



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

Аналіз та синтез ливарних систем

Шифр та назва спеціальності

136 – Металургія

Освітня програма

Металургійні процеси та системи

Рівень освіти

Другий (магістерський)

Семестр

1

Інститут

ННІ Механічної інженерії та транспорту

Кафедра

Ливарного виробництва (142)

Тип дисципліни

Обов'язкова

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Пономаренко Ольга Іванівна,

Olha.Ponomarenko@khpi.edu.ua

доктор технічних наук, професор кафедри ливарного виробництва НТУ «ХПІ»

Досвід роботи – 35 років. автор більш ніж 380 науково- та навчально-методичних праць, з них 20 навчально-методичного характеру, 8 методичних посібників з грифом Міносвіти України, 1 підручник, 3 монографії та 17 авторських свідоцтв і патентів.

Курси: «Теорія формування відливок», «Формувальні матеріали та суміші», «Фізико-хімічні основи ливарного виробництва», «Ресурсозберігаючі технології та плавка сплавів зі спеціальними властивостями», «Конструювання литих виробів та оснащення», «Аддитивні технології у ливарному виробництві»

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

У курсі лекцій представлено методологію системного аналізу та синтезу складних технічних систем та методологію системного підходу для рішення наукових і практичних задач ливарного виробництва з використанням апарату теорії систем, прикладних математичних методів, теорії структурної та параметричної надійності систем для підвищення ефективності вирішення задач по проєктуванню, реконструкції та експлуатації ливарних технологічних систем для створення на їх базі нових технологічних рішень в області технології і обладнання ливарного виробництва, що забезпечують випуск заданої кількості якісних відливок.

Мета та цілі дисципліни

Мета курсу – дати майбутнім фахівцям знання основ системного аналізу і синтезу складних технічних систем, навчити використовувати методологію системного аналізу, математичні

методи дослідження складних систем, теорію структурної та параметричної надійності систем для створення на їх базі нових технологічних рішень в області технології і обладнання ливарного виробництва.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, розрахункове завдання, самостійна робота, консультації.

Підсумковий контроль – екзамен.

Компетентності

ЗК 1. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні.

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

СК 6. Здатність оцінювати технічні, економічні, екологічні, безпекові та інші ризики при плануванні або впровадженні нових технологічних процесів.

СК 7. Здатність планувати і виконувати експериментальні дослідження в металургії та інтерпретувати їх результати.

СК 8. Здатність приймати ефективні рішення в металургії.

СК 9. Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми металургії в широких та мультидисциплінарних контекстах, у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності.

Результати навчання

РН1. Розробляти технологію виробництва на основі розуміння процесів, що відбуваються, з урахуванням особливостей виробництва та визначати оптимальний режим роботи обладнання з урахуванням наявних невизначеностей та ризиків.

РН2. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її, обирати оптимальні методи та здійснювати статистичний аналіз даних.

РН3. Розробляти заходи з охорони праці та навколишнього середовища при проведенні досліджень та у виробничій діяльності.

РН 5 Співвідносити хімічний склад, структуру і властивості матеріалів металургійного виробництва.

РН6. Формувати структуру і властивості продукції металургійного виробництва відповідно до потреб замовників.

РН8. Пропонувати нові технічні рішення з урахуванням цілей та ресурсних обмежень, економічних, екологічних, правових та безпекових аспектів, розробляти і застосовувати нові металургійні технології.

РН10. Застосовувати сучасні математичні методи, цифрові технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач і проблем металургії.

РН 12. Розуміння фізико-хімічних основ легування, мікролегування, модифікування та рафінування, впливу хімічного складу на структуроутворення і експлуатаційні властивості чорних і кольорових металів і сплавів.

РН 14. Розуміння різних способів формоутворення та проектування оснащення для різних видів литва.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (5 кредита ECTS): лекції – 32 год., практичні заняття -32 год, самостійна робота –86 год.



Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички з наступних дисциплін: «Технологічні основи машинобудування», «Системи САМ/СМ/САЕ в ливарному виробництві», «Інформатика», «Обладнання ливарного виробництва», «Теорія формування виливків», «Печі ливарних цехів», «Автоматичні лінії та робототехнічні комплекси в ливарному виробництві».

