

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
„ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи і виконання розрахункового завдання з курсу

«Прикладне програмне забезпечення»

для студентів спеціальності 174 – Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка усіх форм навчання

Харків

2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
„ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахункового завдання з курсу

«Прикладне програмне забезпечення»

для студентів спеціальності 174 – Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка усіх форм навчання

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 15.02.2024

Харків

2024

Методичні вказівки до самостійної роботи і виконання розрахункового завдання з курсу «Прикладне програмне забезпечення» для студентів спеціальності 174 – Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка усіх форм навчання/уклад. О. В. Пугановський, – Харків: НТУ “ХПІ”, 2024. – 20 с .

Укладачі: О. В. Пугановський

Рецензент І. Л. Красніков

Кафедра автоматизації технологічних систем та екологічного моніторингу

ВСТУП

Методичні вказівки призначені для самостійної підготовки студентів спеціальності 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка усіх форм навчання, при вивченні дисципліни «Прикладне програмне забезпечення». Вказівки містять короткі рекомендації щодо освоєння матеріалу і перелік питань, що вивчаються. Основні теоретичні відомості містяться у лекційних матеріалах та доступні за посиланнями.

Для засвоєння матеріалу необхідний доступ до аудиторії з обчислювальною технікою та встановленим ліцензійним програмним забезпеченням MATLAB або доступом до відкритих онлайн платформ. Посилання на ресурси надано у тексті вказівок.

Індивідуальне завдання призначене для закріплення знань. Результати та навички, що отримані при виконанні індивідуального завдання є основою розрахункового розділу дипломного проекту бакалавра. На виконання завдання відводиться 25 годин від загального обсягу 50 годин самостійної роботи студента.

ТЕМА 1. ПРЕДМЕТ ТА ЗАДАЧІ КУРСУ. ІНТЕРФЕЙС ТА ОСНОВИ РОБОТИ З MATLAB

Питання, які розглядаються у цій темі: як потужний інструмент для вирішення інженерних задач. Розглядаються основи роботи в середовищі. Змінні та константи. Обчислювальні та логічні функції, проведення алгебраїчних обчислень, робота з матрицями. Керуючі конструкції. Робота зі скриптами m-файлів. Побудова двовимірних графіків і тривимірних поверхонь.

Онлайн середовище для роботи з MATLAB:

<https://www.mathworks.com/products/matlab-online.html>

Для використання можливостей MATLAB, можна використовувати ліцензійне програмне забезпечення або онлайн редактори. Робота в командному рядку здійснюється у Command Window. Для зазначення місця введення команди використовується символ ">>". Команди вводяться користувачем в режимі діалогу. Така робота з системою відбувається за правилом «задав питання – отримав відповідь». Тобто, з клавіатури вводиться вираз, який необхідно розрахувати, обробити, виконати тощо, при необхідності там же і редагується. Увід завершується натисканням клавіші ENTER. Далі система обробляє команду і повертає результат у відповідному до вводу вигляді. Для присвоєння значення результату обчислень змінної використовується знак рівності "=". Після введення команди і натискання клавіші ENTER, отримуємо результат.

Повний список операторів можна отримати, використовуючи команду "help ops". Зі списком елементарних функцій можна ознайомитися, виконавши команду "help elfun". Список спеціальних функцій виводиться за допомогою команди "help specfun". Список основних операторів мови MATLAB – "help lang". Типи даних та констант подібні до інших мов програмування.

У MATLAB використовуються наступні системні константи:

- i та j – уявна одиниця (квадратний корінь з -1);
- pi – число $\pi = 3,1415926\dots$;

- *eps* – похибка операцій над числами з плаваючою точкою (2^{-52});
- *realmin* – найменше число з плаваючою точкою (2^{-1022});
- *realmax* – найбільше число з плаваючою точкою (2^{1023});
- *inf* – значення машинної нескінченності;
- *NaN* – вказівка на нечисловий характер даних (Not a Number);
- *ans* – змінна, що зберігає результат останньої операції.

Важливо! MATLAB – система, яка спеціально призначена для проведення обчислень з векторами, матрицями і масивами. При цьому вона за замовчуванням вважає, що кожна задана змінна – це як мінімум матриця розміром 1×1 .

Програми в середовищі MATLAB представлені m-файлами.

Для підготовки, редагування та налагодження m-файлів (та файлів інших мов програмування) MATLAB використовує власне інтегроване середовище розробки (IDE) EDITOR. Він виконаний як типовий додаток Windows.

