

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи з дисципліни
«Теорія автоматичного керування»
для студентів спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані
технології та робототехніка» першого бакалаврського рівня вищої освіти
за ОПП «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Затверджено
на засіданні методичної ради
кафедри АВП
Протокол № 9 від 19.05.2025 р.

Краматорськ-Тернопіль,
ДДМА
2025

УДК 629.423 (075.8)

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Теорія автоматичного керування» для студентів спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» першого бакалаврського рівня вищої освіти за ОПП «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Укл.: О.В. Суботін, О.В. Разживін. – Краматорськ : ДДМА. 2025. – 57 с.

Викладається методика дослідження систем автоматичного керування заданої структури шляхом визначення характеристик окремих ланок, характеристик системи в розімкненому та замкненому стані, а також проводити аналіз її стійкості. Приділяється увага методам математичного та структурного моделювання, оцінки якісних показників роботи систем, а також впливу різних законів керування на швидкість і точність регулювання.

Укладачі:

О.В. Суботін, доцент,
О.В. Разживін, доцент.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	5
1.1 Загальні вимоги щодо організації курсового проектування	5
1.2 Застереження щодо академічної доброчесності	6
1.3 Структура курсової роботи	9
1.4 Вимоги щодо оформлення курсової роботи.....	10
1.5 Порядок захисту та критерії оцінювання курсової роботи.....	12
2 ЗМІСТ РОБОТИ	17
2.1 Аналіз завдань на курсове проектування	17
2.2 Рекомендації до викладення змісту пояснювальної записки	17
3 ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ	19
3.1 Мета та структура курсової роботи.....	19
3.2 Порядок виконання курсової роботи	20
3.2.1 Структурна схема САК	20
3.2.2 Визначення характеристик ланок САК	21
3.2.3 Визначення передавальної функції САК.....	31
3.2.4 Дослідження стійкості САК.....	33
3.2.5 Оцінка якості САК по виду перехідного процесу	39
3.3 Варіанти індивідуальних завдань на курсову роботу	45
ЛІТЕРАТУРА.....	46
Додаток А. Зразок індивідуального завдання до курсової роботи	47
Додаток Б. Зразок аркушу з вихідними даними на курсову роботу	48
Додаток В. Зразок титульного аркуша курсової роботи	49
Додаток Г. Приклади бібліографічного опису джерел літератури	50
Додаток Д. Зразок заяви та протоколу перевірки роботи на плагіат	55

ВСТУП

Курсова робота з дисципліни «Теорія автоматичного керування» виконується згідно з індивідуальним завданням і є самостійною роботою студента, призначеною для закріплення, розширення, узагальнення і практичного використання знань, умінь і навичок, одержаних під час навчання.

У процесі виконання курсової роботи студенти здобувають навички дослідження систем автоматичного керування (САК) заданої структури шляхом визначення характеристик окремих ланок, характеристик системи в розімкненому та замкненому стані, а також проводити аналіз її стійкості.

Приділяється увага методам математичного та структурного моделювання, оцінки якісних показників роботи систем, а також впливу різних законів керування на швидкість і точність регулювання.

При виконанні роботи передбачено використання сучасних програмних симуляторів та програмних засобів автоматизації розрахунків.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Курсова робота з дисципліни «Теорія автоматичного керування» виконується згідно з індивідуальним завданням і є самостійною роботою студента, призначеною для закріплення, розширення, узагальнення і практичного використання знань, умінь і навичок, одержаних під час навчання. У процесі виконання курсової роботи студенти здобувають навички дослідження систем автоматичного керування (САК) заданої структури шляхом визначення характеристик окремих ланок, характеристик системи в розімкненому та замкненому стані, а також проводити аналіз її стійкості.

Приділяється увага методам математичного та структурного моделювання, оцінки якісних показників роботи систем, а також впливу різних законів керування на швидкість і точність регулювання.

При виконанні роботи передбачено використання сучасних програмних симуляторів та програмних засобів автоматизації розрахунків.

1.1 Загальні вимоги щодо організації курсового проектування

Організація курсового проектування здійснюється відповідно до організації курсового та дипломного проектування у «Донбаській державній машинобудівній академії» та графіку освітнього процесу.

Відповідальність за правильність прийнятих рішень, обґрунтувань, розрахунків та якість оформлення несе студент — автор роботи.

Тематика курсових робіт є типовою, але передбачає варіативність завдань та можливість використання сучасних програмних симуляторів та засобів автоматизації розрахунків.

Курсова робота має задовольняти таким вимогам:

- обсяг текстової частини визначається кількістю годин СРС, які виділяються для дисципліни на курсову роботу навчальним планом (30 год.) та не перевищує 30 сторінок формату А4;

- графічна частина може подаватися в тексті пояснювальної записки у вигляді відповідних рисунків, або виноситись в додатки, або окремим документом з відповідним титульним аркушем з обов'язковим конкретним зазначенням графічного матеріалу в індивідуальному завданні;

- індивідуальне завдання має містити не тільки різні числові вихідні дані, але й передбачати самостійне викладення студентом тексту

пояснювальної записки з метою уникнення використання електронного шаблону.

Індивідуальне завдання в перелік змісту не вноситься та має бути другою сторінкою після титульного аркушу. Зразок індивідуального завдання до курсової роботи наведено в додатку А.

Вихідні дані до курсової роботи надаються на зворотній сторінці аркушу індивідуального завдання й формуються відповідно до призначеного варіанту завдання. Зразок сторінки з вихідними даними на курсову роботу наведено в додатку Б.

Будь-яке переписування матеріалів літературних джерел або електронних документів (електронних книг, INTERNET-сайтів) неприпустимо. Якщо студент вважає за необхідність наведення певної кількості описових матеріалів, то вони розміщуються у додатках.

Згідно із затвердженим графіком студент зобов'язаний своєчасно подавати керівникові результати роботи над курсовою роботою.

Керівництво курсовою роботою здійснюється з метою надання здобувачу вищої освіти необхідних консультацій, контролю термінів виконання та якості роботи.

1.2 Застереження щодо академічної доброчесності

Як член студентської спільноти ДДМА здобувач має дотримуватися певних стандартів та академічної політики відповідно «Положення про академічну доброчесність науково-педагогічних, наукових, педагогічних працівників та здобувачів вищої освіти Донбаської державної машинобудівної академії» (<http://surl.li/laufq>): шахрайство та плагіат заборонені; методичні та інші матеріали, які отримані здобувачами в рамках процедур організації виконання роботи, захищені авторським правом, можуть бути використані лише тільки здобувачами освіти, яким призначено даний курс, зарахованих на курс для цілей, пов'язаних з цим курсом і не можуть поширюватися; спілкування з однокурсниками та викладачем має бути професійним та ввічливим; очікується, що здобувач освіти перевірятиме всі власні письмові повідомлення, включаючи поштові повідомлення, на коректність змісту та мови; Академія прагне підтримувати середовище, вільне від дискримінації або дискримінаційних домагань, спрямованих на будь-яку людину або групу в межах своєї спільноти – здобувачів вищої освіти, співробітників або

відвідувачів.

Виконання роботи має здійснюватися з урахуванням вимог щодо академічної доброчесності. Відповідно до статті 42 Закону України «Про освіту»: «Академічна доброчесність – це сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень». Головним проявом академічної недоброчесності вважається академічний плагіат – оприлюднення (частково або повністю) наукових (творчих) результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження (творчості) та/або відтворення опублікованих текстів (оприлюднених творів мистецтва) інших авторів без зазначення авторства.

Запобігання академічному плагіату у роботах, наукових та науково-методичних працях, публікаціях Учасників освітнього процесу полягає у здійсненні технічної перевірки за допомогою спеціалізованих програмних засобів, що використовуються в Академії, та експертної оцінки щодо відсутності/наявності академічного плагіату. Процедура та особливості здійснення автоматизованої перевірки робіт, наукових та науково-методичних праць, публікацій Учасників освітнього процесу наведено в Тимчасовому положенні «Про запобігання та виявлення академічного плагіату у навчальній та науково-дослідній роботі учасників освітнього процесу у ДДМА» та в «Порядку проведення перевірки робіт студентів на наявність запозичень з інших документів».

Рекомендації щодо запобігання академічному плагіату в роботі:

а) робота має виконуватися самостійно, без видання за власний результат чужих робіт і результатів;

б) будь-який текстовий фрагмент обсягом від речення і більше, відтворений в тексті роботи без змін, з незначними змінами, або в перекладі з іншого джерела, обов'язково має супроводжуватися посиланням на це джерело (у формі підрядкового посилання, наприклад як це зроблено щодо Закону «Про освіту» на попередній сторінці); винятки допускаються лише для стандартних текстових кліше, які не мають авторства та/чи є загальноживаними;

в) якщо перефразування чи довільний переказ в тексті роботи тексту іншого автора (інших авторів) займає більше одного абзацу, посилання (бібліографічне та/або текстуальне) на відповідний текст та/або його автора

(авторів) має міститися щонайменше один раз у кожному абзаці роботи, крім абзаців, що повністю складаються з формул, а також нумерованих та маркованих списків (в останньому разі допускається подати одне посилання наприкінці списку);

г) якщо цитата з певного джерела наводиться за першоджерелом, в тексті роботи має бути наведено посилання на першоджерело; якщо цитата наводиться не за першоджерелом, в тексті роботи має бути наведено посилання на безпосереднє джерело цитування («цитується за XXXXXXXX») і посилання на відповідний пункт списку використаних джерел;

д) будь-яка наведена в тексті роботи науково-технічна інформація має супроводжуватися чітким вказуванням на джерело, з якого взята ця інформація із посиланням на відповідний пункт списку використаних джерел; винятки припускаються лише для загальновідомої інформації, визнаної всією спільнотою фахівців відповідного профілю; у разі використання у роботі тексту нормативно-правового акту достатньо зазначити його назву, дату ухвалення та, за наявності, дату ухвалення останніх змін до нього або нової редакції, а також посилання на відповідний пункт списку використаних джерел.

е) для підтвердження власних аргументів посиланням на авторитетне джерело або для критичного аналізу того чи іншого друкованого твору слід наводити цитати; науковий етикет потребує точно відтворювати цитований текст, бо найменше скорочення наведеного витягу може спотворити зміст, закладений автором.

Правила цитування та посилання на використані джерела є такими:

1. При написанні здобувач повинен давати посилання на джерела, матеріали з яких наводяться у роботі. Такі посилання дають змогу відшукати документи та перевірити достовірність відомостей про цитування документа, дають необхідну інформацію щодо нього, допомагають з'ясувати його зміст, мову тексту, обсяг. Посилатися бажано на останні видання публікацій. На більш ранні видання можна посилатися лише в тих випадках, коли в них є матеріал, який не включено до останнього видання.

2. Якщо використовують відомості, матеріали з монографій, оглядових статей, інших джерел з великою кількістю сторінок, тоді в посиланні необхідно точно вказати номери сторінок, ілюстрацій, таблиць, формул з джерела, на яке дано посилання в роботі.

3. Посилання додаються одразу після закінчення цитати у

квадратних дужках, де вказується порядковий номер джерела у списку літератури та відповідна сторінка джерела (наприклад: [12, с. 172]), або під текстом цієї сторінки у вигляді зноски, в якій вказують прізвище та ініціали автора, назву джерела, видавництво, рік видання та сторінку.

Відповідальність за порушення академічної доброчесності під час здійснення освітньої та наукової діяльності покладається на Працівників та Здобувачів Академії.

Працівників та Здобувачів Академії несуть відповідальність за порушення академічної доброчесності відповідно до вимог законодавства України: за порушення норм академічної доброчесності Працівники Академії можуть бути притягнуті до відповідальності відповідно до нормативних і розпорядчих документів ДДМА та норм законодавства України; до Здобувачів Академії, у випадку порушення правил академічної доброчесності, в т.ч. встановлення факту плагіату, може бути застосовано такі види заходів впливу: – академічні (попередження; незарахування роботи; повторне проходження оцінювання; повторне проходження відповідного освітнього компонента освітньої (освітньо-наукової) програми); – дисциплінарні (догана, письмове попередження, відрахування з ДДМА) та ін.

Основні норми і процедури дотримання академічної доброчесності викладено у «Положення про запобігання та виявлення академічного плагіату у ДДМА (тимчасове)» та «Порядок перевірки на плагіат». З положеннями відповідно можливо ознайомиться за посиланням (<http://surl.li/stzpv>) та (<http://surl.li/tpgzh>).

1.3 Структура курсової роботи

За змістом курсова робота має відповідати індивідуальному завданню на курсове проектування. Курсова робота містить низку обов'язкових складових частин, перелік та вимоги до яких конкретизуються керівником. Кожну складову частину необхідно починати з нового аркуша.

Порядок подання обов'язкових складових частин курсової роботи і їх рекомендований обсяг:

- а) пояснювальна записка (ПЗ):
 - 1) титульний аркуш ПЗ;
 - 2) індивідуальне завдання на курсову роботу;
 - 3) реферат (до 1 стор.);

- 4) зміст;
- 5) вступ (до 2 стор.);
- 6) основна (технічна) частина та її розділи (20...25 стор.):
 - структурна схема системи автоматичного керування;
 - визначення характеристик ланок САК;
 - визначення передавальної функції САК;
 - дослідження стійкості САК;
 - моделювання та дослідження роботи розробленої САК або її складових (може бути поєднана з іншими частинами роботи);
- 7) висновки;
- 8) література;
- б) додатки (за необхідністю);
- в) графічна частина (за необхідністю);
- г) презентація роботи (за необхідністю).

Кожний розділ ПЗ може складатися з підрозділів, пунктів, підпунктів і т.д.

