|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **кафедра****технології** **машинобудування НН ММІ** |
| **ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ СИСТЕМАМИ****Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)** |

# Реквізити навчальної дисципліни

|  |  |
| --- | --- |
| **Рівень вищої освіти** |  ***Перший (бакалаврський)***  |
| **Галузь знань** | *13 Механічна інженерія* |
| **Спеціальність** | *131 Прикладна механіка* |
| **Освітня програма** | *Технології машинобудування* |
| **Статус дисципліни** | *Нормативна / Вибіркова* |
| **Форма навчання** | *очна(денна)/очна(вечірня)/заочна/дистанційна/змішана* |
| **Рік підготовки, семестр** | *3 курс, весняний семестр* |
| **Обсяг дисципліни** | *4,5 кредити* |
| **Семестровий контроль/ контрольні заходи** | *Екзамен* |
| **Розклад занять** | *http://rozklad.kpi.ua/* |
| **Мова викладання** | *Українська* |
| **Інформація про керівника курсу / викладачів** | Лектор: *доктор технічних наук, професор, Петраков Ю.В.,* т.0683565479Практичні / Семінарські: Лабораторні: *кандидат технічних наук, доцент, Гладський М.М.,* т.0674647792 |
| **Розміщення курсу** | G-Suit, Telegram, EK, Google classroom, тощо |

# Програма навчальної дисципліни

# Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

*Теорія автоматичного управління є прикладною дисципліною, що вивчає основи побудови і розрахунку систем управління технічними об`єктами, зокрема в металообробці. В процесі вивчення цієї дисципліни студент оволодіває універсальним математичним апаратом та системним підходом через подання систем і об`єктів у вигляді функціональних та структурних схем за допомогою передаточних функцій. Це дозволяє вирішити досить складні завдання по отриманню перехідних і частотних характеристик за якими можна провести об`ктану оцінку статичних та динамічних властивостей того чи іншого об’єкта. Розглядаються такі найважливіші поняття як сталість, швидкодія та точність роботи, вивчаються основні методи підвищення якості систем та об`єктів в машинобудуванні.*

*Дисципліна викладається у такому варіанті, що повністю адаптується до майбутньої спеціальності студента у галузі інженерної спеціальності, а саме, технології машинобудування. Виходячи з цієї концепції розглядаються не тільки основи аналізу та синтезу систем автоматичного управління, а й застосування цього універсального математичного апарату до моделювання об`єктів, що управляються.*

***Основні завдання навчальної дисципліни.***

*Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають отримати наступні програмні компетенції:*

***Фахові компетенції***

*ФК15. Здатність застосовувати сучасні математичні методи для управління технологічними процесами, знаходити аналоги та коректувати існуючи схеми обробки*

*ФК23 Здатність до застосування робототехніки в технологічних системах автоматизованого машинобудування.*

***Та продемонструвати такі програмні результати навчання:***

*РН22 Проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів*

# Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

*Курс складається з лекційних занять, лабораторно-комп’ютерних практикумів та розрахунково-графічної роботи. Дисципліна опирається на курси “Математика”, “Інформатика”, “Теорія різання”, “Електротехніка, електроніка” та готує студентів до найкращого засвоєння матеріалів курсів «Управління процесами різання», «Основи автоматизації машинобудування», «Технологічні процеси для верстатів з ЧПУ», «САПР технологічних процесів».*

