



СТРУКТУРНО-MОДУЛЬНИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМ МЕХАТРОНІКИ (СМС)

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	G Механічна інженерія
Спеціальність	G9 Прикладна механіка
Освітня програма	Автоматизовані та роботизовані механічні системи
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, викладається в одному семестрі (весняний)
Обсяг дисципліни	5 кредитів ЄКТС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен / МКР / лабораторні роботи/ практичні заняття
Розклад занять	Лекції 30 годин, практичні 14 год, лабораторні 16 годин, (2 години лекції та по 1 години лаб.р/практ.. на тиждень), СРС 90 годин, http://rozklad.kpi.ua/Schedules/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: докт. наук, професор, Губарев Олександр Павлович, gubarev_skhoool@i.ua , к.т.н., , доцент, Муращенко Альона Миколаївна, a_kirya@i.ua Практичні / Лабораторні: к.т.н., ст. викладач, Беліков Костянтин Олександрович, belikivka@gmail.com , к.т.н., доцент, Муращенко Альона Миколаївна, a_kirya@i.ua , доктор філософії Синицина Єлизавета Юріївна
Розміщення курсу	https://pgm.kpi.ua/silabus/

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «**Структурно-модульний синтез систем мехатроніки**» (далі **СМС**) складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістра з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка». Мехатроніка є підґрунтям до створення розумних машин, а структурний синтез є найпершою задачею на шляху створення автоматизованих мехатронних систем і є передумовою до застосування розробок в платформі Industry 4.0.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей- синтезувати структуру систем та логіку взаємодії виконавчих пристроїв відповідно до автоматизованого процесу та технічних засобів автоматизації, побудованих за модульним підходом на засадах мехатроніки;

- створювати розподілені за модулями системи асинхронного та альтернативного керування

із комбінуванням апаратних та алгоритмічних підходів та засобів для технічних об'єктів різного призначення..

Предметом навчальної дисципліни є: принципи модульної будови систем мехатроніки з використанням гідро- та пневмоприводів, автоматизація технічних об'єктів засобами мехатроніки, складання та налагодження прототипів систем, модернізація систем. Ці питання в даному курсі розглядаються комплексно з урахуванням сучасних вимог до знань з технічних, технологічних і економічних аспектів машинобудівної галузі.

Програмні результати навчання :

Компетенції, що посилюються вибірковою дисципліною: Спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик проектування і дослідження конструкцій, машин та/або процесів в галузі машинобудування, Здатність застосовувати відповідні математичні, наукові і технічні методи, інформаційні технології та прикладне комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних і наукових завдань з прикладної механіки, Здатність виконувати структурний і логічний синтез та розробляти алгоритми та системи керування для автоматизованих і роботизованих механічних систем з механічними, гідравлічними і пневматичними компонентами.

Знання:

основних методів структурного синтезу та варіантів модульної будови систем мехатроніки; методів розробки ефективних за своїми параметрами та можливостями систем та алгоритмів керування;

типових розв'язків практичних задач автоматизації на основі модульної будови систем, що стоять перед інженером-розробником автоматизованих об'єктів різного призначення.

Уміння:

розподілити технічний об'єкт та процес його функціонування на структурні модулі;

підібрати раціональну структурну модель та формалізувати опис роботи об'єкту;

розподілити елементний склад системи на системні модулі;

синтезувати логіку функціональних макромодулів та функції їх спряжень;

складати схеми та розробляти алгоритми керування, узгоджувати їх взаємодію;

забезпечити діагностику системи та ввести її в експлуатацію.

Досвід:

практичної роботи по структурно-модульному синтезу систем мехатроніки із сполученням апаратних та програмованих засобів керування;

розробки систем 1 – 5 класів складності на комплекті завдань, наближених до практичних потреб;

оволодіння знаннями та навичками побудови багаторежимних мехатронних систем.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Необхідне попереднє успішне оволодіння знаннями та уміннями, набутими при вивченні дисциплін «Електрогідропневматичні системи з фізично різномірним керуванням», «Гідроавтоматика і керування», «Логічний синтез алгоритмів керування».

