



## Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

# Адаптивні і оптимальні системи автоматичного керування

Шифр та назва спеціальності  
136 – Металургія

Інститут  
ННІ Механічної інженерії та транспорту

Освітня програма  
Металургія

Кафедра  
Ливарного виробництва (142)

Рівень освіти  
Третій (доктор філософії)

Тип дисципліни  
Спеціальна (фахова), вибіркова

Семестр  
3

Мова викладання  
Українська, англійська

## Викладачі, розробники



**Дьомін Дмитро Олександрович**

[Dmytro.Domin@khpі.edu.ua](mailto:Dmytro.Domin@khpі.edu.ua)

Досвід роботи – 27 років. Автор понад 200 наукових та навчально-методичних праць. Курси: «Адаптивні і оптимальні системи автоматичного керування», «Методи обробки наукового експерименту», «Основи наукових досліджень та організація НДР у ливарному виробництві».

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

## Загальна інформація

### Анотація

Курс лекцій містить розширені відомості про системи автоматичного керування у ливарному виробництві, які або сьогодні активно використовуються в промисловості для виробництва виливків, або є перспективними. Наведено відомості про системи керування процесами по усіх складових ливарної технології, системи керування обладнанням ліній для виготовлення виливків, принципіальні схеми керування, теоретичні основи розрахунків оптимального керування, математичне моделювання об'єктів керування, адаптивне моделювання ливарних процесів для розробки систем керування.

### Мета та цілі дисципліни

**Мета курсу:** Виробити у аспіранта здатність застосовувати знання і розуміння принципів математичного моделювання, зокрема адаптивного моделювання, для розробки моделей процесів металургічного виробництва; здатність до науково – методичного обґрунтування, розробки та впровадження інноваційних систем керування виробничими процесів отримання виливків, фізико-хімічними процесами в рідких сплавах задля отримання якісного литва.

В результаті вивчення курсу аспірант повинен знати:

сучасні системи керування у ливарному виробництві; уміти кратко описувати роботу різних систем та порівнювати їх, будувати математичні моделі технологічних процесів, розраховувати оптимальні параметри процесів для вибору найкращих технологічних режимів; виконувати основні операції по розрахунку оптимального та адаптивного керування залежно від конкретного технологічного об'єкту ливарного цеху. Демонструвати знання теоретичних основ математичного моделювання, що базується на методах активного та пасивного експерименту. Розробляти оптимальні технологічні режими по окремих технологічних процесах виготовлення виливків; демонструвати знання методики пошуку оптимальних рішень відносно процесів структуроутворення; встановлювати взаємозв'язок між структурними параметрами та властивостями матеріалів ливарного виробництва, з метою подальшої розробки оптимального керування за обраними критеріями якості.

### **Формат занять**

Лекції, лабораторні роботи, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – іспит.

### **Компетентності**

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК04. Здатність розв'язувати комплексні проблеми металургії на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

ЗК05. Здатність до особистісного і професійного розвитку, самоменеджменту у науковій і професійній діяльності

ЗК06. Здатність генерувати нові ідеї (креативність)

СК01. Здатність ініціювати та реалізовувати інноваційні комплексні проекти в металургії та дотичні до неї міждисциплінарні проекти з урахуванням технічних, економічних, правих, екологічних та етичних аспектів, лідерство під час їх реалізації.

СК02. Здатність планувати і виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання в металургії і дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з металургії та суміжних галузей.

СК04. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького та/або інноваційного характеру у сфері металургії, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК05. Здатність застосовувати сучасні методи та інструменти експериментальних і теоретичних досліджень, а також методи моделювання металургійних процесів та/або обладнання для розв'язання комплексних проблем металургії

СК08. Здатність контролювати якість продукції; розробляти пропозиції щодо поліпшення якості продукції з метою розширення ринку збуту; здатність до організації робіт з маркетингу продукції ливарного виробництва

### **Результати навчання**

РН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з металургії та на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

РН02. Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми металургії державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях в провідних наукових виданнях.

РН03. Використовувати необхідні для обґрунтування висновків докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні емпіричні дані.



PH05. Планувати і виконувати експериментальні дослідження з металургії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних обладнання та методик, аналізувати результати експериментів у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

PH06. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, бази даних та інформаційні системи.

PH07. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми металургії з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, екологічних та правових аспектів.