Обсяг ПЗ повинен складати до 30 стор. машинописного тексту на аркушах формату А4, причому об'єм технічної частини повинен складати не менше 70 % всієї записки.

1.4 Вимоги щодо оформлення курсової роботи

Оформлення пояснювальної записки (ПЗ) до курсової роботи здійснюється відповідно до вимог ДСТУ 3008:2015. Пояснювальна записка курсової роботи з врахуванням вимог до нормативно-технічних документів має подаватись на аркушах паперу формату А4 з рамками основного надпису форм 2, 2а (ГОСТ 2.104-68), причому на всіх аркушах форми 2а крім номера сторінки пояснювальної записки проекту обов'язково слід вказувати шифровий код проекту. При оформленні ПЗ до курсової роботи слід звернути увагу на такі особливості:

- відступи тексту від рамки зверху і знизу не менше 10 мм, зліва і справа не менше 5 мм, абзац — 5 пропусків (15 мм);
- нумерація сторінок ПЗ в графі 7 основного напису, починаючи зі змісту;
- зміст містить основний напис за формою 2, решта тексту ПЗ — за формою 2а;

— всі підрозділи ПЗ виконують з абзацу малими літерами, починаючи з великої, за винятком змісту і додатків, які виконують посередині рядка великими літерами. Запис літературних джерел «ЛІТЕРАТУРА».

Текст ПЗ виконується машинописним шрифтом (1,5 інтервали, шрифт Times New Roman, кегль № 14) з висотою букв і цифр не менше 2,5 мм. На титульному аркуші номер не ставиться, хоча він і враховується при нумерації.

Пояснювальна записка відноситься до текстових документів, які подаються технічною мовою. Графічна інформація має подаватись у вигляді ілюстрацій (схеми, рисунки, графіки, діаграми тощо). Цифрова — у вигляді таблиць.

Структурними елементами основної частини ПЗ є розділи, підрозділи, пункти, підпункти, переліки. Кожен розділ рекомендується починати з нової сторінки. Заголовок розділу записують з абзацу (ДСТУ 3008:2015) великими буквами (верхній регістр) з більш високою насиченістю. Заголовки підрозділів записують з абзацу малими буквами (нижній регістр), починаючи з великої.

Розділи нумерують порядковими номерами в межах всього документа. Після номера крапку не ставлять, а пропускають один знак. Підрозділи нумерують у межах кожного розділу за формою: 3.1, 3.2, 3.2.1, 3.2.2 і т.д. Після номера крапку не ставлять, а пропускають один знак. Посилання в тексті на розділи виконується за формою: «... наведено в розділі 3».

У тексті ілюстрацію розміщують симетрично до тексту після першого посилання на неї або на наступній сторінці, якщо на даній вона не уміщується без повороту.

На всі ілюстрації в тексті ПЗ мають бути посилання. Посилання виконують за формою: «... показано на рисунку 3.1» або в дужках за текстом (рисунок 3.1). Посилання на раніше наведені ілюстрації дають зі скороченим словом «дивись» відповідно в дужках (див. рисунок 1.3). Між ілюстрацією і текстом пропускають один рядок (3 інтервали).

Всі ілюстрації в ПЗ називають рисунками і позначають під ілюстрацією симетрично до неї за такою формою: «Рисунок 3.5 — Найменування рисунка». Крапку вкінці не ставлять, знак переносу не використовують. Якщо найменування рисунка довге, то його продовжують у наступному рядку починаючи від найменування.

Нумерують ілюстрації у межах розділів, вказуючи номер розділу і

порядковий номер ілюстрації в розділі, розділяючи крапкою. Дозволяється нумерувати ілюстрації у межах всього документа.

Таблицю розміщують симетрично до тексту після першого посилання на даній сторінці або на наступній, якщо на даній вона не поміщається і таким чином, щоб зручно було її розглядати без повороту або з поворотом на кут 90° за годинниковою стрілкою.

Над таблицею розміщують її номер і назву за формою:

Таблиця _____
(номер) (назва таблиці)

На всі таблиці мають бути посилання: «наведено в таблиці 3.1»; або в дужках по тексту (таблиця 3.1). Посилання на раніше наведену таблицю дають зі скороченим словом "дивись" (див. таблиця 3.1) за ходом чи в кінці речення.

1.5 Порядок захисту та критерії оцінювання курсової роботи

До захисту допускаються курсові роботи, виконані в повному обсязі згідно із затвердженим індивідуальним завданням, перевірені керівником і підписані «До захисту» на титульному аркуші із зазначенням дати.

Захист робіт проводиться публічно за встановленим графіком перед комісією з двох-трьох викладачів, склад якої затверджується завідувачем кафедри, при безпосередній участі керівника роботи у присутності студентів групи. Студент робить доповідь з теми до 5-10 хвилин з використанням ілюстративного матеріалу у вигляді електронної презентації або плакатів. Після доповіді члени комісії ставлять питання за темою роботи.

За результатами захисту комісія на закритому засіданні визначає оцінку, яка потім оголошується студенту. У результаті захисту курсова робота оцінюється п'ятибальною оцінкою і відповідною їй модульною оцінкою за кредитно-модульною системою залежно від якості виконання та оформлення роботи і рівня відповідей на запитання при її захисті.

Курсові роботи, виконані не за своїм варіантом завдання, або не в повному обсязі чи з суттєвими помилками, виконані не самостійно (про що свідчить некомпетентність у рішеннях та матеріалах), до захисту не допускаються і направляються керівником роботи на доопрацювання.

При формуванні підсумкової оцінки враховується попередні оцінки, виставлені керівником. Підсумкова оцінка може не збігатися з попередніми оцінками роботи.

Підсумкову оцінку курсової роботи виставляє комісія зі спеціальності «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», яка враховує такі чинники:

1. Достатній теоретичний рівень підготовки.
2. Зв'язок теоретичних положень, розглянутих у роботі, із практикою або модельними дослідженнями.
3. Наявність елементів самостійної творчості:
 - самостійність аналізу матеріалу;
 - повнота й системність подання матеріалу;
 - самостійне формулювання висновків за результатами проведеного дослідження САК.
4. Використання оригінальних джерел аналітичного характеру.
5. Повнота розв'язку поставлених у роботі завдань.
6. Грамотність і логічність у викладі матеріалу.
7. Якість оформлення роботи.

Комісія оцінює всі етапи захисту:

- презентацію результатів роботи;
- розуміння питань, що задаються членами комісії, і якість відповідей на запитання;
- уміння вести професійну дискусію;
- кваліфікацію й загальний рівень розуміння дослідженої задачі, продемонстровані студентом у процесі захисту;
- загальний рівень культури спілкування з аудиторією.

Критерії оцінювання курсової роботи та її захисту наведені у таблиці

1. Роботи, за якими визначено, що вони виконані без дотримання вимог академічної доброчесності, не оцінюються і до захисту не допускаються.

Таблиця 1 – Критерії оцінювання курсової роботи

Критерії оцінювання курсової роботи	Оцінка
Текст роботи свідчить про оволодіння навичками самостійного (під керівництвом викладача) проведення роботи: відбір і аналіз літератури, узагальнення і творче осмислення теоретичних основ вирішення проблеми, формулювання висновків. Всі завдання виконані, мета роботи досягнута. Текст роботи викладений логічно, послідовно, науково-професійною державною мовою, з коректним використанням професійної	90-100 балів А «Відмінно»

Критерії оцінювання курсової роботи	Оцінка
термінології. Оформлення роботи цілком відповідає вимогам. Під час захисту роботи доповідь відображала усі її основні положення, висновки і рекомендації. Презентація під час доповіді повністю відповідала її змісту. Під час відповідей на питання здобувач показав повне володіння матеріалом роботи, аргументовано відстоював свої ідеї.	
Курсову роботу виконано на високому професійному рівні, вона містить усі необхідні елементи. Всі завдання роботи виконані, мета досягнута. Висновки та матеріал у роботі в цілому достатньо обґрунтовані й логічні. Технічні та програмні складові роботи відповідають сучасним вимогам. Доповідь на захисті стисла, логічна, проголошена вільно. Презентація доповіді повністю відповідає її змісту. При відповіді на запитання здобувач вищої освіти в цілому продемонстрував високий рівень володіння матеріалом, однак окремі відповіді не зміг чітко аргументувати.	81-89 балів В «Добре»
Тема роботи в цілому розкрита, але мають місце окремі недоліки непринципового характеру (допущені незначні помилки у формулюванні висновків, неповнота досліджень). Текст роботи свідчить про оволодіння навичками самостійного (під керівництвом викладача) виконання курсової роботи: причинно-наслідковий зв'язок між результатами аналізу, висновками і пропозиціями не порушений. На захисті доповідь логічна, проголошена вільно, але затягнута і містить несуттєві проміжні результати і подробиці. Презентація доповіді в цілому відповідає її змісту, але має недоліки оформлення. Відповіді здобувача на запитання членів комісії загалом вірні, але недостатньо конкретні та/або неповні.	75-80 балів С «Добре»
В цілому завдання роботи виконані й мета досягнута. Текст роботи викладений логічно, послідовно, науково-професійною державною мовою з коректним використанням професійної термінології. В оформленні роботи допущені незначні помилки. Згідно із змістом теми курсової роботи загалом розкрита, але є зауваження змістовного характеру (не в повному обсязі реалізовані поставлені задачі, недостатньо	61-74 бали D «Задовільно»

Критерії оцінювання курсової роботи	Оцінка
обґрунтовані запропоновані рішення; висновки і пропозиції не повністю відповідають завданням тощо). Здобувач освіти під час доповіді недостатньо розкрив усі суттєві положення роботи, презентація доповіді не повністю відповідає її змісту та/або має вади оформлення. Здобувач під час захисту не завжди міг відповісти на запитання по суті роботи, аргументувати свої відповіді.	
В основному завдання роботи виконані й мета досягнута. Текст роботи свідчить про помилки в оволодінні навичками самостійного (під керівництвом викладача) проведення роботи: недостатньо повне вирішення поставлених завдань; при реалізації задач допущені помилки. Доповідь під час захисту не була достатньо чіткою, побудована недостатньо логічно і послідовно та/або не повністю відображала всі суттєві результати, висновки і пропозиції. Презентація до доповіді оформлена зі значними недоліками, неповна або містить матеріал, який не ілюструє тези доповіді. Здобувач демонструє суттєві труднощі з аргументацією власних ідей, недостатньо володіє професійною термінологією, на значну кількість запитань не може дати відповідь.	55-60 балів Е «Задовільно»
Текст роботи свідчить про значні прогалини в оволодінні навичками самостійного (під керівництвом викладача) виконання роботи - при її реалізації допущені помилки. Окремі завдання роботи виконані, але мета досягнута не повністю. Текст роботи викладений недостатньо логічно і послідовно, містить стилістичні помилки, використання професійної термінології не завжди коректне. В оформленні роботи є суттєві невідповідності вимогам. Під час захисту здобувач освіти у доповіді не зміг розкрити результати аналізу, аргументувати висновки і пропозиції, погано знає матеріал роботи і погано володіє професійною термінологією. Презентація до доповіді оформлена зі значними недоліками, неповна або містить матеріал, який не ілюструє тези доповіді. Здобувач не зміг відповісти на переважну кількість запитань комісії.	35-55 балів FX «Незадовільно»

Критерії оцінювання курсової роботи	Оцінка
Текст роботи свідчить про значні прогалини в оволодінні навичками самостійного (під керівництвом викладача) проведення дослідницької роботи - при постановці задач та їхній реалізації допущені помилки. Окремі завдання роботи виконані, але мета досягнута не повністю. Текст роботи викладений недостатньо логічно і послідовно, містить стилістичні помилки, використання професійної термінології не завжди коректне. Відсутні логічна побудова роботи, її системність та глибина дослідження. Оформлення роботи не відповідає вимогам. Оцінки наукового керівника негативна. Робота до захисту не допускається.	0-34 бали F «Незадовільно»

У разі незгоди з оцінкою здобувач вищої освіти має право подати апеляцію відповідно п.5. «ПОЛОЖЕННЯ про екзаменаційні комісії Донбаської державної машинобудівної академії з атестації здобувачів вищої освіти» (<http://surl.li/tppze>). Апеляція подається особисто здобувачем вищої освіти на ім'я ректора в день проведення захисту випускної роботи або оголошення результатів письмового екзамену, але не пізніше ніж на наступний робочий день після оголошення результатів.

2 ЗМІСТ РОБОТИ

Курсове проектування з дисципліни «Теорія автоматичного керування» передбачає дослідження САК заданої структури шляхом визначення характеристик окремих ланок САК, визначення характеристик САК в розімкненому та замкненому стані, дослідження стійкості, моделювання роботи САК. Система автоматичного керування складається з трьох типових ланок, робота кожної з яких описується заданим диференціальним рівнянням.

2.1 Аналіз завдань на курсове проектування

Кожен із етапів виконання роботи повинен передбачати аналіз, обґрунтованість рішень та оцінювання відповідних параметрів.

Кількість варіантів завдань виключає можливість повного повторювання завдання як в межах групи, так і в суміжних групах навчального потоку. Варіанти завдань оновлюються.

Індивідуальне завдання на виконання курсової роботи (див. додаток А) передбачає дослідження системи автоматичного керування заданої структури шляхом визначення характеристик окремих ланок системи, визначення характеристик системи в розімкненому та замкненому стані та дослідження стійкості системи. Система автоматичного керування складається з трьох типових ланок, робота кожної з яких описується заданим диференціальним рівнянням.

Курсова робота складається з чотирьох частин і виконується за індивідуальними вихідними даними, які визначаються за двозначним номером завдання (див. додаток Б). Номер завдання для студентів задається викладачем індивідуально або відповідає двом останнім цифрам їх учбового шифру.

