних із програмою розроблення печатних плат EWB Layout.

Команда Print (CTRL + P) надає вибір даних для виведення на принтер та має такі опції:

− *Schematic* – схеми (опція включена за замовчуванням);

− *Description* – опис до схеми;

− *Part list* – перелік документів, які виводяться на друк;

− *Label list* – перелік позначень елементів схеми;

− *Model list* – перелік компонентів, які є наявними в схемі;

− *Subcircuits* – підсхеми, що є частиною схеми, є закінченими функціональними вузлами та позначаються прямокутниками з назвою всередині;

− *Analysis options* – перелік режимів моделювання;

− *Instruments* – перелік приладів.

Команда Print Setup забезпечує налаштування принтера. Команда Exit призначена для виходу з програми.

Команда Install забезпечує установлення додаткових програм із жорсткого диска.

Команда Export to PCB призначена для складання списків з’єднань схеми у форматі OrCAD та інших програм розроблення печатних плат.

Команда Import from SPICE забезпечує імпорт текстових файлів опису схеми та завдання на моделювання у форматі SPICE (з розширенням .*cir*) та автоматичної побудови схеми за її текстовим описом.

Команда Export to SPICE необхідна для складання текстового опису схеми та завдання на моделювання у форматі SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) програми схемотехнічного моделювання.

Під час виконання команди Export завантажується текстовий файл із вказаним ім’ям. Тестовий файл вміщує опис джерел живлення, перелік резисторів, конденсаторів, транзисторів, що входять до складу схеми, указуються підключення між вузлами котушок індуктивності, наводяться імена міток та параметри директиви розрахунку перехідних процесів.

Під час виконання команди Import у програмі будується принципова схема.

**Меню Edit** дає змогу редагувати схеми та копіювати екран. Команди Cut, Copy, Paste та Show Clipboard призначені для вирізання, копіювання, вставлення та прогляду змісту буферу обміну.

Команда Delete знищує виокремлену частину схеми. Команда Select All призначена для виділення всієї схеми. Команда Copy as Bitmap копіює екран.

**Меню Circuit** використовується під час підготовки схем.

Команда Rotate (Ctrl + R) забезпечує обертання виокремленого компонента, яке виконується проти часової стрілки на 900 при кожному виконанні програми. Для вимірювальних приладів (амперметр, вольтметр тощо) міняються місцями клеми підключення. Цю команду доцільно використовувати на етапі підготовки схем, а не в готовій схемі.

Команда Flip Horizontal та Flip Vertical призначенні для керування розташуванням графічного зображення компонентів: дзеркальне відображення компонентів за горизонталлю та вертикаллю відповідно.

Команда Component Properties дає змогу ввести позиційне позначення виокремленого компонента, змінити номінальне значення параметра компонента за допомогою діалогового вікна та обрати модель компонента (напівпровідникового приладу, операційного посилювача, трансформатора тощо). У меню останньої команди обирають:

* перелік бібліотек, в яких містяться компоненти обраного типу;
* перелік моделей компонентів обраної бібліотеки;
* можливість створення нової бібліотеки.

Команда Component Properties дає змогу продивитися та змінити властивості вибраного компоненту. Команду можна виконати шляхом натискання на піктограмі . Далі відкривається діалогове вікно з такими вкладками:

* вкладка *Label* – позиційне позначення компонентів, яке в подальшому використовується під час виконання команд **меню Analysis**;
* вкладка *Value* – номінальний опір компонента (резистора), значення лінійного (ТС1) та квадратичного (ТС2) температурних коефіцієнтів опору.

Дійсний опір резистора *Rd* визначається за формулою

*Rd = R[1 + TC1(T – Tn) + TC2( T – Tn)2],*

де *R* – номінальний опір резистора;

*Tn* – номінальна температура, *Tn* = 27 0С;

*T* – поточне значення температури резистора.

**Панель інструментів**

На панелі інструментів розташовані піктограми команд, які найчастіше використовуються (рис. 5.2.).

Це стандартні для Windows-додатків команди створення нового файлу, відкриття та збереження наявного файлу, команди роботи з буфером обміну та отримання довідкової інформації.



