



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

Робототехнічні системи та комплекси

Шифр та назва спеціальності

G10 – Металургія

Інститут

ННІ Механічної інженерії та транспорту

Спеціалізація

–

Кафедра

Ливарне виробництво (142)

Освітня програма

Металургійні процеси та системи

Тип дисципліни

Вибіркова

Рівень освіти

Другий (магістерський)

Форма навчання

Денна

Семестр

2

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Берлізєва Тетяна Вікторівна

Tatiana.Berlizieva@khpi.edu.ua

Кандидат технічних наук, доцент кафедри ливарного виробництва НТУ «ХПІ»

Досвід роботи – 13 років. Автор та співавтор понад 60 наукових та методичних публікацій. Курси: «Проектування ливарних цехів та дільниць», «Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва», «Прогресивні технології спеціальних видів литва», «Печі ливарних цехів», «Обладнання ливарного виробництва».

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Курс «Робототехнічні системи та комплекси» зосереджений на вивченні особливостей застосування, проектування та впровадження робототехнічних систем спеціально для процесів ливарного виробництва.

Мета та цілі дисципліни

Мета вивчення дисципліни – забезпечити майбутніх фахівців знаннями і навичками з проектування, програмування та експлуатації робототехнічних систем.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, самостійна робота, консультації. Розрахункове завдання. Підсумковий контроль – залік.

Компетентності

ЗК 2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 3. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності)...

ЗК 5. Здатність виявляти ініціативу та підприємливість.

СК 2 Здатність враховувати технічні, правові, соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні аспекти інженерних та управлінських рішень в металургії.

СК 3 Здатність забезпечувати якість в металургії.

СК 4 Здатність аналізувати і вдосконалювати технологічні процеси в металургії.

СК 5 Здатність науково обґрунтовувати вибір матеріалів, основного та допоміжного обладнання для реалізації металургійних технологій.

Результати навчання

РН 2 Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її, обирати оптимальні методи та здійснювати статистичний аналіз даних.

РН 4 Вільно спілкуватися державною та англійською мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері металургії та ширшого кола інженерних питань, презентації результатів досліджень та інноваційних проектів.

РН 7 Аналізувати енергетичну ефективність технологічних процесів та обладнання, відповідно до спеціалізації, та розробляти заходи з енергозбереження

РН 16. Розуміння різних способів формоутворення та проектування оснащення для різних видів литва.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні заняття – 16 год., самостійна робота – 72 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички з наступних Дисциплін: «Печі ливарних цехів», «Обладнання ливарного виробництва», «Деталі машин», «Аналіз і синтез ливарних систем», «Моделювання та оптимізація металургійних процесів та оснащення», «Ресурсозберігаючі технології та плавка сплавів зі спеціальними властивостями».

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. На практичних заняттях використовується проєктний підхід до навчання, ігрові методи, акцентується увага на застосуванні інформаційних технологій в робототехнічних системах та комплексах. Навчальні матеріали доступні студентам через OneNote Class Notebook..

Програма навчальної дисципліни

Навчальні заняття

Лекції

Теми лекцій

Кількість годин

Тема 1. Вступ Загальна характеристика робототехнічних систем та комплексів	4
Тема 2. Рівні автоматизації технологічних процесів. Робототехнічні комплекси та гнучкі виробничі системи Рівні автоматизації та сфери застосування робото технічних комплексів	4
Тема 3. Підготовка ливарного виробництва до застосування робототехнічних комплексів Принципи підготовки виробництва до застосування робото технічних комплексів	4
Тема 4. Будова та робота автоматичного комплексу на базі змішувачів Будова та принципу роботи автоматичного комплексу на базі змішувачів	4
Тема 5. Будова та робота комплексу литва під тиском Будова та робота комплексу литва під тиском	4
Тема 6. . Робототехнічний комплекс для кокільного литва, склад та принцип роботи Будова та принципу роботи робототехнічного комплексу для кокільного литва	4
Тема 7. Робот для литва по витоплюваним моделям, будова та принцип роботи Будова та принцип роботи робота для литва по витоплюваним моделям	4
Тема 8. Автоматичний комплекс для абразивної очистки поверхні виливків, будова та принцип роботи Будова та принципу роботи комплексу для абразивної очистки поверхні виливків Композиційні матеріали із магнієвою матрицею	4
Загальна кількість годин	32