Результати вивчення дисципліни «Структурно-модульний синтез систем мехатроніки» є корисними для подальшого дослідження за програмою магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

1. Особливості, переваги та недоліки модульної будови та складу багатопривідних мехатронних систем, функції контролю, керування та виконання
2. Модульна будова багатоелементних послідовних систем дискретної дії: циклограми, крокові та діаграмні структури
3. Модуль-такт, пневматичні апаратні засоби побудови послідовної структури та їх

інформаційний аналог (мови LD та STL).

4. *Електрорелейні апаратні засоби побудови крокової структури та їх інформаційний аналог (мови LD та STL)*
5. *Алгоритми керування з кроковою структурою та з часовою тактовою структурою (мови LD та STL).*
6. *Модульна будова багатoeлементних систем дискретної дії: кінцеві автомати, приклади, мінімізація, СДНФ, принципові схеми та алгоритми керування*
7. *Модульна будова багатoeлементних систем дискретної дії: ситуаційне керування, загальна структура алгоритму керування, задачі і особливості.*
8. *Логічні функції ситуативного керування, модуль-ситуація, особливості застосування до задачі синтезу систем*
9. *Структура алгоритму із використанням ситуативного керування (мови LD та STL)*
10. *Циклічно-модульна будова багатoeлементних систем дискретної дії, задачі і особливості.*
11. *Елементна база циклічно-модульного структурного синтезу мехатронних систем.*
12. *Мехатронні системи з мультипроцесною структурою керуванням*
13. *Циклічний модуль, структура модуля і системи, особливості логіки функціонування, причинно-наслідкова модель*
14. *Загальний алгоритм мультипроцесного керування, особливості опису циклічних модулів мехатронних систем*
15. *Структурний синтез систем 4-го класу (мультипроцесних)*
16. *Структурний синтез систем 5-го класу (альтернативних)*
17. *Циклічні макромодулі, логічна будова, умови використання)*
18. *Експлуатаційний та життєвий цикли, режими функціонування системи)*
19. *Загальний алгоритм керування багаторежимною модульною системою мехатроніки*
20. *Додавання та виключення модулів зі складу системи, задача модернізації для модульних систем мехатроніки*

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси

1. *Яхно О.М. та інші. Прикладна гідроаеромеханіка і мехатроніка / Під ред. Яхно О.М..- Вінниця: ВНТУ, 2019.- 711 с.*
2. *Функціональні модулі систем мехатроніки з пневматичними, електромеханічними та гідравлічними виконавчими пристроями [Електронний ресурс]: навч. Посіб / О.П. Губарев, О.С. Ганпанічурова, К.О. Беліков, А.М. Муращенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 14,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 104 с.*
3. *Губарев О.П., Аверін В.З., Левченко О.В. “Програмовані контролери в системах керування гідропневмоавтоматики” (частина 2) Методичні вказівки до лабораторних робіт, для*

студентів спеціальності "Гідравлічні і пневматичні машини", «Прикладна механіка».- Київ: НТУУ«КПІ».- Вид. Біла Церква: "БК Нафтохім-Аваль".- 2006.- 52с.

4. Губарев О.П., Левченко О.В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу "Програмовані контролери в системах керування гідропневмоавтоматики" (частина 1) студентам, що навчаються за фахом "Гідравлічні і пневматичні машини".- Київ, НТУУ "КПІ", 2005.- 48 с.
5. Губарев О.П., Ганпаничурова О.С. Мехатроніка: Циклічно-модульний підхід до вирішення практичних задач автоматизації.- Київ: НТУУ«КПІ».- ВАТ —Білоцерківська друкарня», 2016, 160с.
6. Ельперін Ш.В. Промислові контролери: Навч. посіб./Ш.В. Ельперін.-К.: НУХТ, 2003.-320с.

