



# Вибір та комп'ютерний дизайн матеріалів

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### 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>Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS, 28 годин лекцій, 26 годин комп'ютерного практикуму</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / Модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx</a></i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., доцент, Степанов Олег Васильович, <a href="mailto:ostepanoff@iff.kpi.ua">mail:ostepanoff@iff.kpi.ua</a></i> Комп'ютерний практикум: <i>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/MTg4NjMwNTkxMjQ2">https://classroom.google.com/c/MTg4NjMwNTkxMjQ2</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

*Вивчаючи дисципліну, студенти узагальнюють власні знання з різних дисциплін 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 оптимізованого вибору матеріалу для заданих умов його експлуатації, методи багатокритеріальної оптимізації при виборі матеріалів та програмні засоби для їх реалізації.*

*Метою викладання навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:*

- 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 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 аналізувати та прогнозувати фізико-механічні властивості порошкових композиційних та наноструктурованих матеріалів;
- Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології для вирішення задач вибору та дизайну матеріалів

а також розвиток загальних компетентностей, які полягають у:

- Здатності до системного мислення, аналізу та синтезу
- Здатності застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми 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
- 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
- Застосовувати методи LCA-аналізу, еко-аудиту, підходів стійкого розвитку під час розробки нових матеріалів та впровадження нових технологій
- 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
- 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

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Дисципліна викладається в першому семестрі підготовки за освітньою (освітньо-професійною та освітньо-науковою) програмами підготовки магістрів. Для успішного засвоєння дисципліни, студент повинен володіти набором компетентностей бакалаврського рівня, зокрема:

- Здатність застосування знань в практичних ситуаціях
- Здатність приймати обґрунтовані рішення
- Здатність використання інформаційних і комунікаційних технологій
- Прагнення до збереження навколишнього середовища
- Володіння англійською мовою на рівні не нижче B1
- Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні, фізичні і технічні методи і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних матеріалознавчих завдань
- Здатність ефективно використовувати технічну літературу та інші джерела інформації і галузі матеріалознавства

- Здатність враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на реалізацію технічних рішень

Дисципліна забезпечує розширення інженерного кругозору в галузі матеріалознавства та інженерії матеріалів чим формує заключний набір компетентностей та інтегральну компетентність. Результати вивчення дисципліни можуть бути використані при виконанні розрахунків та оцінці результатів в магістерських дисертаціях.

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліна – «Вибір та комп'ютерний дизайн матеріалів» містить один змістовний модуль: «Вибір та комп'ютерний дизайн матеріалів»

#### **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 зв'язків 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. *Integrated design of multiscale, multifunctional materials and products.* David L. McDowell, Jitesh H. Panchal, Hae-Jin Choi, Carolyn Conner Seepersad, Janet K. Allen and Farrokh Mistree. Elsevier. 2010.- 360 p.
2. *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.*
3. *Michael Ashby, Hugh Shercliff, David Cebon. Materials. Engineering, Science, Processing and Design.* Elsevier; 2007. - 514 p.
4. *Michael Ashby. Materials Selection in Mechanical Design.* Elsevier; 2011. - 646 p.

#### *Додаткова література*

1. *David R.H. Jones, Michael F. Ashby. Engineering materials 1. An Introduction to Properties, Applications and Design.* Elsevier. - 2019. – 564 p.
2. *Michael F. Ashby. Materials and Sustainable Development.* Elsevier. - 2016. – 312 p.
3. *Michael F. Ashby. Materials and Environment. Eco-informed material choice.* Elsevier. - 2013. – 616 p.
4. *Степанов О.В., Богомол Ю.І. Програмні засоби оптимального вибору матеріалів// Металознавство та обробка металів.-2016. - № 4. С. 56-60*

Перераховані 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 [2] доступний в електронній бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського за посиланням: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41249>

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

## Навчальний контент

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

#### 5.1. Зміст лекційних занять (28 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; [4])

**Заняття 2.** Структура програмного забезпечення - системи CES Edurack. Таблиці баз даних та зв'язок між ними. Використання системи в режимі перегляду та в режимі пошуку (електронна презентація; [2])

**Заняття 3.** Стратегія та основні етапи оптимального вибору матеріалів. Реалізація кроків трансляції, фільтрування, ранжування, документування (електронна презентація; [2], [3])

**Заняття 4.** Процес оптимального вибору матеріалів під дією конфлікту обмежень. Технологія розв'язання конфліктів обмежень. (електронна презентація; [2],[3], [4])

**Заняття 5.** Оптимальний вибір матеріалів при наявності конфлікту цілей. Застосування методів багатокритеріальної оптимізації. Штрафні функції, Множина Парето. (електронна презентація; [2], [3])

**Заняття 6.** Вплив технологій одержання та оброблення матеріалів на процес оптимального вибору матеріалів. Моделі оцінки вартості технологічних процесів. Залежність модельної вартості від розміру серії (електронна презентація; [2], [3])

**Заняття 7. Модульна контрольна робота ч.1 (1 ак. година).** Використання фактору форми при оптимізації вибору матеріалів (електронна презентація; [2], [3]).