Практичні заняття

Теми практичних/семінарських занять

Кількість годин Вагові коефіцієнти а

Тема 1. Розрахунок автоматичного комплексу на базі змішувачів Розрахунок основних параметрів автоматичного комплексу, що базується на використанні змішувачів для приготування формувальних або стержневих сумішей у ливарному виробництві. Визначення продуктивності комплексу, необхідної кількості обладнання та розробка принципової схеми автоматизації.	2	1
Тема 2. Розрахунок автоматичного комплексу лиття під тиском Розрахунок ключових параметрів автоматичного комплексу лиття під тиском, включаючи необхідну кількість машин для лиття під тиском (МЛТ), продуктивність комплексу та допоміжне обладнання. Розробка принципової схеми автоматизації процесу.	2	1
Тема 3. Розрахунок робототехнічного комплексу для кокільного литва Розрахунок основних параметрів робототехнічного комплексу (РТК) для автоматизації процесу кокільного литва,	4	1

враховуючи технологічні вимоги та характеристики робота.

Тема 4. Розрахунок конструктивних та технологічних параметрів робота для литва по витоплюваним моделям Розрахунок ключових конструктивних та технологічних параметрів промислового робота, призначеного для автоматизації процесів литва по витоплюваним моделям, з урахуванням особливостей технології та вимог до робототехнічного комплексу	4	1
Тема 5. Розрахунок конструктивних і технологічних параметрів автоматичного комплексу для очистки поверхні виливків Розрахунок та вибір основних конструктивних і технологічних параметрів автоматичного комплексу (АК) для очистки поверхні виливків, враховуючи специфіку виробництва та вимоги до якості очистки.	4	1

Загальна кількість годин	16	$\sum_{i=1}^n a_i = 5$
---------------------------------	-----------	------------------------

Теми лабораторних робіт

Лабораторні роботи в рамках дисципліни не передбачені.

Контрольні роботи

Контрольні роботи з порошкових композиційних матеріалів	Вагові коефіцієнти b
--	--

Тема. Визначення робототехніки та її місце серед інших науково-технічних дисциплін. 1. Історія розвитку робототехніки: ключові етапи та видатні постаті. 2. Основні компоненти робототехнічної системи (механічна частина, сенсори, приводи, система керування, програмне забезпечення). 3. Класифікація робіт за різними ознаками (за призначенням, за типом маніпулятора, за ступенем автономності, за типом пересування тощо). 4. Поняття "робототехнічний комплекс" та його відмінності від окремого робота. Наведіть приклади. 5. Кінематика робіт: пряма та обернена задачі кінематики. Методи їх вирішення. 6. Динаміка робіт: рівняння руху, врахування інерції, тертя, гравітації. 7. Типи кінематичних ланцюгів робіт (відкриті, замкнуті). Переваги та недоліки. 8. Ступені свободи маніпулятора. Конфігурації маніпуляторів (шарнірний, циліндричний, декартовий, сферичний). 9. Робоча зона (простір) робота: визначення, фактори, що впливають на її форму та розмір. 10. Конструктивні матеріали, що використовуються в роботобудуванні. Вимоги до них. 11. Призначення сенсорів у робототехніці. Класифікація сенсорів за принципом дії та типом вимірюваної величини. 12. Внутрішні та зовнішні сенсори: приклади, області застосування. 13. Сенсори положення та орієнтації (енкодери, резольвери, гіроскопи, акселерометри). 14. Сенсори сили та моменту (тензометричні датчики, тактильні сенсори). 15. Сенсори відстані та наближення (ультразвукові, інфрачервоні, лазерні далекоміри).	1
---	---

-
16. Системи технічного зору: принципи роботи, обробка зображень, застосування у робототехніці.
 17. Інші типи сенсорів (акустичні, хімічні, температурні).
 18. Типи приводів, що використовуються в робототехніці (електричні, гідравлічні, пневматичні). Порівняльна характеристика.
 19. Особливості електричних приводів (серводвигуни, крокові двигуни). Режими керування.
 20. Гідравлічні та пневматичні приводи: переваги та недоліки, типові застосування.
 21. Рівні автоматизації технологічних процесів.
 22. Підготовка ливарного виробництва до застосування робототехнічних комплексів
 23. Будова та робота автоматичного комплексу на базі змішувачів
 24. Розрахунок конструктивних та технологічних параметрів автоматичного комплексу на базі змішувачів
 25. Будова та робота комплексу литва під тиском
 26. Розрахунок конструктивних та технологічних параметрів комплексу литва під тиском
-

Тема. Редуктори: призначення, типи (планетарні, хвильові, циклоїдні). Вплив на характеристики приводу.