# Зміст навчальної дисципліни

***Тема 1*** *Основні поняття та визначення. Принципи управління.*

***Тема 2*** *Математичні моделі систем та об’єктів автоматичного управління.*

***Тема 3*** *Представлення математичних моделей за допомогою змінних стану.*

***Тема 4*** *Характеристики систем і об’єктів автоматичного управління.*

***Тема 5*** *Типові динамічні елементи та їх ідентифікація.*

***Тема 6*** *Оцінка якості систем і об’єктів автоматичного управління.*

***Тема 7*** *Основи синтезу систем.*

# Навчальні матеріали та ресурси

*Література:*

1. *Петраков Ю.В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням: Навчальний посібник + CD Міністерство освіти і науки України, Київ 2004.-384с.+CD.*
2. *Petrakov Y., Gladskiy M.* [*Theory of Automatic Control for Mechanical Engineering*](https://www.lap-publishing.com/catalog/details/store/us/book/978-620-3-20229-8/theory-of-automatic-control-for-mechanical-engineering?search=Petrakov) *// LAP Lambert Academic Publishing, 2021, 192 p.*
3. *Suk-Hwan Suh, Seong-Kyoon Kang, Dae-Hyuk Chung, Ian Stroud Theory and Design of CNC Systems // 2008 Springer-Verlag London Limited, 466p. /* [*https://www.academia.edu/4977293/Theory\_and\_Design\_of\_CNC\_Systems*](https://www.academia.edu/4977293/Theory_and_Design_of_CNC_Systems)
4. *Tony L. Schmitz, K. Scott Smith Machining Dynamics. Frequency Response to Improved Productivity // Springer International Publishing AG, part of Springer Nature 2019, 389 p. /* [*https://www.springer.com/gp/book/9781461499381*](https://www.springer.com/gp/book/9781461499381)
5. *Control system advanced methods / edited by William S. Levine. 2nd ed. // 2011 by Taylor and Francis Group, LLC, 1700 p. /* [*https://www.pdfdrive.com/the-control-systems-handbook-control-system-advanced-methods-second-edition-electrical-engineering-handbook-d175616386.html*](https://www.pdfdrive.com/the-control-systems-handbook-control-system-advanced-methods-second-edition-electrical-engineering-handbook-d175616386.html)
6. *C. Steve Suh and Meng-Kun Liu Control of cutting vibration and machining instability : a time-frequency approach for precision, micro and nano machining // A catalogue record for this book is available from the British Library, 2013, 255p. /* [*https://www.amazon.com/Control-Cutting-Vibration-Machining-Instability/dp /1118371828*](https://www.amazon.com/Control-Cutting-Vibration-Machining-Instability/dp%20/1118371828)
7. *. Control system advanced methods / edited by William S. Levine. 2nd ed. // 2011 by Taylor and Francis Group, LLC, 1700 p. /* [*https://www.pdfdrive.com/the-control-systems-handbook-control-system-advanced-methods-second-edition-electrical-engineering-handbook-d175616386.html*](https://www.pdfdrive.com/the-control-systems-handbook-control-system-advanced-methods-second-edition-electrical-engineering-handbook-d175616386.html)