2.2 Рекомендації до викладення змісту пояснювальної записки

Титульний аркуш ПЗ наведено у додатку В.

Після титульного аркушу розміщується аркуш з індивідуальним завданням, виконаний у відповідності з додатками А та Б.

Далі розміщується аркуш зі змістом.

Текст вступу, який розміщується після змісту, повинен бути коротким і висвітлювати питання актуальності, значення, сучасний рівень і

призначення курсової роботи. У вступі і далі за текстом не дозволяється використовувати скорочені слова, терміни, крім загальноприйнятих.

Вступ (1-2 стор.) має показати сучасний стан розвитку САК, мету та загальну постановку задачі, актуальність, яка повинна подаватись в останньому абзаці вступу, з метою стислого викладення суті розробки.

Основна частина складається з розділів:

- структурна схема системи автоматичного керування;
- визначення характеристик ланок САК;
- визначення передавальної функції САК розімкненому та замкненому стані;
- дослідження стійкості замкненої САК;
- оцінка якості САК по виду перехідного процесу.

При викладанні основної частини використовується математичне та структурне моделювання для дослідження роботи розроблюваної САК.

Оцінку якісних показників роботи систем, а також впливу різних законів керування на швидкість і точність регулювання передбачається виконувати з застосуванням програмних засобів автоматизації розрахунків.

Висновки оформляють з нової пронумерованої сторінки. Вони є заключною частиною, підсумком виконаної роботи. Тут слід відобразити послідовність виконання роботи, охарактеризувати досліджувану САК з точки зору якості керування, надати рекомендації щодо її подальшого вдосконалення. Також слід відобразити те, які навички здобуті під час виконання курсової роботи.

Перелік посилань (література) містить перелік літературних джерел, на які повинні бути обов'язкові посилання в тексті пояснювальної записки. До переліку рекомендується включити 5-9 літературних джерел. Це основні підручники, навчальні посібники, методичні матеріали, довідники, періодичні видання. Література (книги, статті, патенти, журнали) в загальний список записується в порядку посилання на неї в тексті. Посилання на літературні джерела наводять в квадратних дужках [...], вказуючи порядковий номер за списком.

Літературні джерела записують мовою оригіналу відповідно до ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» з урахуванням правок (код УК-НД 01.140.40). (див. додаток Г). В списку кожне джерело записують з абзацу, нумерують арабськими цифрами, починаючи з одиниці.

3 ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ

3.1 Мета та структура курсової роботи

Метою курсового проектування є дослідження системи автоматичного керування заданої структури.

САК складається з трьох типових ланок, робота кожної з яких описується заданим диференціальним рівнянням.

Для досягнення поставленої мети треба вирішені наступні завдання:

- аналіз структурної схеми САК відповідно до заданих типових ланок, робота кожної з яких описується певним диференціальним рівнянням;
- визначення характеристик ланок досліджуваної САК;
- визначення передавальної функції САК розімкненому та замкненому стані;
- дослідження стійкості замкненої САК різними критеріями;
- оцінка якості САК по виду перехідного процесу.

Наводиться приклад змісту ПЗ курсової роботи з зазначенням основних питань, що повинні бути вирішені.

Тема роботи: «Дослідження системи автоматичного керування заданої структури».

ВСТУП.

1. СТРУКТУРНА СХЕМА САК (загальна характеристика системи, постановка завдання її дослідження).

2. ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАНОК САК (передавальні функції; перехідні характеристики; імпульсні характеристики; частотні характеристики).

2.1 Ланка № 1.

2.2 Ланка № 2.

2.3 Ланка № 3.

3 ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ФУНКЦІЙ САК.

3.1 Передавальна функція САК у розімкненому стані.

3.2 Частотна передавальна функція розімкненої САК.

3.3 Передавальна функція замкнутої САК.

3.4 Частотна передавальна функція замкненої САК.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАМКНЕНОЇ САК НА СТІЙКІСТЬ.

4.1 Стійкість замкненої САК за критерієм Гурвіца.

4.2 Стійкість замкненої САК за критерієм Михайлова.

4.3 Стійкість замкненої САК за критерієм Найквіста.

4.4 Визначення критичного коефіцієнту передачі САК.

5 ОЦІНКА ЯКОСТІ САК ПО ВИДУ ПЕРЕХІДНОГО ПРОЦЕСУ.

5.1 Дослідження якості перехідних процесів розімкненої САК відносно зміни завдання та збурення.

5.2 Дослідження якості перехідних процесів замкненої САК відносно зміни завдання та збурення.

ВИСНОВОК.

ЛІТЕРАТУРА.

ДОДАТКИ.

Графічна частина курсової роботи:

- структурна схема САК;
- перехідні характеристики ланок 1 та 2;
- імпульсні характеристики ланок 1 та 2;
- амплітудні частотні характеристики ланок 1 та 2;
- фазові частотні характеристики ланок 1 та 2;
- амплітудно-фазові частотні характеристики ланок 1 та 2;
- годограф Михайлова для замкненої САК;
- амплітудно-фазова частотна характеристика розімкненої САК;
- моделі та перехідні процеси в розімкненій та замкненій САК відносно зміни завдання та збурення.

3.2 Порядок виконання курсової роботи

3.2.1 Структурна схема САК

Структурна схема системи автоматичного керування (САК) наведена на рисунку 1. Дана система – замкнута, з негативним зворотнім зв'язком, має три ланки з передаточними функціями: $W_1(p)$, $W_2(p)$, $W_3(p)$.

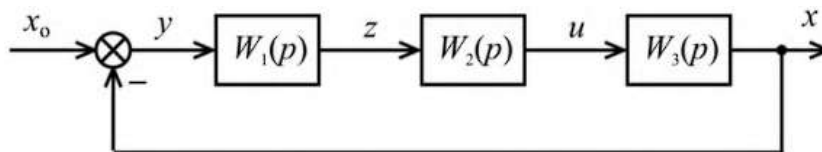


Рисунок 1 - Структурна схема САК

Управляючою координатою є x_0 , а той, що управляється – x .
Проміжні сигнали пов'язані між собою рівняннями:

$$\begin{aligned}y &= x_0 - x; \\z(p) &= W_1(p) \cdot y(p); \\u(p) &= W_2(p) \cdot z(p); \\x(p) &= W_3(p) \cdot u(p).\end{aligned}$$

САК здійснює автоматичне регулювання за відхиленням.
Величина y є помилкою регулювання (відхиленням).

3.2.2 Визначення характеристик ланок САК

1. Ланка № 1.

Дана ланка описується диференціальним рівнянням:

$$T_0^2 \frac{d^2 z}{dt^2} + T_1 \frac{dz}{dt} + z = k_1 y.$$

де y і z — вхідний та вихідний сигнали відповідно;

T_0, T_1 — постійні часу;

k_1 — коефіцієнт передачі.

Запишемо дане рівняння в операторній формі;

$$T_0^2 \cdot p^2 \cdot z(p) + T_1 \cdot p \cdot z(p) + z(p) = k_1 \cdot y(p).$$

Знайдемо передавальну функцію ланки у вигляді:

$$\begin{aligned}W_1(p) &= \frac{z(p)}{y(p)}; \\W_1(p) &= \frac{k_1}{T_0^2 p^2 + T_1 p + 1}.\end{aligned}$$

Дана ланка є інерційною ланкою другого порядку. Характеристичний поліном ланки має вигляд:

$$d_1(p) = T_0^2 \cdot p^2 + T_1 \cdot p + 1.$$

Характеристичне рівняння:

$$T_0^2 \cdot p^2 + T_1 \cdot p + 1 = 0.$$

Знайдемо корні характеристичного рівняння:

$$p_1 = \frac{-T_1 + \sqrt{T_1^2 - 4T_0^2}}{2T_0^2};$$

$$p_2 = \frac{-T_1 - \sqrt{T_1^2 - 4T_0^2}}{2T_0^2}.$$

Якщо корні p_1 і p_2 характеристичного рівняння дійсні, то дана ланка є аперіодичною, якщо корні p_1 і p_2 комплексні, дана ланка є коливальною. Для коливальної ланки корні p_1 і p_2 мають вигляд:

$$p_{1,2} = \alpha \pm j\beta.$$

Знаходимо перехідну функцію ланки $h_1(t)$, підставивши у рівняння її стану значення вхідного сигналу $y=1$.

$$T_0^2 \frac{d^2 z}{dt^2} + T_1 \frac{dz}{dt} + z = k_1.$$

Для аперіодичної ланки другого порядку перехідна функція буде:

$$h_1(t) = k_1 \left[\frac{p_2}{p_1 - p_2} e^{p_1 t} - \frac{p_1}{p_1 - p_2} e^{p_2 t} + 1 \right].$$

Імпульсна функція аперіодичної ланки другого порядку:

$$v_1(t) = \frac{dh_1}{dt} = \frac{k_1 p_1 p_2}{p_1 - p_2} [e^{p_1 t} - e^{p_2 t}].$$

Для коливальної ланки перехідна функція має вигляд:

$$h_1(t) = k_1 \left[1 - \frac{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}{\beta} e^{\alpha t} \cdot \sin(\beta t + \varphi_0) \right]$$

$$\varphi_0 = \arctg \frac{\beta}{\alpha}.$$

Імпульсна функція коливальної ланки:

$$v_1(t) = \frac{dh_1}{dt} = \frac{k_1 (\alpha^2 + \beta^2)}{\beta} \cdot e^{\alpha t} \cdot \sin \beta t.$$

Коефіцієнт демпфірування ланки:

$$n = \frac{T_1}{2T_0}.$$

Задаючись значенням t , розраховуємо величини $h_1(t)$ і $v_1(t)$. Результати розрахунку зводимо в таблицю 1.

Таблиця 1 - Результати розрахунку

t, c	25	50	75	100	125	150
h_1	0,55	0,827	0,933	0,974	0,99	0,996
v_1	0,017	$6,619 \times 10^{-3}$	$2,547 \times 10^{-3}$	$9,875 \times 10^{-4}$	$3,772 \times 10^{-4}$	$1,451 \times 10^{-4}$

За даними таблиці 1 будуємо характеристики $h_1(t)$ і $v_1(t)$.

Частотну передавальну функцію ланки $W_1(j\omega)$ отримаємо, виконавши у виразі для $W_1(p)$ заміну $p=j\omega$.

Підставивши у вираз для її передавальної функції $p=j\omega$ отримаємо:

$$W_1(j\omega) = \frac{k_1}{-T_0^2 \omega^2 + jT_1\omega + 1}.$$

Дійсна частотна функція ланки:

$$U_1(\omega) = \frac{k_1(1 - T_0^2 \omega^2)}{(1 - T_0^2 \omega^2)^2 + T_1^2 \omega^2}.$$

Уявна частотна функція ланки:

$$V_1(\omega) = -\frac{k_1 T_1 \omega}{(1 - T_0^2 \omega^2)^2 + T_1^2 \omega^2}.$$

Амплітудна частотна функція ланки:

$$A_1(\omega) = \frac{k_1}{\sqrt{(1 - T_0^2 \omega^2)^2 + T_1^2 \omega^2}}.$$

Логарифмічна амплітудна частотна функція ланки:

$$L_1(\omega) = 20 \lg A_1(\omega).$$

Фазова частотна функція ланки:

$$\varphi_1(\omega) = -\arccos \frac{1 - T_0^2 \omega^2}{\sqrt{(1 - T_0^2 \omega^2)^2 + T_1^2 \omega^2}}.$$

Задаючись значенням ω , розраховуємо величини $U_1(\omega)$, $V_1(\omega)$, $A_1(\omega)$, $L_1(\omega)$, $\varphi_1(\omega)$.

Результати розрахунку зводимо в таблиці 2.

За даними таблиці 2 будуюмо амплітудну, фазову та амплітудно-фазову частотні характеристики ланки 1.

Таблиця 2 - Результати розрахунку

$\omega, 1/c$	0,1	0.4	0.5	1	1,5	2
U_1	0	-0.041	-0.03	$-9,251 \times 10^{-3}$	$-4,291 \times 10^{-3}$	$-4,451 \times 10^{-3}$
V_1	-0.333	-0.033	-0.019	$-2,802 \times 10^{-3}$	$-8,621 \times 10^{-4}$	$-3,685 \times 10^{-4}$
A_1	0.333	0.052	0.035	$9,667 \times 10^{-3}$	$4,377 \times 10^{-3}$	$2,478 \times 10^{-3}$
L_1	-0.542	-25.67	-29.03	-40,29	-47,17	-52,11
φ_1	-90	-141.3	-147.9	-163,14	-168,6	-171,4

Загальний вигляд характеристик аперіодичної ланки другого порядку наведено на рисунку 2.

2. Ланка № 2.

Дана ланка описується диференціальним рівнянням:

$$T_2 \frac{du}{dt} + u = k_2 z,$$

де z і u – вхідний та вихідний сигнали відповідно;

T_2 – постійна часу;

k_2 – коефіцієнт передачі.

Запишемо дане рівняння в операторній формі:

$$T_2 \cdot p \cdot u(p) + u(p) = k_2 \cdot z(p).$$

Знайдемо передавальну функцію ланки у вигляді:

$$W_2(p) = \frac{u(p)}{z(p)};$$

$$W_2(p) = \frac{k_2}{T_2 p + 1}.$$

Дана ланка є аперіодичною ланкою першого порядку.