EDITOR можна викликати:

- командою `edit` з командної стрічки;
- комбінацією клавиш `Ctrl+N`;
- з файлової панелі: `File` → `New` → `M-file`.

Запуск файлу на виконання в EDITOR виконується двома способами:

- функціональною клавішею `F5`;
- кнопкою `Run` на панелі задач.

2-D графіка – це графічна інтерпретація функцій однієї змінної $y = f(x)$.

Для відображення функцій однієї змінної $y = f(x)$ майже завжди використовуються графіки в декартовій системі координат. При цьому будуються дві осі – горизонтальна Ox та вертикальна Oy , і задають координати x і y , що визначають вузлові точки функції $y(x)$

Для побудови двомірної графіки система MATLAB використовує функції вбудованого пакету *graph2d*. Детальну інформацію про функції 2D-графіки можна отримати за довідкою, набравши команду `help graph2d`.

Побудова графіків функцій у декартовій системі координат здійснюється за допомогою функції `plot`. Для побудови графіків в полярних координатах використовується функція `polar`.

Для реалізації побудови тривимірних поверхонь (графіків) використовується функція `plot3()`. Ця функція аналогічна двовимірній функції `plot()` з додаванням просторової координати.

Аргументами функції `plot3()` є 3 вектори, що містять координати точок по яких будується графік, а також специфікатора і пари “параметр-значення”.

ТЕМА 2. ВИРІШЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ЗАДАЧ

Питання, що розглядають у даній темі. Використання MATLAB для розв’язування лінійних і нелінійних рівнянь, диференціальних рівнянь та методів чисельного інтегрування. Методи пошук екстремумів функцій. Використання пакету Control System Toolbox для вирішення деяких інженерних задач автоматизації. Перетворення моделей динамічних систем. Динамічні і частотні характеристики систем керування. Побудова засобами MATLAB діаграми Найквіста, кореневого годограф та використання LTI Viewer. Розрахунки на основі РАФЧХ, визначення стійкості систем. Реалізація методів Рауса-Гурвица, Михайлова, Найквіста. Перехідні процеси системи регулювання та оцінка їх параметрів.

Control System Toolbox – це пакет розширення MATLAB призначений для аналізу, проектування та розробки систем автоматичного керування.

Основні об’єкти пакети Control System Toolbox – це об’єкти у вигляді моделей лінійних систем з постійними у часі параметрами або LTI-об’єкти (Linear Time Invariant). LTI-об’єкти можуть бути:

– лінійними неперервними і дискретними системами з одним входом та виходом (SISO системами (Single Input Single Output))

– багатовимірними системи з багатьма входами і багатьма виходами (MIMO системами (Multi Input Multi Output)).

Пакет реалізує методи об'єктно-орієнтованого програмування та містить більше 100 функцій. Список функцій можна переглянути за допомогою команди `help control`.

для безпосередньої роботи з моделями динамічних систем використовують об'єкти спадкових LTI класів. Ці класи відповідають формам опису моделей динамічних систем, які використовують в теоретичних розрахунках:

- `tf` (від *transfer function*) – модель класу передатних функцій;
- `zpk` (від *zero/pole/gain*) – модель класу об'єктів у вигляді полюсів/нулів
- `ss` (від *state space*) – модель класу об'єктів у вигляді змінних в просторі станів.

Переглянути властивості об'єкта класу можна за допомогою функції `get()`, аргументом якої є ім'я моделі:

```
get(sys)
```

Метод РАФЧХ для визначення параметрів ПІ регулятора є одним з поширених методів оптимізації в технологічних виробництвах. Цей метод заснований на використанні критерія Дуднікова – модифікованого критерію Найквіста.

Якщо розімкнена система стійка та її розширена амплітудно-фазова характеристика проходить через точку з координатами $[-1 ; j0]$, то замкнута система буде не тільки стійка, але й буде володіти деяким запасом стійкості, який визначається ступенем коливальності.

У межах курсу вивчаються питання визначення стійкості систем керування засобами `Control System Toolbox` за наступними критеріями:

- критерій Рауса-Гурвица,
- критерій Михайлова,
- критерій Найквіста.

Важливим моментом при створенні систем керування є побудова і моделювання поведінки замкнених систем – отримання їх перехідних характеристик. Коли отримані передатні функції для об'єкта і регулятора, можна отримати загальну модель системи керування зі зворотним зв'язком та побудувати графік перехідного процесу системи.