PH09. Кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях в провідних наукових виданнях України та світу. Використовувати в процесі представлення результатів досліджень в наукових статтях та матеріалах наукових конференцій аргументів та доказової бази щодо наукової новизни та практичної значущості результатів досліджень

PH12. Демонструвати знання вимог до публікацій результатів досліджень, переліків головних фахових наукових видань за спеціальністю, особливостей публікації в електронних виданнях та виданнях, що входять до провідних наукометричних баз (Scopus, Google Scholar Citation та ін. ); структурних складових дисертаційних робіт, обсягів, особливостей та принципів їх викладання, методичних засад формування переліку цитованої літератури за одним з рекомендованих міжнародних стилів; процедури подання дисертацій до розгляду і захисту у спеціалізованій вченій раді, переліком необхідних документів та вимогами до їх форми і змісту.

### **Обсяг дисципліни**

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредита ECTS): лекції – 30 год., лабораторні заняття 10 год., самостійна робота –80 год.

### **Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)**

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички з наступних дисциплін: «Автоматизація ливарного виробництва», «Технічні засоби автоматизації», «Проектування та експлуатація систем керування», «Приводи ливарних машин», «Обладнання ливарного виробництва», «Ресурсозберігаючі технології в ливарному виробництві».

### **Особливості дисципліни, методи та технології навчання**

Лекції проводяться дистанційно з використанням інфо-комунікаційних засобів. На заняттях використовується проєктний підхід до навчання, ігрові методи з моделюванням різних ситуацій. Навчальні матеріали доступні аспірантам через OneNote Class Notebook.

## **Програма навчальної дисципліни**

### **Теми лекційних занять**

**Вступ.** Значення та задачі дисципліни. Література.

**Тема 1. Системи автоматизації змішувачів.**

Вимоги до обладнання. Приводи змішувачів. Схеми автоматизації. Вхідні та вихідні змінні для побудови математичних моделей процесів виготовлення формувальних та стрижньових сумішей.

**Тема 2. Системи автоматизації процесів формовки.**



Схеми автоматизації процесу ущільнення суміші пресуванням. Схеми автоматизації процесу ущільнення суміші струшуванням. Схеми автоматизації процесу ущільнення суміші імпульсним впливом. Пневматичний привід формувальних машин. Гідравлічний привід формувальних машин. Пневмогідравлічний привод формувальних машин. Вхідні та вихідні змінні для побудови математичних моделей процесів ущільнення сумішей

### Тема 3. Системи автоматизації плавки.

Фізико-хімічні основи металургійних процесів плавки як об'єкту керування. Схеми автоматизації індукційних печей. Схеми автоматизації електродугових печей. Схеми автоматизації ваграночного процесу. Схеми автоматизації дуплекс-процесів плавки. Вхідні та вихідні змінні для побудови математичних моделей процесів плавки та позапічної обробки.

### Тема 4. Системи автоматизації процесів виготовлення стрижнів.

Схеми автоматизації процесів виготовлення стрижнів на окремих стрижневих машинах. Схеми автоматизації процесів виготовлення стрижнів в автоматизованому та автоматичному виробництві. Вхідні та вихідні змінні для побудови математичних моделей процесів виготовлення стрижнів.

### Тема 5. Автоматичні лінії та моделювання функціонування окремих ділянок ливарного цеху.

Ливарний цех як система масового обслуговування. Розрахунки показників функціонування обладнання цеху. Автоматичні лінії ливарного виробництва

### Тема 6. Синтез систем керування технологічними процесами ливарного виробництва.

Логічний синтез систем керування формувальним обладнанням. Логічний синтез систем керування сумішеприготовчим обладнанням. Логічний синтез систем керування стрижньовим обладнанням. Логічний синтез систем керування плавильним обладнанням.

### Тема 7. Побудова математичних моделей технологічних процесів на основі активного експерименту.

Вибір структури моделей. Принципи вибору вхідних та вихідних змінних процесів. Плани повного факторного експерименту. Принципи розрахунку параметрів моделей.

### Тема №8. Побудова математичних моделей технологічних процесів на основі пасивного експерименту.

Вибір структури моделей. Принципи вибору вхідних та вихідних змінних процесів. Метод найменших квадратів. Статистичний аналіз точності та перевірка адекватності моделей.