Рисунок 5.2. – Піктограми команд, які найбільш часто використовуються

На панелі інструментів розташовані піктограми команд, які зазвичай використовуються в графічних середовищах: команди обертання та дзеркального відображення об’єктів, команди масштабування зображення.

Програма EWB також оперує командами створення підсхем, побудови графіків, змінення властивостей компонентів.

**Стрічка інструментів з вкладками умовних позначень компонентів елементної бази**

На стрічці інструментів розташовані вкладки з бібліотеками компонентів (рис. 3). У програмі реалізовані такі вкладки: **Favorites**, **Sources**, **Basic**, **Diodes**, **Transistors**, **Analog ICs**, **Mixed ICs**, **Digital ICs**, **Logic Gates**, **Digital**, **Indicators**, **Controls**, **Miscellaneous**, **Instruments**.



Рисунок5. 3 – Стрічка інструментів із бібліотеками компонентів

Вкладка **Diodes** (активні компоненти) вміщує напівпровідникові діоди (рис.5. 4).



Рисунок 5.4 – Вкладка **Diodes**

 **Diode** – напівпровідниковий діод. Струм через діод може протікати тільки в одному напрямі – від анода **А** до катода **К**.

 **Zener Diode** – стабілітрон (діод Зеннера), який зазвичай використовують для стабілізації напруги. Для стабілітрона робочою є негативна напруга.

 **LED** – світлодіод. Діоди LED випромінюють видиме світло, коли струм, який проходить через нього, перевищує порогову величину.

 **Full**-**Wave Bridge Rectifier** – мостовий випрямляч призначений для випрямлення змінної напруги. При подачі на випрямляч синусоїдальної напруги середнє значення випрямленої напруги *Vdc* можна приблизно обчислити за формулою:

*Vdc = 0,636(Vp* – *1,4),*

де *Vр* – амплітуда вхідної синусоїдальної напруги.

 **Shockley Diode** – діод Шоклі – це напівпровідниковий діод, що має *p-n-p-n* або *n-p-n-p* структуру, у характеристиках якого є область негативного диференціального опору. Діод Шоклі на відміну від простого діода, знаходиться в відключеному стані доти, доки напруга на ньому не перевищить фіксованого рівня порогової напруги.

**Silicon-Controlled Rectifier** – тиристор або диністор (керований вентиль). У тиристора крім анодного та катодного виводів є додатковий вивід керувального електрода, який дає змогу керувати моментом переходу приладу в провідний стан.

 **Diac** – симетричний диністор або діак. Диністор – це керований анодною напругою двонаправлений перемикач.

 **Triac** – симетричний тринистор або триак.

Вкладка **Transistors** (активні компоненти) уміщує біполярні та польові транзистори (рис. 5.5).



Рисунок 5.5 – Вкладка **Transistors**

**Біполярні транзистори** є підсилювальними пристроями, керованими струмом, і можуть бути двох типів: *p-n-p* і *n-p-n*. Букви означають тип провідності напівпровідникового матеріалу, з якого виготовлений транзистор. У транзисторах обох типів стрілкою відзначається емітер, напрям стрілки вказує напрям протікання струму.

 **NPN Transistor** – біполярні *n-p-n* транзистори, які мають дві *n-*

області та одну *p-*область.

У пристроях автоматики і телемеханіки транзистор зазвичай використовують як електронний ключ. Найпоширенішою схемою включення транзистора є схема включення із загальним емітером. При такому схемному вирішенні роль ключа виконують обидва *p-n* переходи. У режимі «відкрито» обидва переходи повинні бути відкриті (режим насичення), у режимі «закрито»

– закриті (режим відсічення).

Транзистори *n-p-n* використовуються в тих випадках, коли сигналом до відкриття є перепад керувальної напруги від негативної до позитивної відносно загальної точки.

 **PNP Transistor** – біполярні *p-n-p* транзистори, які мають дві *p-*

області та одну *n-*область.

Транзистори типу *p-n-p* використовуються в тих випадках, коли сигналом до відкриття є перепад керувальної напруги від позитивної до негативної відносно загальної точки.

**Польові транзистори** керуються напругою на затворі, тобто струм, що протікає через транзистор, залежить від напруги на затворі.