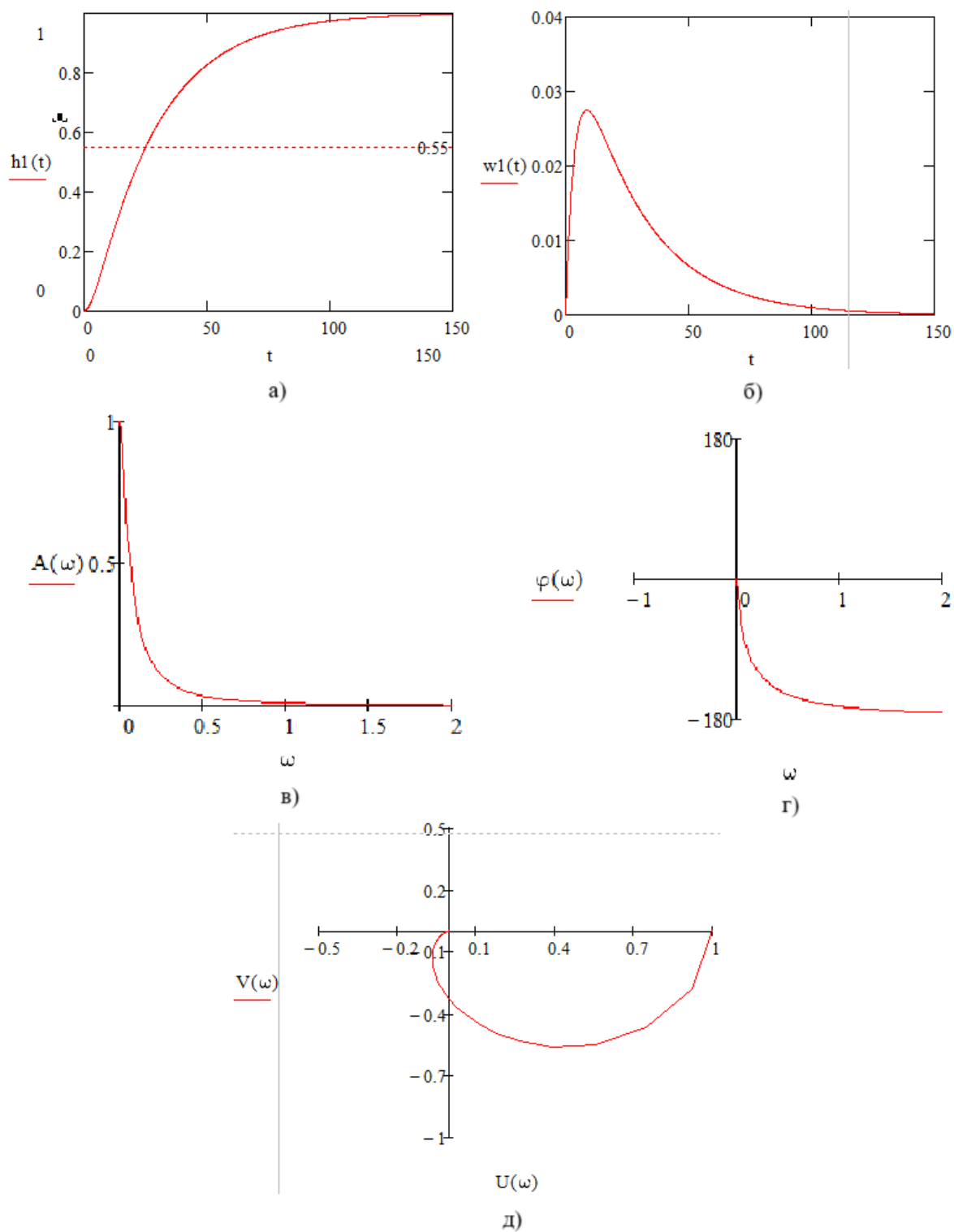


Рисунок 2 - Характеристики аперіодичної ланки другого порядку:
а) перехідна характеристика; б) імпульсна характеристика; в) амплітудна частотна характеристика; г) фазова частотна характеристика; д) амплітудно-фазова частотна характеристика

Знайдемо перехідну функцію ланки $h_2(t)$, підставивши у рівняння її стану значення вхідного сигналу $z=1$.

$$T_2 \frac{du}{dt} + u = k_2.$$

Перехідна функція аперіодичної ланки першого порядку має вигляд:

$$h_2(t) = k_2 \left(1 - e^{-\frac{t}{T_2}} \right).$$

Імпульсна функція аперіодичної ланки першого порядку:

$$v_2(t) = \frac{dh_2}{dt} = \frac{k_2}{T_2} e^{-\frac{t}{T_2}}.$$

Задаючись значеннями t , розраховуємо величини $h_2(t)$ і $v_2(t)$.

Результати розрахунку зводимо в таблицю 3.

За даними таблиці 3 будуємо характеристики $h_2(t)$ і $v_2(t)$.

Таблиця 3 - Результати розрахунку

t,с	10	20	30	40	50	60
h_1	1,264	1,729	1,9	1,963	1,987	1,995
v_1	0,074	0,027	$9,957 \times 10^{-3}$	$3,663 \times 10^{-3}$	$1,348 \times 10^{-3}$	$4,958 \times 10^{-4}$

Частотну передавальну функцію ланки $W_2(j\omega)$ отримаємо, виконавши у виразі для $W_2(p)$ заміну $p=j\omega$.

$$W_2(j\omega) = \frac{k_2}{1 + j\omega T_2}.$$

Дійсна частотна функція ланки:

$$U_2(\omega) = \frac{k_2}{1 + T_2^2 \omega^2}.$$

Уявна частотна функція ланки:

$$V_2(\omega) = -\frac{k_2 T_2 \omega}{1 + T_2^2 \omega^2}.$$

Амплітудна частотна функція ланки:

$$A_2(\omega) = \frac{k_2}{\sqrt{1 + T_2^2 \omega^2}}.$$

Логарифмічна амплітудна частотна функція ланки:

$$L_2(\omega) = 20 \lg A_2(\omega).$$

Фазова частотна функція ланки:

$$\varphi_2(\omega) = -\arctg T_2 \omega.$$

Задаючись значенням ω , розраховуємо величини $U_2(\omega)$, $V_2(\omega)$, $A_2(\omega)$, $L_2(\omega)$, $\varphi_2(\omega)$.

Результати розрахунку зводимо в таблицю 4.

За даними таблиці 4 будуємо амплітудну, фазову та амплітудно-фазову частотні характеристики ланки 2.

Таблиця 4 - Результати розрахунку

$\omega, 1/\text{с}$	0,1	0,3	0,5	1	1,5	2
U_1	1	0,2	0,077	0,02	$8,85 \times 10^{-3}$	$4,988 \times 10^{-3}$
V_1	-1	-0,6	-0,385	-0,198	-0,133	-0,1
A_1	1,414	0,632	0,392	0,199	0,133	0,1
L_1	3,01	-3,979	-8,129	-14,023	-17,52	-20,011
φ_1	-45	-71,565	-78,69	-84,289	-86,186	-87,138

Загальний вигляд характеристик аперіодичної ланки першого порядку наведено на рис. 3.

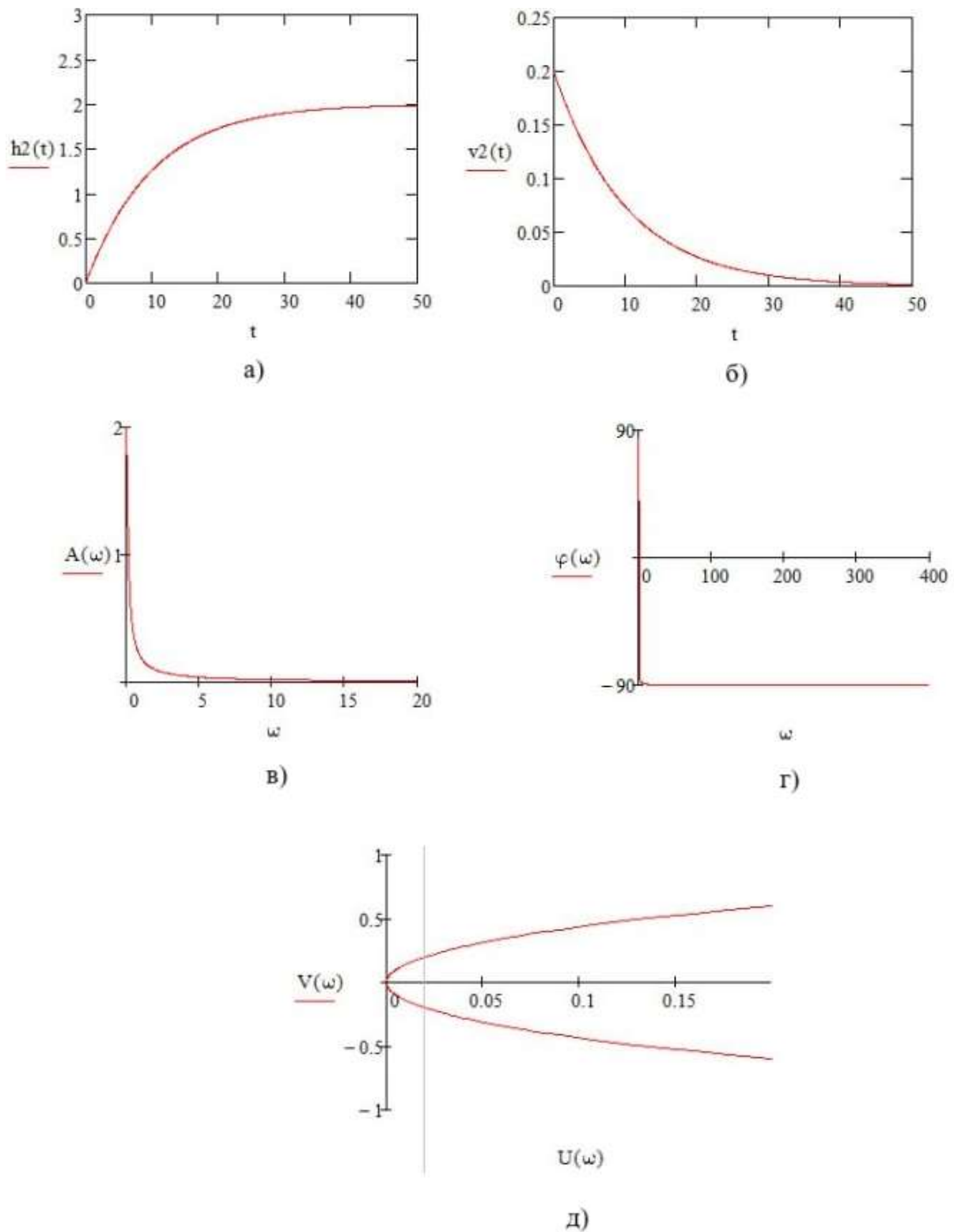


Рис.3. Характеристики аперіодичної ланки другого порядку:
а) перехідна характеристика; б) імпульсна характеристика; в) амплітудна частотна характеристика; г) фазова частотна характеристика; д) амплітудно-фазова частотна характеристика

3. Ланка №3.

Дана ланка описується рівнянням:

$$x=k_3u.$$

де u і x – вхідний та вихідний сигнали відповідно;

k_3 – коефіцієнт передачі.

Передавальна функція ланки:

$$W_3(p)=\frac{x(p)}{u(p)}=k_3.$$

Дана ланка є пропорційною.

Знайдемо перехідну функцію ланки $h_3(t)$, підставивши у рівняння її стану значення вхідного сигналу $u=1$.

$$x=k_3.$$

Перехідна функція пропорційної ланки має вигляд:

$$h_3(t)=k_3.$$

Імпульсна функція пропорційної ланки:

$$v_3(t)=k_3 \cdot \delta(t),$$

де $\delta(t)$ – дельта-функція.

Частотні характеристики пропорційної ланки знайдемо у вигляді:

$$W_3(j\omega)=k_3;$$

$$U_3(\omega)=k_3;$$

$$V_3(\omega)=0;$$

$$A_3(\omega)=k_3;$$

$$L_3(\omega)=20\lg k_3;$$

$$\varphi_3(\omega)=0.$$

3.2.3 Визначення передавальної функції САК

1. Передавальна функція САК у розімкненому стані.

Задана система автоматичного керування є замкненою із негативним зворотним зв'язком. Якщо розірвати зворотний зв'язок, отримаємо розімкнену систему з трьома послідовно з'єднаними ланками. Передавальна функція САК у розімкненому стані.

$$W(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p).$$

Підставивши у дане рівняння вирази для передавальних функцій окремих ланок, отримаємо:

$$W(p) = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}{(T_0^2 p^2 + T_1 p + 1) \cdot (T_2 p + 1)},$$

Після ряду перетворювань та заміन отримаємо:

$$W(p) = \frac{k}{a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + 1}.$$

де k – загальний коефіцієнт передачі;

a_0, a_1, a_2 , – коефіцієнти характеристичного полінома.

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3;$$

$$a_0 = T_0^2 \cdot T_2;$$

$$a_1 = T_0^2 + T_1 \cdot T_2;$$

$$a_2 = T_1 + T_2.$$

Підставимо значення де k, a_0, a_1 і a_2 у вираз для $W(p)$, це і буде передавальна функція розімкненої САК.

2. Частотна передавальна функція розімкненої САК.

Частотну передавальну функцію САК у розімкненому стані отримаємо, виконавши у виразі для $W(p)$ заміну $p=j\omega$.

$$W(j\omega) = \frac{k}{a_0(j\omega)^3 + a_1(j\omega)^2 + a_2 \cdot j\omega + 1}.$$

Виконаємо перетворення та отримаємо цей вираз у вигляді:

$$W(j\omega) = \frac{k}{N(\omega) + jM(\omega)}$$

$$N(\omega) = 1 - a_1\omega^2;$$

$$M(\omega) = -a_0\omega^3 + a_2\omega.$$

Підставимо значення k та вирази для $N(\omega)$, $M(\omega)$ у формулу для $W(j\omega)$, це і буде частотна передавальна функція розімкненої САК.