# Навчальний контент

# Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Тема** | **Зміст** | **Лекції** | **Лабораторні** |
| ***Тема 1****Вступ. Основні поняття та визначення. Принципи управління. Класифікація САУ.* | *Вступ. Історична довідка про розвиток автоматичного управління, технологічної кібернетики. Система автоматичного управління, її склад. Управління за збуренням та за помилкою. Замкнені і розімкнені системи. Принцип зворотного зв’язку.**Цілі автоматичного управління. Дискретні та аналогові системи, лінійні та нелінійні системи, системи прямої і непрямої дії, одномірні та багатомірні системи, адаптивні системи. Системи з самоналагодженням параметрів, структура, екстремальні системи.* | 4 |  |
| ***Тема 2****Математичні моделі систем та об’єктів автоматичного управління.* | *Визначення нелінійності. Дві форми руху: перехідний і такий, що встановився. Основний метод лінеаризації. Стандартна форма запису математичної моделі. Передаточна функція. Приклади складання передаточних функцій об’єктів автоматичного управління. Визначення функціональної схеми. Системний підхід до представлення систем і об’єктів автоматичного управління. Перетворення Лапласу. Структурні схеми. Приклади представлення математичних моделей у вигляді структурних схем. Основні правила та умови позначення структурних схем. Послідовне і паралельне з’єднання елементів. Перетворення схем зі зворотнім зв’язком. Перенесення порівняльного пристрою. Приклади перетворення структурних схем..* | 6 | 2 |
| ***Тема 3*** *Представлення математичних моделей за допомогою змінних стану.*   | *Три форми представлення математичних моделей: диференціальне рівняння, передаточна функція і змінні стану. Адекватність представлення. Передаточна матриця. Подання математичної моделі у матричній формі. Основні властивості складних систем: здатність до управління та спостереження. Визначення систем, що спостерігаються, управляються тощо. Здатність системи до управління та спостереження. Приклади. Методика розпізнавання систем, що спостерігаються, але не управляються. .* | 4 | 2 |
| ***Тема 4*** *Характеристики систем і об’єктів автоматичного управління.* | *Оцінка систем і об’єктів автоматичного управління. Мета і завдання оцінки систем і об’єктів. Типові динамічні впливи. Одинична східчаста функція, одиничний імпульс, гармонічний сигнал. Реакція систем і об’єктів та типові динамічні впливи. Характеристики систем у часовому та частотному просторах.**Методи отримання частотних характеристик. Частотна передаточна функція. Амплітудно-частотна і фазово-частотна характеристики. Визначення частотних характеристик систем і об’єктів за їх математичними моделями. Експериментальне визначення частотних характеристик. Необхідне обладнання, методика експерименту. Форми представлення частотних характеристик. Амплітудно-фазово-частотна характеристика. Зображення на комплексній площині, діаграма Найквіста. Логарифмічні частотні характеристики. Метод побудови логарифмічних частотних характеристик. Система координат, децибел, декада. Логарифмічна АФЧХ – діаграма Блека.**Перехідні характеристики. Методи отримання перехідних характеристик. Отримання перехідних характеристик за математичними моделями систем і об’єктів. Класичний метод. Операційний метод з використанням перетворень Лапласу. Графоаналітичний метод дійсних частотних трапецеїдальних характеристик. Отримання перехідних характеристик моделюванням систем. Методи моделювання. Представлення математичних моделей у формі, що необхідна для моделювання на ПЕОМ. Чисельні методи. Однокроковий метод Ейлера, метод Рунге-Кутта четвертого порядку. Моделювання систем і об’єктів на аналогових машинах. Методика складання електронних аналогів. Розрахунок масштабів, реєстрація результатів.* | 8 | 2 |
| ***Тема 5*** *Типові динамічні елементи та їх ідентифікація.* | *Типові динамічні елементи. Визначення типового динамічного елементу за математичною моделлю. Переваги та методика складання математичних моделей і структурних схем з використанням типових динамічних елементів. Отримання характеристик складних систем.**Позиційні елементи. Порядок представлення типових динамічних елементів. Безінерційні елементи. Аперіодичні елементи 1-го та 2-го порядку. Коливальні елементи. Приклади, методика побудови перехідних та частотних характеристик. Інтегруючі елементи. Ідеальний інтегруючий елемент. Реальний інтегруючий елемент. Математичні моделі, приклади, методика отримання перехідних і частотних характеристик. Застосування інтегруючих елементів при представленні систем. Диференціюючі елементи. Ідеальний диференціюючий елемент. Реальний диференціюючий елемент. Математичні моделі, приклади, методика отримання перехідних і частотних характеристик. Запізнюючі та спеціальні типові динамічні елементи. Методи ідентифікації типових динамічних елементів.* | 8 | 4 |
| ***Тема 6*** *Оцінка якості систем і об’єктів автоматичного управління.* | *Критерії якості систем і об’єктів. Методи оцінки якості. Оцінка якості систем і об’єктів за їх математичними моделями. Теоретичні та експериментальні методи оцінки якості. Загальні критерії якості. Визначення сталості. Точність та швидкодія. Інтегральні критерії оцінки якості. Використання характеристик систем і об’єктів для оцінки якості.* *Сталість. Критерії оцінки сталості. Алгебраїчний критерій Гурвиця. Матриця коефіцієнтів. Частотний критерій Найквіста. Запас сталості за амплітудою та за фазою Оцінка сталості за допомогою логарифмічних частотних характеристик розімкненої системи.**Швидкодія. Оцінка швидкодії і запасу сталості за перехідною характеристикою. Перерегулювання. Оцінка швидкодії і запасу сталості кореневими методами. Діаграма якості у часовій площині. Затухання за період, ступінь сталості. Діаграма якості на комплексній площині.**Оцінки точності. Визначення точності. Еволюція помилки системи у часі. Статичні та астатичні системи. Оцінка точності при статичному режимі роботи, режимі руху з постійною швидкістю, з постійним прискоренням. Добротність систем за швидкістю, за прискоренням. Режим руху за гармонічним законом. Оцінка точності за ЛАЧХ системи. Пряма і зворотна задачі оцінки точності. Коефіцієнти помилки.**Методи оцінки якості складних систем. Загальний підхід до оцінки якості. Оцінка якості електромеханічних систем. Комплексна оцінка якості гідромеханічних систем. Комплексна оцінка якості систем автоматичної стабілізації сили різання при точінні.**Методи оцінки якості технологічних обробляючих систем. Визначення основних показників якості ТОС. Основні критерії оцінки якості. Оцінка якості ТОС оброблення деталей різанням. Методи підвищення якості ТОС.*  | 14 | 4 |
| ***Тема 7*** *Основи синтезу систем.* | *Загальні принципи підвищення якості систем. Забезпечення вимог якості при проектуванні. Загальні принципи проектування. Системи автоматизованого проектування. Загальна структура і алгоритм САПР. Загальні методи підвищення якості: підвищення та забезпечення сталості, точності, швидкодії.**Методи підвищення точності. Збільшення коефіцієнту передачі прямого ланцюга регулювання. Підвищення порядку астатизму. Ізодромні пристрої та ПІ-регулятори. Регулювання за похідними від помилки. ПД-регулятори. Інваріантність і комбіноване управління. Застосування неодиничного зворотного зв’язку.**Забезпечення вимог до сталості і швидкодії системи. Методи підвищення сталості. Елементи, що коректують. Послідовні, паралельні елементи, що коректують. Елементи, що коректують, у вигляді місцевих зворотних зв’язків. Синтез послідовних зворотних зв’язків. Синтез послідовних елементів, що коректують, за ЛАЧХ розімкненої системи.**Методи забезпечення вимог якості складних систем. Забезпечення області сталих значень параметрів приводу. Механічні порівняльні пристрої. Частотний метод аналізу якості і синтезу систем. Номограми Хола для амплітуд і для фаз. Розв’язання задачі синтезу на плані Найквіста. Визначення коефіцієнта передачі САУ за допомогою номограми Блека.**Методи забезпечення вимог якості технологічних обробляючих систем. Основні методи управління за часом надходження інформації, що використовується. Управління за апріорною інформацією. Методика проектування управління при обробленні на верстатах з ЧПУ.* | 10 | 4 |
| Езамен |  |  |

# Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота передбачена за темами:

***Тема 1*** *Основні поняття та визначення. Принципи управління.*

***Тема 2*** *Математичні моделі систем та об’єктів автоматичного управління.*

***Тема 3*** *Представлення математичних моделей за допомогою змінних стану.*

***Тема 4*** *Характеристики систем і об’єктів автоматичного управління.*

***Тема 5*** *Типові динамічні елементи та їх ідентифікація.*

***Тема 6*** *Оцінка якості систем і об’єктів автоматичного управління.*

***Тема 7*** *Основи синтезу систем.*

# Політика та контроль

# Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

**Політика щодо дедлайнів та перескладання**: Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку(-10 балів). Перескладання заліку відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

**Політика щодо академічної доброчесності**: Усі письмові роботи перевіряються на наявність плагіату і допускаються до захисту із коректними текстовими запозиченнями не більше 20%.

**Політика щодо відвідування**: Відвідування занять є обов’язковим компонентом оцінювання, за яке нараховуються бали. За об’єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись в on-line формі за погодженням із керівником курсу.

# Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, МКР, тест тощо

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 63 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

|  |  |
| --- | --- |
| *Кількість балів* | *Оцінка* |
| 100-95 | Відмінно |
| 94-85 | Дуже добре |
| 84-75 | Добре |
| 74-65 | Задовільно |
| 64-60 | Достатньо |
| Менше 60 | Незадовільно |
| Не виконані умови допуску | Не допущено |

# Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

* можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою;
* можливість зарахування статей, виданих за кордоном

**Складено** доцент кафедри технології машинобудування, д.т.н., проф. Петраков Ю.В.

**Ухвалено** кафедрою технології машинобудування (протокол № 1 від 29.08.2022)

**Погоджено** Методичною комісією факультету[[1]](#footnote-1) (протокол № 1 від 30.08.2022)

1. Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін. [↑](#footnote-ref-1)