



# Комп'ютерні засоби оптимального вибору матеріалів

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### 1. Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Освітньо-наукова Матеріалознавство</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS, 18 годин лекцій, 36 годин лабораторних робіт, 66 годин СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / Модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i><a href="https://schedule.kpi.ua/">https://schedule.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент, Степанов Олег Васильович, <a href="mailto:ostepanoff@iff.kpi.ua">mail:ostepanoff@iff.kpi.ua</a> Лабораторні роботи: к.т.н., доцент, Степанов Олег Васильович</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://ecampus.kpi.ua/">https://ecampus.kpi.ua/</a>, <a href="https://classroom.google.com/c/MzlwMTk0OTE1NTAw">https://classroom.google.com/c/MzlwMTk0OTE1NTAw</a></i>

### 2. Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

*Вивчаючи дисципліну, студенти узагальнюють власні знання з матеріалознавства, технологій виробництва матеріалів та виробів та долучаються до світового досвіду оптимізації вибору та використання матеріалів з урахуванням технічних, технологічних, економічних та екологічних факторів. Студенти одержують важливий досвід з використання спеціалізованого програмного забезпечення, яке широко застосовується передовими виробничими фірмами світу: Boeing, Rolls-Royce, Siemens та іншими а також провідними технічними університетами.*

*Предметом вивчення дисципліни є принципи та засоби оптимального вибору матеріалу для заданих умов його експлуатації, методи багатокритеріальної оптимізації при виборі матеріалів та програмні засоби для їх реалізації.*

*Метою викладання навчальної дисципліни є розвиток у студентів загальних фахових компетентностей:*

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;*
- Здатність виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення;*

- Здатність до критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання і обробки та використання у виробі (або у виробничих умовах);
- Здатність розуміти та використовувати математичні та числові методи моделювання властивостей, явищ та процесів;
- Здатність обґрунтовано здійснювати вибір технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів і виробів, для конкретних умов експлуатації;
- Здатність застосовувати системний підхід для розв'язання прикладних задач виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів та виробів;
- Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології для вирішення задач вибору та дизайну матеріалів

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

- Розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями в контексті існуючих теорій;
- Виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі;
- Вільно спілкуватись державною та англійською мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері матеріалознавства та ширшого кола інженерних питань, презентації результатів досліджень та інноваційних проектів;
- Застосовувати сучасні інформаційні технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач матеріалознавства;
- Приймати ефективні рішення в нових ситуаціях або непередбачуваних умовах з урахуванням їх можливих наслідків, оцінювати і порівнювати альтернативи, оцінювати технічні, економічні, екологічні та правові ризики;
- Наукові навички у галузі інженерії для того, щоб успішно проводити наукові дослідження як під керівництвом так і самостійно;
- Використовувати сучасні методи для виявлення, постановки та розв'язування винахідницьких задач в галузі матеріалознавства;
- Формулювати та розв'язувати науково-технічні задачі для розробки, виготовлення, випробування, сертифікації, утилізації матеріалів, створення та застосування ефективних технологій виготовлення виробів;
- Планувати і виконувати експериментальні матеріалознавчі дослідження, обирати відповідні обладнання та методику, здійснювати статистичну обробку і статистичний аналіз результатів експериментів, обґрунтовувати висновки;
- Проектувати нові матеріали, розробляти, досліджувати та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів;
- Розв'язувати прикладні задачі виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів та виробів;
- Розробляти комплексний дизайн нових матеріалів і виробів на їх основі з урахуванням експлуатаційних властивостей та умов використання;
- Аналізувати та прогнозувати характер руйнування порошкових композиційних та наноструктурованих матеріалів.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни**

Для успішного оволодіння навчальним матеріалом здобувач вищої освіти має володіти загальними та фаховими компетентностями першого (бакалаврського) рівня

Дисципліна забезпечує розширення інженерного кругозору в галузі матеріалознавства та інженерії матеріалів чим сприяє формуванню заключного набору компетентностей та

