



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра матеріалознавства та ливарного виробництва  
**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**



<b>Назва курсу</b>	<b>МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЛИТТЯ</b>
<b>Викладач</b> 	<b>Микола Босій</b> Викладач кафедри матеріалознавства та ливарного виробництва
<b>Контактний тел.</b>	+38(099) 548-12-41
<b>E-mail:</b>	bosiy_mv@ukr.net
<b>Обсяг та ознаки дисципліни</b>	Вибіркова дисципліна, змістових модулів – 2. Форма контролю: залік. Загальна кількість кредитів – 3, годин – 90, у т.ч. лекції – 14 годин, практичні заняття – 14 годин, самостійна робота – 62 годин. Формат: очний (offline / facetoface) / дистанційний (online). Мова викладання: українська. Рік викладання – 2022.
<b>Консультації</b>	Консультації проводяться відповідно до Графіку, розміщеному в інформаційному ресурсі moodle.kntu.kr.ua; у режимі відео конференцій Zoom, через електронну пошту, Viber (+380662646174) за домовленістю.
<b>Пререквізити</b>	Особливі вимоги відсутні / або після вивчення дисциплін: Вища математика; Фізика; Теоретичні основи теплотехніки.

## **1. Мета і завдання дисципліни**

**Метою вивчення навчальної дисципліни** «Математичні моделі техпроцесів лиття» є забезпечення здобувачів вищої освіти комплексом знань, умінь та навичок, необхідних для застосування у професійній діяльності в сфері математичного моделювання ливарного виробництва (використання одержаних знань і вмінь в практичній діяльності на виробництві, в науково-дослідній чи педагогічній роботі).

### **Завдання вивчення дисципліни:**

- формування компетентностей, важливих для особистісного розвитку фахівців та їхньої конкурентно-спроможності на сучасному ринку праці;
- надання студентам теоретичних знань та практичних навичок з таких питань, як моделювання об'єктів дослідження, побудова математичних моделей різних типів, методи оптимізації об'єктів дослідження.

### **Формування компетентностей (ЗК-загальних, ФК-спеціальних (фахових, предметних))**

#### **Загальні компетентності (ЗК):**

- ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК2. Знання і розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК3. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК12. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

#### **Фахові компетентності (ФК):**

- ФК1. Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.
- ФК5. Здатність використовувати аналітичні та чисельні математичні методи для вирішення задач прикладної механіки.
- ФК9. Здатність представлення результатів своєї інженерної діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів.
- ФК10. Здатність описувати та класифікувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтуються на глибокому знанні та розумінні основних механічних теорій та практик, а також базових знань суміжних наук.

## **2. Результати навчання**

В результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен набути результати (програмні результати навчання (ПР)):

- РН1. Вибирати та застосовувати для розв'язання задач прикладної механіки придатні математичні методи.
- РН2. Використання знання теоретичних основ механіки, рідин і газів теплотехніки, електротехніки для вирішення професійних завдань.
- РН8. Знати і розуміти основи інформаційних технологій для виконання інженерних розрахунків, обробки інформації.

РН9. Знати та розуміти суміжні галузі (механіку рідини і газів, теплотехніку, електротехніку, електроніку) і вміти виявляти міждисциплінарні зв'язки прикладної механіки на рівні, необхідному для виконання інших вимог освітньої програми.

РН16. Вільно спілкуватися з професійних питань усно і письмово державною мовою, включаючи знання спеціальної термінології та навички міжособистісного спілкування.

У результаті вивчення дисципліни здобувач повинен:

**знати:**

- методи побудови математичних моделей різних типів;
- методи оптимізації технічних об'єктів дослідження.

**вміти:**

- будувати математичні моделі різноманітних об'єктів дослідження;
- аналізувати і використовувати на практиці математичні моделі різноманітних об'єктів дослідження, здійснювати їх оптимізацію.

**набути соціальних навичок (soft-skills):**

- здійснювати професійну комунікацію, ефективно пояснювати і презентувати матеріал, взаємодіяти в проектній діяльності;

### **3. Політика курсу та академічна доброчесність**

Очікується, що здобувачі вищої освіти будуть дотримуватися принципів академічної доброчесності, усвідомлювати наслідки її порушення.

При організації освітнього процесу в Центральноросійському національному технічному університеті студенти, викладачі та адміністрація діють відповідно до: Положення про організацію освітнього процесу; Положення про організацію вивчення навчальних дисциплін вільного вибору; Положення про рубіжний контроль успішності і сесійну атестацію студентів ЦНТУ; Кодексу академічної доброчесності ЦНТУ.

### **4. Програма навчальної дисципліни**

#### ***Змістовий модуль 1. Теоретичні та змішані моделі***

##### **Тема 1. Математичне моделювання. Теоретичні математичні моделі.**

Загальні відомості про моделювання. Моделювання в науці і техніці. Типи моделей. Математична модель. Типи математичних моделей. Загальні принципи побудови теоретичних математичних моделей, області їх застосування. Приклади побудови. Аналітичні і скінченно-різницеві методи розв'язання диференціальних рівнянь стосовно процесів ливарного виробництва. Математичні моделі процесу теплообміну між металом і ливарною формою.

