

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення практичних робіт, організації самостійної роботи
та виконання контрольної та розрахунково-графічної роботи
з навчальної дисципліни

«ЗАСОБИ ТА ІНСТРУМЕНТИ
ІНЖЕНЕРНО-ЕКОЛОГІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ»

*(для студентів 1 та 2 курсів усіх форм навчання
освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»
спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2018

Методичні рекомендації до проведення практичних робіт, організації самостійної роботи та виконання контрольної та розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни «Засоби та інструменти інженерно-екологічних розрахунків» (для студентів 1 та 2 курсів усіх форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Є. Г. Пономаренко, О. С. Ломакіна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 19 с.

Укладачі: канд. техн. наук Є. Г. Пономаренко,
ст. викл. О. С. Ломакіна

Рецензент

Ф. В. Стольберг, доктор технічних наук, завідувач кафедри інженерної екології міст Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст, протокол № 1
від 29 серпня 2017 р.*

1 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1.1 Методи інженерно-екологічних розрахунків

1.1.1 Розрахункові методи в задачах оцінювання довкілля

Загальні відомості.

Розрахункові методи, що використовуються для оцінки стану довкілля містять методи, що включають як розрахунки по математичним залежностям та моделям, так і обробку натурних даних для побудови моделей.

В залежності від типу розрахункової залежності використовують аналітичні або чисельні методи.

Обробка натурних та експериментальних даних головним чином передбачає використання різних методів статистичної обробки.

Чисельні методи є основним інструментом для розв'язанням інженерних задач.

Для розв'язання рівнянь використовують метод послідовних наближень.

Методи розв'язання систем рівнянь поділяють на дві групи – прямі (ті, що використовують кінцеві співвідношення для обчислення невідомих) і ітераційні.

Системи нелінійних рівнянь вирішують ітеративними методами (метод простих ітерацій, метод Ньютона, метод спуска).

Рішенням диференційних рівнянь або систем диференційних рівнянь є функції.

Завдання до практичних робіт:

1. Розглянути практичні приклади розрахункових задач, що зустрічаються в інженерно – екологічній практиці та визначити методи їх розв'язання:

– розв'язання інженерно-екологічних задач за допомогою вирішення простих функціональних залежностей;

– розв'язання інженерно-екологічних задач за допомогою рівнянь.

2. Ознайомитись з методом вирішення інженерно-екологічних розрахункових задач за допомогою розв'язання рівнянь методом послідовних наближень.

Завдання до самостійної роботи:

- розглянути методи статистичної обробки натурних даних;
- ознайомитись з ітераційними методами розв'язання систем рівнянь.

1.1.2 Застосування програмних засобів для виконання інженерно-екологічних розрахунків

Загальні відомості.

Реалізація символьних обчислень здійснюється як за допомогою спеціалізованих програмних продуктів, так і у вигляді спеціалізованих модулів у складі пакетів програм, призначених для інженерних і наукових обчислень.

Основними програмними засобами для символьного обчислення є Maxima, Maple, Derive, Matlab, Mathcad, Mathematica.

Для аналітичної обробки інформації застосовуються програми MS Excel та Mathcad.

Excel надає можливість задавати досить складні розрахункові залежності, надаючи в розпорядження користувача більш півтора сотень різних функцій, тому числі математичні, логічні, статистичні і інженерні.

Excel має у своєму розпорядженні спеціальні засоби, які дозволяють вирішувати задачі інженерного розрахункового характеру, наприклад, дозволяють виконувати аналіз даних, вирішувати складні задачі, що вимагають введення змінних і обмежень. Для цих цілей зручно використовувати засоби Excel *Підбір параметра* та *Пошук рішення*.

Засіб *Підбір параметра* звичайно використовується для розв'язання задач із однією незалежною змінною, *Пошук рішення* – за наявності багатьох змінних

з обмеженнями. Обидва засоби дозволяють управляти результатом обчислень, використовуючи сценарії.

Завдання до практичних робіт:

– вирішення простих розрахункових завдань, що потребують використання вбудованих функцій MS Excel;

– вирішення складних розрахункових завдань, що потребують використання вбудованих функцій MS Excel;

– вирішення складних розрахункових завдань, що потребують розв'язання рівнянь, за допомогою MS Excel (засоби *Підбір параметра* та *Пошук рішення*).