Використовуючи функції для формування моделей взаємопов'язаних систем, визначається модель контуру керування. Якщо в моделі одного з елементів контуру присутнє транспортне запізнювання, то моделі елементів контуру регулювання (об'єкта та регулятора) описують в змінних в просторі станів.

Після отримання загальної моделі системи, за допомогою функцій `step()` та `plot()` : будується графік перехідного процесу:

```
y=step(sys, t)
plot(t, y)
```

де `sys` – ім'я моделі контуру регулювання, `t` – вектор часу, `y` – вектор значень перехідної характеристики.

Одним із способів визначення якості системи є визначення деяких показників виходячи з виду кривої перехідного процесу. Основними параметрами системи, що визначаються за кривою перехідного процесу є:

- динамічна похибка;
- статична похибка;
- час регулювання ;
- підінтегральна площа.

ТЕМА 3. ВИКОРИСТАННЯ ВІЗУАЛЬНИХ ПАКЕТІВ

Основи використання та основні блоки Simulink. Налаштування блоків і середовища. Проектування і дослідження моделей, створених у середовищі Simulink. Створення моделей систем автоматизованого керування. Обмін даними між середовищем MATLAB та пакетом Simulink. Налаштування ПІД-регуляторів. Метод Зіглера-Нікольса.

Simulink – це середовище, яке є додатком MATLAB, для моделювання, імітації та аналізу динамічних систем, що включають дискретні, безперервні, гібридні, нелінійні системи.

Simulink дає можливість будувати графічні блок-діаграми, імітувати динамічні системи, досліджувати працездатність систем. Simulink повністю інтегрований з MATLAB, що забезпечує швидкий доступ до широкого спектру інструментів аналізу і проектування. Ця перевага робить Simulink найпопулярнішим інструментом для проектування систем управління і комутації, цифрової обробки та інших додатків моделювання.

Simulink реалізує принцип візуального програмування, відповідно до якого, користувач з бібліотеки стандартних блоків на екрані створює модель пристрою, системи або процесу і здійснює відповідні розрахунки та обчислення. На відміну від класичних способів моделювання, користувачеві не потрібно досконально вивчати мову програмування і чисельні методи математики, а досить загальних знань потрібних при роботі на комп'ютері і знань в тій області, в якій він працює.

Simulink є самостійним інструментом. При роботі з Simulink не потрібно знати сам MATLAB та інші його додатки. З іншого боку доступ до функцій MATLAB та його інструментів відкритий і їх можна використовувати в Simulink

Для запуску програми необхідно попередньо запустити середовище MATLAB. Після відкриття основного вікна MATLAB запуск додатку Simulink можна зробити одним із таких способів:

– натиснути відповідну іконку (Simulink Library) на вкладці HOME панелі інструментів командного вікна MATLAB :

– в командному рядку системи MATLAB виконати команду simulink:

```
>> simulink
```

– виконати команду New... на вкладці HOME панелі інструментів і вибрати у групі Simulink “Simulink Model”.

– виконати команду Open ... на вкладці HOME та відкрити файл моделі з розширенням .mdl або .slx.

Важливим моментом при створенні і дослідженні моделей є налаштування середовища. Вкладка **Solver** На цій вкладці встановлюються параметри розв’язувача – програми, що реалізує чисельне рішення диференціальних рівнянь для системи моделювання Simulink.

Вкладка Solver розбита на кілька розділів, першим з яких є Simulation time, в якій задаються два параметра:

- Start time – початок часу моделювання;
- Stop time – кінцевий час моделювання.

У другому розділі вкладки Solver – Solver options – задаються тип розв’язувача, метод вирішення і його параметри. Можливі два типи розв’язувача (Type):

- Variable-step – метод рішення зі змінним кроком;
- Fixed-step – метод рішення з фіксованим кроком.

За замовчуванням використовується тип розв’язувача зі змінним кроком.

Як правило, кращі результати (зазвичай за часом, але не завжди) дає розв’язувач зі змінним кроком. У цьому випадку крок автоматично зменшується, якщо швидкість зміни результатів в процесі рішення зростає. І навпаки, якщо результати змінюються слабо, крок рішення автоматично збільшується.

Моделювання з фіксованим кроком варто застосовувати, коли це обумовлено специфікою виконання завдання. Цей метод дає непогані результати, якщо поведінка системи описується майже монотонними функціями. В іншому випадку крок часу доведеться сильно зменшувати для опису найбільш швидких ді-

лянок зміни результатів моделювання, що веде за собою значне зростання часу моделювання.