інтегральної компетентності. Результати вивчення дисципліни можуть бути використані при виконанні розрахунків та оцінці результатів у курсовій роботі та у магістерській дисертації.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна – «Комп'ютерні засоби оптимального вибору матеріалів» містить один змістовний модуль

#### **Розділ 1.** Програмні засоби оптимального вибору матеріалів

**Тема 1.** Проблема оптимізації вибору матеріалів. Структура спеціалізованого програмного забезпечення

**Тема 2.** Стратегія та основні етапи оптимального вибору матеріалів. Визначення критеріїв та параметрів оптимізації. Формулювання задачі оптимального вибору при конфлікті обмежень та цілей

**Тема 3.** Оцінка впливу технології одержання (оброблення) на параметри оптимізації та критерії оптимальності. Оцінка впливу екологічної складової

**Тема 4.** Структурно-чутливі параметри матеріалів та матеріалознавчі аспекти оптимізації вибору матеріалів

**Тема 5.** Застосування програмних засобів для прогнозування функціональних властивостей композиційних матеріалів різної структури.

**Розділ 2.** Основи програмного прогнозування кореляцій структура-властивості при розробці нових матеріалів

**Тема 6** Застосування універсальних програмних реалізацій методу скінчених елементів для прогнозування основних механічних характеристик пористих, двофазних та трифазних матеріалів.

### 4. Навчальні матеріали та ресурси

#### *Базова література*

1. Вибір і комп'ютерний дизайн матеріалів. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Степанов, Ю. І. Богомол, І. М. Гурія. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 107 с. – Режим доступу : <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41249>
2. Дубовий О.М. Інженерне матеріалознавство: підручник/ О.М.Дубовий, Ю.А.Казимиренко, Н.Ю.Лебедева, С.М.Самохін. – Миколаїв : НУК, 2009. – 444 с.
3. Michael F. Ashby Engineering materials 1. An Introduction to Properties, Applications and Design /David R.H. Jones, Michael F. Ashby. Elsevier, - 2019. – 564 p.
4. David L. McDowell. Integrated design of multiscale, multifunctional materials and products. / David L. McDowell, Jitesh H. Panchal, Hae-JinChoi, Carolyn Conner Seepersad, Janet K. Allen and Farrokh Mistree. Elsevier, 2010.- 360 p.

#### *Додаткова література*

1. Michael Ashby Materials. Engineering, Science, Processing and Design / Michael Ashby, Hugh Shercliff, David Cebon. Elsevier, -2007. - 514 p.
2. Michael Ashby. Materials Selection in Mechanical Design. / Michael Ashby. Elsevier, 2011. - 646p.
3. Michael F. Ashby. Materials and Sustainable Devepment./ Michael F. Ashby. Elsevier, 2016. – 312p.
4. Степанов О.В. Програмні засоби оптимального вибору матеріалів /Степанов О.В., Богомол Ю.І. // Металознавство та обробка металів. - 2016. - № 4. - С. 56-60

Книги Майкла Ешбі (Michael F. Ashby) є основоположними як в тематиці навчальної дисципліни у цілому, так і для розробки експертної системи CES зокрема. Електронні версії книг доступні на сайті Elsevier <https://www.sciencedirect.com/>. Навчальний посібник [1] доступний в електронній бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Рекомендується ознайомитись зі змістом вказаних базових та додаткових джерел, більш глибоко опрацювати рекомендовані викладачем розділи, що відповідають тематиці лекцій та/чи комп'ютерних практикумів. Для окремих розділів доцільно створити електронний конспект

### 3. Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

##### 5.1. Зміст лекційних занять (18 годин)

**Заняття 1.** Вступ. Мета та програмні цілі дисципліни, рейтингова система оцінювання.

Проблема оптимізації вибору матеріалів. Характеристика факторного простору з точки зору його дискретності, розрідженості та неоднорідності. (електронна презентація; [1,2,3]); Структура програмного забезпечення - системи CES Edupack. Таблиці баз даних та зв'язок між ними. Використання системи в режимі перегляду та в режимі пошуку (електронна презентація; [1]).

