



## Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

# Сучасний математичний апарат для проведення наукових досліджень

Шифр та назва спеціальності  
136 – Металургія

Освітня програма  
Металургія

Рівень освіти  
Третій (доктор філософії)

Семестр  
3

Інститут  
ННІ Механічної інженерії та транспорту

Кафедра  
Ливарного виробництва (142)

Тип дисципліни  
Спеціальна (фахова), вибіркова

Мова викладання  
Українська

## Викладачі, розробники



### Дьомін Дмитро Олександрович

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

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

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», «Педагогічно-інформаційні технології у вищій освіті та наукових дослідженнях механічної інженерії».

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

## Загальна інформація

### Анотація

Курс лекцій містить матеріали з математичного апарату, який орієнтований на проведення експериментально-промислових досліджень в ливарних цехах. Наведено відомості про регресійний аналіз, дисперсійний аналіз, адаптивне математичне моделювання в умовах аддитивного та неаддитивного дрейфу, методи пошуку оптимальних рішень, моделювання систем масового обслуговування, основи статистичної теорії ігор в проєктування технології ливарної форми, розпізнавання образів.

### Мета та цілі дисципліни

**Мета курсу:** Виробити у аспіранта здатність застосовувати знання і розуміння принципів побудови математичних моделей процесів ливарного виробництва, що

сприятимуть отриманню нових уявлень про закономірності формування якості продукції ливарного виробництва, зокрема процесів формування сплавів; здатність до науково-методичного обґрунтування, розробки та впровадження нових конструкторських та технологічних рішень, що можуть сприяти оптимізації технологічних процесів по усіх ділянках ливарного цеху по обраних критеріях оптимізації залежно від вимог до виливків чи функціонування об'єктів ливарного цеху.

В результаті вивчення курсу аспірант повинен знати:

основні положення теорії ймовірності, теорії множин, математичної статистики; уміти обробляти первинні експериментальні дані, будувати лінійні та нелінійні рівняння регресії; оцінювати вплив технологічних факторів на вихідні змінні процесу на основі дисперсійного аналізу; аналізувати математичні моделі процесів задля визначення оптимальних рішень з удосконалення технологічних процесів. Демонструвати знання теоретичних основ математичного моделювання на основі експериментальної роботи; адаптивного математичного моделювання за умов дрейфу характеристик об'єктів. Розраховувати оптимальні технологічні режими по окремих технологічних процесах ливарного виробництва; демонструвати знання методики моделювання функціонування ливарних цехів як систем масового обслуговування, використовувати теорію статистичних ігор для проєктування технології ливарних форм та методи розпізнавання образів для визначення етапів технологічного процесу виготовлення виливків, на яких формується брак виливків чи з'являється параметрична відмова.

### **Формат занять**

Лекції, практичні заняття, 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 проєкти в металургії та дотичні до неї міждисциплінарні проєкти з урахуванням технічних, економічних, правових, 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.



PH02. 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.

PH03. 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., практичні заняття 10 год., самостійна робота – 80 год.

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

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички з наступних дисциплін: «Вища математика», «Ресурсозберігаючі технології ливарного виробництва», «Сплави та плавка», «Моделювання та оптимізація металургійних процесів та оснащення», «Експериментальні дослідження, обробка результатів експерименту».

## **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. Технологічні процеси ливарного виробництва як об'єкти математичного моделювання.**

Основні процеси ливарного виробництва, вхідні та вихідні змінні по окремих технологічних процесах та ділянках ливарного цеху. Основи обробки експериментальних даних.

**Тема 2. Ливарні цехи як організаційно-технічні системи.**



Ділянки ливарного цеху як об'єкти моделювання. Формалізація представлення функціонування ливарного цеху. Системи масового обслуговування з відмовами. Системати масового обслуговування з очікуванням.

### Тема 3. Регресійний аналіз.

Структура рівнянь регресії. Оцінювання коефіцієнтів рівнянь регресії

### Тема 4. Аналіз рівнянь регресії.

Статистичний аналіз точності рівнянь регресії. Визначення значущості факторів. Перевірка адекватності рівнянь регресії.

### Тема 5. Дослідження рівнянь регресії на предмет виявлення стаціонарної області досліджуваного процесу.

Методи аналізу поверхонь відгуку. Побудова поверхонь відгуку. Побудова номограм як інструмента технолога ливарного цеху

### Тема 6. Методи оптимізації.

Гradientні методи. Канонічне перетворення поверхні відгуку.

