

# СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## 1. Загальна інформація про навчальну дисципліну

|  |   |
|--|---|
| <b>Повна назва навчальної дисципліни</b>         | Комп'ютерні методи оптимізації в механіці   |
| <b>Повна офіційна назва закладу вищої освіти</b> | Сумський державний університет  |
| <b>Повна назва структурного підрозділу</b>       | Факультет технічних систем та енергоефективних технологій. Кафедра комп'ютерної механіки імені Володимира Марцинковського                             |
| <b>Розробник(и)</b>                              | Загорулько Андрій Васильович  |
| <b>Рівень вищої освіти</b>                       | Другий рівень вищої освіти, НРК – 7 рівень, QF-LLL – 7 рівень, FQ-EHEA – другий цикл  |
| <b>Семестр вивчення навчальної дисципліни</b>    | 16 тижнів протягом 2-го семестру  |
| <b>Обсяг навчальної дисципліни</b>               | Обсяг дисципліни становить 5 кред. ЄКТС, 150 год., з яких 64 год. становить контактна робота з викладачем (48 год. лекцій, 16 год. практичних занять) |
| <b>Мова викладання</b>                           | Українська  |

## 2. Місце навчальної дисципліни в освітній програмі

|   |  |
|---|--|
| <b>Статус дисципліни</b>                  | Вибіркова навчальна дисципліна для освітньої програми "Комп'ютерна механіка" |
| <b>Передумови для вивчення дисципліни</b> | Гідроаеромеханіка, Гермомеханіка   |
| <b>Додаткові умови</b>                    | Додаткові умови відсутні   |
| <b>Обмеження</b>                          | Обмеження відсутні   |

## 3. Мета навчальної дисципліни

Досягнення студентами сучасного конструктивного, фундаментального мислення та системи знань про методи одновимірної та двовимірної оптимізації, чисельні методи безумовної мінімізації, аналітичні та чисельні методи нелінійного програмування, та в набутті вмінь застосування цих знань при конструюванні різноманітних машин і агрегатів, використовуючи сучасні інформаційні технології та прикладне комп'ютерне програмне забезпечення.

## 4. Зміст навчальної дисципліни

|   |
|---|
| Тема 1 Задачі оптимізації<br>Основні поняття. Деякі прості приклади. Задачі оптимального проектування. Задачі оптимального планування. Класи задач оптимізації. |
|---|

|   |
|---|
| <p>Тема 2 Методи одновимірної мінімізації</p> <p>Пасивний і послідовний пошук. Оптимальний пасивний пошук. Методи послідовного пошуку. Порівняння методів послідовного пошуку. Методи поліноміальної апроксимації. Методи з використанням похідних.</p>   |
| <p>Тема 3 Мінімізація випуклих функцій</p> <p>Випуклі множини. Випуклі функції. Випуклі функції, що диференціюються. Умови мінімуму випуклих функцій. Сильно випуклі функції. Приклади мінімізації квадратичних функцій. Мінімізація поліномів.</p>   |
| <p>Тема 4 Чисельні методи безумовної мінімізації</p> <p>Послідовність релаксації. Методи спуску. Метод градієнтного спуску. Мінімізація квадратичної функції. Зв'язані напрями спуску.</p>  |
| <p>Тема 5 Алгоритми методів першого та другого порядків</p> <p>Алгоритми методу градієнтного спуску. Метод зв'язаних напрямів. Метод Ньютона. Квазіньютонівські методи.</p>   |
| <p>Тема 6 Алгоритми прямого пошуку</p> <p>Особливості прямого пошуку мінімуму. Використання регулярного симплексу. Пошук за допомогою нерегулярного симплексу. Циклічний покоординатний спуск. Метод Хука-Джівса. Методи Розенброка і Пауелла.</p>  |
| <p>Тема 7 Аналітичні методи нелінійного програмування</p> <p>Мінімізація цільової функції на заданій множині. Мінімізація при обмеженнях типу рівності. Загальна задача нелінійного програмування. Сідлова точка функції Лагранжа. Подвійна функція. Геометричне програмування.</p>   |
| <p>Тема 8 Чисельні методи нелінійного програмування</p> <p>Метод умовного градієнта. Використання приведенного градієнта. Проектування крапки на множину. Метод проекції крапки на множину. Метод проекції антиградієнта. Інші методи проектування. Метод можливих напрямів. Методи послідовної безумовної мінімізації.</p> |