Залежно від типу розв'язувача (зі змінним або постійним кроком) пропонуються різні набори методів для вирішення диференціальних рівнянь.

Алгоритм налаштування регулятора ПІД типу методом Зіглера-Нікольса складається з наступних кроків:

Крок 1 Коефіцієнти посилення регулятора встановлюються рівними 0.

Крок 2 Поступово змінюємо пропорційний коефіцієнт посилення K_p до тих пір, поки в контурі не почнуться автоколивання.

Крок 3 Фіксується автоколивальне посилення $K_{ак}$ регулятора та період коливань $T_{ак}$

Крок 4 Розраховуються параметри регулятора ПІД типу згідно з таблицями

Для роботи можна використати онлайн середовище:

https://www.mathworks.com/products/simulink-online.html?s_tid=srchtitle_site_search_1_simulink%20online

ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ

Метою виконання індивідуального розрахункового завдання є закріплення знань з прикладного програмного забезпечення для моделювання роботи автоматизованих систем керування в середовищі Matlab. Завдання оформлюється за стандартом НТУ «ХПІ» на аркушах формату А4. Об'єм завдання повинен складати не менше 12 аркушів.

Індивідуальне завдання – частина загальної оцінки засвоєння матеріалу курсу. Номер варіантів – номер в академічному журналі групи. Основа завдання – алгоритм, реалізований мовою С# або будь-якою сучасною мовою.

Завдання складається з наступних частин:

Вступ

Завдання

1. Визначення передавальної функції об'єкта.
2. Визначення характеристик об'єкта.
 - 2.1. Визначення динамічних характеристик об'єкта.
 - 2.2. Визначення частотних характеристик об'єкта.
3. Розрахунок оптимальних налаштувань ПІ регулятора для одноконтурної системи методом розширених АФЧХ.
4. Стійкість АСР
 - 4.1. Критерії, що використовують характеристичне рівняння
 - 4.1.1. Критерій Рауса-Гурвіца
 - 4.1.2. критерій Михайлова
 - 4.2. критерій Найквіста
5. Побудова перехідного процесу в АСР.

Висновок

Список літератури

Скріншот екрану перевірки на плагіат.

Показник унікальності текстової частини повинен бути більше 75 %
(додаток Б)

Шрифт основного тексту – Times New Roman, 14 пт.

Шрифт коду – Courier New, 14 пт

Поля: верхнє і нижнє 2 см, лівє 3 см, правє 1 см.

Міжрядковий інтервал 1,5. Відступи відсутні !!!

Відступ на початку рядка (абзац) 1,25 см.

Вирівнювання – по ширині сторінки.

Титульний аркуш оформлюється відповідно до додатку А.

Варіанти завдань перелічено у таблиці 1. Зверніть увагу! Якщо стала часу $T_2 = 0$, то об'єкт першого порядку !!!

Таблиця 1 – Варіанти завдань

№ з/п	k	T_2^2	T_1	τ	ψ
1	0.7	0	30	10	0.8
2	0.8	45	20	8	0.8
3	1.2	0	160	25	0.8
4	1.15	380	140	60	0.8
5	0.65	0	440	190	0.9
6	0.86	420	75	15	0.9
7	1.32	0	90	50	0.9
8	1.08	180	80	12	0.9
9	0.75	0	17	6	0.8
10	0.88	25	15	5	0.8
11	1.02	0	48	6	0.8

12	1.18	14.8	4.8	1.4	0.8
13	0.9	0	1.7	0.4	0.9
14	1.2	120	20	8	0.8
15	1.3	0	21	7	0.8
16	0.85	88	44	22	0.8
17	0.96	0	55	11	0.8
18	1.05	96	32	8	0.9
19	1.1	0	15	3.5	0.9
20	0.68	12	6.4	3.6	0.9
21	0.86	0	2.6	0.7	0.9
22	1.22	3.8	3.2	2.1	0.8
23	1.33	0	600	350	0.8
24	0.76	400	100	120	0.8
25	0.72	0	245	50	0.8
26	1.13	145	112	28	0.9
27	1.02	0	330	110	0.9
28	0.75	250	140	110	0.85
29	1.05	0	10	5	0.85
30	0.5	10	25	10	0.85
31	1.4	0	380	50	0.85
32	1.0	100	100	100	0.85
33	0.88	0	60	33	0.85
34	0.72	400	75	20	0.85
35	1.02	0	205	36	0.85
36	0.8	500	50	20	0.85
37	1.5	0	70	15	0.85
38	0.85	160	50	30	0.85
39	1.2	0	84	35	0.85
40	0.7	180	300	120	0.85

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Робота в пакеті MATLAB: Навчальний посібник [Електронний ресурс] // Державний університет економіки і технологій. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://dspace.duet.edu.ua/jspui/handle/123456789/851>.