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 галузі сучасних робочих процесів для отримання нових технологічних рішень в області технології і обладнання ливарного виробництва, що забезпечують випуск заданої кількості якісних відливок. Навчальні матеріали доступні студентам через OneNote Class Notebook.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Вступ.

Виникнення та розвиток системних уявлень. Науки, які займаються вивченням та дослідженням складних систем.. Основні ознаки, які відрізняють складні системи. Особливості системного підходу до рішення задач складних технічних систем. Основні поняття системи.

Визначення та принципи системного аналізу і його використання для рішення задач щодо керування технологічними системами на етапах їх створення та експлуатації.

Тема 1. Основи системного аналізу та синтезу.

Загальне ставлення і сучасні методи рішення задач аналізу та синтезу технічних систем. Системи, структура, елементи, підсистема, мета система, системні ефекти, функціональний та структурний зв'язок, критерії оптимального синтезу системи. Композиція та декомпозиція складних технічних систем. Ієрархічні системи та їх описання.

Розробка критеріїв ефективності та цільових функцій на основі системного підходу при рішенні оптимізаційних задач ливарного виробництва. Рівні системного аналізу в ливарному виробництві, вилівка, технологія, спосіб виготовлення, технологічний комплекс, ливарний цех як основні технічні системи ливарного виробництва.

Тема 2. Системно-структурний метод дослідження систем.

Вибір оптимального варіанту структури складної системи. Пошук оптимального варіанту конструктивної схеми пресового формувального автомата. Аналіз стану виробничої системи. Використання системно-структурного методу для проектування автоматичних ливарних ліній (АЛЛ) на основі уніфікованих агрегатів. Методика прогнозування нових рішень в проектуванні ливарного обладнання

Тема 3. Структурні моделі.

Теорія графів. Використання теорії графів для аналізу структури та компоновок автоматичних ливарних ліній. Використання елементів теорії графів при дослідженні технологічного процесу виробництва виливків з чавуну з кулькоподібного графіту.

Тема 4. Моделі ливарних систем.

Двобокій характер ливарної системи. Операційно-технологічні та агрегатно-технологічні графи. Аналіз графів з допомогою матриць потрібності та відповідальності. Умови доцільного будівництва та функціонування ливарної системи. Ливарна система, як транспортна мережа. Визначення та властивості транспортної системи. Умови раціональної структури, доцільного функціонування, доцільного технологічного процесу, потреби в сировині, доцільна потужність агрегатів, взаємодії системи, відповідальності, найменшого перетину, безперервності функціонування системи, доцільного регулювання. Моделювання плавильних систем та умови їх доцільної будови. Виробництво сталі та чавуну. Сучасні ливарні цехи. Моделі ливарних цехів. Доцільна компоновка ливарних систем. Ливарні системи та АСУ.



Тема 5. Математичне описання елементів складних систем.

Вибір математичної схеми для описання елементів складних систем. Диференціальні та різницеві рівняння. Загальні динамічні системи: кінцеві автомати, ймовірні автомати, системи масового обслуговування. Марковські процеси, регеніруючі процеси, кусково-лінійні процеси. Вибір уніфікованої абстрактної схеми. Утворення загальної математичної моделі складної системи.

Використання математичних схем для описування роботи обладнання ливарного цеху. Математичний апарат аналізу і синтезу ливарних систем.

Сучасні методи аналізу складних стохастичних динамічних систем. Аналітичні та численні методи, їх можливість і область використання.

Тема 6. Імітаційне моделювання складних технічних систем.

Методологія імітаційного моделювання. Переваги. Порівняння з фізичним та математичним моделюванням. Области використання імітаційного моделювання. Етапи процесу імітаційного дослідження складних систем.

Методика реалізації чисельних експериментів на ПК з моделями складних систем. Будова та принцип роботи робота для литва по витоплюваним моделям

Тема 7. Оптимізація ливарного цеху.

Аналіз ливарного цеху як складної динамічної технічної системи. Підсистеми ливарного цеху та їх взаємозв'язок. Загальносистемні ефекти та зміни під час функціонування ливарного цеху. Методика розробки динамічних моделей функціонування підсистем ливарного цеху на основі імовірно-статистичного підходу. Методи рішення задачі календарного і оперативного планування ливарного цеху на основі методів математичного програмування. Ставлення та рішення задачі на основі лінійного програмування. Зведення задачі до канонічного виду, формування симплекс-матриці задачі, технологія використання стандартного математичного забезпечення для рішення задачі.