Польовий транзистор включає в себе протяжну область напівпровідника *n-*типу або *p-*типу, яку називають каналом. Канал закінчується двома електродами, які називаються витоком і стоком. Крім каналу *n-* або *p-*типу, польовий транзистор включає в себе область із протилежним каналу типом провідності.

**Польовий транзистор із керувальним *p-n* переходом** *–* це уніполярний транзистор, керований напругою, в якому для керування струмом використовується наведене електричне поле, яке залежить від напруги затвора.

 **N**-**Channel JFET** – польові транзистори з керувальним *n*-*p* переходом. В *n*-канальному польовому транзисторі затвор складається з *p*- області, яка оточена *n*-каналом.

 **P**-**Channel JFET** – польові транзистори з керувальним *p*-*n* переходом. У *p*-канальному польовому транзисторі затвор складається із *n*- області, оточеної *p*-каналом.

**Польові транзистори на основі металооксидної плівки.**

Керування струмом, що протікає через польовий транзистор на основі металооксидної плівки (**МОП-транзистор** або **MOSFET**), також здійснюється за допомогою електричного поля, що прикладається до затвора.

У Electronics Workbench є вісім типів МОП-транізсторов:

– чотири типи МОП-транзисторів зі вбудованим каналом;

– чотири типи МОП-транзисторів з індукованим каналом.

**МОП-транзистор із вбудованим каналом.**

Подібно польовим транзисторам із керувальним *p*-*n* переходом, МОП- транзистор зі вбудованим каналом складається з протяжної області напівпровідника, яку називають каналом.

Для *p*-канального транзистора ця область є напівпровідником *p*-типу, для

1. канального транзистора – *n*-типу.

 **3-Terminal Depletion N-MOSFET** – трививідний *n*-канальний МОП-транзистор зі вбудованим каналом з’єднаними виводами підложки та стоку.

 **3-Terminal Depletion Р-MOSFET** – трививідний *р*-канальний МОП-транзистор зі вбудованим каналом з’єднаними виводами підложки та стоку.

 **4-Terminal Depletion N-MOSFET** – чотирівивідний *n*- канальний МОП-транзистор зі вбудованим каналом із розподіленими виводами підложки та стоку.

 **4-Terminal Depletion Р-MOSFET** – чотирівивідний *р*- канальний МОП-транзистор зі вбудованим каналом із розподіленими виводами підложки та стоку.

**МОП-транзистори з індукованим каналом** не мають фізичного каналу між стоком і витоком, як МОП-транзистори зі вбудованим каналом.

Замість цього область провідності може розширюватися на весь шар двоокису кремнію.

МОП-транзистор з індукованим каналом працює тільки за умови позитивної напруги сток - затвор.

 **3-Terminal Enhancement N-MOSFET** – трививідний *n*- канальний МОП-транзистор з індукованим каналом.

**3-Terminal Enhancement Р-MOSFET** – трививідний *р*- канальний МОП-транзистор з індукованим каналом.

 **4-Terminal Enhancement N-MOSFET** – чотирівивідний *n*- канальний МОП-транзистор з індукованим каналом.

 **4-Terminal Enhancement Р-MOSFET** – чотирівивідний *р*- канальний МОП-транзистор з індукованим каналом.

 **N**-**Channel GaAsFET** та **P**-**Channel GaAsFET** – арсенід- галієві польові транзистори. Як їхню математичну модель використовують модель Куртиса, модель Рейтеона та TriQuint модель.

Вкладка **Instruments** (активні компоненти) уміщує контрольно- вимірювальні прилади.

В Electronics Workbench є сім приладів із декількома режимами роботи, кожен з яких можна використовувати в схемі тільки один раз. Ці прилади розташовані на панелі приладів:

− прилади для формування та спостереження аналогових величин: мультиметр, функціональний генератор, осцилограф, Боде-плоттер;

− прилади для формування і спостереження логічних величин: генератор

слів, логічний аналізатор, логічний перетворювач.

**** **Multimeter** – цифровий



Рисунок 5.6 – Цифровий мультиметр

Мультиметр використовується для вимірювання напруги (постійної та змінної), струму (постійного та змінного), опору, рівня напруги в децибелах: V, А, Ω або dB відповідно.