2. Використання програмних засобів MATLAB для розв'язання типових задач аналогової автоматизації. Навчальний посібник [Електронний ресурс] // Національний університет «Запорізька політехніка» – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/5686>

3. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу "Прикладне програмне забезпечення". Модуль 1. Ознайомлення з системою MATLAB [Електронний ресурс] : для студентів спеціальності 174 "Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка" денної та заочної форми навчання / уклад.: Е. Є. Герман, С. Д. Деменкова ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків, 2023. – 50 с.

<https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/71731>

4. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу "Прикладне програмне забезпечення". Модуль 2. Робота з пакетом Control System Toolbox [Електронний ресурс] : для студентів спеціальності 174 "Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка" денної та заочної форми навчання / уклад.: Е. Є. Герман, С. Д. Деменкова ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків, 2023. – 36 с.

<https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/71733>

5. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу "Прикладне програмне забезпечення". Модуль 3. Основи роботи в Simulink [Електронний ресурс] : для студентів спеціальності 174 "Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка" денної та заочної форми навчання / уклад.: Е. Є. Герман, С. Д. Деменкова ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків, 2023. – 36 с. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/71735>

6. Get Started with MATLAB. The Language of Technical Computing
<<https://www.mathworks.com/help/matlab/getting-started-with-matlab.html>> (2023)

7. Get Started with Simulink. Simulation and Model-Based Design
<<https://www.mathworks.com/help/simulink/getting-started-with-simulink.html>>(2023)

ДОДАТОК А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Кафедра: “Автоматизація технологічних систем та екологічного моніторингу”

Індивідуальне домашнє завдання
з дисципліни “Прикладне програмне забезпечення”
Варіант № ____