Завдання до самостійної роботи: ознайомитись з можливостями програм та програмних комплексів «Модульний ЕкоРозрахунок», «ОБЛАКО», «Stalker», «Визначення класу небезпеки відходів», «Дзеркало», «Колектор», «ШУМ» на сайтах розробників.

1.2 Методи та засоби побудови графічних об'єктів

1.2.1 Використання програмних засобів для побудови графічних об'єктів

Загальні відомості.

Цифрові зображення, підрозділяються на дві категорії: растрові і векторні.

Основою побудови векторного зображення є контури, заливання і обведення. Векторні зображення складаються з контурів. Замкнені контури (наприклад, багатокутні) можуть мати заливання, тобто їхній внутрішній простір може бути заповнене довільним кольором. Достоїнствами векторних зображень є їхнє легке редагування і можливість масштабування без втрати якості.

Спосіб представлення растрових зображень відмінний від векторних. Растрові зображення складаються із прямокутних крапок, які називають растром. Растрові зображення забезпечують максимальну реалістичність, оскільки в цифрову форму переводиться кожний дрібний фрагмент оригіналу. Якість растрових зображень залежить від їхнього розміру. Як наслідок того, що вони складаються з пікселів фіксованого розміру, вільне масштабування без втрати якості до них незастосовне. Ця особливість, а також сама структура растрових зображень ускладнює їхнє редагування і обробку.

Типи файлів, призначених для зберігання растрової інформації: BMP, TIFF, JPEG, GIF. До числа найпоширеніших растрових форматів відноситься PDF.

Найбільш поширеною програмою для роботи з растровими зображеннями є Paint – складова частина ОС Windows, що працює з растровими зображеннями форматів JPG, GIF або BMP.

Найбільш поширеними програмами для роботи з векторними зображеннями є:

- CorelDraw – пакет програм для роботи з векторними зображеннями. У програмі можливе створення багатосторінкових документів і веб-сторінок;
- Adobe Illustrator – це програма, призначена для векторного малювання.
- Adobe Photoshop – це програма, що забезпечує набір інструментів для роботи з векторними і растровими зображеннями.

Завдання до практичних занять:

- ознайомитись з принципами створення, збереження та конвертування файлів у PDF формат;
- ознайомитись з принципами використання стандартного додатку Paint для роботи з растровими об'єктами.

Завдання до самостійної роботи: ознайомитись з можливостями програм Adobe Illustrator, CorelDraw, Adobe Photoshop на сайті розробників.

1.2.2 Методи та програмні засоби для побудови інженерних графіків

Загальні відомості.

Основними програмними продуктами, що дозволяють будувати інженерні діаграми є MS Excel та MathCad.

Графіки в Excel називаються діаграмами.

Між діаграмою і даними, по яких вона побудована, установлюється двосторонній зв'язок, що дозволяє забезпечити автоматичне відновлення діаграми при зміні даних і зміну даних при коректуванні діаграми.

Для побудови інженерних графіків в Excel використовується переважно два типи діаграм: графік та точкова діаграма.

Основними елементами діаграм є: діапазони даних, ряди, найменування категорії, легенда, маркери даних, мітки значень та мітки даних.

Побудовану діаграму можна досить легко модифікувати.

При роботі з діаграмою можна отримати доступ до кожного окремого кроку *Майстра діаграм* і зробити необхідні зміни від вибору типу діаграми до її розміщення. Excel дозволяє окремо редагувати кожний елемент діаграми - переміщати, змінювати розмір, видаляти і змінювати низку інших параметрів, індивідуальних для кожного елемента.

Графіки в MathCAD можуть розміщатися в будь-якому логічно дозволеному місці документа, мати будь-який розмір і представляти результати багатьох розрахунків.

Mathcad може будувати двовимірні графіки в декартових і полярних координатах. Також Mathcad дозволяє будувати графіки декількох функцій та змінювати їх вид.

Завдання до практичних робіт:

1. Побудова простих графіків в MS Excel:

- побудова та редагування діаграм;
- побудова та редагування гістаграм;
- побудова та редагування простих графіків.

2. Побудова інженерних графіків в MS Excel:

- побудова та редагування точкових діаграм;
- побудова та редагування складних діаграм та графіків;
- побудова та редагування клімадіаграм.

2. Побудова інженерних графіків в Mathcad:

- ознайомитись з принципами побудови графіків функції в Mathcad;
- побудова та форматування графіків функцій.

