**Запорізький національний університет**

**Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету**

***Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем***

***(***[**https://www.znu.edu.ua/ukr/university/11929/12588/12005**](https://www.znu.edu.ua/ukr/university/11929/12588/12005) ***)***

**Вступна лекція по курсу**

**«Моделювання та дослідження електротехнічних комплексів»**

* ***(спеціальності по кафедрі:*** *141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" (освітня програма "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка")*
* *144 "Теплоенергетика" (освітня програма "Теплоенергетика")*
* *145 "Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика" (освітня програма "Гідроенергетика")*
* *174 "Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка" (освітня програма "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології")*

**Викладач: Володи́мир Стефа́нович Біле́цький** *(нар.*[*26 січня*](https://uk.wikipedia.org/wiki/26_%D1%81%D1%96%D1%87%D0%BD%D1%8F)[*1950*](https://uk.wikipedia.org/wiki/1950)*,*[*Матвіївка*](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B2%D1%96%D1%97%D0%B2%D0%BA%D0%B0_(%D0%92%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8F%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD))*,*[*Вільнянський район*](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8F%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD)*,*[*Запорізька область*](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B7%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C)*,* [*Укра­їна*](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%A0%D0%A1%D0%A0)*)  — український*[*науковець*](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%86%D1%8C)*,*[*доктор технічних наук*](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA)*,*[*професор*](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%B5%D1%81%D0%BE%D1%80)*.*

[biletsk@i.ua](mailto:biletsk@i.ua)

[ukcdb2021@ukr.net](mailto:ukcdb2021@ukr.net)

<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BB%D0%B5%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%80_%D0%A1%D1%82%D0%B5%D1%84%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87>

**Курс «Моделювання та дослідження електротехнічних комплексів»:**

**Лекції – 24 годин**

**Практичні – 24 години**

**Консультації – 1+2 години**

**Залік**

**21 студент**

**Рефератів, РГР, Курсових робіт не передбачено**

1. Анотація курсу

Курс «Моделювання та дослідження електротехнічних комплексів» - один з основних загальноосвітніх дисциплін вищої школи, яка займає важливе місце у підготовці висококваліфікованих магістрів в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Курс вирішує задачу надання студентам знань щодо ознайомлення з особливостями дослідження, визначення і формулювання задачі оптимізації та моделювання сучасних енергозберігаючих технологій при виробництві електроенергії, а також формування професійних умінь та навиків в енергетичній галузі.

Курс має наступну структуру:

**Змістовий модуль 1. Основні поняття, визначення і проблеми та методи моделювання та дослідження.**

Поняття моделювання. Фізичне і математичне моделювання. Поняття оптимального і раціонального. Поняття «чорного ящика», пасивного і активного експерименту. Поняття і проблеми оптимізації. Призначення дисперсійного, регресійного та кореляційного аналізів. Планування експерименту. Вибір факторного простору. Матриця планування. Обробка і аналіз експериментальних даних планованого експерименту за допомогою стандартних програм. Програма Statgraphiks. Аналіз результатів: Паретто-графік, гіперповерхні, контурні криві. Інші методи оптимізації, метод сплайн-функцій, метод крутого сходження. Моделювання складних систем. Аналітичні та статистичні моделі.

**Змістовий модуль 2. Об᾽єкти і приклади моделювання типових технологічних процесів енергетичного виробництва.**

Визначення електротехнічних комплексів.

***Комплекс*** (лат. complexus — зв'язок) – сукупність предметів, явищ, дій, властивостей, що становлять одне ціле, знаходячись у взаємозв᾽язку. Комплекс може бути природним або технічним (технологічним).

***Технічний ко́мплекс*** — система окремих штучно створених об'єктів-пристроїв (установок, апаратів) у їх функціональних взаємозв'язках.

***Технологічні комплекси*** – це певна сукупність взаємопов᾽язаних технологічних процесів.

[***Електротехнічний***](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9&action=edit&redlink=1)***комплекс*** — складна система електротехнічних об᾽єктів у їх функціональних взаємозв'язках. [Електротехнічний](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9&action=edit&redlink=1" \o "Комплекс електротехнічний (ще не написана)) комплекс може бути як технічним так і технологічним.