**Тема 2. Теоретико-статистичні математичні моделі.** Принципи побудови. Методи ідентифікації. Приклади побудови математичних моделей даного класу (математичні моделі нагрівання і охолодження відливків у печах; математичні моделі термодинаміки металургійних розплавів; математичні моделі ливарної гідравліки тощо).

**Тема 3. Статистичні математичні моделі.** Класичний регресійний аналіз.

**Тема 4. Статистичні математичні моделі.** Метод найменших квадратів (метод Гауса), метод середніх, метод нівелювання відхилень.

**Змістовий модуль 2. Математичне планування експерименту. Аналіз моделі.**

**Тема 5. Математичне планування експерименту. Проведення експерименту.** Елементи матричної алгебри. Факторний експеримент, його мета і переваги в порівнянні з методом регресійного аналізу. Мінімальна кількість дослідів при повному дворівневому факторному експерименті. Фактори. Параметр оптимізації. Поліноміальна модель об'єкта дослідження. Область визначення, основний рівень та інтервал варіювання фактора. Кодування факторів. Матриця планування повного факторного експерименту і способи її побудови. Алгебраїчна форма зображення матриці. Визначення коефіцієнтів поліноміальної моделі. Дробові репліки. Система змішування коефіцієнтів. Визначальні контрасти і генеруючі співвідношення. Вибір дробової репліки. Приклади побудови дробових реплік. Реалізація плану експерименту. Калібрування приладів, підготовка дослідної установки, розрахунок кількості сировини і матеріалів. Рандомізація. Розбиття матриці типу  $2^k$  на блоки.

**Тема 6. Статистичний аналіз результатів експерименту.** Середнє арифметичне значення параметра оптимізації в досліді. Дисперсія і середньоквадратичне відхилення (похибка, стандарт) параметра оптимізації в досліді. Відбраковка підозрілих значень параметра оптимізації в досліді. Таблиця значень  $t$ -критерію Ст'юдента і користування нею. Значущість різниць середніх значень параметра оптимізації в досліді. Дисперсія параметра оптимізації в експерименті.

**Тема 7. Аналіз математичної моделі. Прийняття рішень після побудови моделі. Методи оптимізації об'єктів дослідження.** Аналіз впливу факторів на параметр оптимізації. Визначення ролі парних і більш складних взаємодій. Адекватні і неадекватні математичні моделі. Порядок перевірки математичної моделі на адекватність. Таблиця значень  $F$ -критерію Фішера і правила користування нею. Дисперсія адекватності і її визначення. Перевірка значущості коефіцієнтів полінома. Правила прийняття рішень після побудови математичної моделі. Класичний метод похідних. Метод Гауса-Зейделя. Градієнт функції відгуку. Рух за градієнтом. Розрахунок руху за градієнтом. Симплекс-метод. Метод лінійного програмування.

## **5. Система оцінювання та вимоги**

Види контролю: поточний, підсумковий.

Методи контролю: спостереження за навчальною діяльністю студентів, усне опитування, письмовий контроль, тестовий контроль.

Форма підсумкового контролю: залік.

Рейтинг здобувача із засвоєння дисципліни визначається за 100 бальною шкалою, у тому числі: перший модуль – 50 балів, другий модуль – 50 балів.

Семестровий залік полягає в оцінці рівня засвоєння здобувачем вищої освіти навчального матеріалу на лекційних, практичних, семінарських або лабораторних заняттях і виконання індивідуальних завдань за стобальною та дворівневою («зараховано», «не зараховано») та шкалою ЄКТС результатів навчання.