Додаткові інформаційні ресурси

1. Вступ в мехатроніку / Під ред. О.М.Яхно.- К.: НТУУ«КПІ», 2008.- 528с.
 2. Губарев О.П., Узунов О.В. "Синтез дискретних систем управління". Методичні вказівки.- К.: НТУУ"КПІ", 1996.-47с.
 3. Губарев О.П., Левченко О.В., Ганпаничурова О.С. "Дискретні системи керування гідропневмоавтоматики" (частина 1 - Пневмоавтоматика) Методичні вказівки до лабораторних робіт, для студентів спеціальності "Гідравлічні і пневматичні машини".- Київ: НТУУ«КПІ».- Вид. Біла Церква: "БК Нафтохім-Аваль".- 2007.- 52с.
 4. Deppert W., Stoll K. Pneumatikanwendungen – Koaten senken mit Pneumatic Wurzburg.- Vogel-Buchverlag, 1990.- 412 s.
 5. Didactic systems: Fluidprax, Hydraulik, Elektrik/Elektronik.-Bosch Rexroth AG.- ErbachOdenwald.-2002.-128 S.
- Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри, додаткові джерела спрямовані на ознайомлення з елементною базою, відомими теоретичними підходами до структурного синтезу систем, сприяють розширенню світогляду на будову технічних систем;
 - Жодне джерело, як і всі перелічені літературні джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплексу основних та залікових лабораторних робіт та самостійного розв'язання типових задач структурного синтезу систем мехатроніки;
 - Базові джерела містять теоретичні матеріали та приклади за всіма темами дисципліни і їх можна використовувати так само, як матеріал лекцій, але під час лекцій надається їх зв'язок з фрагментами методик та практичним і лабораторним використанням, чого не можна отримати з жодного літературного джерела;
 - Теми розділів/підрозділів в джерелах 1 – 6 відповідають матеріалам лекційного курсу.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Методика опанування кожної теми складається з п'ятьох компонентів: теоретичні відомості за темою, методики їх застосування, приклади застосування методик, лабораторна робота зі створенням макету діючої системи та її налагодженням, самостійне виконання роботи за індивідуальним завданням.

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	Особливості, переваги та недоліки модульної будови та складу багатопровідних мехатронних систем, функції контролю, керування та виконання Література: 1 (вступ, розд.3, 4, 5), 6 (вступ, розд.1,2), 1 доп., 8 – 11 доп.
2.	Модульна будова багатоелементних послідовних систем дискретної дії: циклограми, крокові та діаграмні структури. Література: 1 (вступ, розд. 4), 3 (вступ, розд.3,4)
3.	Модульна будова багатоелементних систем дискретної дії: кінцеві автомати, ситуаційне керування, графи, сітки Література: 3, доп. 2, 4, 5, 11.
4.	Елементна база структурного синтезу мехатронних систем за модульним принципом Література: 1, 3 (розд.4), 1 доп. (с. 3 – 26)
5.	Модуль-такт, пневматичні апаратні засоби побудови послідовної структури та їх інформаційний аналог (мови LD та STL) Література: 1 (розд 4), 3 (розд.2), 6 доп.
6.	Електрорелейні апаратні засоби побудови послідовної структури та їх інформаційний аналог (мови LD та STL) Література: 3 (розд.2), 3 доп.
7.	Модуль-ланцюг, апаратні та алгоритмічні засоби побудови структури (мови LD та STL) Література: 1 (розд 5), 3 (розд.2), 3 доп.
8.	Логічні функції ситуативного керування, модуль-ситуація, особливості застосування до задачі синтезу систем Література: 6, 2 доп.
9.	Структура алгоритму із використанням ситуативного керування (мови LD та STL). Література: 6, 1 доп, 2 доп..
10.	Мехатронні системи з мультипроцесною структурою керуванням Література: 3, 6 (розд.3,4), 1 доп.
11.	Циклічний модуль, структура модуля і системи, особливості логіки функціонування, причинно-наслідкова модель. Загальний алгоритм мультипроцесного керування, особливості опису циклічних модулів мехатронних систем Література: 3, 6, 2 доп.
12.	Структурний синтез систем 4-го класу (мультипроцесних). Структурний синтез систем 5-го класу (альтернативних) Література: 3 (розд 4), 6 (розд.4)
13.	Циклічні макромодулі, логічна будова, умови використання. Експлуатаційний та життєвий цикли, режими функціонування системи Література: 3 (розд. 5,8,9), 1, 3,6,7,8 доп.
14.	Загальний алгоритм керування багаторежимною модульною системою Література: 1 (розд. 5), 3 (розд.6,7,8), 1,2,5,9,10 доп.
15.	Додавання та виключення модулів зі складу системи, задача модернізації для модульних систем мехатроніки Література: 1 (розд. 5), 3, 6 (приклад)