Приклади електротехнічних комплексів:

- комплекс генерування електроенергії,

- комплекс передачі електроенергії,

- комплекс електроспоживання,

- комплекс контролю і автоматичного управління,

- комплекси виготовлення електротехнічних пристроїв і установок (двигунів, трансформаторів, комутаційної апаратури тощо).

Поняття «Складна система» широко використовується; у системотехніці, системному аналізі, при дослідженні операцій і системному підході в різних галузях науки, техніки та економіки. Складну систему можна розчленувати (не обов'язково єдиним способом) на кінцеве число частин, так званих підсистем вищого рівня. Кожну таку підсистему можна у свою чергу розчленувати на кінцеве число дрібніших підсистем і т. ін., аж до отримання підсистем першого рівня, так званої складної системи, які або об'єктивно не підлягають розчленовуванню на частини, або щодо їх подальшої неподільності є відповідна домовленість. Таким чином, підсистема, з одного боку, сама є складною системою (для підсистем нижчого рівня), що складається з декількох елементів, з іншого боку, вона — елемент системи вищого рівня.

Типові енергетичні складові електротехнологічного комплексу.

Розглядаючи кожен з названих вище енергетичних комплексів ми бачимо, що вони мають часто різні типові енергетичні складові. Наприклад, для комплексу генерування електроенергії типовими є електричний генератор, турбіна. Для комплексу передачі електроенергії – трансформатори, ЛЕП, захисна і комутаційна апаратура. Для комплекс електроспоживання – різноманітні електродвигуни, комутаційна апаратура.

Оптимізація конструктивних та режимних параметрів енергетичного агрегату. Моделювання основного та допоміжного обладнання електротехнічних комплексів.

**Змістовий модуль 3. Отримання і дослідження функцій.** Використання методів *математичної статистики*, [*теорії ймовірностей*](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F_%D0%B9%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%B9) та *теорії похибок* для побудови і перевірки [математичних моделей](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C).

**Математична статистика** — розділ [математики](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) та [інформатики](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0), в якому на основі дослідних даних вивчаються імовірнісні закономірності масових явищ. Основними задачами математичної статистики є [статистична перевірка гіпотез](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D1%96%D1%80%D0%BA%D0%B0_%D0%B3%D1%96%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%B7), оцінка [розподілу](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%96%D0%BB_%D1%96%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96) [статистичних імовірностей](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%B9%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D1%96%D1%80%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C) та його параметрів, вивчення статистичної залежності, визначення основних числових характеристик випадкових [вибірок](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BA%D0%B0), якими є: [вибіркове середнє](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B5_%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BD%D1%94), [вибіркові дисперсії](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%96_%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%81%D1%96%D1%97), [стандартне відхилення](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%BD%D0%B5_%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%85%D0%B8%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F). Прикладом перевірки таких гіпотез є з'ясування питання про те, змінюється чи не змінюється виробничий процес з часом. Прикладом оцінки параметрів є оцінка середнього значення [статистичної змінної](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%B7%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%BD%D0%B0) за дослідними даними. Для вивчення статистичної залежності використовують методи теорії [кореляції](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D1%96%D1%8F). Загальні методи математичної статистики є основою [теорії похибок](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F_%D0%BF%D0%BE%D1%85%D0%B8%D0%B1%D0%BE%D0%BA).

Математична статистика широко використовує методи [теорії ймовірностей](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F_%D0%B9%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%B9) для вибудови і перевірки [математичних моделей](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C). Її методи розширюють можливості наукового [передбачення](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B1%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F) і раціонального [ухвалення рішення](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F_%D1%80%D1%96%D1%88%D0%B5%D0%BD%D1%8C) багатьох задач, де суттєві [параметри](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80) не можуть бути з'ясовані чи контрольовані з достатньою точністю.

**Теорія ймовірностей** — розділ [математики](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0), що вивчає закономірності випадкових явищ: [випадкові події](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BF%D0%B0%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%96%D1%8F), [випадкові величини](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BF%D0%B0%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B0), їхні [функції](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97_%D0%B2%D0%B8%D0%BF%D0%B0%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%85_%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD), властивості й операції над ними. [Математичні моделі](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C) в теорії ймовірності описують з деяким ступенем точності випробування ([експерименти](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82), [спостереження](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F), [вимірювання](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BC%D1%96%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F)), результати яких неоднозначно визначаються умовами випробування.