1

1. Захоплюючі пристрої (грейфери): класифікація, принципи роботи, конструктивні особливості.
 2. Інші типи виконавчих механізмів (інструменти для зварювання, різання, фарбування тощо).
 3. Архітектура системи керування роботом (рівні керування, взаємодія компонентів).
 4. Типи керування роботами: програмне, адаптивне, інтелектуальне.
 5. Принципи зворотного зв'язку в системах керування. ПІД-регулятори.
 6. Мови програмування роботів (текстові, графічні). Приклади.
 7. Навігація та локалізація мобільних роботів: SLAM-технології, GPS, одометрія.
 8. Планування траєкторій руху робота: методи, оптимізація.
 9. Адаптивне керування та машинне навчання у робототехніці.
 10. Промислові роботи: області застосування (зварювання, фарбування, монтаж, пакування).
 11. Мобільні роботи: логістика, розвідка, безпека, сільське господарство.
 12. Сервісні роботи: медичні роботи (хірургічні, реабілітаційні), роботи для дому, роботи для розваг.
 13. Екстремальна робототехніка (космічна, підводна, для роботи у небезпечних середовищах).
 14. Співпрацюючі роботи (коботи): особливості, вимоги до безпеки, перспективи розвитку.
 15. Соціальні та гуманітарні роботи: виклики та можливості.
 16. Економічна доцільність впровадження робототехнічних комплексів.
 17. Етичні та соціальні аспекти розвитку робототехніки.
 18. Питання безпеки при експлуатації робототехнічних систем.
 19. Виклики, пов'язані з інтеграцією роботів у повсякденне життя.
 20. Перспективи розвитку штучного інтелекту в робототехніці.
 21. Наноробототехніка та біоінспірована робототехніка.
 22. Майбутнє робототехніки: тренди та прогнози.
 23. Робототехнічний комплекс для кокільного литва, склад та принцип роботи
 24. Розрахунок робототехнічного комплексу для кокільного литва
 25. Робот для литва по витоплюваним моделям, будова та принцип роботи
 26. Розрахунок конструктивних та технологічних параметрів робота для литва по витоплюваним моделям
-

27. Автоматичний комплекс для абразивної очистки поверхні виливків, будова та принцип роботи
28. Розрахунок конструктивних і технологічних параметрів автоматичного комплексу для очистки поверхні виливків

Загалом

$$\sum_{i=1}^n b_i = 2$$

Самостійна робота

До самостійної роботи відноситься самостійне опрацювання теоретичного матеріалу.

Опрацювання теоретичного матеріалу

Теми для самостійного вивчення

Кількість годин

Тема 1. Основи робототехніки та її місце в промисловості

6

Ключові питання для вивчення. Класифікація промислових роботів (ПР). Будова промислового робота. Принципи функціонування. Застосування роботів у різних галузях промисловості. Переваги та недоліки впровадження ПР.

Тема 2. Особливості ливарного виробництва як об'єкта автоматизації.

6

Основні технологічні процеси ливарного виробництва. Шкідливі та небезпечні виробничі фактори в ливарних цехах. Проблеми та виклики автоматизації ливарних цехів. Переваги автоматизації та роботизації для ливарного виробництва.

Тема 3. Застосування роботів у процесах лиття

8

Роботизовані комплекси для завантаження та вивантаження металу. Роботи для заливки металу у форми. Роботи для вибивки відливок. Роботи для очищення, обрубки та обробки відливок. Роботи для контролю якості. Системи транспортування та пакування відливок. Специфічні вимоги до роботів для ливарного виробництва. Термостійкість. Захист від пилу, бризок металу та агресивних газів. Вантажопідйомність. Точність та повторюваність.