**Заняття 8.** Оцінка екологічної складової виробництва, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів. Екодизайн та екобезпека, їх вплив на вибір матеріалів (електронна презентація; [2], [3])

**Заняття 9.** 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.].)

**Заняття 10. Модульна контрольна робота ч.2 (1 ак. година).** Класифікація властивостей матеріалів з точки зору їх фундаментальності та можливості впливу на них технологічними способами. (електронна презентація; [2], [3])

**Заняття 11.** Технологічні впливи на структурно-чутливі властивості матеріалів. Дизайн композиційних матеріалів. (електронна презентація; [2], [3], [http://teachingresources.grantadesign.com/Presentations/PPTMANEN17], [http://teachingresources.grantadesign.com/Presentations/PPTNEWEN17])

**Заняття 12.** Проблеми скорочення термінів розробки та впровадження нових матеріалів 1. Сучасний стан проблеми.(електронна презентація, [1], [4])

**Заняття 13.** Проблеми скорочення термінів розробки та впровадження нових матеріалів 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, [1], [4])

**Заняття 14.** Основи застосування методу скінчених елементів та його програмної реалізації для розрахункового прогнозування основних механічних характеристик пористих, двофазних та трифазних матеріалів. (електронна презентація, [1])

## **5.2. Комп'ютерний практикум (26 годин)**

Мета комп'ютерного практикуму

Практичне оволодіння програмними засобами оптимального вибору матеріалів програми CES.

### **Зміст комп'ютерних практикумів**

1. Вступне заняття (2 години)
2. Призначення, структура та основи роботи з пакетом CES Edupack та засоби вибору матеріалу (4 години)
3. Технологія оптимального вибору матеріалу в середовищі CES Edupack (6 годин)
4. Оптимальний вибір матеріалів за наявності протиріч (6 годин)
5. Вплив технологічних процесів на вибір матеріалів (4 години)
6. Оптимізація екологічної складової матеріалів та процесів засобами CES Edupack (4 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 1 година на лекційне заняття = 14 годин;
- підготовці до виконання комп'ютерних практикумів, аналізі одержаних результатів та формулюванні висновків – в розрахунку 1,5 година на 2 години виконання комп'ютерного практикуму = 18 годин;
- підготовці до модульної контрольної роботи (4 години)
- підготовці до підсумкової атестації – Екзамену (30 годин).

## **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 пропущеного комп'ютерного практикуму студент має виконати в час, узгоджений з викладачем.
- У випадку пропуску заняття, коли виконується МКР, студент одержує для самостійного виконання 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 комп'ютерних практикумів дозволяється застосування персональних комп'ютерів для пошуку інформації, використання власних ресурсів, тощо.
- Результати виконаних комп'ютерних практикумів оформлюються 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 10 балів.

- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Конспект-реферат за пропущену лекцію має бути виконаний і поданий на перевірку не пізніше 2-х тижнів з часу пропущеної лекції. Звіти з комп'ютерних практикумів 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 звітів та захисту комп'ютерних практикумів;
- виконання модульної контрольної роботи

Експрес опитування на лекціях оцінюється в 2 бал, проводиться на лекційних заняттях 2-13. Максимальна сума балів може скласти 24 балів. Бали за опитування на пропущених лекціях компенсуються виконанням конспекту (див. п.6).

Виконання та захист звітів з комп'ютерних практикумів всього максимально 40 бали:

- Практикум 1                    максимум 8 балів
- Практикум 2                    максимум 10 балів
- Практикум 3                    максимум 10 балів
- Практикум 4                    максимум 6 балів
- Практикум 5                    максимум 6 балів

Модульна контрольна робота 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 15 балів за тест, всього 30 балів.

Календарний контроль проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Студенти, які на момент календарного контролю мають суму результатів поточного контролю, що не менше 50% максимально можливої (виконано і захищено практикуми 1 та 2 з сумою не менше 12 балів, модульна контрольна не менше 9 балів) одержують позитивну оцінку, у іншому випадку – негативну.

Семестровий контроль – Екзамен. Згідно схеми PCO-2 «Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського»:

Рейтингова оцінка складається з двох складових: стартової, призначеної для оцінювання заходів поточного контролю впродовж семестру та екзаменаційної, призначена для оцінювання окремих запитань (завдань) на екзамені.

Максимальне значення стартової частини складає 50 балів (сума балів поточного контролю з ваговим коефіцієнтом 0,5), екзаменаційної 50 балів.

Умови допуску до екзамену: виконання та захист звітів з усіх практикумів, сума балів стартової складової не нижче 30.

Стартова складова рейтингової оцінки доводиться до здобувачів на останньому занятті з дисципліни в семестрі, але після захисту усіх звітів з комп'ютерних практикумів.

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 з сумою 80 балів.
- 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* та середовища *google.meet*.

Лекційні заняття проводяться в *on-line* режимі. Теми 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* 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.

#### 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 № \_\_\_ від \_\_\_\_\_)

Погоджено Методичною комісією Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О.Патона (протокол № \_\_ від \_\_\_\_\_)

**Запитання до МКР 1.**

1. Для чого призначена експертна система CES – Cambridge Engineering Selector?
2. На яких основних таблицях побудовано систему CES?
3. Які основні кроки оптимального вибору матеріалів?
4. Які характеристики відносять до обмежень при виборі матеріалів
5. Що таке 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)

**Запитання до МКР 2.**

1. Для розв'язання яких задач формують та розв'язують компромісні задачі?
2. Для яких задач вибору матеріалів застосовується метод штрафних функцій?
3. Яка мета застосування моделей процесів в CES застосовуються?
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?