### Тема №9. Експериментальні методи оптимізації

Метод Бокса-Уілсона. Канонічне перетворення поверхні відгуку. Гребеневий аналіз

### Тема №10. Методи адаптивного математичного моделювання

Аддитивний та неаддитивний дрейф технологічних об'єктів. Побудова адаптивних математичних моделей за умови неаддитивного неконтрольованого дрейфу

### Тема №11. Принцип максимуму Понтрягіна

Сутність принципу максимуму Понтрягіна. Пошук оптимального керування за швидкодією. Приклади використання принципу максимуму для пошуку оптимального керування процесами електродугової та індукційної плавки

### Тема №12. Синтез оптимальних регуляторів з використанням принципу максимуму

Сутність принципу синтезу оптимальних регуляторів з використанням принципу максимуму. Уніфікація математичних моделей технологічних процесів ливарного виробництва для синтезу оптимальних регуляторів



## Теми лабораторних занять

**Тема №1.** Моделювання процесу виготовлення суміші для виготовлення разових ливарних форм за даними активного експерименту

**Тема №2.** Моделювання процесу виготовлення суміші для виготовлення разових ливарних форм за даними пасивного експерименту

**Тема №3.** Побудова моделі «Склад – властивості» сплаву за даними активного експерименту

**Тема №4.** Побудова моделі «Склад – властивості» сплаву за даними пасивного експерименту

**Тема №5.** Визначення оптимальних режимів підготовки формувальних матеріалів методом Бокса-Уілсона

**Тема №6.** Синтез оптимального керування процесом термочасової обробки розплаву в печі

## Самостійна робота

Курс передбачає підготовку наукової статті за індивідуальною темою в рамках тематики дисертації. Аспіранту також рекомендуються додаткові матеріали для самостійного вивчення та аналізу.

## Література та навчальні матеріали

### Основна література

1. Demin, D. (2017). Synthesis of optimal control of technological processes based on a multialternative parametric description of the final state. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (4 (87)), 51–63. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.105294>
2. Demin, D. (2019). Development of «whole» evaluation algorithm of the control quality of «cupola – mixer» melting duplex process. *Technology Audit and Production Reserves*, 3 (1 (47)), 4–24. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.174449>
3. Demin D. A. (2014). Mathematical description typification in the problems of synthesis of optimal controller of foundry technological parameters. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (4 (67)), 43–56. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.21203>
4. Dymko, I. (2018). Choice of the optimal control strategy for the duplex-process of induction melting of constructional iron. *EUREKA: Physics and Engineering*, 4, 3–13. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2018.00669>
5. Demin, D., Domin, O. (2021). Adaptive technology for constructing the kinetic equations of reduction reactions under conditions of a priori uncertainty. *EUREKA: Physics and Engineering*, 4, 14–29. doi: <http://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001959>
6. 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>
7. Demin, D. (2013). Adaptive modeling in problems of optimal control search termovremennoy cast iron. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (66)), 31–37. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2013.19453>
8. Demin, D. (2012). Synthesis process control elektrodugovoy smelting iron. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (56)), 4–9. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2012.3881>
9. Trufanov, I. D., Chumakov, K. I., Bondarenko, A. A. (2005). Obshheteoreticheskie aspekty razrabotki stokhasticheskoi sistemy avtomatizirovanoi ekspertnoi otsenki dinamicheskogo kachestva proizvodstvennykh situatsii elektrostaleplavleniia. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2 (18)), 52–58.

### Додаткова література



1. Domin, D. (2013). Artificial orthogonalization in searching of optimal control of technological processes under uncertainty conditions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (9 (65)), 45–53. Available at: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/18452/16199>
2. Demin, D. (2020). Constructing the parametric failure function of the temperature control system of induction crucible furnaces. EUREKA: Physics and Engineering, 6, 19–32. doi: <http://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001489>
3. Trufanov, I. D., Metelskii, V. P., Chumakov, K. I., Lozinskii, O. Iu., Paranchuk, Ia. S. (2008). Energoberegaiushhee upravlenie elektrotekhnologicheskim kompleksom kak baza povysheniya energoeffektivnosti metallurgii stali. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (1 (36)), 22–29.

## Система оцінювання

### Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання у вигляді екзамену (60%) та реферату (40%).

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

### 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

Аспірант 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



Завідувач кафедри  
Олег АКИМОВ



Гарант ОП  
Олег АКИМОВ