**Заняття 2.** Стратегія та основні етапи оптимального вибору матеріалів. Реалізація кроків трансляції, фільтрування, ранжування, документування (електронна презентація; [1], [2]); Процес оптимального вибору матеріалів під дією конфлікту обмежень. Технологія розв'язання конфліктів обмежень. (електронна презентація; [1], [3])

**Заняття 3.** Оптимальний вибір матеріалів при наявності конфлікту цілей. Застосування методів багатокритеріальної оптимізації. Штрафні функції, Множина Парето. (електронна презентація; [1], [3]); Вплив технологій одержання та оброблення матеріалів на процес оптимального вибору матеріалів. Моделі оцінки вартості технологічних процесів. Залежність модельної вартості від розміру серії (електронна презентація; [1, 2, 3])

**Заняття 4. Тематична контрольна робота ч.1 (1 ак. година).** Використання фактору форми при оптимізації вибору матеріалів (електронна презентація; [1, 3]); Оцінка екологічної складової виробництва, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів. Екодизайн та екобезпека, їх вплив на вибір матеріалів (електронна презентація; [3])

**Заняття 5.** Оцінка проектів пов'язаних з вибором матеріалів з точки зору сталого розвитку. Оцінка проектів за мірою значимості для сталого розвитку. ([Матеріали вебінару від 13-11-2016р.]; Класифікація властивостей матеріалів з точки зору їх фундаментальності та можливості впливу на них технологічними способами. (електронна презентація; [1, 2, 3])

**Заняття 6. Тематична контрольна робота ч.2 (1 ак. година)** Класифікація властивостей матеріалів з точки зору їх фундаментальності та можливості впливу на них технологічними способами (продовження). (електронна презентація; [1, 2, 3]); Технологічні впливи на структурно-чутливі властивості матеріалів. Дизайн композиційних матеріалів. (електронна презентація; [1, 3] [<http://teachingresources.grantadesign.com/Presentations/PPTMANEN17>], [<http://teachingresources.grantadesign.com/Presentations/PPTNEWEN17>])

**Заняття 7** Проблеми скорочення термінів розробки та впровадження нових матеріалів 1. Сучасний стан проблеми.(електронна презентація, [4]); 2.Роль систем оптимального вибору матеріалів в процесах глобальних матеріалознавчих ініціатив з одночасної розробки матеріалів (одночасний дизайн виробу та матеріалу для його виготовлення). (електронна презентація, [4]); 3. Роль засобів багатомасштабного моделювання в процесах глобальних матеріалознавчих ініціатив з одночасної розробки матеріалів (одночасний дизайн виробу та матеріалу для його виготовлення). (електронна презентація, [4])

**Заняття 8** Основи застосування методу скінченних елементів та його програмної реалізації для розрахункового прогнозування основних механічних характеристик пористих, двофазних та трифазних матеріалів.(електронна презентація, [4]); розрахункове прогнозування теплопровідності пористих, двофазних та трифазних матеріалів.(електронна презентація, [4])

**Заняття 9** Залік

### **5.2. Лабораторні роботи (36 годин)**

Мета лабораторних робіт:

Практичне оволодіння програмними засобами оптимального вибору матеріалів програми CES.

#### **Зміст лабораторних робіт**

1. Вступне заняття (2 години)
2. Призначення, структура та основи роботи з пакетом CES Edupack та засоби вибору матеріалу (6 годин)
3. Технологія оптимального вибору матеріалу в середовищі CES Edupack (8 годин)
4. Оптимальний вибір матеріалів за наявності протиріч (8 годин)
5. Вплив технологічних процесів на вибір матеріалів (4 години)
6. Оптимізація екологічної складової матеріалів та процесів засобами CES Edupack (4 години)
7. Підсумкове заняття (2 години)

### **6. Самостійна робота студента**

Самостійна робота студентів (загальна тривалість 66 годин) з дисципліни полягає в

- самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем, для фокусування розглянутих методів аналізу взаємного зв'язку властивостей матеріалів на власні наукові дослідження, що відповідають напрямку магістерської дисертації – в розрахунку 2 година на лекційне заняття = 18 годин;
- підготовці до виконання лабораторних робіт, аналізі одержаних результатів та формулюванні висновків – в розрахунку 1 година на 1 годину виконання комп'ютерного практикуму = 32 години;
- підготовці до виконання тематичних контрольних робіт, що є частинами модульної контрольної роботи (5 годин + 5 години = 10 годин)
- підготовці до підсумкової атестації – Заліку (6 годин).