На лицевій панелі мультиметра розташовано дисплей для відображення результатів вимірювання, клеми для підключення до схеми та кнопки керування.

Кнопки керування  забезпечують вибір режиму вимірювання струму, напруги, опору та ослаблення (затухання).

Кнопки керування  забезпечують вибір режиму вимірювання змінного та постійного струму.

Кнопка  забезпечує режим налаштування параметрів мультиметра, які виконуються в діалоговому вікні (рис.5. 7) .



Рисунок 5.7 – Налаштування цифрового мультиметра

До цих параметрів належить налаштування внутрішнього опору амперметра, вхідний опір вольтметра, струм через об’єкт, який контролюється, та установлення еталонної напруги *V1* для вимірювання послаблення або посилення в децибелах (за замовчуванням *V1* = 1 В). Для коефіцієнта передачі використовується формула:

*К[дБ ] = 20log(V2/V1)*,

де *V2* – напруга в точці, яка контролюється.

Для налаштовування мультиметра необхідно подвійним натисканням миші на його зображенні відкрити діалогове вікно, в якому обрати одиниці вимірювання, вид сигналу, що вивчається (змінний або постійний), режим установлення параметрів мультиметра.

Як амперметр і вольтметр мультиметр використовується так само, як і стандартні прилади.

Мультиметр – єдиний в Electronics Workbench стандартний прилад, призначений для вимірювання опору.

Для використання мультиметра як омметра його потрібно під’єднати паралельно до ділянки кола, опір якої потрібно виміряти, на збільшеному зображенні мультиметра, натиснути кнопку Ω і кнопку з символом «–» (перемикання в режим вимірювання постійного струму) та включити схему. На табло мультиметра з’явиться виміряне значення опору. Щоб уникнути помилкових показань, схема повинна мати з’єднання з землею та не мати контакту з джерелами живлення, які необхідно виключити зі схеми, до того ж ідеальне джерело струму необхідно замінити розривом кола, а ідеальне джерело напруги – короткозамкненою ділянкою.

Для вимірювання рівня напруги в децибелах на збільшеному зображенні мультиметра потрібно натиснути кнопку dB. Мультиметр підключається одним

із виводів до точки, рівень напруги в якій потрібно виміряти, а іншим виводом

– до точки, щодо якої проводиться вимірювання.

Під час вимірювання рівня змінної напруги вимірюється рівень діючого значення. Після включення схеми на табло мультиметра з’явиться виміряне значення рівня напруги. Рівень напруги в децибелах підраховується за формулою:

*dB*  20lg *Uвх* ,

*Uоп*

де *Uвх* – напруга, прикладена до виводів мультиметра;

*Uоп* – опорна напруга, відносно якої вимірюється рівень напруги. За замовчуванням опорна напруга становить 1 В.

Для з’єднання компонентів за допомогою дротів потрібно підвести покажчик миші до виводу компонента, після чого на виводі компонента з’явиться велика чорна точка (рис. 8), і, натиснувши ліву кнопку миші, перемістити її покажчик до виводу компонента, з яким потрібно виконати з’єднання, і в подальшому відпустити кнопку миші. Виводи компонентів з’єднаються за допомогою дротів.



Рисунок 5.88 – З’єднання компонентів схеми за допомогою дротів

Досліджувана схема збирається на робочому полі з одночасним використанням миші та клавіатури. Застосування в роботі тільки клавіатури неможливо. У процесі побудови та редагування схем виконуються такі операції:

1. вибір компонента з бібліотеки компонентів;
2. виділення об’єкта;
3. переміщення об’єкта;
4. копіювання об’єктів;
5. видалення об’єктів;
6. поєднання компонентів схеми дротами;
7. установлення значень компонентів;
8. підключення приладів.

**Завдання до лабораторної роботи №5**

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ТА АНАЛІЗ ЇЇ РОБОТИ**

**Мета роботи** – складання та редагування простої схеми, дослідження процесів у простих колах за допомогою віртуальних вимірювальних приладів: амперметра, вольтметра та мультиметра.