3. Передавальна функція замкненої САК.

Передавальна функція замкненої САК можна знайти за формулою:

$$\bar{W}(p) = \frac{W(p)}{1 + W(p)}.$$

Підставивши у дану формулу вираз для $W(p)$, отримаємо у загальному вигляді:

$$\bar{W}(p) = \frac{k}{a_0p^3 + a_1p^2 + a_2p + a_3}.$$

де $a_3 = k + 1$.

Підставимо значення де k , a_0 , a_1 і a_2 у вираз для $\bar{W}(p)$, це і буде передавальна функція замкненої САК.

4. Частотна передавальна функція замкненої САК.

Частотну передавальну функцію САК у замкненому стані отримаємо, виконавши у виразі для $\overline{W}(p)$ заміну $p=j\omega$.

Частотна передавальна функція замкненої САК має вигляд:

$$\overline{W}(j\omega) = \frac{k}{\overline{N}(\omega) + j\overline{M}(\omega)};$$

$$\overline{N}(\omega) = -a_1\omega^2 + a_3;$$

$$\overline{M}(\omega) = M(\omega).$$

Підставимо значення k та вирази для $\overline{N}(\omega)$, $\overline{M}(\omega)$ у формулу для $\overline{W}(j\omega)$, це і буде частотна передавальна функція розімкненої САК.

3.2.4 Дослідження стійкості САК

1. Стійкість замкненої САК за критерієм Гурвіца.

Характеристичний поліном замкненої САК має вигляд:

$$\overline{D}(p) = a_0p^3 + a_1p^2 + a_2p + a_3.$$

Характеристичне рівняння:

$$a_0p^3 + a_1p^2 + a_2p + a_3 = 0.$$

Для характеристичного рівняння третього порядку умови стійкості:

$$a_0 > 0; \quad a_1 > 0; \quad a_2 > 0; \quad a_3 > 0; \quad a_1a_2 - a_0a_3 > 0.$$

Так як α_0 , α_1 , α_2 і α_3 позитивні, стійкість САК визначається:

$$\alpha_0\alpha_2 - \alpha_0\alpha_0 > 0.$$

При дотриманні даної умови САК стійка, якщо умова не виконується, САК нестійка.

2. Стійкість замкненої САК за критерієм Михайлова.

Комплексний характеристичний поліном замкненої САК:

$$\overline{D}(j\omega) = \overline{N}(\omega) + j\overline{M}(\omega),$$

$$\overline{N}(\omega) = -a_1\omega^2 + a_3;$$

$$\overline{M}(\omega) = -a_0\omega^3 + a_2\omega.$$

Для спрощення побудови кривої Михайлова знайдемо точки її перетину з дійсною і уявною осями. Для цього вирішимо рівняння:

$$\overline{M}(\omega) = 0;$$

$$\overline{N}(\omega) = 0.$$

Знайдемо точки перетину кривої Михайлова з дійсною віссю:

$$-\alpha_0\omega^3 + \alpha_2\omega = 0.$$

Маємо два кореня:

$$\omega_0 = 0;$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{\alpha_2}{\alpha_0}}.$$

Знайдемо точки перетину кривої Михайлова з уявною віссю:

$$-\alpha_1\omega^2 + \alpha_3 = 0.$$

Маємо один корінь:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{\alpha_3}{\alpha_1}}.$$

Задаємося рядом значень ω (у тому числі $\omega_0, \omega_1, \omega_2$) і визначимо дійсну і уявну частини $\overline{D}(j\omega)$.

Результати розрахунку $\bar{N}(\omega)$ і $\bar{M}(\omega)$ заносимо в таблицю 5.

За даними таблиці 5 будемо годограф Михайлова.

Таблиця 5 - Результати розрахунку $\bar{N}(\omega)$ і $\bar{M}(\omega)$

$\omega, 1/c$	0	1	5	10	50
$\bar{N}(\omega)$	8,68	7,27	-26,57	-132,32	$-3,51 \times 10^3$
$\bar{M}(\omega)$	0	10,04	38,2	1,4	$-1,19 \times 10^4$

Якщо крива Михайлова при змінній частоті ω від нуля до ∞ , починаючись при $\omega = 0$ на дійсній позитивній осі, обходить проти годинникової стрілки послідовно n квадратів координатної площини, де n — порядок характеристичного поліному, то САК стійка.

Загальний вигляд кривої Михайлова для стійкої САК з характеристичним поліномом третього порядку наведено на рисунку 4.

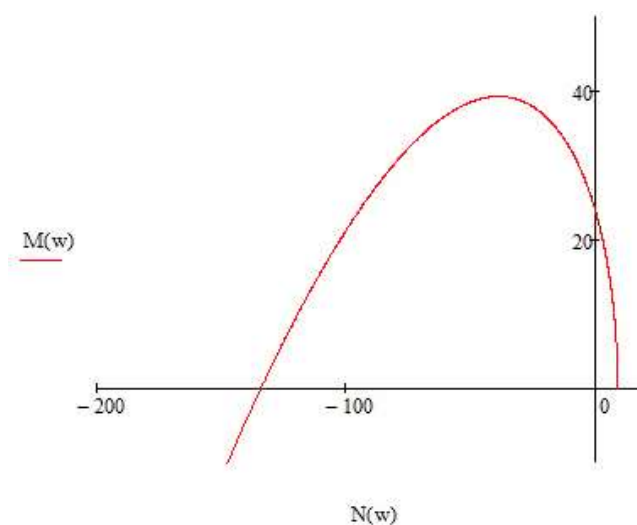


Рисунок 4 - Годограф Михайлова

3. Стійкість замкненої САК за критерієм Найквіста.

Попередньо визначимо стійкість розімкненої САК за критерієм Гурвіца.

Характеристичне рівняння для розімкненої САК має вигляд:

$$\alpha_0 \rho^3 + \alpha_1 \rho^2 + \alpha_2 \rho + 1 = 0.$$

Для характеристичного рівняння третього порядку умови стійкості:

$$\begin{aligned}\alpha_0 &> 0; \\ \alpha_1 &> 0; \\ \alpha_2 &> 0; \\ \alpha_1\alpha_2 - \alpha_0 &> 0.\end{aligned}$$

Так як α_0 , α_1 і α_2 позитивні, стійкість розімкненої САК визначається:

$$\alpha_1\alpha_2 - \alpha_0 > 0.$$

При дотриманні даної умови САК стійка.

Знайдемо амплітудно-фазну частотну характеристику (АФЧХ) розімкненої САК.

Помноживши чисельник і знаменник виразу для $W(j\omega)$ на сполучений множник $N(\omega) - jM(\omega)$ та розділивши дійсну і уявну частини, маємо:

$$W(j\omega) = \frac{kN(\omega)}{N^2(\omega) + M^2(\omega)} + j \frac{-kM(\omega)}{N^2(\omega) + M^2(\omega)}.$$

Для зручності введемо нові позначення:

$$W(j\omega) = P(\omega) + jQ(\omega).$$

де $P(\omega)$ та $Q(\omega)$ — дійсна і уявна частини АФЧХ відповідно.

$$\begin{aligned}P(\omega) &= \frac{kN(\omega)}{N^2(\omega) + M^2(\omega)} = \frac{k(1 - a_1\omega^2)}{(1 - a_1\omega^2)^2 + (a_2\omega - a_0\omega^3)^2}; \\ Q(\omega) &= -\frac{kM(\omega)}{N^2(\omega) + M^2(\omega)} = -\frac{k(a_2\omega - a_0\omega^3)}{(1 - a_1\omega^2)^2 + (a_2\omega - a_0\omega^3)^2}.\end{aligned}$$

Визначимо частоти, при яких АФЧХ перетинає дійсну та уявну вісі з умов: $Q(\omega)=0$; $P(\omega)=0$.

Знайдемо точки перетину АФЧХ з дійсною віссю:

$$\alpha_2 \omega - \alpha_0 \omega^3 = 0.$$

Маємо два кореня:

$$\begin{aligned} \omega_0 &= 0; \\ \omega_2 &= \sqrt{\frac{\alpha_2}{\alpha_0}} \end{aligned}$$

Знайдемо точки перетину АФЧХ з уявною віссю:

$$1 - \alpha_1 \omega^2 = 0.$$

Маємо один корінь:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{\alpha_1}}.$$

Задаємося рядом значень ω (у тому числі $\omega_0, \omega_1, \omega_2$) і визначимо дійсну і уявну частини $W(j\omega)$.

Результати розрахунку $P(\omega)$ і $Q(\omega)$ заносимо в таблицю 6.

Таблиця 6 - Результати розрахунку $P(\omega)$ і $Q(\omega)$

$\omega, 1/\text{с}$	0	1	2	3	4
$P(\omega)$	1,41	$-5,72 \times 10^{-3}$	-0,016	-0,018	-0,019
$Q(\omega)$	0	0,76	0,37	0,23	0,16

За даними таблиці 6 будуємо АФЧХ розімкненої САК та за критерієм Найквіста визначаємо її стійкість.

Якщо САК в розімкненому стані стійка, то замкнена САК буде при умові, що годограф АФЧХ розімкненої САК не охоплює точку $(-1; 0)$.

На рисунку 5 наведено загальний вигляд АФЧХ стійкої розімкненої САК, яка буде стійка і у замкнутому стані.

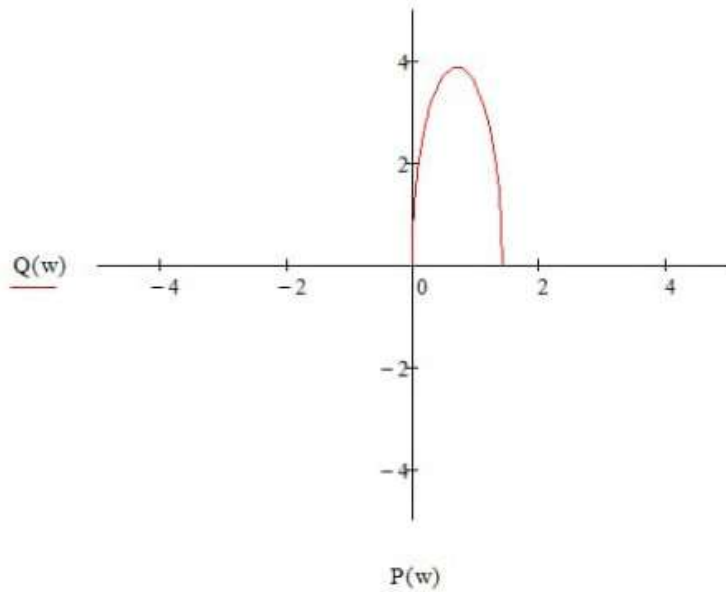


Рисунок 5 - АФЧХ розімкненої САК

4. Визначення критичного коефіцієнту передачі САК.

Значення критичного коефіцієнту передачі САК знайдемо, використовуючи критерій стійкості Гурвіца, з умови:

$$\alpha_1 \alpha_2 - \alpha_0 \alpha_3 = 0.$$

$$\alpha_1 \alpha_2 = \alpha_0 \alpha_3.$$

Підставивши у дану рівність вирази для α_1 , α_2 , α_0 та α_3 , отримаємо рівняння:

$$(T_0^2 + T_1 \cdot T_2) \cdot (T_1 + T_2) = T_0^2 \cdot T_2 (k_{кр} + 1).$$

Вирішивши дане рівняння відносно $k_{кр}$, остаточно отримаємо вираз:

$$k_{кр} = \frac{T_1}{T_2} + \frac{T_1^2}{T_0^2} + \frac{T_1 \cdot T_2}{T_0^2}.$$

При $k < k_{кр}$, САК стійка. При $k > k_{кр}$, САК нестійка.

3.2.5 Оцінка якості САК по виду перехідного процесу

1. Поняття та показники перехідних процесів.

Поняття «якість» системи або керування зводиться в першу чергу до якості перехідних процесів відносно збурення та зміни завдання та забезпечення необхідної точності в усталеному режимі. Стійкість системи необхідна, але недостатня умова її працездатності, тому після перевірки та забезпечення стійкості системи розглядаються можливості гарантування якості процесів керування. Взагалі, якість перехідних процесів визначається властивостями як об'єкта, так і автоматичного регулятора, а показники або оцінки якості формуються, виходячи з технологічних вимог до роботи об'єкта.

Є прямі показники перехідного процесу та узагальнені показники.

Прямі показники якості перехідного процесу визначають безпосередньо за його графіком, як показано на рисунку 6. До них відносяться:

- динамічна похибка A_1 , яка визначає найбільше відхилення регульованої координати від заданого значення, $A_1 \leq A_1^{don}$, тобто ця похибка не повинна перевищувати допустимої за технологічними вимогами;

- статична похибка $\Delta X_{cm} \leq \Delta X_{cm}^{don}$, яка виникає лише в статичних системах, наприклад з П-регулятором;

- час перехідного процесу, $t_{mn} \leq t_{mn}^{don}$, який визначається як інтервал часу, за який перехідний процес закінчується ($\Delta X_{cm} = const$ або $\Delta X_{cm} = 0$ відповідно для статичних та астатичних систем). В практичних розрахунках приймається як інтервал часу, коли $X = 0.05 A_1$;

- перерегулювання, яке характеризує відхилення регульованої координати з різним знаком, що не допускається для деяких об'єктів:

$$a = \frac{A_2}{A_1} \cdot 100\%$$

для реальних систем $a = 20 \dots 50\%$;

- оцінка коливальності (ступінь затухання):

$$\psi = \frac{A_1 - A_3}{A_1}$$

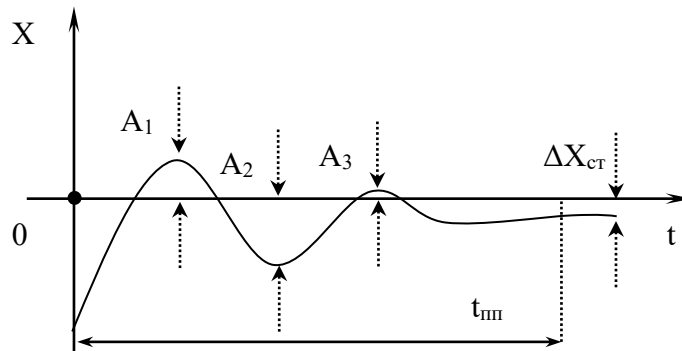


Рисунок 6 - Графік перехідного процесу САК відносно збурення

Показник ψ може приймати різні значення:

- при $\psi=1$ в системі відбувається аперіодичний процес;
- при $\psi=0$ в системі присутні незагасаючі коливання однакової амплітуди;

- $\psi<0$ - в системі діє розбіжний перехідний процес.