**Теорія похибок** — [наука](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B0), яка вивчає властивості, методи оцінки та зведення похибки [вимірювання](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BC%D1%96%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) до [мінімуму](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D0%BD%D1%96%D0%BC%D1%83%D0%BC). Розділ [математичної статистики](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0), присвячений чисельному визначенню значень величин за даними вимірювань.

**Змістовий модуль 4. Програмні середовища Mathcad, Statgraphiks, SolidWorks, Компас.**

Інтерфейс **Mathcad, Statgraphiks, SolidWorks, Компас**. Їх призначення, можливості і модельні задачі. Реалізація лінійних та нелінійних алгоритмів. Графічне представлення інформації, побудова двомірних та тримірних графіків і діаграм. Оформлення текстових протоколів та взаємодія операційної системи Mathcad з зовнішнім середовищем.

2. Тривалість курсу

3 кредити (90 годин): 42 години аудиторної роботи, 48 години самостійної роботи.

3. Мета курсу

**Метою** викладання навчальної дисципліни «Моделювання та дослідження електротехнічних комплексів» є надання студентам теоретичних знань про дослідження, визначення і формулювання задачі оптимізації та моделювання сучасних енергозберігаючих технологій при виробництві електроенергії.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Моделювання та дослідження електротехнічних комплексів» є:

* закріплення засвоєних раніше знань, на базі яких будуть отримані фундаментальні та прикладні знання для проведення різноманітних досліджень, компетентного і відповідального вирішення задач, передбачених навчальною програмою;

– опанування теоретичною та методологічною базою з метою забезпечення основ для володіння практикою моделювання і дослідження об᾽єктів енергетичного підприємства;

– набуття навичок оцінювання та аналізу моделювання в сфері енергетики та електроніки, яка реалізується на рівні держави та суб’єкта підприємницької діяльності.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати**:

- визначення оптимальних параметрів і умов реалізації процесів виробництва;

- основні закономірності протікання технологічних процесів, визначення і формулювання задачі оптимізації процесу та методів її вирішення;

- алгоритм та принципи побудови моделей процесів електротехнологічного виробництва.

**вміти:**

- аналізувати результати взаємодії технологічних процесів, виділяти діапазони початкових даних;

- визначати оптимальні параметри і умови реалізації енергетичних процесів виробництва;

- вирішувати типові технологічні оптимізаційні задачі задач з використанням Mathcad, **Statgraphiks, SolidWorks, Компас**.

4. Організація навчання

Студенти прослуховують лекційний курс, а потім на практичних заняттях засвоюють навички побудови досліджень автоматизованих систем контролю, обліку та управління на базі різних типів моделей енрговикористання, та їхнього застосування в умовах функціонування і розвитку електротехнологічних комплексів.

Увесь курс розділено на 4 розділи, перший з яких присвячений основним поняттям, визначенню і проблемам та методам моделювання та дослідження, другий – моделюванню типових технологічних процесів енергетичного виробництва, третій − дослідженню функцій, четвертий – широко застосовуваним програмним середовищам.

У процесі вивчання теоретичного курсу студенти можуть виконувати практичну роботу, у якій закріплюють теоретичні знання і практичні навички з реалізації лінійних та нелінійних алгоритмів в середовищі Mathcad.

Також студенти виконують **індивідуальне завдання**.

Мета індивідуального завдання: детальніша і ґрунтовніша проробка лекційного матеріалу; з’ясування основних особливостей по визначенню типових технічних рішень при моделюванні та дослідженні електротехнічних комплексів.

Тема: індивідуальна, згідно з темою практичної роботи.

**РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

Основна

1. Математичне моделювання об’єктів електроенергетики: практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" за освітньо-професійною програмою «Електричні станції»/ Укл. Гаєвська Г.М. – К.: ФЕА НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2023.
2. Математичне моделювання в електроенергетиці: Підручник. / О. В. Кириленко, М. С. Сегеда, О. Ф. Буткевич, Т. А. Мазур. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2010. – 608 с.
3. Єсіна В. О. Конспект лекцій з дисципліни «Оптимізаційні методи і моделі» / В. О. Єсіна; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Xарків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 64 с. <https://cutt.ly/GgDtzDd>
4. Маценко В.Г. Математичне моделювання: навчальний посібник / В.Г. Маценко. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2014.–519 c. ISBN 978-966-423-294-1. <file:///C:/Users/Tym/Downloads/5b052bb2e603c2.62262691.pdf>
5. Григорків В.С., Григорків М.В. Оптимізаційні методи та моделі : підручник / В.С. Григорків, М.В. Григорків. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2016. 400 с. <https://cutt.ly/EgDtMv9>