## **4. Політика та контроль**

### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- Тему пропущеного лекційного заняття студент повинен опрацювати самостійно шляхом написання конспекту.
- Завдання пропущеної лабораторної роботи студент має виконати в час, узгоджений з викладачем.
- У випадку пропуску заняття, коли виконується ТКР, студент одержує для самостійного виконання індивідуальне завдання, рівноцінне пропущеному.
- Під час усіх видів аудиторних занять забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі. Під час лабораторних занять дозволяється застосування персональних комп'ютерів для пошуку інформації, використання власних ресурсів, тощо.
- Результати виконаних лабораторних робіт оформляються у вигляді звітів з застосуванням текстового редактора. Звіт включає текстовий та ілюстраційний

матеріал, що підтверджує виконання завдання, може включати посилання на електронну таблицю, у якій виконано розрахунки, завершується висновком.

- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – переважно використання програмного продукту та методик оптимального вибору для розв'язання реальних задач за тематикою власних наукових досліджень, курсового чи дипломного проектування. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 5 балів.
- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Конспект за пропущену лекцію має бути виконаний і поданий на перевірку не пізніше 2-х тижнів з часу пропущеної лекції. Звіти з лабораторних робіт виконуються і подаються на перевірку не пізніше 2-х тижнів з моменту завершення. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.
- Усі учасники освітнього процесу: викладачі і студенти в процесі роботи вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Оцінювання результатів навчання проводиться за рейтинговою системою, складеною відповідно до вимог «Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Поточне оцінювання включає оцінку:

- результатів експрес-опитування на лекціях;
- підготовки, виконання, оформлення та захисту звітів з лабораторних робіт;
- виконання тематичних контрольних робіт;

Експрес опитування на лекціях оцінюється в 2 бали, проводиться на лекційних заняттях 2-6, 8-9 та 11-17 за матеріалом попередніх лекцій. Максимальна сума балів може складати 28 балів. Бали за опитування на пропущених лекціях компенсуються виконанням конспекту (див. п.6).

Виконання та захист звітів з лабораторних робіт всього максимально 40 балів:

- |                        |                   |
|------------------------|-------------------|
| - Лабораторна робота 1 | максимум 8 балів  |
| - Лабораторна робота 2 | максимум 10 балів |
| - Лабораторна робота 3 | максимум 10 балів |
| - Лабораторна робота 4 | максимум 6 балів  |
| - Лабораторна робота 5 | максимум 6 балів  |

Тематичні контрольні роботи в вигляді комп'ютерного тесту проводиться двома частинами на 7-му та 11-му навчальних тижнях з використанням 1-ї академічної години лекційного часу кожна. Максимальна оцінка 16 балів за кожну ТКР, всього 32 бали.

Календарний контроль проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу. Студенти, які на момент календарного контролю мають суму результатів поточного контролю, що не менше 50% максимально можливої (виконано і захищено лабораторні роботи 1 та 2 з сумою не менше 10 балів, ТКР 1 не менше 9 балів) одержують позитивну оцінку, у іншому випадку – негативну.