Для реальних АСР значення ψ приймається в межах $0.75 \dots 0.9$.

При існуючих властивостях об'єкта перехідні процеси залежать від типу автоматичного регулятора та значень параметрів настрійок.

Для можливості порівняння різних систем введемо поняття типового перехідного процесу:

- граничний аперіодичний (рисунок 7,а), який характеризується значним динамічним відхиленням (динамічною похибкою), але має мінімальний час регулювання;

- коливальний з перерегулюванням в 20% (рисунок 7,б) або 50% (рисунок 7,в). Перший з них характеризується мінімальним часом першого напівперіода та меншою динамічною похибкою, другий має мінімальне значення динамічної похибки, але при цьому зростає час перехідного процесу.

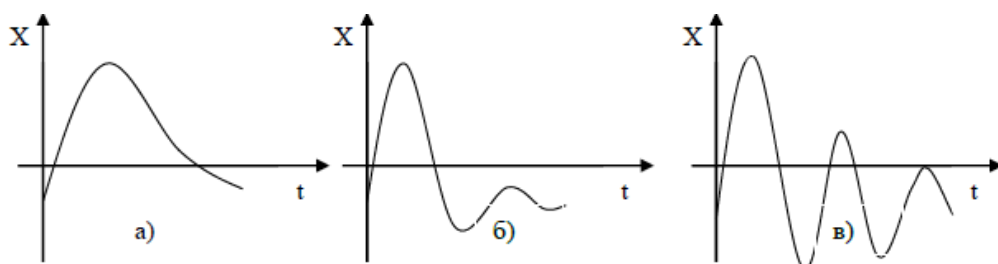
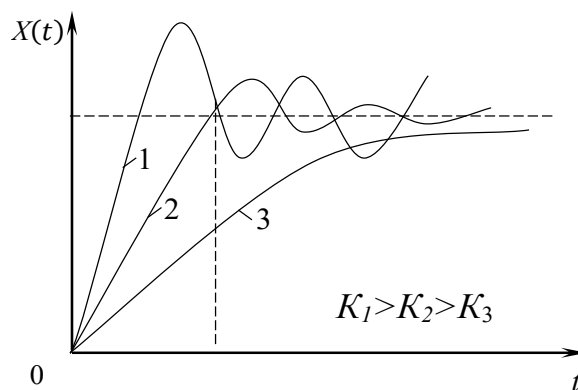


Рисунок 7 - Типові перехідні процеси в САК

Прямі показники перехідного процесу зв'язані між собою – зменшення A_I приводить до збільшення коливальності та часу перехідного процесу.

На рисунку 8 показані перехідні процеси при зміні завдання при різних значеннях коефіцієнта передачі розімкненої системи K , звідки видно, що при синтезі САК завжди необхідно шукати компроміс між значеннями динамічної похибки, коливальності та тривалістю перехідного процесу. Вплив коефіцієнта передачі розімкненої системи на показники якості перехідного процесу можна оцінити відношенням: $K_1 > K_2 > K_3$.

Відношення інтегральної сталої системи до її аперіодичної $a = T_i/T_a$ визначає вид перехідного процесу. За отриманим при дослідженні перехідним процесом оцінюються якісні показники регулювання в САК.



- 1 - коливальний перехідний процес ($\alpha = 1$; $\psi = 0,5$; $\Delta X_{ст} \gg 5\%$);
- 2 - аперіодичний перехідний процес ($\alpha = 2$; $\psi = 0,707$; $\Delta X_{ст} = 5\%$);
- 3 - експоненційний перехідний процес ($\alpha = 4$; $\psi = 1$; $\Delta X_{ст} \approx 0$)

Рисунок 8 – Види перехідного процесу в САК при зміні завдання

При дослідженні САК при зміні завдання (приклад наведено на рисунку 9), використовуючи прямі показники якості перехідного процесу безпосередньо за його графіком, можна оцінки перехідного (динамічного) режиму згрупувати таким чином:

1. Часові оцінки:
 - час досягнення встановленого значення вперше t_{y1} ,
 - час регулювання $t_p = 3 \dots T$, де T - інерційність системи,
 - час першого максимуму t_{m1} ,
 - час перехідного процесу $t_{пп}$;

2. Точностні показники:

- динамічна похибка (перерегулювання)

$$\sigma_{\text{дин}} = \frac{(X_{\text{мах}} - X_{\text{уст}})}{X_{\text{уст}}},$$

- статична похибка

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{X_0 - X}{X_0} \cdot 100\%,$$

- відносний діапазон коливань 2Δ .

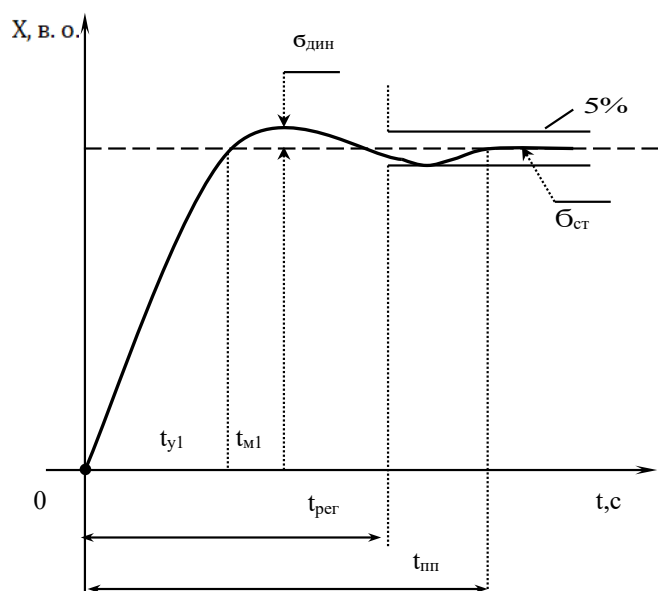


Рисунок 9 – Приклад оцінки якості переходного процесу в САК

Наведені прямі показники якості перехідних процесів зручно використовувати при експериментальних дослідженнях САК та комп'ютерному моделюванні. На стадії синтезу САК використовуються непрямі показники (критерії) якості, які дають можливість визначити, якою буде майбутня система за її характеристиками.

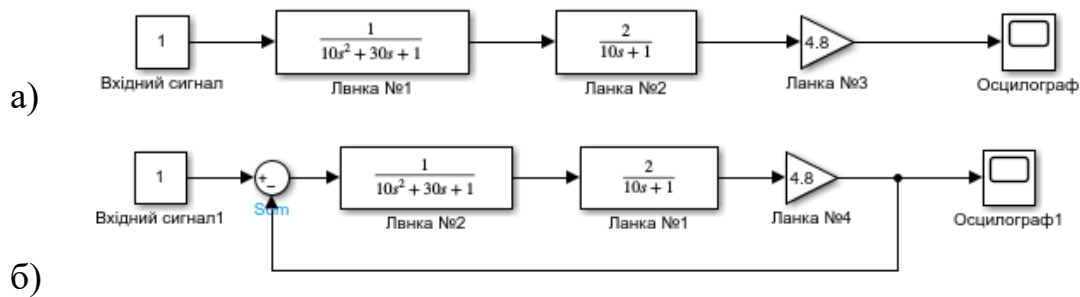
При дослідженні якості САК у курсовій роботі треба надавати чисельні значення показників відповідно отриманих перехідних процесів.

2. Дослідження якості САК по перехідним процесам.

Відповідно до завдання структурна схема системи містить типові ланки САК у зв'язку з чим їхнє моделювання доцільно здійснювати структурним методом. Суть структурного моделювання у тому, що типові ланки з'єднуються у моделі у тому ж порядку, як у структурній схемі системи. Моделювання проводиться за допомогою програмного забезпечення MATLAB.

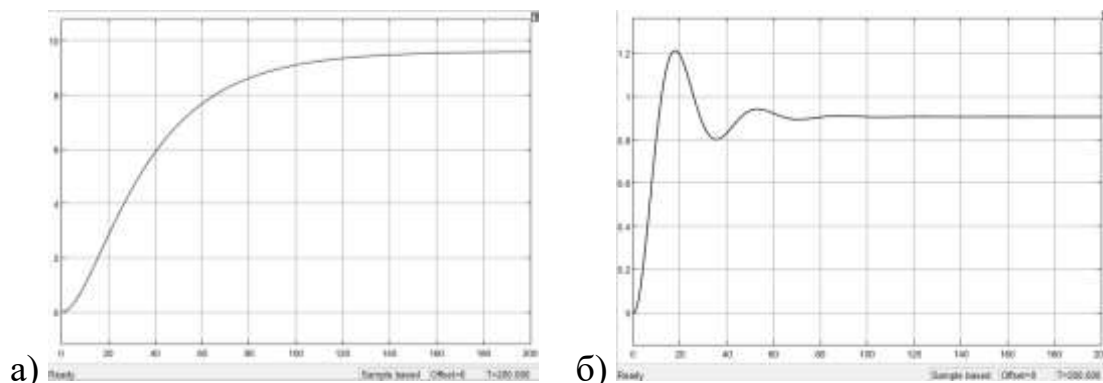
Дослідження реакції системи будемо проводити на сигнали, що імітують завдання (одинична функція Хевісайда) та збурення (функція Дірака).

На рисунку 10 приведені структурні моделі САК у розімкненому (рисунок 10,а) та замкнутому (рисунок 10,б) вигляді, що складені відповідно заданої структурної схеми системи (см. рисунок 1). В якості вхідного використаний блок константи з одиничним сигналом, що імітує зміну завдання. На рисунку 11 наведені результати моделювання розімкненої (рисунок 11,а) та замкнутої (рисунок 11,б) САК.



а) розімкнена система; б) замкнена система

Рисунок 10 – Модель САК з одиничним вхідним сигналом



а) розімкнена система; б) замкнена система

Рисунок 11 – Результати моделювання САК з одиничним вхідним сигналом

Аналіз перехідних процесів показує, що в замкненому вигляді система має більшу швидкодію але з'являється перерегулювання.

На рисунку 12 приведені структурні моделі САК у розімкненому (рисунки 12,а) та замкненому (рисунки 12,б) вигляді, що складені відповідно заданої структурної схеми системи (см. рисунок 1). В якості вхідного використаний блок з одиничним імпульсним сигналом (δ -функція), що імітує збурення. На рисунку 13 наведені результати моделювання розімкненої (рисунки 13,а) та замкненої (рисунки 13,б) САК.

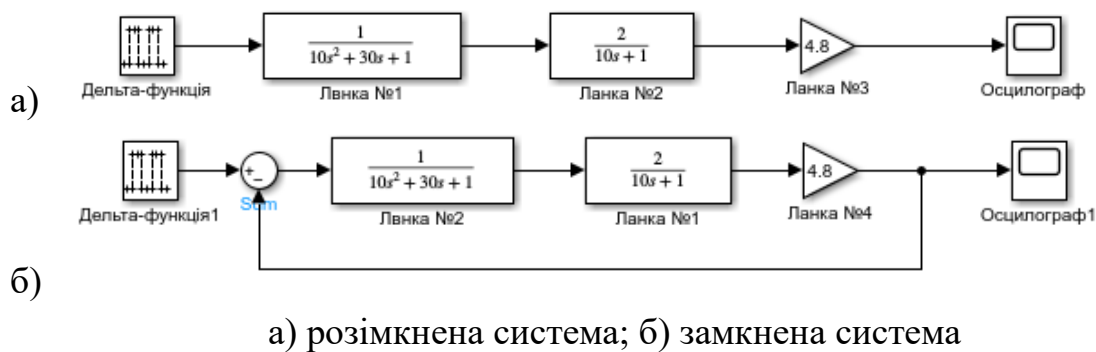


Рисунок 12 – Модель САК з імпульсним вхідним сигналом

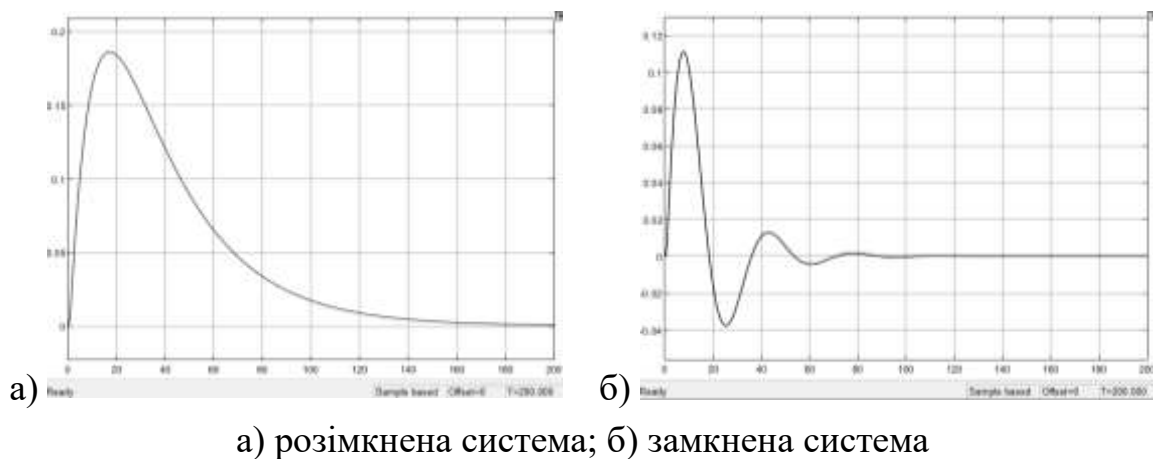


Рисунок 13 - Результати моделювання САК з імпульсним вхідним сигналом

Аналіз перехідних процесів показує, що в замкненому вигляді система швидше відновлюється після дії перешкоди.