Завдання до самостійної роботи:

- ознайомитись з принципами форматування графіків у MS Excel;
- ознайомитись з принципами форматування графіків у Mathcad.

1.3 Методи та інструменти обробки масивів даних та виконання прогнозних розрахунків

1.3.1 Застосування програмних засобів для вирішення розрахункових завдань у моделюванні та прогнозуванні стану довкілля

Загальні відомості.

Процедура розв'язання розрахункових завдань, що вирішуються шляхом знаходження коренів рівнянь довільного виду передбачає наступні етапи:

- визначення кількості коренів рівняння;
- визначення початкових наближень для коренів та діапазону розташування коренів;
- задання необхідної точності пошуку рішення;
- знаходження рішень (коренів) рівняння за допомогою функції *root* або *Find*.

Процедура розв'язання розрахункових завдань, що вирішуються шляхом розв'язання системи лінійних рівнянь передбачає наступні етапи:

- представлення системи рівнянь у вигляді, при якому вільні члени рівняння перебувають у правій частині;
- завдання матриці коефіцієнтів рівняння і вектору вільних членів;
- знаходження вирішення системи за допомогою зворотної матриці або функції *lsolve*;
- оцінка точності отриманого рішення.

Процедура розв'язання розрахункових завдань, що вирішуються шляхом розв'язання системи нелінійних рівнянь передбачає наступні етапи:

- завдання початкових наближень для всіх невідомих рівнянь, що входять у систему;
- введення ключового слова *Given*;
- введення рівняння нерівності в будь-якому порядку нижче ключового слова *Given*;
- введення виразу, що містить *Find (z1, z2, z3, ...)*.

Процедура розв'язання розрахункових завдань, що вирішуються шляхом розв'язання диференціальних рівнянь з використанням функції *odesolve* передбачає наступні етапи:

- введення ключового слова *Given*;
- визначення нижче виду диференціального рівняння, дотримуючись наступних правил:
 - а) диференціальне рівняння повинне бути строго лінійним;
 - б) похідні в диференціальній формі можуть бути задані або за допомогою спеціальних операторів панелі *Обчислення*, або за допомогою клавіш *Ctrl + F7*;
 - в) шукані функції повинні бути визначені чітко з вказанням імені змінної, наприклад, $f(x)$;
 - г) в якості знаку рівняння використовується тільки логічне рівняння;
 - д) всередині блоку, що обчислюється, необхідно задати початкові або граничні умови.
- визначити рішення за допомогою спеціальної функції *odesolve*.

Складні розрахункові завдання, що передбачають розв'язання систем диференціальних рівнянь можуть бути вирішені двома методами:

- використання розрахункового блоку *Given-Odesolve*;
- використання вбудованої функції *rkfixed*.

Завдання до практичних робіт:

- вирішення складних розрахункових завдань за допомогою Mathcad:

а) розрахувати значення функції та графічно відобразити результати розрахунків;

б) знайти корені рівнянь за допомогою функції *root*;

в) знайти вирішення системи лінійних рівнянь за допомогою функції *lsolve*;

г) знайти вирішення системи нелінійних рівнянь за допомогою розрахункового блоку *Given*;

д) знайти вирішення диференціальних рівнянь та системи диференціальних рівнянь за допомогою метода Рунге – Кута.

– вирішення практичних екологічних розрахункових завдань за допомогою Mathcad:

а) розрахунок гідрологічних характеристик водотоку;

б) визначення кислотності слабкого розчину;

в) розрахунок витрат сировини на виготовлення продукції.

Завдання до самостійної роботи:

– ознайомитись з принципами пошуку коренів рівнянь за допомогою функції *root*;

– ознайомитись з принципами вирішення системи лінійних рівнянь за допомогою функції *lsolve*;

– ознайомитись з принципами вирішення системи нелінійних рівнянь за допомогою розрахункового блоку *Given*;

– ознайомитись з принципами вирішення диференціальних рівнянь та системи диференціальних рівнянь за допомогою розрахункового блоку *Given*.

1.3.2 Методи обробки натурних та експериментальних даних

Загальні відомості.

Програмними засобами, що дозволяють виконувати обробку натурних та експериментальних даних є Excel та Mathcad.

Вибірка експериментальних (натурних) даних найчастіше представляється у вигляді масиву (матриці), що складається з пар чисел $(x_i; y_i)$. Тому виникає задача апроксимації дискретної залежності $y(x_i)$ безперервною функцією $f(x)$.