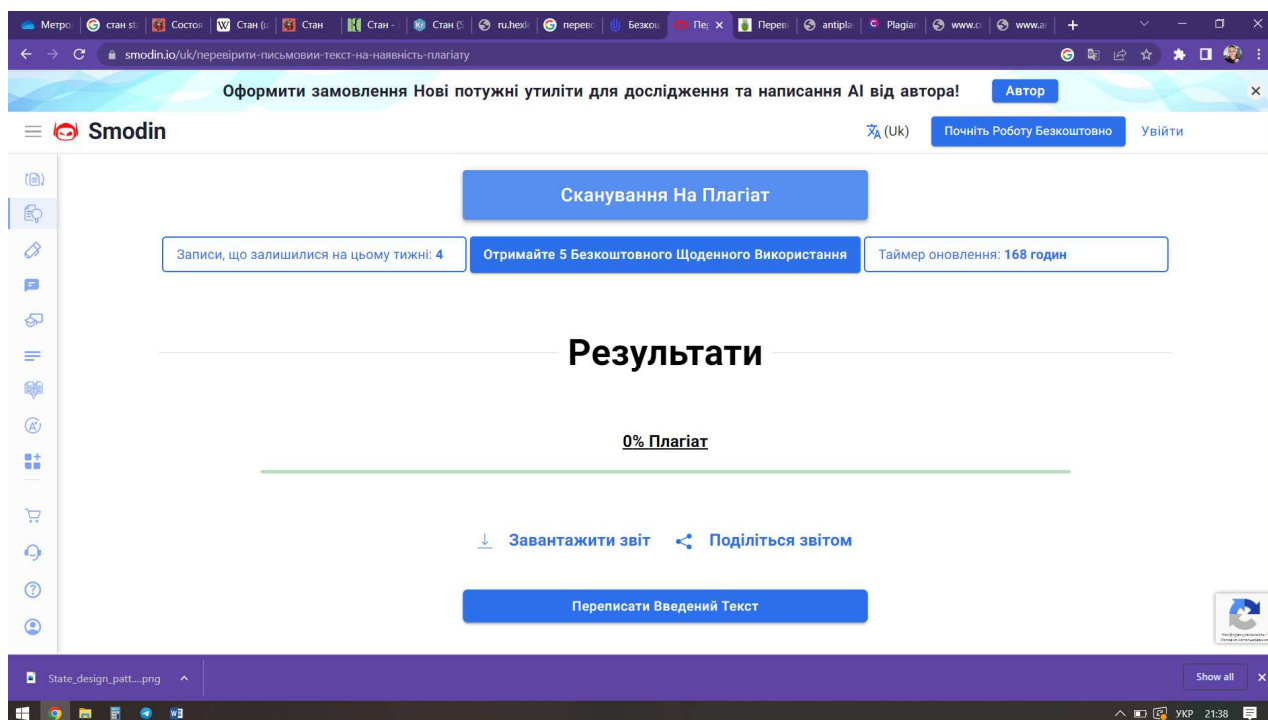
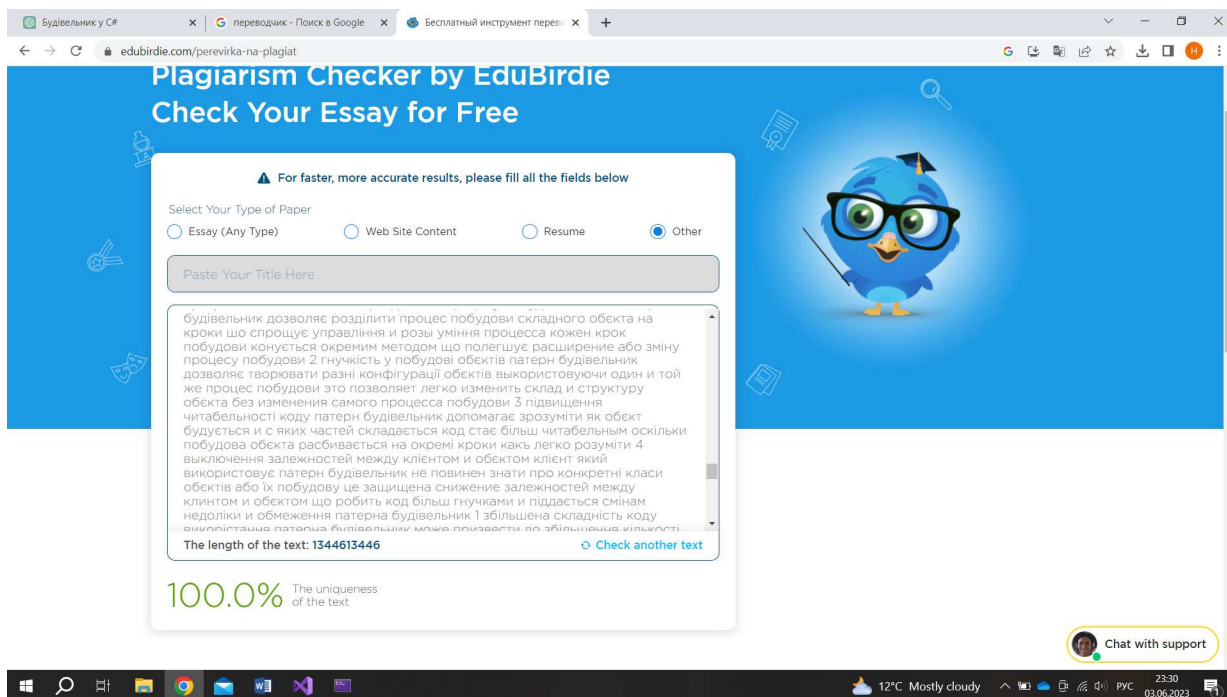
Виконав студент групи _____ :

Перевірив: Старший викладач
Пугановський Олег Валентинович

Харків
20__

ДОДАТОК Б

ПЕРЕВІРКА НА ПЛАГІАТ



Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи і виконання розрахункового завдання з курсу

«Прикладне програмне забезпечення»

для студентів спеціальності 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка усіх форм навчання

Укладачі: ПУГАНОВСЬКИЙ Олег Валентинович

Відповідальний за випуск : О.М. Дзевочко
Роботу до видання рекомендував: І.Л. Красніков

Редактор

План 2024 р., поз . Підп. до друку . Формат 60x84 1/16.
Папір офсет-ний. Гарнітура Times.
Ум. друк. арк. 1,2. Наклад 25 прим. Зам. №__. Ціна договірна.

Видавець НТУ"ХП", 61002, Харків вул. Кипичова, 2
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 от 21.08.2017 г.

Надруковано з готового оригінал-макету у друкарні ФОП В.В. Петров Єдиний державний реєстр юридичних осіб та фізичних осіб – підприємців.

Запис №2480000000106167 від 08.01.2009 р.
61144, м. Харків, вул. Гв. Широнінців, 79в, к. 137, тел. (057)78-17-137.
e-mail: bookfabrik@mail.ua