Практичні заняття

№ з/п	Тема практичної роботи	Кількість годин
1.	Ознайомлення з лабораторними стендами, інструктаж з техніки безпеки, розподіл на робочі групи, вмикання/вимикання стендів, системи живлення. Виконавчі пристрої, засоби керування (бістабільні,	2

	<i>моностабільні), засоби контролю (кінцеві вимикачі), монтаж обладнання на робочих панелях</i>	
2.	<i>Тестування обладнання ланки пакування і відвантаження. Врахування кількості входів і виходів контролера, підбір засобів контролю.</i>	2
3.	<i>Тестування обладнання ланки вхідного контролю. Врахування кількості входів і виходів контролера, варіантів продукції, підбір засобів контролю.</i>	2
4.	<i>Тестування обладнання ланки приготування суміші. Врахування кількості входів і виходів контролера, варіантів продукції, підбір засобів контролю.</i>	2
5.	<i>Розробка алгоритму багаторежимної експлуатації ланки вхідного контролю, пакування і відвантаження</i>	2
6.	<i>Розробка алгоритму багаторежимної експлуатації ланки приготування суміші</i>	2
7.	<i>Налагодження взаємодії ланок вхідного контролю і приготування суміші, пакування і відвантаження</i>	2

Лабораторні роботи

№ з/п	Тема лабораторної роботи	Кількість годин
1.	<i>Ознайомлення з лабораторними стендами, Створення макету виробничої системи з ланками вхідного контролю, приготування, фасування і пакування і відвантаження будівельної суміші. Підбір обладнання, під'єднання до контролера.</i>	4
2.	<i>Розробка і налагодження алгоритму керування за кроковою структурою для ланки пакування і відвантаження.</i>	4
3.	<i>Розробка і налагодження алгоритму керування за ситуативною схемою для ланки вхідного контролю.</i>	2
4.	<i>Розробка і налагодження алгоритму керування за мультипроцесною схемою для ланки приготування суміші.</i>	4
5.	<i>Розробка алгоритму багаторежимної експлуатації ланки приготування суміші</i>	2

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	<i>Підготовка аудиторних робіт.</i>	56
2.	<i>Виконання РГР 10-15 Не передбачено</i>	-
3.	<i>Виконання ДКР 10-20 Не передбачено</i>	-
4.	<i>Виконання МКР 2</i>	4
5.	<i>Підготовка до заліку 6 Не передбачено</i>	-
6.	<i>Підготовка до екзамену 30</i>	30
	<i>Всього:</i>	90

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- *правила відвідування занять: відповідно до Наказу І-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях.*
- *правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;*
- *використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в інтернеті;*
- *правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;*
- *політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;*
- *при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.*

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування на практичних заняттях; лабораторні роботи, МКР. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше половини стартової складової балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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

Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 50 балів складає стартова складова. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:

- *відповіді під час практичних занять (14 занять);*
 - *Лабораторних робіт (16 занять);*
- *виконання модульної контрольної роботи (МКР)*
 - *Експрес-опитування.*

Робота на практичних заняттях (максимум 17,5 бали):

- захищена робота – 2,5 бали;
- активна творча робота – 2 бала;
- плідна робота – 1 бал;
- пасивна робота – 0 балів.

Робота на лабораторних роботах (максимум 21 бали):

- захищена робота – 3 бали;
- активна творча робота – 2 бала;
- плідна робота – 1 бал;
- пасивна робота – 0 балів.

Виконання МКР:

- творчо виконана робота – 8 балів;
- роботу виконано з незначними недоліками – 7 балів;
- роботу виконано з певними помилками – 6 балів;
- роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.

Штрафні та заохочувальні бали:

За правильні відповіді під час експрес-опитувань – максимум 3,5 бали.