Задачі математичної регресії мають сенс наближення вибірки даних $(x_i; y_i)$ деякою функцією $f(x)$, що певним чином мінімізує сукупність похибок $f(x_i) - y_i$. Регресія зводиться до підбору невідомих коефіцієнтів, що визначають аналітичну залежність $f(x)$. Як правило, регресія дуже ефективна, коли заздалегідь відомий (або, принаймні, добре вгадується) закон розподілу даних $(x_i; y_i)$.

Для побудови інтерполяції в Mathcad є кілька вбудованих функцій, що дозволяють з'єднати точки вибірки даних $(x_i; y_i)$ кривою різного ступеня гладкості.

Завдання до практичних робіт:

– розрахунок статистичних характеристик та статистичні моделі:

а) визначення за допомогою програмного засобу Mathcad для наданого масиву експериментальних даних статистичні характеристики: статистичне середнє, середньоквадратичне відхилення; дисперсія;

б) визначення за допомогою програмного засобу Excel для наданого масиву експериментальних даних статистичні характеристики: статистичне середнє, середньоквадратичне відхилення; дисперсія;

– використання програмних засобів для обробки натурних та експериментальних даних:

а) визначення за допомогою програмного засобу Mathcad для наданого масиву експериментальних даних значення лінійної інтерполюючої функції l_{interp} та побудова її графіку;

б) апроксимація за допомогою програмного засобу Mathcad експериментальних даних за методом найменших квадратів та нанесення апроксимуючої функції на графік;

в) апроксимація за допомогою програмного засобу Mathcad експериментальних даних функцією довільного виду та нанесення апроксимуючої функції на графік.

Завдання до самостійної роботи:

– ознайомитись з програмними функціями Excel та Mathcad, що дозволяють визначати статистичні характеристики для масивів експериментальних даних;

– ознайомитись з програмними функціями Excel та Mathcad, що дозволяють обробляти натурні та експериментальні дані.

1.4 Інформаційно-пошукові системи та бази даних

1.4.1 Бази даних

Загальні відомості.

База даних (БД) – це один або кілька файлів, закодованих спеціальним способом. Комп'ютерна програма, яка управляє базою даних, називається системою управління базою даних, або СУБД.

Реляційна база даних – це база даних, у якій усі дані, доступні користувачеві, організовані у вигляді взаємозалежних таблиць, а всі операції над даними зводяться до операцій над цими таблицями.

Структура реляційної БД задається схемою даних. Схема даних містить у собі визначення структури кожної таблиці і визначення зв'язків між таблицями.

Основними операціями, що можуть виконуватись з БД, є:

- додавання нової інформації в існуючі файли БД;
- зміна (модифікація) інформації в існуючих файлах БД;
- пошук інформації в БД;
- видалення інформації з існуючих файлів БД.

До основних об'єктів БД відносяться: таблиці, запити, форми.

Однією з поширених БД є MS ACCESS.

Завдання до практичних робіт:

- задавання структури таблиць, що складають БД, за допомогою

Конструктора;

- створення зв'язків між таблицями БД;
- створення форми вводу даних для заповнення БД;
- коректування форми вводу даних;
- заповнення БД за допомогою створених форм;
- створення складних форм з використанням маски вводу та елементів управління;
- створення простого запиту та форми для виведення результатів запиту;
- створення складного запиту, що містить поля, що вираховуються;
- створення складного запиту з параметром;
- створення звіту.

Завдання до самостійної роботи:

- ознайомитись зі структурою реляційної бази даних (поняття ключа та індексу);
- ознайомитись з основними етапами проектування баз даних;
- ознайомитись з принципами створення та редагування таблиць БД;
- ознайомитись з типами полів, що використовуються при створенні БД;
- ознайомитись з принципами та правилами зв'язування таблиць у БД;
- ознайомитись з принципами створення та редагування форм для вводу даних (види, елементи управління, робота в режимі Майстра та Конструктора);

– ознайомитись з принципами створення простих та складних запитів (види, призначення, створення, запити з параметром).

1.4.2 Побудова інформаційно-пошукової системи

Загальні відомості.

Інформаційно-пошукова система (ІПС) – це прикладне комп'ютерне середовище для обробки, зберігання, сортування, фільтрації і пошуку більших масивів структурованої інформації.

Кожна ІПС призначена для вирішення певного класу задач, для яких характерний свій набір об'єктів і їх ознак. ІПС бувають двох типів документографічні та фактографічні.