## 5. Очікувані результати навчання навчальної дисципліни

Після успішного вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти зможе:

|     |   |
|-----|---|
| PH1 | Самостійно поглиблювати знання та навички методів дослідження у галузі задачі оптимального проектування і планування.   |
| PH2 | Уміти обґрунтовано ставити і вирішувати задачі оптимізації при конструюванні сучасних складних машин та агрегатів.  |
| PH3 | За допомогою набутих знань і навичок досліджувати та приймати обґрунтовані рішення при конструюванні агрегатів з оптимальними показниками, використовуючи сучасні методи та технології. |
| PH4 | Використовувати сучасні математичні, наукові та експериментальні методи досліджень при проектуванні та вдосконаленні елементів машин.   |

|     |   |
|-----|---|
| PH5 | Поглиблювати навички використання сучасних інформаційних технологій та прикладного програмного забезпечення при вирішенні інженерних та наукових задач. |
|-----|---|

## 7. Види навчальних занять та навчальної діяльності

### 7.1 Види навчальних занять

|   |  |
|---|--|
| <b>Тема 1. Задачі оптимізації</b>                                   |  |
| Лк1 "Задачі оптимізації" (денна)                                    | Основні поняття. Деякі прості приклади.                                |
| Лк2 "Задачі оптимального проектування" (денна)                      | Задачі оптимального проектування.                                      |
| Лк3 "Задачі оптимального планування" (денна)                        | Класи задач оптимізації.   |
| <b>Тема 2. Методи одновимірної мінімізації</b>                      |  |
| Лк4 "Методи одновимірної мінімізації" (денна)                       | Пасивний і послідовний пошук. Оптимальний пасивний пошук.              |
| Лк5 "Методи послідовного пошуку" (денна)                            | Порівняння методів послідовного пошуку.                                |
| Лк6 "Методи поліноміальної апроксимації" (денна)                    | Методи з використанням похідних.                                       |
| Пр1 "Методи одновимірної мінімізації" (денна)                       | Порівняння методів.  |
| <b>Тема 3. Мінімізація випуклих функцій</b>                         |  |
| Лк7 "Мінімізація випуклих функцій" (денна)                          | Випуклі множини. Випуклі функції. Випуклі функції, що диференціюються. |
| Лк8 "Умови мінімуму випуклих функцій" (денна)                       | Сильно випуклі функції.  |
| Лк9 "Приклади мінімізації квадратичних функцій" (денна)             | Мінімізація поліномів.   |
| Пр2 "Приклади мінімізації квадратичних функцій і поліномів" (денна) | Приклади мінімізації квадратичних функцій і поліномів.                 |

|  |
|--|
| <b>Тема 4. Чисельні методи безумовної мінімізації</b>  |
| Лк10 "Чисельні методи безумовної мінімізації" (денна)<br>Чисельні методи безумовної мінімізації. Послідовність релаксації.                           |
| Лк11 "Методи спуску" (денна)<br>Метод градієнтного спуску.   |
| Лк12 "Мінімізація квадратичної функції" (денна)<br>Мінімізація квадратичної функції. Зв'язані напрями спуску.  |
| Пр3 "Метод градієнтного спуску" (денна)<br>Метод градієнтного спуску.  |
| <b>Тема 5. Алгоритми методів першого та другого порядків</b>   |
| Лк13 "Алгоритми методів першого та другого порядків" (денна)<br>Алгоритми методів першого та другого порядків. Алгоритми методу градієнтного спуску. |
| Лк14 "Метод зв'язаних напрямів" (денна)<br>Метод зв'язаних напрямів.   |
| Лк15 "Метод Ньютона" (денна)<br>Метод Ньютона. Квазіньютонівські методи.   |
| Пр4 "Алгоритми методу градієнтного спуску. Метод Ньютона" (денна)<br>Алгоритми методу градієнтного спуску. Метод Ньютона.                            |
| <b>Тема 6. Алгоритми прямого пошуку</b>  |
| Лк16 "Алгоритми прямого пошуку" (денна)<br>Особливості прямого пошуку мінімуму.  |
| Лк17 "Використання регулярного симплексу" (денна)<br>Пошук за допомогою нерегулярного симплексу.   |
| Лк18 "Циклічний покоординатний спуск" (денна)<br>Циклічний покоординатний спуск. Метод Хука-Джівса. Методи Розенброка і Пауелла.                     |
| Пр5 "Циклічний покоординатний спуск" (денна)<br>Циклічний покоординатний спуск. Методи Хука-Джівса, Розенброка і Пауелла.                            |
| <b>Тема 7. Аналітичні методи нелінійного програмування</b>   |