### Тема 7. Адаптивне моделювання за умов дрейфу об'єкту.

Принцип побудови математичних моделей об'єкту за умов дрейфу його характеристик. Оцінювання дрейфуючих коефіцієнтів рівнянь. Використання методів адаптивного моделювання у визначенні фізико-хімічних процесів в плавильних системах.

### Тема №8. Штучна ортогоналізація.

Принципи штучної ортогоналізації. Використання штучної ортогоналізації при побудові математичних моделей процесів ливарного виробництва по малій виборці даних.

### Тема №9. Нечіткий регресійний аналіз в процесах моделювання функціонування об'єктів ливарного виробництва

Основні поняття нечітких величин. Функції належності. Оцінювання коефіцієнтів регресійних рівнянь по малій виборці нечітких даних

### Тема №10. Розпізнавання образів

Принципи розпізнавання. Параметричні та непараметричні методи.

### Тема №11. Математичне моделювання послідовних технологічних процесів ливарного виробництва та виявлення вузьких місць.

Особливості моделювання послідовних процесів. Параметричні та функціональні відмови.

### Тема №12. Основи теорії статистичних ігор

Статистичні ігри без експерименту: принципи вибору найкращих варіантів ливарної форми. Функції ризику в проектуванні ливарних форм

## Теми практичних занять

Тема №1. Розрахунок коефіцієнтів лінійних рівнянь регресії

Тема №2. Розрахунок коефіцієнтів нелінійних рівнянь регресії

Тема №3. Перевірка впливовості фактору на технологічний процес дисперсійним аналізом

Тема №4. Визначення оптимальної кількості каналів обслуговування на плавильно-формульовально-заливальної ділянці ливарного цеху



Тема №5. Визначення дрейфуючих коефіцієнтів рівнянь регресії, що описують фізико-хімічний процес в плавильній системі

Тема №6. Визначення вузької ділянки цеху на основі параметричного методу розпізнавання образів.

### 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. (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>
2. 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>
3. 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>
4. 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>
5. Aouati, M. (2016). Localization of vectors-patterns in the problems of parametric classification with the purpose of increasing its accuracy. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (4 (82)), 10–20. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.76171>
6. Aouati, M. (2017). Parametric identification in the problem of determining the quality of dusulfuration and dephosphoration processes of Fe-C alloy. *Technology Audit and Production Reserves*, 2 (1 (34)), 9–15. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.99130>
7. Aouati, M. (2017). Selection of state variables and algorithms of parametric identification of the object by its kinematic characteristics. *ScienceRise*, 4 (2), 37–41. doi: <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2017.99049>
8. Aouati, M. (2017). Improvement of accuracy of parametric classification in the space of  $n \times 2$  factors-attributes on the basis of preliminary obtained linear discriminant function. *EUREKA: Physics and Engineering*, 3, 55–68. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2017.00362>
9. Aouati, M. (2018). Improving the accuracy of classifying rules for controlling the processes of deculfuration and dephosphorization of Fe-C melt. *Technology Audit and Production Reserves*, 2 (3 (46)), 10–18. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.169696>
10. 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>

### Додаткова література

1. Chibichik, O., Sil'chenko, K., Zemliachenko, D., Korchaka, I., Makarenko, D. (2017). Investigation of the response surface describing the mathematical model of the effects of the Al/Mg rate and temperature on the Al-Mg alloy castability. *ScienceRise*, 5 (2), 42–45. doi: <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2017.101923>



2. Makarenko, D. (2017). Investigation of the response surfaces describing the mathematical model of the influence of temperature and BeO content in the composite materials on the yield and ultimate strength. *Technology Audit and Production Reserves*, 3 (3 (35)), 13–17. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.104895>
3. Frolova, L., Barsuk, A., Nikolaiev, D. (2022). Revealing the significance of the influence of vanadium on the mechanical properties of cast iron for castings for machine-building purpose. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (1 (66)), 6–10. doi: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.263428>
4. Frolova, L. V. (2011). Identification provision of energy saving on the basis of audit process moulding machines shaking. *Technology Audit and Production Reserves*, 2 (2 (2)), 8–13. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2011.4859>
5. Frolova, L. V. (2012). Choice of ways to improve design elements of machines moulding shaking. *Technology Audit and Production Reserves*, 1 (1 (3)), 30–34. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2012.4873>

## 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 АКІМОВ



Гарант ОП  
Олег АКІМОВ