Кожна ІПС складається з бази даних і системи керування базами даних. До баз даних пред'являються особливі вимоги з точки зору безпеки, тому в них реалізований особливий підхід до збереження даних. Проблема безпеки баз даних вирішується тим, що в СУБД для збереження інформації використовується подвійний підхід. Операції зміни структури бази даних, створення нових таблиць або інших об'єктів відбуваються при збереженні файлу бази даних. Операції ж по зміні змісту даних бази, що не зачіпають структуру, максимально автоматизовані і виконуються негайно та автоматично (без попередження).

Звичайно з базами даних працюють дві категорії виконавців. Перша категорія – проектувальники. Їхнє завдання полягає в розробці структури таблиць бази даних і узгодженні її із замовником. Проектувальники не наповнюють базу конкретними даними. Друга категорія виконавців, що працюють із базами даних, – користувачі. Вони одержують вихідну базу даних від проектувальників і займаються її наповненням і обслуговуванням.

Функціонування сучасних ІПС засноване на двох припущеннях:

- документи, необхідні користувачеві, об'єднані наявністю деякої ознаки або комбінації ознак;
- користувач здатний указати цю ознаку.

Для підвищення якості пошуку можна використовувати різні методи. Найбільш уживаний з них – використання логічних операторів И (AND), АБО (OR), НЕМАЄ (NOT). Ступінь точності і повноти пошуку залежить від того, наскільки загальні терміни використовувалися при формулюванні запиту. У загальному вигляді процедура пошуку є процедурою ітеративної, тобто за етапом видачі результатів пошуку іде корекція запиту, пошук по цьому запиту, тощо. Корекція запиту відбувається виходячи з кількості отриманої інформації та її релевантності, і може виконуватися як користувачем, так і самою інформаційно-пошуковою системою.

Процес пошуку можна представити у вигляді наступних основних компонентів:

- формулювання запиту природньою мовою;
- формалізація запиту на відповідній ІПС;
- проведення пошуку в ІПС;
- огляд отриманих результатів (посилань);
- попередня обробка отриманих результатів: перегляд змісту посилань, добування і збереження релевантних даних;
- при необхідності, модифікація запиту і проведення повторного (уточнюючого) пошуку з наступною обробкою отриманих результатів.

До найпоширеніших СУБД відносять: Microsoft Access, Paradox, Foxpro, Oracle database, DB2, Microsoft SQL, MySQL

Названі вище СУБД відносяться до клієнт-серверних СУБД, які розташовуються на сервері разом із БД і здійснюють доступ до БД безпосередньо, у монопольному режимі. Усі клієнтські запити на обробку даних обробляються клієнт-серверної СУБД централізовано.

Завдання до практичних робіт:

- розробити структуру реляційної бази даних «Відходи»;
- розробити структуру реляційної бази даних «ГДК».

Завдання до самостійної роботи: ознайомитись з головними характеристиками найпоширеніших СУБД на сайті їх розробників.

2 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Мета контрольної роботи – закріплення, поглиблення та узагальнення теоретичних знань та навичок, отриманих студентами під час самостійного опанування навчальної дисципліни.

Контрольна робота виконується студентом самостійно у міжсесійний період. У рамках виконання контрольної роботи студент повинен ґрунтовно розглянути теоретичні питання, які передбачені тематикою самостійної роботи.

Строк подання контрольної роботи на перевірку – перші дні сесії.

Номер варіанта визначається за останньою цифрою залікової книжки студента. У разі, якщо остання цифра залікової книжки – 0, то обирається 10-й варіант.

Контрольна робота містить у собі два теоретичні питання. Для відповіді на ці питання студент може використовувати як рекомендовану літературу, так і додаткову.

Контрольна робота виконується машинописним способом на аркушах формату А4 шрифтом Times New Roman 14 пт з інтервалом 1,5.

Робота складається з таких частин:

1. Титульного аркуша.
2. Відповідей на поставлені питання.
3. Переліку літератури.

Наведені у тексті малюнки та схеми повинні мати назву та бути пронумеровані.

Завдання до контрольної роботи:

Варіант 1

1. Функціональні можливості MS Excel для виконання інженерно-екологічних розрахунків.
2. Бази даних: призначення та структура.

Варіант 2

1. Розв'язання рівнянь із однією незалежною змінною (засіб *Підбор параметра*).
2. Реляційні бази даних.