Тема 4. Програмування роботів та системи керування

8

Архітектура системи керування роботом. Методи програмування роботів. Навчання з допомогою пульта (Teach Pendant). Офлайн-програмування. Програмування за допомогою мов високого рівня. Системи технічного зору (машинного зору) для роботів. Датчики, що використовуються в робототехнічних комплексах. Інтеграція роботів у виробничі лінії

Тема 5. Безпека та економічна ефективність робототехнічних комплексів

8

Нормативно-правова база з безпеки праці. Оцінка ризиків при експлуатації роботів. Заходи безпеки. Огородження. Системи аварійної зупинки. Блокування та взаємодії. Навчання персоналу. Економічне обґрунтування впровадження робототехніки. Витрати на впровадження. Економічні показники. Очікувані вигоди. Соціальний аспект.

Загальна кількість годин

36

Тематика індивідуальних завдань

Виконання розрахункового завдання передбачає завдання з вибору робота для певної операції, розрахунок продуктивності робототехнічного комплексу до мети навчальної дисципліни. Здобувач обирає конкретну тему в межах загальної тематики за погодженням з викладачем.



Обсяг звіту: 8–12 сторінок основного тексту. Звіт має бути оформлений відповідно до вимог, наведених у літературному джерелі [3]. Завдання виконується протягом навчальних тижнів і подається на перевірку до заліку.

Теми індивідуального завдання

Тема 1. Проектування роботизованої ділянки для завантаження плавильної печі

Розробка алгоритму роботи роботизованої системи для завантаження шихти та модифікаторів у плавильну піч. Визначення вантажопідйомності робота, розрахунок часу циклу завантаження, моделювання траєкторії руху маніпулятора.

Тема 2. Роботизоване лиття під тиском.

Проектування роботизованого комплексу для вилучення виливка з прес-форми та його подальшого охолодження. Вибір типу робота (наприклад, порталний), розрахунок робочої зони, аналіз швидкості руху робота, розрахунок продуктивності комплексу.

Тема 3. Роботизація операції очищення та обрізки виливків.

Технологічний процес обробки складного виливка за допомогою промислового робота-фрезерувальника або робота-шліфувальника. Вибір типу інструменту, визначення траєкторії руху інструменту, розрахунок зусиль, що діють на робота, розрахунок часу обробки.

Тема 4. Роботизована установка для лиття у форму

Роботизована система для заливання розплавленого металу у ливарні форми (лиття у кокіль, лиття в піщані форми). Визначення параметрів робота-заливальника (точний, високошвидкісний), розрахунок траєкторії заливки, аналіз динамічних навантажень на маніпулятор.

Тема 5. Системи технічного зору для контролю виливків

Алгоритм роботи системи технічного зору для ідентифікації та сортування виливків на конвеєрі. Вибір камери та освітлення, розрахунок параметрів зображення, проектування алгоритму обробки зображень (виявлення дефектів, вимірювання розмірів).

Тема 6. Оптимізація роботи роботизованої лінії

Модель оптимізації роботи робототехнічної системи для мінімізації часу простою та підвищення загальної ефективності виробництва. Аналіз часових витрат на кожну операцію, розрахунок коефіцієнтів використання обладнання, моделювання та симуляція роботи лінії.

Загальна кількість годин

36

Неформальна освіта

Здобувач має можливість перезарахувати окремі теми або курс шляхом: проходження професійних курсів чи тренінгів, онлайн-освіти, професійних стажувань, у сфері, що відповідає навчальним цілям дисципліни.

Для зарахування необхідно надати: сертифікат (електронний або друкований) про проходження курсу/стажування, опис програми тренінгу із зазначенням змісту тем, обсягу та тривалості.

Література та навчальні матеріали

Основна література

1. Григоров О. В., Кулаков С. В., Шаповалов Ю. В. Робототехнічні системи. Підручник. Київ: НТУУ "КПІ", 2021.
2. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Робототехнічні системи та комплекси» для студентів денної та заочної форми навчання за спеціальністю G10 "Металургія" рівня магістр / Уклад. : Берлізева Т.В. – Харків: НТУ «ХПІ», 2025. – 34 с.

<https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/91685>

3. Методичні вказівки до самостійної роботи з навчальної дисципліни «Робототехнічні системи та комплекси» для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальністю G10 «Металургія» /уклад. Т.В. Берлізева –Х.:НТУ «ХПІ», 2025 – 20 с. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/91725>

4. С.В. Артьомова. Термічна обробка і властивості литої складнопрофільної лопаті гідротурбіни / С.В. Артьомова, О.І. Пономаренко, О.С.Бударін, В.С. Бондаренко, О.М. Безвесільна, А.П. Марченко, О.В. Акімов.// Металознавство та обробка металів. –2022. – № 28 (102). – С. 58-63.<https://doi.org/10.15407/mom2022.02.058>.