Семестровий контроль – Залік. Згідно схеми PCO-1 «Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського»:

Рейтингова оцінка складається з балів, отриманих студентом за результатами поточного контролю

Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на передостанньому занятті з дисципліни в семестрі, але після захисту усіх звітів з лабораторних робіт

Здобувачі, які виконали умови допуску до заліку (не менше 20 балів за лабораторні роботи та не менше 16 балів за ТКР ) і мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали умови допуску до заліку але мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі проводиться семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи. Задачі, що виносяться на залікову контрольну роботу є розвитком завдання 1-ї та 2-ї ТКР. Залікова контрольна робота оцінюється максимальною оцінкою 68 балів. Семестровий рейтинг обчислюється як сума оцінки за лабораторні роботи та оцінки за залікову контрольну роботу.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

#### 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- У випадку самостійного проходження студентом дистанційного курсу <https://elearning.grantadesign.com/> та одержання сертифікату **CES Selector Certificate Program – Certified User**, останній може бути зарахований згідно пп. 2.2 “Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті” - <https://osvita.kpi.ua/node/179> з сумою 80 балів. При бажанні, студент може брати участь в заліковій контрольній роботі за матеріалом лекцій 13-17 з максимальним балом 20. .
- Додаткову інформацію для опанування навчальної дисципліни можна знайти на сайті розробника програмного забезпечення:  
<https://www.grantadesign.com/education/students/video-tutorials/>,  
<https://www.grantadesign.com/education/support/ces-edupack-support/>.  
**Особливості навчального процесу за змішаною або дистанційною формами.**

Викладання дисципліни за змішаною або дистанційною формою навчання здійснюється з застосуванням платформи [google.classroom](https://classroom.google.com/) та середовища [google.meet](https://meet.google.com/).

Лекційні заняття проводяться в on-line режимі. Темі лекційних занять, демонстраційний матеріал у вигляді презентацій з текстовими коментарями, контрольні запитання надаються студентам заздалегідь. Лекційний час використовується у співвідношенні 1:1 відносно аудиторної форми. Студентам рекомендується для участі у заняттях в середовищі [google.meet](https://meet.google.com/) використовувати персональний комп'ютер чи планшет, з розміром екрану не менше 10". Відеокамери комп'ютерів мають бути увімкнені, мікрофони вимкнено. Студент застосовує мікрофон для відповіді на запитання викладача та для того, щоб задати запитання.

У випадку використання дистанційної форми проведення екзамену традиційний екзаменаційний білет замінюється на тестове завдання, яке містить не менше 20 запитань. Задача екзаменаційного білета, при відсутності у студента локальної версії програмного забезпечення, може бути замінена на тест, щодо покрокової реалізації задачі.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент каф. Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії, к.т.н., доцент, Степанов Олег Васильович

Ухвалено кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії  
(протокол № 16 від 21 червня 2023 р.)

Погоджено Методичною комісією НН Інституту матеріалознавства та зварювання ім.  
Є.О.Патона (протокол № 12/23 від 28 червня 2023 р.)



**Орієнтовні запитання до ТКР 1.**

1. Яке основне призначення експертної система CES – Cambridge Engineering Selector?
2. Яка структура бази даних системи CES?
3. Які основні кроки оптимального вибору матеріалів?
4. Які характеристики відносять до обмежень при виборі матеріалів
5. Що таке та як формується індекс матеріалу.
6. Яка мета етапу трансляції при виборі матеріалів (процесів)
7. Яка мета етапу ранжування при виборі матеріалів
8. Яка мета етапу документування при виборі матеріалів (процесів)
9. Яка мета етапу фільтрування при виборі матеріалів (процесів)

**Орієнтовні запитання до ТКР 2.**

1. Для розв'язання яких задач формулюють та розв'язують компромісні задач?
2. Для яких задач вибору матеріалів застосовується метод штрафних функції ?
3. Яка основна мета застосування моделей процесів в CES?
4. Яким чином враховується матеріал при виборі процесів?
5. Що передбачає оптимальний вибір матеріалу за вказаним індексом  

$$index = \frac{E}{\rho} \rightarrow \max?$$
6. Що передбачає вибір за максимумом вказаного індексу  

$$index = \frac{\sigma_y}{C_m \rho}?$$
7. Який підхід застосовується для розв'язання задач з конфліктом обмежень ?
8. На рисунку компромісного графіка P1-> min, P2->min показано сім точок. До яких типів вони відносяться?