Процес твердіння і охолодження металу у ливарній формі. Методи визначення швидкості і часу твердіння виливків.

Тема 8. Аналіз та синтез ливарної технології.

Основні поняття системного морфологічного і функціонально-коштовного підходів для аналізу функціональної та комбінаторно-структурного боку засобу виготовлення виливків. Засіб виготовлення виливків як технічно розвиваюча система.

Структурно-функціональна модель засобу виготовлення форми та моделі. Основні параметри способу: 1) матеріали або сукупність матеріалів для виготовлення форми та моделей; 2) надання конфігурації форми; 3) стабілізація форми; 4) руйнування форми після твердіння виливка; 5) утилізація відходів.

Методика систематизації наявності технічної інформатики по різних способам виготовлення виливків. Матриці технологічних можливостей, переваг та недоліків існуючих способів виготовлення виливків. Фреймові моделі подання знань та технологія виготовлення виливків.

Комп'ютерні системи керування якістю виливків. Основні поняття про експертні системи. Знання і їх машинне уявлення. Продукційний та фреймовий підходи до формалізації технічних знань.

Концепція активних знань і промислові експерименти у технологічних системах. Фреймова модель знань про властивості формувальних сумішей для автоматичних ліній виготовлення ливарних систем.

Тема 9. Ливарні технологічні системи.

Визначення технологічної системи ливарного виробництва, яка складається з підсистем: „виливок – обладнання - підсистеми керування якістю виливків та надійності обладнання”. Загальносистемні параметри та змінні ефекти взаємодії підсистем.

Аналіз елементів ливарної технології. Поточні, конвеєрні та автоматичні лінії, транспортні системи, роботизовані комплекси обладнання як складні нелінійні стохастичні системи. Аналітичні, чисельні та програмні методи дослідження динаміки складних нелінійних стохастичних динамічних систем.

Методи функціонального, структурного та параметричного аналізу та синтезу складання систем ливарного обладнання. Розробка ієрархічної та топологічної моделей складної ливарної системи. Синтез математичної моделі функціонування довільного елемента на основі математичного апарату імовірнісних автоматів. Ідентифікація вхідного та вихідного алфавітів, моделювання



динаміки зміни внутрішнього етапу, розробка імовірних моделей перехідних та вихідних функцій вивчаємої системи. Концепція нормативного математичного моделювання складних технічних систем. Розробка нормативних математичних моделей ливарних систем на основі апарату імовірнісних методів моделювання. Рішення практичних задач на імітаційних моделях.

Теми практичних занять

Тема 1. Моделювання систем ливарного цеху на основі апарату теорії графів.

Подвійний характер ливарної системи вимагає роздільної побудови моделей пластичної та скелетної частини. Технологічна частина описується операційно-технологічним графом, а скелетна за допомогою агрегатно-технологічного графа.

Тема 2. Розрахунок на ПК економічної ефективності від впровадження заходів, спрямованих на скорочення простоїв автоматичних ливарних ліній.

Ознайомлення з роботою автоматичних ливарних ліній (АЛЛ) в процесі експлуатації та вплив простоїв ліній на їх продуктивність.

Поелементний розрахунок величини економічної ефективності від запровадження заходів, вкладених у скорочення простоїв АЛЛ ливарних цехів.

Тема 3. Розрахунок на ПК оптимальної кількості плавильного обладнання цехів масового та крупносерійного виробництва.

Розв'язання задачі з розрахунку потреби у плавильному обладнанні за критерієм мінімуму наведених витрат.

Методика дозволяє розраховувати кількість та ємність різного плавильного обладнання (вагранок, електродугових та індукційних печей) для плавки чавуну та сталі.

Тема 4. Дослідження роботи автоматичних ліній на імітаційних моделях.

Розробити імітаційну модель автоматичної ливарної лінії.

Дослідити роботу автоматичних ливарних ліній на імітаційних моделях.

Тема 5. Структурна оптимізація процесу електромагнітної сепарації відпрацьованих формувальних сумішей та її розрахунок на ПК.

На основі методики структурної оптимізації визначити оптимальну кількість електромагнітних сепараторів для формувально-сумішопідготовчої системи ливарного цеху.