5. Yevtushenko, N., Tverdokhliebova, N., Ponomarenko, O. CEUR Workshop Proceedings, 2023, Using artificial intelligence technologies to predict and identify the educational process , 3605. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85183206885&origin=resultlist>

Додаткова література

1. Євтушенко Н.С. Забезпечення безпечних умов праці для профілактики професійних захворювань працівників металургійного і ливарного виробництва / Н.С. Євтушенко, О.І. Пономаренко, Н.Є. Твердохлєбова, І.О. Мезенцева, Є.О. Семенов, С.Д. Євтушенко //Метал та лиття України. –2022. – Том 30 . – № 3 (330). – С. 117-125.

<https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/bc7365dc-9eab-40bc-8660-e99521645cb3/content>

2. Ponomarenko, O. (2024). Operation Control of Melting Furnaces in Foundry Workshops Using Simulation Models / Ponomarenko, O., Yevtushenko, N., Lysenko, T., Yevtushenko, S., Vorones, V., Shelepko, P., Vorobyov, V. // In: Ciobotă, D.D. (eds) International Conference on Reliable Systems Engineering (ICoRSE) - 2024. ICoRSE 2024. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 1129. Springer, Cham.

https://doi.org/10.1007/978-3-031-70670-7_16

3. Demin, D., Frolova, L. (2024). Construction of a logical-probabilistic model of casting quality formation for managing technological operations in foundry production. EUREKA: Physics and Engineering, 6, 104-118. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2024.003518>

5. Demin, D. (2023). Experimental and industrial method of synthesis of optimal control of the temperature region of cupola melting. EUREKA: Physics and Engineering, 2, 68–82. doi:

<https://doi.org/10.21303/2461-4262.2023.002804>

Система оцінювання

Підсумкова оцінка з освітнього компонента визначається відповідальним лектором за темами, видами занять, тощо відповідно до силабусу і є інтегральною оцінкою результатів усіх вид навчальної діяльності здобувача вищої освіти. Підсумкова оцінка повинна відображати всі оцінки за складовими навчального процесу з урахуванням їх вагових показників k :

Поточний контроль (практичні роботи), k_1	Контрольні роботи (за наявності), k_2	Індивідуальне завдання (за наявності), k_3	Підсумковий контроль (для ОК з заліком), k_4
0,4	0,2	0,3	0,1

Сума коефіцієнтів повинна складати одиницю: $k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 1$. Підбір вагових коефіцієнтів підсумкової оцінки здійснює розробник курсу.

Розрахунок підсумкової оцінки проводиться за формулою:

$$O = П \cdot k_1 + К \cdot k_2 + І \cdot k_3 + Пк \cdot k_4,$$

де: $П$ – середньозважена середня оцінка за поточний контроль,

I – оцінка за виконання індивідуального завдання,
 K – середньозважена оцінка за контрольні роботи,
 Π_k – оцінка за підсумковий контроль.

$$\Pi = \frac{\Pi_1 \cdot a_1 + \Pi_2 \cdot a_2 + \dots + \Pi_n \cdot a_n}{\sum_{i=1}^5 a_i},$$

де: a_i - ваговий коефіцієнт за практичне заняття.

$$K = \frac{K_1 \cdot b_1}{\sum_{i=1}^2 b_i},$$

де: b_i - ваговий коефіцієнт за контрольну роботу.

Поточні оцінки за кожну складову (Π , K , I ,...) виставляються за 100-бальною шкалою згідно з положенням «Про критерії та систему оцінювання знань та вмінь і про рейтинг здобувачів вищої освіти» НТУ «ХПІ».

Підсумкова оцінка виставляється відповідно до розрахованої O з округленням до найближчого цілого числа в більшу сторону.

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Здобувач вищої освіти повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту.

Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

30.06.2025

Дата погодження, підпис



Завідувач кафедри
Ольга Пономаренко

30.06.2025

Дата погодження, підпис



Гарант ОП
Дмитро ДЬОМІН