## 6. Рекомендована література

1. Сабірзянов Т.Г. Математичне моделювання технологічних процесів лиття: Навчальний посібник для студентів-ливарників вищих навчальних закладів III-IV рівня акредитації. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – 74 с.
2. Босий М.В. Математичні моделі технологічних процесів лиття / Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форм навчання напряму підготовки 6.050502 – «Інженерна механіка» / Міністерство освіти і науки України, Кіровоград. нац. техн. ун-т, каф. МЛВ; [укл. М.В. Босий]. – Кіровоград: КНТУ, 2016. – 82 с.  
<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/8678>
3. Аулін В.В. Роль теплофізичних процесів формування структури високоміцних чавунів / В.В. Аулін, В.М. Кропивний, О.В. Кузик, А.В. Кропивна, М.В. Босий // Вісник інженерної академії України. – Київ.: 2017. – № 3. – С. 133-137.  
<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/7453>
4. В.М. Кропивний. Термодинамічні процеси при кристалізації і формуванні ліквідації у виливках з високоміцного чавуну / В.М. Кропивний, М.В. Босий, О.В. Кузик, А.В. Кропивна // Центральноукраїнський науковий вісник: Технічні науки. – 2019. – № 1(32). – С. 79-86.  
<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/9052>  
або [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpkntu\\_2019\\_1\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpkntu_2019_1_11)  
або DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.1\(32\).79-86](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.1(32).79-86)
5. Kropivnyi V.M. Specific Distribution of Thermal Effects of Graphite Forming Reactions in High-strength Cast Iron / V.M. Kropivnyi, M.V. Bosyi, O.V. Kuzyk, A.V. Kropivna // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. – Кропивницький. – 2020, вип. 3(34). – С. 48-53.  
<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/10426>  
або DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3\(34\).48-53](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3(34).48-53)
6. Aulin V. Mathematical modeling of heat exchange processes when heating metal in a furnace / Aulin V., Bosiy M., Kropivnyi V., Kuzyk O., Kropivna A. // Scientific Journal of TNTU. – Tern.: TNTU, 2021. – Vol 104. – No 4. – P. 123-130.  
DOI: [10.33108/visnyk\\_tntu2021.04](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2021.04)  
<https://visnyk.tntu.edu.ua/?art=649>
7. Босий М.В. Математична інтерпретація теплофізичних і гідродинамічних процесів нагрівання залізобуглецевих сплавів в печах / Босий М.В., Кропивний В.М., Кузик О.В., Кропивна А.В., Молокост Л.А.// Неметалеві вкраплення і гази у ливарних сплавах: Збірник тез XVI Міжнародної науково-технічної конференції, Запоріжжя, 07–08 жовтня 2021р. [Електронний ресурс] – Запоріжжя : НУ«Запорізька політехніка», 2021. – 93 с.  
<http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/8111/1/Tezu.pdf>
8. Босий М.В. STEM-технології в підготовці фахівців у сфері обладнання та технологій лиття / Босий М.В. // STEM-освіта: Науково-практичні аспекти та перспективи розвитку сучасної системи освіти: матеріали Всеукраїнського науково-педагогічного підвищення кваліфікації, 18 жовтня-26 листопада 2021 р. – Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2021. – С. 27-31.

[file:///C:/Users/user/Downloads/advanced\\_training\\_STEM\\_%D0%94%D0%B5%D0%BA%D0%B0%D0%B1%D1%80%D1%8C\\_2021.pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/advanced_training_STEM_%D0%94%D0%B5%D0%BA%D0%B0%D0%B1%D1%80%D1%8C_2021.pdf)

9. Кропивний В.М. Деякі закономірності міжфазного розподілу елементів при кристалізації високоміцного чавуну / Кропивний, М.В. Босий, О.В. Кузик, А.В. Кропивна // Литво. Металургія. 2019: Матеріали XV Міжнародної наук.-практ. конференції, 21 – 23 травня 2019 р. – Під заг. ред. д.т.н., проф. Пономаренко О.І. – Запоріжжя, АА Тандем. – С. 121-123. ISBN 978-966-488-169-9

[https://nmetau.edu.ua/file/lite\\_metallurgiya\\_2019.pdf](https://nmetau.edu.ua/file/lite_metallurgiya_2019.pdf)

10. Kropivniy V.M. The use of titanium as a denodularizing element in preparation of magnezium cast iron with vermicular graphite / Kropivniy V.M., Bosiy M.V., Kuzyk O.V., Kropivna A.V. // The 2nd International scientific and practical conference “Dynamics of the development of world science” (October 23-25, 2019) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2019. – p. 479-486. ISBN 978-1-4879-3791-1

[https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2019/10/dynamics-of-the-development-of-world-science\\_23-25.10.19.pdf](https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2019/10/dynamics-of-the-development-of-world-science_23-25.10.19.pdf)

11. Скурихин В.И., Шифрин В.Б., Дубровский В.В. Математическое моделирование. – К: Техніка, 1983. – 270 с.

12. Пелых С.Г., Семесенко М.П. Оптимизация литейных процессов. – К: Вища школа, 1977. – 188 с.

13. Чуйко Г. П., Дворник О. В., Яремчук О. М. Математичне моделювання систем і процесів. Навчальний посібник. – Миколаїв: Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2015. – 244 с.

14. Павленко П.М. Основи математичного моделювання системи і процесів. Навчальний посібник. – Київ: Книжкове вид-во. НАУ, 2013. – 201 с.

15. Павленко П.М., Філоненко С.Ф., Чередніков О.М., Третяк В.В. Математичне моделювання систем і процесів. Навчальний посібник. – Київ: НАУ, 2017. – 392 с.

16. Веселовський В.Б., Дреус А.Ю., Сясев А.В. Математичне моделювання та методи розрахунку теплотехнологічних процесів. Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2004. – 248 с.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри матеріалознавства та ливарного виробництва, Протокол № 1 від «15 серпня» 2022 р.