Тема 6. Системно-структурний метод О. О. Бєлікова.

Вибір оптимального варіанта структури складної системи за допомогою системно-структурного методу на прикладах:

Знаходження оптимального варіанта конструктивної схеми пресового формувального автомата АЛЛ;

Аналіз стану виробничої системи ливарного цеху.

Теми лабораторних робіт

Лабораторні роботи в рамках дисципліни не передбачені

Самостійна робота

Курс передбачає підготовку розрахункового завдання за індивідуальною темою. На підставі заданої підсистеми ливарного цеху розробити її технологічну модель.

Студентам також рекомендуються додаткові матеріали для самостійного вивчення та аналізу.

Література та навчальні матеріали

Основна література

1. Ситник Г.П., Комаха Л.Г., Рудик А.О. Основи теорії систем та системного аналізу: навчальний посібник / за заг. ред. Г.П. Ситника ; ТОВ «Академпрес». – Київ, 2024. – 160 с.



2. Прокопенко Т.О. Теорія систем і системний аналіз: навч. посіб.[Електронний ресурс] / Т.О. Прокопенко; М-во освіти України, Черкас.держ.технол.ун-т. – Черкаси:ЧДТУ, 2020. – 139 с.
3. Ponomarenko, O., Yevtushenko, N., Khoroshylov, O., Yevtushenko, S., Berlizeva, T., Vorobyov, M., Lukianov, I. (2023). Using an Object-Oriented Approach in Foundry Production. (Использование объектно-ориентированного подхода в литейном производстве).In: Ciobață, D.D. (eds) International Conference on Reliable Systems Engineering (ICoRSE) - 2023. ICoRSE 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 762, pp. 604-615. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-40628-7_48
4. OI Ponomarenko, SD Yevtushenko, NS Yevtushenko, TV Berlizeva, MM Vorobiov. Robust methods for controlling casting processes and the quality of castings.(Робастные методы управления литейными процессами и качеством отливок). /4th International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF-2023) 22/05/2023 - 26/05/2023 Kryvyi Rih, Ukraine, 2023 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1254 012007 DOI 10.1088/1755-1315/1254/1/0120078.
5. Ponomarenko, O. (2024). Operation Control of Melting Furnaces in Foundry Workshops Using Simulation Models. (Управление работой плавильных печей в литейных цехах с использованием имитационных моделей) / Ponomarenko, O. , Yevtushenko, N., Lysenko, T., Yevtushenko, S., Vorones, V., Shelepko, P., Vorobyov, V. // In: Ciobață, D.D. (eds) International Conference on Reliable Systems Engineering (ICoRSE) - 2024. ICoRSE 2024. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 1129. Springer, Cham. (Scopus) https://doi.org/10.1007/978-3-031-70670-7_16

Додаткова література

6. Olga Ponomarenko, Nataliia Yevtushenko, Tetiana Berlizeva, Igor Grimzin, Tatiana Lysenko. (2022) A Method for Calculating the Strength Performance of Cast Parts. In: Tonkonogiy V., Ivanov V., Trojanowska J., Oborskyi G., Pavlenko I. (eds) Advanced Manufacturing Processes IV. InterPartner 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. September 6-9, 2022 | Odessa, Ukraine. C. 473-481 https://doi.org/10.1007/978-3-031-16651-8_45
7. Ponomarenko, O. (2024). Operation Control of Melting Furnaces in Foundry Workshops Using Simulation Models. (Управление работой плавильных печей в литейных цехах с использованием имитационных моделей) / Ponomarenko, O. , Yevtushenko, N., Lysenko, T., Yevtushenko, S., Vorones, V., Shelepko, P., Vorobyov, V. // In: Ciobață, D.D. (eds) International Conference on Reliable Systems Engineering (ICoRSE) - 2024. ICoRSE 2024. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 1129. Springer, Cham. (Scopus).

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання у вигляді екзамену (20%) та поточного оцінювання (80%).

Залік: письмове завдання (2 запитання з теорії) та усна доповідь.

Поточне оцінювання: 2 модульні контрольні, практичні та розрахункові завдання (по 20%).

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

Студент 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

24.06.2024

Дата погодження, підпис



Завідувач кафедри
Олег АКИМОВ

24.06.2024

Дата погодження, підпис



Гарант ОП
Ольга ПОНОМАРЕНКО