При виконанні курсової роботи аналіз результатів дослідження якості САК треба виконувати відповідно порад, що викладені у п.1.

3.3 Варіанти індивідуальних завдань на курсову роботу

Курсова робота складається з п'яти частин і виконується за індивідуальними вихідними даними, які визначаються за двозначним номером завдання. Номер завдання для студентів задається викладачем індивідуально або відповідає двом останнім цифрам їх учбового шифру.

Варіанти індивідуальних завдань на курсову роботу (коефіцієнти передачі k_1 , k_2 , k_3 та постійні часу T_0 , T_1 , T_2 для заданих ланок САК) наведені в таблиці 7.

Таблиця 7 – Варіанти індивідуальних завдань на курсову роботу

Передостання цифра варіанту	Параметр			Остання цифра варіанту	Параметр		
	T_0 мс	k_1	k_2		T_1 мс	T_2 мс	k_3
0	10	1,0	2,0	0	21	1	3,0
1	15	1,1	2,1	1	22	2	3,2
2	20	1,2	2,2	2	23	3	3,4
3	25	1,3	2,3	3	24	4	3,6
4	30	1,4	2,4	4	25	5	3,8
5	35	1,5	2,5	5	26	6	4,0
6	40	1,6	2,6	6	27	7	4,2
7	45	1,7	2,7	7	28	8	4,4
8	50	1,8	2,8	8	29	9	4,6
9	55	1,9	2,9	9	30	10	4,8

ЛІТЕРАТУРА

1. Теорія автоматичного управління: навч. посіб. Уклад.: О. Й. Штіфзон, П. В. Новіков, В. П. Бунь. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 144 с.
2. Лістровий С. В., Мірошник М. А., Клименко Л. А. Теорія автоматичного керування, штучний інтелект і автоматизація процесу прийняття рішення: Навч. посібник. Харків: УкрДУЗТ, 2019. 120 с.
3. Методи сучасної теорії управління: підручник / А.П. Ладанюк, Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Вльсенко, В.В. Іващук. Київ: Видавництво Ліра-К, 2019. 368 с.
4. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного управління» для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології денної форми навчання [Електронний ресурс] / [Упорядник Я. В. Корпань]; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. Черкаси: ЧДТУ, 2019. 124 с.
5. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Підручник. 2-ге вид. К.: Либідь, 2007. 656 с.
6. Теорія автоматичного керування : метод. вказівки до курсової роботи з дисципліни / НТУУ «КПІ» ; уклад. О. І. Толочко, Б. І. Приймак, С. М. Пересада. Київ : НТУУ «КПІ», 2022. 167 с.
7. The Control Handbook: Control System Applications, Second Edition Edited By William S. Levine Copyright Year 2011 ISBN 9781420073607 Published December 14, 2010 by CRC Press 944 Pages 476 B/W Illustrations
8. Ogata K. Modern control engineering, Prentice-Hall, 2010, 905 p.
9. Phillips C., Harbor R. Feedback control systems, Prentice-Hall, 2000, 658 p.
10. Modelowanie komputerowe i obliczenia wspóczesnych układów automatyzacji / R. Tadeusiewicz itp. Kraków, 2004. 335 p.

Додаток А
Зразок індивідуального завдання до курсової роботи

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія
Кафедра автоматизації виробничих процесів

ЗАТВЕРДЖУЮ
зав. кафедри АВП, проф., д. т. н.
_____ О.Є. Марков
«___» _____ 20__ р.

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

на курсову роботу з дисципліни «Теорія автоматичного керування»
студенту _____ групи _____.
ТЕМА: «Дослідження системи автоматичного керування заданої структури».

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ:

1. Скласти структурну схему САК.
2. Визначити характеристики ланок САК (передавальні функції; перехідні, імпульсні та частотні характеристики).
3. Визначити передавальні функції САК у розімкненому та замкненому стані (передавальна функція розімкненої САК; частотна передавальна функція розімкненої САК; передавальна функція замкненої САК; частотна передавальна функція замкненої САК).
4. Провести дослідження замкненої САК на стійкість (за критерієм Гурвіца; за критерієм Михайлова; за критерієм Найквіста; визначення критичного коефіцієнту передачі САК).
5. Оцінка якості САК по виду перехідного процесу (дослідження якості перехідних процесів розімкненої та замкненої САК відносно зміни завдання та збурення).
6. Навести графічний матеріал: структурна схема САК; перехідні, імпульсні, амплітудні частотні, фазові частотні, амплітудно-фазові частотні характеристики ланок 1 та 2; годограф Михайлова для замкненої САК; амплітудно-фазова частотна характеристика розімкненої САК; моделі та перехідні процеси в розімкненій та замкненій САК відносно зміни завдання та збурення.

Дата видачі «___» _____ 20__ р. Керівник _____

Завдання отримав _____

Додаток Б

Зразок аркушу з вихідними даними на курсову роботу

ЗАГАЛЬНІ ВИХІДНІ ДАНІ

Структурна схема системи автоматичного керування (САК) наведена на рисунку Б.1.

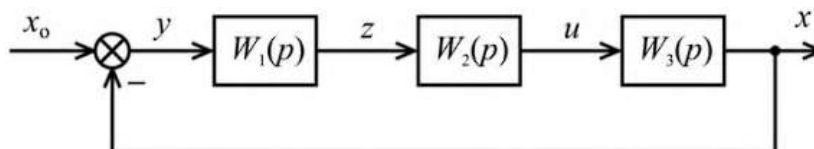


Рисунок Б.1 - Структурна схема САК

Загальний вид диференціальних рівнянь, що описують стан окремих ланок системи автоматичного керування:

Ланка № 1.

$$T_0^2 \frac{d^2 z}{dt^2} + T_1 \frac{dz}{dt} + z = k_1 y ;$$

Ланка № 2.

$$T_2 \frac{du}{dt} + u = k_2 z ,$$

Ланка № 3.

$$x = k_3 u.$$

ІНДИВІДУАЛЬНІ ВИХІДНІ ДАНІ

Коефіцієнти передачі (k_1, k_2, k_3) та постійні часу (T_0, T_1, T_2) для окремих ланок САК наведені в таблиці Б.1.

Таблиця Б.1 - Індивідуальні вихідні дані до курсової роботи

T_0 мс	T_1 мс	T_2 мс	k_1	k_2	k_3
10	30	10	1	2	4.8

Розробив _____

Додаток В
Зразок титульного аркуша курсової роботи

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія
Кафедра автоматизації виробничих процесів

КУРСОВА РОБОТА
з дисципліни «Теорія автоматичного керування»
(назви дисципліни)
на тему: «Дослідження системи автоматичного керування заданої структури»

Студента (ки) _____ курсу _____ групи
спеціальності _____

_____ (прізвище та ініціали)
Керівник _____

_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Оцінка:

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Краматорськ 20 ____ рік

Додаток Г

Приклади бібліографічного опису джерел літератури

Наводиться бібліографічний опис у списку використаних джерел згідно ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» з урахуванням правок (код УКНД 01.140.40).

Приклад оформлення	Характеристика джерела
Книги	
1. Андріяш В. Державна етнополітика України в умовах глобалізації. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. 328 с. 2. Краснова М.В. Договори в екологічному праві України: навч. посіб. / Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. Київ: Алерта, 2012. 216с. 3. Дробот О. В. Професійна свідомість керівника : навч. посіб. Київ : Талком, 2016. 340 с. 4. Романюк А. Порівняльний аналіз політичних систем країн Західної Європи: інституційний вимір. Львів: Тріада плюс, 2004. 392с. 5. Скидан О. В. Аграрна політика в період ринкової трансформації : монографія. Житомир : ЖНАЕУ, 2008. 375 с. 6. Федорова Л. Д. З історії пам'яткоохоронної та музейної справи у Наддніпрянській Україні. 1870-ті-1910-ті рр. Київ, 2013. 373 с.	Один автор
1. Батракова Т. І., Калюжна Ю. В. Банківські операції : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2017. 130 с. 2. Богма О. С., Кисильова І. Ю. Фінанси: конспект лекцій. Запоріжжя : ЗНУ, 2016. 102 с. 3. Гура О. І., Гура Т. Є. Психологія управління соціальною організацією : навч. посіб. 2-ге вид., доп. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 212 с. 4. Васильєв С. В., Ніколенко Л. М. Доказування та докази у господарському процесі України: монографія. Харків: Еспада, 2004. 192 с. 5. Каткова Т. В., Каткова А. Г. Закінчення досудового слідства у кримінальних справах : практ. посіб. Харків : Право, 2011. 136 с.	Два автори
1. Комаров В. В., Світлична Г. О., Удальцова І. В. Окреме провадження : монографія / за ред. В. В. Комарова. Харків : Право, 2011. 312 с. 2. Кузнецов М. А., Фоменко К. І., Кузнецов О. І. Психічні стани студентів у процесі навчально-пізнавальної діяльності : монографія. Харків : ХНПУ, 2015. 338 с. 3. Якобчук В.П., Богоявленська Ю.В., Тищенко С. В. Історія економіки та економічної думки : навч. посіб. Київ : ЦУЛ, 2015. 476с. 4. Zhovinsky E.Ya., Kryuchenko N.O., Paparyha P.S. Geochemistry of Environmental Objects of the Carpathian Biosphere Reserve. Kyiv, 2013. 100 p.	Три автори
1. Прилипко С. М., Ярошенко О. М., Мороз С. В., Малиновська К. А. Укладення трудового договору: теоретико-прикладне дослідження : монографія. Харків : Юрайт, 2013. 288 с. 2. Основи охорони праці: підручник / О. І. Запорожець та ін. 2-ге вид. Київ : ЦУЛ, 2016. 264 с.	Чотири і більше авторів

3. Клименко М. І., Панасенко Є. В., Стреляєв Ю. М., Ткаченко І. Г. Варіаційне числення та методи оптимізації : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2015. 84 с.	
4. The mutual fund industry: Competition and investor welfare / R. G. Hubbard et. al. New York, NY : Columbia University Press, 2010. 256 p.	
1. Березенко В. В. PR як сфера наукового знання: монографія / за заг. наук. ред. В. М. Манакіна. Запоріжжя : ЗНУ, 2015. 362 с.	Автор(и) та редактор(и)/упорядники
2. Гель А. П., Семаков Г. С., Яковець І. С. Кримінально-виконавче право України : навч. посіб. / ред. А. Х. Степанюк. Київ: Юрінком Інтер, 2008. 624 с.	
3. Грошевий Ю. М. Вибрані праці / упоряд.: О. В. Капліна, В. І. Маринів. Харків : Право, 2011. 656 с.	
4. Дахно І. І., Алієва-Барановська В. М. Право інтелектуальної власності : навч. посіб. / за ред. І. І. Дахна. Київ : ЦУЛ, 2015. 560 с.	
5. Експлуатація і технічне обслуговування газорозподільчих станцій магістральних газопроводів / заг. ред. А. А. Руднік. Київ, 2003. 370 с.	
1. Антологія української літературно-критичної думки першої половини ХХ століття / упоряд. В. Агеєва. Київ: Смолоскип, 2016. 904 с.	Без автора
2. Експлуатація і технічне обслуговування газорозподільчих станцій магістральних газопроводів / заг. ред. А. А. Руднік. Київ, 2003. 370 с.	
3. Політологічний енциклопедичний словник / упоряд. В. П. Горбатенко. 2-ге вид., переробл. і допов. Київ : Генеза, 2004. 736 с.	
4. Софія Київська: Візантія. Русь. Україна. Вип. II. Київ, 2012. 464 с.	
5. Twenty-four hours a day. Miami, FL : BN Publishing, 2010. 400 p.	
1. Енциклопедія історії України : у 10 т. / ред. рада: В. М. Литвин (голова) та ін. ; НАН України, Ін-т історії України. Київ : Наук. думка, 2005. Т. 9. 944 с.	Багатотомні видання
2. Закалюк А. П. Курс сучасної української кримінології: теорія і практика : у 3 кн. Київ : Ін Юре, 2007. Кн. 1 : Теоретичні засади та історія української кримінології. 424 с.	
3. Кучерявенко Н. П. Курс податкового права : в 6 т. Харків : Право, 2007. Т. 4 : Особенная часть. Косвенные налоги. 536 с.	
4. Ушинський К. Д. Людина як предмет виховання. Спроба педагогічної антропології : вибр. твори. Київ : Рад. шк., 1983. Т. 1. 480 с.	
Частина видання	
1. Алексєєв В. М. Правовий статус людини та його реалізація у взаємовідносинах держави та суспільства в державному управлінні в Україні. Теоретичні засади взаємовідносин держави та суспільства в управлінні : монографія. Чернівці, 2012. С. 151–169.	Книги
2. Коломоєць Т. О. Адміністративна деліктологія та адміністративна деліктність. Адміністративне право України : підручник / за заг. ред. Т. О. Коломоєць. Київ, 2009. С. 195–197.	
3. Наумов М. С. Напрями впливу інтелектуалізації економіки на розвиток ринкових відносин в Україні. Трансформаційні процеси в суспільстві в умовах інформаційної економіки : монографія / В. П. Решетило, М. С. Наумов, Ю. В. Федотова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків, 2014. С. 213–241.	
4. Саблук П. Т. Напрямки розвитку економіки в аграрній сфері виробництва. Основи аграрного підприємництва / за ред. М. Й. Маліка. Київ, 2000. С. 5–15.	