За несвоєчасне виконання модульної контрольної роботи – 1 штрафний бал за кожний тиждень запізнення (всього не більше 5 балів).

Якщо студент виконав умови РСО щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг менше 50 балів та хоче підвищити поточну оцінку, виконує додаткову контрольну роботу.

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу за двома запитаннями та розв'язують практичне завдання. Кожне екзаменаційне завдання містить два запитання з різних тематичних розділів.

Критерії екзаменаційного оцінювання:

- вичерпні відповіді на всі питання білету, вичерпний розв'язок практичного завдання, а також відповіді на додаткові питання: 48-50 балів;
- вичерпні відповіді на всі питання білету, вичерпний розв'язок практичного завдання, не повні відповіді на додаткові питання: 45-47 балів;
- принципові відповіді на всі питання білету, вичерпний розв'язок практичного завдання, не повні відповіді на додаткові питання: 40-44 бали;
- в деяких відповідях мають місце певні неточності: 35-39 балів;
- допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою додаткових питань викладача, має місце розуміння модульної будови алгоритму керування: 33-34 бали;
- припускаються суттєві помилки у відповідях або відсутня відповідь на одне з питань: робота не зарахована.

В підсумку студент отримує оцінку що складається з суми балів за екзаменаційну контрольну роботу, та балів, отриманих за МКР та балів, отриманих на лабораторних заняттях.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (r_d):

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає: $R_c = \sum_i r_i$

де r - рейтингові або вагові бали за кожний вид робіт з дисципліни (табл. 1 - 5).

$R_c = 42 \text{ пр.лаб.оп.} + 8 \text{ МКР} = 50$ балів.

Екзаменаційна складова R_E шкали дорівнює: $R_E = 50$ балів.

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає $R_D = R_c + R_E = 50 + 50 = 100$ 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

Необхідною умовою допуску до екзамену є виконання 80% лабораторних, передбачених програмою, а також стартовий рейтинг R_c не менше 50% від R_c . Тобто, не менш $R_c = 0,5 \times 50 = 25$ балів.

Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг з дисципліни більше $0,5 \times R_c = 25$ балів, допускаються до екзамену.

Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг з дисципліни менше $0,5 \times R_c = 25$ балів, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до екзамену з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

• Приклад екзаменаційного завдання

1. Крокова структура мехатронної системи та її реалізація засобами алгоритмічної мови STL.
2. Модуль таймера за схемою альтернативної системи та його реалізація засобами алгоритмічної мови STL.
3. Скласти алгоритм керування за циклограмою з часово-тактовою структурою системи (тривалість тактів в секундах: 2, 2, 5, 1, 1, 3, 5, 1) для наступного технологічного циклу (мова STL):

$$1,2_s \rightarrow 3 \rightarrow (2 \text{ sec}) \rightarrow 4^P \rightarrow \bar{2}_s \rightarrow \bar{4}^P \rightarrow \bar{1},2_s \rightarrow \bar{3} \rightarrow \bar{2}_s$$

- **можливе зарахування сертифікатів** проходження літньої школи «Мехатроніка в машинобудуванні» за 4 лабораторних роботи.
- **можливе відпрацювання 30% лабораторних робіт** під час роботи асистентом команди 2-го етапу Всеукраїнської студентської олімпіади «Мехатроніка в машинобудуванні».
- **Рекомендована тематика об'єктів автоматизації для РГР**

Завдання 1. Автоматизована ланка сепарації сипучих матеріалів.

Завдання 2. Автоматизована лінія складального виробництва.

Завдання 3. Виробнича лінія приготування лако-фарбових сумішей.

Завдання 4. Автоматизована ланка фасування, пакування і маркування борошна.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): Структурно-модульний синтез систем мехатроніки

Складено:

професором кафедри ПГМ, доктором технічних наук, професором Губаревим Олександром Павловичем

доцентом кафедри ПГМ, кандидатом технічних наук, доцентом Муращенко Альоною Миколаївною

Ухвалено кафедрою ПГМ (протокол № 17 від 25.06.2025)

Погоджено Методичною комісією інституту (протокол № 11 від 27 червня 2025 року).