**Завдання на виконання лабораторної роботи**

1. Ознайомитися з інтерфейсом програми моделювання електронних пристроїв Electronic Workbench.
2. Отримати практичні навички створення електричних принципових схем і їх моделювання.
3. Зібрати схему електричну принципову (рис. 5.1).



Рисунок 5.1 – Схема електрична принципова

4.Виміряти напругу на кожному резисторі та струм у колі.

5.Занести результати вимірювань у таблицю 6.1.

Таблиця 5.1– Результати вимірювань струму у колі та напруги на кожному резисторі

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показники | *E, B* | *I, A* | *U1, B* | *U2, B* | *U3, B* | *U4, B* | *U5, B* | *U6, B* | *U7, B* |
| Результати |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Рисунок 5.2 – Схема електричного кола постійного струму



Рисунок 5.3 – Схема електричного кола постійного струму



Рисунок 5.4 – Схема електрична принципова

Рисунок 5.5– Схема електрична принципова



**Рекомендована література**

1. Буров, Є. В. Комп'ютерні мережі: підручник. Львів: Магнолія, 2018. 261 c.
2. Жуков, І.А. Комп'ютерні мережі та технології : навч. посібник для ВНЗ. Київ: НАУ, 2016. 273 c.
3. Кулаков, Ю.О. Комп'ютерні мережі : підручник для ВНЗ. Київ: Юніор, 2018. 395 c.
4. Мюллер, С. Модернізація та ремонт ПК: пер. з англ. «Вільямс», 2019.1180 с.
5. Новиков Ю., Черепанов А. Персональні комп’ютери: Учебний курс. Київ, 2017. 480с.
6. Олифер, В.Г. Комп’ютерні мережі : Учений курс. Київ, 2010. 944 с.
7. Симонович С.В Інформатика: Базовий курс. Київ, 2009. 640c.
8. Таненбаум Е. Архітектура комп’ютера: Київ, 2013. 704с.
9. Томпсон Р., Томпсон Б. ПК: Енциклопедія. Київ, 2014. 956с.
10. Гук М. Апаратні інтерфейси ПК: Енциклопедія Київ, 2012. 528 с. 11.Microsoft Office 97. Крок за кроком( компакт-диск): Практ. посіб.\ Пер. з англ. – Видавництво Наукова Думка. - 2018 – 800 с.

11.Microsoft Office 97. Крок за кроком( компакт-диск): Практ. посіб.\ Пер. з англ. – Видавництво Наукова Думка. - 2018 – 800 с.

**Додаткова:**

1. Строітєлєва, Н.І. Архітектура і функціонування ЕОМ: методичні вказівки до лабораторних робіт. Запоріжжя , 2006. 64 c.
2. Строітєлєва, Н.І. Архітектура і функціонування ЕОМ: методичні вказівки до самостійної роботи . Запоріжжя, 2007. 45 c.
3. Строітєлєва, Н.І. Інформатика: метод. вказівки до лабораторних робіт для студ. спец. "Мікро- та наноелектроніка" ден. та заоч. від-нь. Запоріжжя, 2011. 65 c.
4. Строітєлєва, Н.І. Інформатика: посібник. Запоріжжя, 2013. 314 c.
5. Трасковський А.В. Склад, модернізація та ремонт IBM PC. Київ.: БХВ. 2003. 608с.
6. Бройдо, В.Л. Обчислювальні системи, мережі та телекомунікації: посібник. Київ, 2006 .703 с.
7. Гук М. Інтерфейси ПК: довідник.  Київ, 2009. 416 с.
8. Arduino. Статті 2018. URL: https://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage.
9. Y. Wu, D. B. Farmer, W. Zhu, S.J. Han, C. D. Dimitrakopoulos, A. A. Bol, P. Avouris, and Y. M. Lin, "Three-Terminal Graphene Negative Differential Resistance Devices", ACS Nano, vol. 6 (3)/ 2012, pp 2610-2616.

**Інформаційні ресурси:**

1. Наукова бібліотека Запорізького національного університету. URL: http://library.znu.edu.ua/

2. Система електронного забезпечення навчання ЗНУ. URL: https://moodle.znu.edu.ua/

3. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. URL: http://www.nbuv.gov.ua/

4. AnyLogic: імітаційне моделювання для бізнесу URL: https://www.anylogic.com/