1. Антонович М. Жертви геноцидів першої половини ХХ століття: порівняльно-правовий аналіз. Голодомор 1932-1933 років: втрати української нації : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 4 жовт. 2016 р. Київ, 2017. С. 133–136. 2. Анциперова І. І. Історико-правовий аспект акту про бюджет. Дослідження проблем права в Україні очима молодих вчених : тези доп. всеукр. наук.-практ. конф. (м. Запоріжжя, 24 квіт. 2014 р.). Запоріжжя, 2014. С. 134–137. 3. Зінчук Т. О. Економічні наслідки впливу продовольчих органічних відходів на природні ресурси світу. Органічне виробництво і продовольча безпека : зб. матеріалів доп. учасн. II Міжнар. наук.-практ. конф. Житомир : Полісся, 2014. С. 103–108. 4. Микитів Г. В., Кондратенко Ю. Позатекстові елементи як засіб формування медіакультури читачів науково-популярних журналів. Актуальні проблеми медіаосвіти в Україні та світі: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 3-4 берез. 2016 р. Запоріжжя, 2016. С. 50–53.	Тези доповідей, матеріали конференцій
1. Кобильник В. Порівняльний метод як основа політологічного дослідження. Збірник наукових праць «Політологічні студії». 2011. № 2. С. 54–65. 2. Коломоець Т. О. Оцінні поняття в адміністративному законодавстві України: реалії та перспективи формулювання їх застосування. Вісник Запорізького національного університету. Юридичні науки. Запоріжжя, 2017. № 1. С. 36–46. 3. Загірняк М., Костенко А. Про користування можливостями міжнародної бази даних Scopus. Вища школа. 2017. № 5–6. С. 48–55. 4. Кармазіна М., Могиловець О. Становлення і розвиток порівняльної методології в політичних дослідженнях. Політичний менеджмент. 2006. № 5. С. 3–17. 5. Коваль Л. Плюси і мінуси дистанційної роботи. Урядовий кур'єр. 2017. 1 листоп. (№ 205). С. 5. 6. Біленчук П., Обіход Т. Небезпеки ядерної злочинності: аналіз вітчизняного і міжнародного законодавства. Юридичний вісник України. 2017. 20-26 жовт. (№ 42). С. 14–15. 7. Bletskan D. I., Glukhov K. E., Frolova V. V. Electronic structure of 2H-SnSe₂: ab initio modeling and comparison with experiment. Semiconductor Physics Quantum Electronics & Optoelectronics. 2016. Vol. 19, No 1. P. 98–108. 8. Dalton R.J. Comparative politics of the industrial democracies: from the Golden Age to island hopping. Political Science. 1991. № 2. P. 15–43.	Статті із продовжуваних та періодичних видань
Інші видання	
1. Конституція України : офіц. текст. Київ : КМ, 2013. 96 с. 2. Про освіту : Закон України від 05.09.2017 р. № 2145-VIII. Голос України. 2017. 27 верес. (№ 178-179). С. 10–22. 3. Деякі питання стипендіального забезпечення: Постанова Кабінету Міністрів України від 28.12.2016 р. № 1050. Офіційний вісник України. 2017. № 4. С. 530–543. 4. Про Концепцію вдосконалення інформування громадськості з питань євроатлантичної інтеграції України на 2017-2020 роки : Указ Президента	Законодавчі та нормативні документи

України від 21.02.2017 р. № 43/2017. Урядовий кур'єр. 2017. 23 лют. (№ 35). С. 10. 5. Про затвердження Вимог до оформлення дисертації : наказ Міністерства освіти і науки від 12.01.2017 р. № 40. Офіційний вісник України. 2017. № 20. С. 136–141. 6. Інструкція щодо заповнення особової картки державного службовця : затв. наказом Нац. агентства України з питань Держ. служби від 05.08.2016 р. № 156. Баланс-бюджет. 2016. 19 верес. (№ 38). С. 15–16.	
1. Лист Голови Спілки «Чорнобиль» Г. Ф. Лепіна на ім'я Голови Ради Міністрів УРСР В. А. Масола щодо реєстрації Статуту Спілки та сторінки Статуту. 14 грудня 1989 р. ЦДАГО України (Центр. держ. архів громад. об'єднань України). Ф. 1. Оп. 32. Спр. 2612. Арк. 63, 64 зв., 71. 2. Матеріали Ради Народних комісарів Української Народної Республіки. ЦДАВО України (Центр. держ. архів вищ. органів влади та упр. України). Ф. 1061. Оп. 1. Спр. 8–12. Копія; Ф. 1063. Оп. 3. Спр. 1–3. 3. Наукове товариство ім. Шевченка. Львів. наук. б-ка ім. В. Стефаника НАН України. Ф. 1. Оп. 1. Спр. 78. Арк. 1–7.	Архівні документи
1. Спосіб лікування синдрому дефіциту уваги та гіперактивності у дітей: пат. 76509 Україна. № 2004042416; заявл. 01.04.2004; опубл. 01.08.2006, Бюл. № 8 (кн. 1). 120 с. 2. Люмінісцентний матеріал: пат. 25742 Україна: МПК6 C09K11/00, G01T1/28, G21H3/00. № 200701472; заявл. 12.02.07; опубл. 27.08.07, Бюл. № 13. 4 с.	Патенти
1. Панасюк М. І., Скорбун А. Д., Сплошной Б. М. Про точність визначення активності твердих радіоактивних відходів гамма-методами. Чорнобиль : Ін-т з проблем безпеки АЕС НАН України, 2006. 7, [1] с. (Препринт. НАН України, Ін-т проблем безпеки АЕС; 06-1). 2. Шиляев Б. А., Воеводин В. Н. Расчеты параметров радиационного повреждения материалов нейтронами источника ННЦ ХФТИ / ANL USA с подкритической сборкой, управляемой ускорителем электронов. Харьков : ННЦ ХФТИ, 2006. 19 с.: ил., табл. (Препринт. НАН Украины, Нац. науч. Центр «Харьк. физ.-техн. Ин-т»; ХФТИ2006-4).	Препринти
1. ДСТУ 7152:2010. Видання. Оформлення публікацій у журналах і збірниках. [Чинний від 2010-02-18]. Вид. офіц. Київ, 2010. 16 с. (Інформація та документація). 2. ДСТУ ISO 6107-1:2004. Якість води. Словник термінів. Частина 1 (ISO 6107-1:1996, IDT). [Чинний від 2005-04-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 181 с. 3. ДСТУ 3582:2013. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень українською мовою. Загальні вимоги та правила (ISO 4:1984, NEQ; ISO 832:1994, NEQ). [На заміну ДСТУ3582-97; чинний від 2013-08-22]. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 15 с. (Інформація та документація).	Стандарти
1. Горницкая И. П. Каталог растений для работ по фитодизайну / Донец. ботан. сад НАН Украины. Донецк : Лебедь, 2005. 228 с. 2. Історико-правова спадщина України : кат. вист. / Харків. держ. наук. б-ка ім. В. Г. Короленка; уклад.: Л. І. Романова, О. В. Земляніщина. Харків, 1996. 64 с.	Каталоги

3. Пам'ятки історії та мистецтва Львівської області : кат.-довід. / авт.-упоряд.: М. Зобків та ін. ; Упр. культури Львів. облдержадмін., Львів. іст. музей. Львів : Новий час, 2003. 160 с.	
1. Боротьба з корупцією: нагальна проблема сучасності : бібліогр. покажч. Вип. 2 / уклад.: О. В. Левчук, відп. за вип. Н. М. Чала ; Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2017. 60 с. 2. Микола Лукаш : біобібліогр. покажч. / уклад. В. Савчин. Львів : Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2003. 356 с. (Українська біобібліографія ; ч. 10). 3. Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича в незалежній Україні : бібліогр. покажч. / уклад.: Н. М. Загородна та ін.; наук. ред. Т. В. Марусик; відп. за вип. М. Б. Зушман. Чернівці : Чернівецький національний університет, 2015. 512 с. (До 140-річчя від дня заснування).	Бібліографічні покажчики
1. Влада очима історії: фотовиставка. URL: http://www.kmu.gov.ua/control/uk/photogallery/gallery?galleryId=15725757& (дата звернення: 15.11.2017). 2. Мар'їна О. Контент-стратегія бібліотек у цифровому середовищі. Бібліотечний вісник. 2016. № 4. С. 8–12. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bv_2016_4_4 (дата звернення: 26.09.2017). 3. Ганзенко О. О. Основні напрями подолання правового нігілізму в Україні. Вісник Запорізького національного університету. Юридичні науки. Запоріжжя, 2015. № 3. – С. 20–27. – URL: http://ebooks.znu.edu.ua/files/Fakhovivydannya/vznu/juridichni/VestUr2015v3/5.pdf. (дата звернення: 15.11.2017). 4. Що таке органічні продукти і чим вони кращі за звичайні? Екологія життя : веб-сайт. URL: http://www.eco-live.com.ua/ (дата звернення: 12.10.2017).	Електронні ресурси
1. Гнатенко Н. Г. Групи інтересів у Верховній Раді України: сутність і роль у формуванні державної політики : автореф. дис. ... канд. політ. наук : 23.00.02. Київ, 2017. 20 с. 2. Кравчук В. М. Припинення корпоративних правовідносин в господарських товариствах: автореф. дис. ... д-ра юрид. наук : 12.00.03 Харків, 2010. 36 с. 3. Старовойт С. В. Видавнича діяльність Національної академії наук України у 1918–1933 рр. : автореф. дис. ... канд. іст. наук. Київ, 2003. 20 с.	Автореферати дисертацій
1. Євдоченко О.О. Європейське бізнес-середовище в розвитку міжнародної економічної діяльності: дис.... канд. екон. наук: 08.05.01/ Київський національний економічний ун-т. Київ, 2005. 235с. 2. Левчук С. А. Матриці Гріна рівнянь і систем еліптичного типу для дослідження статичного деформування складених тіл : дис. ... канд. фіз.-мат. наук : 01.02.04. Запоріжжя, 2002. 150 с. 3. Вініченко О. М. Система динамічного контролю соціально-економічного розвитку промислового підприємства : дис. ... д-ра екон. наук: 08.00.04. Дніпро, 2017. 424 с. 4. Bryant B. D. A sequentially articulated experiment to compare two instructional software input infrastructures: Doctoral dissertation / University at Albany. Albany, NY, 1998. 150 p.	Дисертації

Додаток Д.
Зразок заяви та протоколу перевірки роботи на плагіат

ЗАЯВА

щодо самостійності виконання курсової роботи.

Я, _____, студент ____ курсу, групи _____, факультету машинобудування, Донбаської державної машинобудівної академії, заявляю:

моя курсова робота на тему:

« _____

_____»

представлена для захисту у комісію, виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел, а також із захищених раніше дослідницьких робіт, кандидатських і докторських дисертацій мають відповідні посилання. Я ознайомлений(а) з діючим положенням ДДМА, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску письмової роботи до захисту та застосування дисциплінарних заходів.

Підписуючи цей документ, надаю згоду Власнику бази даних (кафедра АВП) на збір, обробку та використання моїх матеріалів кваліфікаційної роботи з метою перевірки матеріалу в системі та зберіганні роботи в репозиторії кафедри (академії).

Підтверджую, що з Положенням «Протидія плагіату» кафедри ознайомлений.

Матеріали автора також можуть бути використані Власником або третіми особами з метою та на умовах, що визначені відповідно до ст. 32 Закону України «Про вищу освіту» та до Закону України «Про захист персональних даних».

Власник зобов'язується використовувати матеріали справедливо і законно відповідно до законодавства. У разі зміни мети обробки матеріалів Власник має повідомити про це суб'єкта і отримати згоду на обробку його матеріалів у відповідності зі зміненою метою.

Дата: _____

Підпис: _____

ЕКСПЕРТНИЙ ВИСНОВОК
про перевірку на наявність академічного плагіату у курсовій роботі
студента

Комісія з виявлення та запобігання академічного плагіату, перевіри-
вши курсову роботу студента _____, гр. _____
на тему:

« _____

_____»

прийшла до висновку:

Рівень оригінальності твору станом на « ____ » _____ 20 ____ р.
є задовільним (____ %)

Зав. кафедри АВП	_____	ПІБ
Відповідальна особа по кафедрі	_____	ПІБ
Керівник роботи	_____	ПІБ

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання курсової роботи з дисципліни
«Теорія автоматичного керування»
для студентів спеціальності 174 «Автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
першого бакалаврського рівня вищої освіти за ОПП
«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Укладачі: Суботін Олег Володимирович,
Разживін Олексій Валерійович

Редактор: без редагування

Підп. до друку . Формат 60 x 84/16.
Папір офсетний. Ум. друк. арк.. Обл.-вид. арк..
Тираж прим. Зам. №

Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Академічна, 72.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру
серія ДК №1633 від 24.12.