Варіант 3

1. Розв'язання рівнянь з багатьма змінними з обмеженнями (засіб *Пошук рішення*).
2. Нормалізація баз даних: мета та етапи.

Варіант 4

1. Вирішення складних розрахункових завдань, що потребують розв'язання рівнянь та системи рівнянь за допомогою Mathcad.
2. Об'єкти баз даних.

Варіант 5

1. Вирішення складних розрахункових завдань, що потребують розв'язання системи нелінійних рівнянь за допомогою Mathcad.
2. Принципи створення та редагування таблиць у БД MS Access.

Варіант 6

1. Вирішення складних розрахункових завдань, що потребують розв'язання дифрівнянь та систем дифрівнянь.
2. Створення простих та складних запитів в БД MS Access.

Варіант 7

1. Визначення статистичних характеристик при обробці натурних даних за допомогою програмних засобів Mathcad та MS Excel
2. Створення та редагування простих та складних форм у БД MS Access.

Варіант 8

1. Принципи пошуку коренів рівнянь за допомогою Mathcad.
2. Інформаційно-пошукові системи: призначення та типи.

Варіант 9

1. Апроксимація натурних даних за допомогою Mathcad.
2. Алгоритми пошуку інформації у інформаційно-пошукових системах.

Варіант 10

1. Визначення статистичних характеристик при обробці натурних даних за допомогою програмних засобів Mathcad та MS Excel.
2. Принципи побудови інформаційно-пошукової системи.

3 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ «МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНИХ МАСИВІВ»

Розрахунково-графічна робота має на меті поглиблення, узагальнення та закріплення отриманих теоретичних знань, а також застосування цих знань на практиці.

Номер варіанта для РГР для визначається за списком групи.

Строк подання РГР на перевірку для денної форми навчання визначається викладачем протягом семестру, для заочної форми навчання – перші дні сесії.

Завдання до РГР наявні у локальній мережі ауд. 104.

Виконану роботу студент подає у такому вигляді:

- електронному під назвою *Прізвище_РГР* (для студентів заочної форми навчання можливо надсилання роботи на електронну пошту викладача).
- роздрукованому.

Роздрукована робота складається з таких частин:

1. Титульного аркуша.
2. Завдання на РГР.
3. Розрахункової частини.
4. Переліку літератури.

Структура розрахункової частини:

1. Табулювання функції. Побудова та оформлення графіків функції.
2. Знаходження коренів рівняння з заданою точністю.
3. Вирішення системи лінійних рівнянь.
4. Вирішення системи нелінійних рівнянь.
5. Статистична обробка експериментальних (натурних) даних.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Васильев А. Н. Научные вычисления в Microsoft Excel / А. Н. Васильев. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 512 с.
2. Игнатенко Г. К. Статистическая оценка данных экологического мониторинга с применением Excel : учебное пособие / Г. К. Игнатенко, И. А. Сдельникова. – М. : НИЯУ МИФИ, 2010. – 124 с.
3. Гурский Д. А. Вычисления в MathCAD 12 / Д. А. Гурский, Е. С. Турбина. – СПб. : Питер, 2006. – 544 с.
4. Макаров Е. Г. Инженерные расчеты в MatchCAD : учебный курс / Е. Г. Макаров. – СПб. : Питер, 2005. – 448 с.
6. Бююль А. SPSS искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей : пер. с нем. / А. Бююль, П. Цефель. – СПб. : ДиаСофтЮП, 2005. – 608 с.
7. Салманов О. Н. Математическая экономика с применением MathCAD и Excel / О. Н. Салманов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 464 с.

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до проведення практичних робіт, організації самостійної роботи та
виконання контрольної та розрахунково-графічної роботи
з навчальної дисципліни

**«ЗАСОБИ ТА ІНСТРУМЕНТИ
ІНЖЕНЕРНО-ЕКОЛОГІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ»**

*(для студентів 1 та 2 курсів усіх форм навчання
освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»
спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

Укладачі: **ПОНОМАРЕНКО** Євгеній Георгійович,
ЛОМАКІНА Ольга Сергіївна

Відповідальний за випуск *Я. О. Герасименко*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *О. С. Ломакіна*

План 2017, поз. 91 М

Підп. до друку 12.04.2018. Формат 60 × 84/16.
Друк на ризографі. Ум. друк арк. 0,7
Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса rectorat@kname.edu.ua.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.