Додаткова

6. Математичне моделювання електроенергетичних систем в ринкових умовах. / С. Є. Саух, А. В. Борисенко. — К.: «Три К», 2020. — 340 с. <https://ipme.kiev.ua/wp-content/uploads/2021/01/Book_Saukh_Borysenko_10_17_2020.pdf>

7.Білецький В.С., Смирнов В.О., Сергєєв П.В. Моделювання процесів переробки корисних копалин: Посібник / За ред. І.М.Фика. НТУ «Харківський політехнічний інститут», Львів: «Новий Світ-2000», 2020. – 399 с. <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/45040>

8. Білецький В. С. Моделювання у нафтогазовій інженерії : навч. посібник / В. С. Білецький ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Львів : Новий Світ – 2000, 2021. – 306 с.

9. Комп’ютерне моделювання процесів в енергетичному облад­нанні. Комп'ютерний практикум з дисципліни «Комп’ютерне моде­лювання процесів в енергетичному обладнанні» [Електронний ресурс] : навчальний посібник (освітня програма Інженерія і ком­п’ю­терні технології теплоенергетичних систем) / КПІ ім. Ігоря Сі­кор­ського ; уклад. О. В. Баранюк. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікор­ського, 2021. – 105 с. (https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45678 )

10. Хоменко О.В. Математичні задачі енергетики. Моделювання і аналіз усталених режимів роботи електричних систем [Електронне видання]: навч. посіб. / О.В. Хоменко. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 109 с.

11. Жалдак М.І. Теорія ймовірностей і математична статистика: підручник [для студентів фізико-математичних спеціальностей педагогічних університетів]. − Вид. 2, перероб. і доп. / М.І. Жалдак, Н.М. Кузьміна, Г.О. Михалін. − Полтава : "Довкілля-К", 2009. − 500 с. Режим доступу: <http://zhaldak.npu.edu.ua/drukovani-pratsi/posibnyky-ta-pidruchnyky>

12. Математичне моделювання об’єктів електроенергетики: розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" за освітньо-професійною програмою «Електричні станції» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Гаєвська Г. М. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,33 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 28 с. – Назва з екрана. https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48631

13. Тимейчук О. Ю. Математичні методи і моделі в розрахунках на ЕОМ : інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення / О. Ю. Тимейчук. – Рівне : НУВГП, 2009. - 58 с. <https://cutt.ly/lgJjJJZ>

Спеціальна література

1. Математичне моделювання робочого процесу гідромашин [Електронний ресурс] : монографія: самостійне електронне видання / В. Е. Дранковський, К. А. Миронов, І. І. Тиньянова, К. С. Рєзва, Є. С. Крупа, Ю. М. Кухтенков. – Харків : НТУ «ХПІ», 2022. – 406 с. <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/81642271-c2f4-4fd5-8f6a-80add354c58f/content>
2. [Савчук Б. А.](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=A=&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%A1%D0%B0%D0%B2%D1%87%D1%83%D0%BA%20%D0%91$) Реконструкція турбін методом аналогового моделювання, зображення структури потоку і вдосконалення частин потоку / Б. А. Савчук, В. А. Арсірій // [Холодильна техніка та технологія](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=JUU_all&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=IJ=&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%9629342). - 2018. - Т. 54, вип. 2. - С. 56-59. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/htit\_2018\_54\_2\_11](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=htit_2018_54_2_11)
3. Математичне моделювання роботи насосної установки на трубопровід. ПР Гімер, МП Муж. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ, 109-115, 2012. <https://rrngr.nung.edu.ua/index.php/rrngr/article/view/88/88>
4. Довідник з MATLAB / Електронний навчальний посібник з курсового і дипломного проектування. – К.: НТУУ "КПІ", 2013. – 132.
5. Математичне моделювання об’єктів енергетики Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус, КПІ) <https://vde.kpi.ua/wp-content/uploads/2023/02/Sil_matmodOE_EC_FEA_2022.pdf>