|  |
|--|
| Лк19 "Аналітичні методи нелінійного програмування" (денна)<br>Мінімізація цільової функції на заданій множині. Мінімізація при обмеженнях типу рівності. |
| Лк20 "Загальна задача нелінійного програмування" (денна)<br>Загальна задача нелінійного програмування. Сідлова точка функції Лагранжа.                   |
| Лк21 "Подвійна функція. Геометричне програмування" (денна)<br>Подвійна функція. Геометричне програмування.   |
| Пр6 "Загальна задача нелінійного програмування" (денна)<br>Загальна задача нелінійного програмування.  |
| <b>Тема 8. Чисельні методи нелінійного програмування</b>   |
| Лк22 "Чисельні методи нелінійного програмування" (денна)<br>Метод умовного градієнта. Використання приведенного градієнта.                               |
| Лк23 "Проектування крапки на множину" (денна)<br>Метод проєкції крапки на множину. Метод проєкції антиградієнта.   |
| Лк24 "Інші методи проектування" (денна)<br>Метод можливих напрямів. Методи послідовної безумовної мінімізації.   |
| Пр7 "Метод умовного градієнта" (денна)<br>Метод умовного градієнта.  |
| Пр8 "Метод можливих напрямів" (денна)<br>Методи послідовної безумовної мінімізації.  |

## 7.2 Види навчальної діяльності

|     |  |
|-----|--|
| НД1 | Підготовка до лекцій   |
| НД2 | Робота на практичних заняттях над індивідуальними і комплексними задачами, їх захист у виді письмового звіту або презентації                   |
| НД3 | Виконання розрахункової роботи - яка включає комплексне завдання - оптимізації елементів конструкцій у програмі Ansys і охоплює усі теми курсу |

## 8. Методи викладання, навчання

Дисципліна передбачає навчання через:

|     |  |
|-----|--|
| МН1 | Інтерактивні лекції, лекції-обговорення та лекції-візуалізації надають студентам широку теоретичну базу з комп'ютерного моделювання задач механіки твердого тіла, гідродинаміки та динаміки, що є основою для самостійного навчання здобувачів вищої освіти (РН 1, РН2).   |
| МН2 | Практичні заняття, використовуючи індивідуальну та групову форму роботи над аналізом, будовою математичних моделей та розв'язанням прикладних задач, а також практики-відеоконференції, використання віртуального моделювання під час яких студенти повторюють роботу викладача стосовно до конкретної задачі, отримуючи навички роботи з певним програмним комплексом. Практичні заняття доповнюють лекційний матеріал і надають студентам можливість застосовувати теоретичні знання на практичних прикладах (РН 2- РН 4). |
| МН3 | Практико-орієнтоване навчання - індивідуальна або комплексна розрахункова робота (РР) передбачає розв'язок практичних задач з оптимізації, використовуючи відповідний математичний апарат та сучасні програмні комплекси (РН1 – РН3).  |

Самостійному навчанню сприятиме підготовка до лекцій, попереднє ознайомлення з питанням, що винесено на обговорення, до практичних занять, індивідуальна чи колективна робота в невеликих групах при оволодінні навичок роботи з сучасними комп'ютерними комплексами, підготовки презентацій, що будуть представлені іншим студентам, матеріалу до відео конференцій, участь у обговоренні, аналіз питання, підготовка до звіту про виконання завдань практико-орієнтованого навчання. Під час підготовки до презентацій за результатами практико-орієнтованого навчання студенти розвиватимуть навички самостійного навчання, критичного аналізу, синтезу та аналітичного мислення. Самостійній роботі студента також сприятиме використання електронних засобів навчання.

Під час проведення занять студенти отримують навички комунікації, вміння працювати в команді, здатність логічно і системно мислити, креативність; навички письмової комунікації, аргументовано висловлювати свої думки. Підготовка до виконання РГР допоможе студентам розвивати та реалізувати навички логічного та системного мислення.

## 9. Методи та критерії оцінювання

### 9.1. Критерії оцінювання

| Визначення  | Чотирибальна національна шкала оцінювання | Рейтингова бальна шкала оцінювання |
|---|---|------------------------------------|
| Відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок | 5 (відмінно)                              | $90 \leq RD \leq 100$              |
| Вище середнього рівня з кількома помилками            | 4 (добре)                                 | $82 \leq RD < 89$                  |
| Загалом правильна робота з певною кількістю помилок   | 4 (добре)                                 | $74 \leq RD < 81$                  |
| Непогано, але зі значною кількістю недоліків          | 3 (задовільно)                            | $64 \leq RD < 73$                  |
| Виконання задовольняє мінімальні критерії             | 3 (задовільно)                            | $60 \leq RD < 63$                  |
| Можливе повторне складання                            | 2 (незадовільно)                          | $35 \leq RD < 59$                  |

|   |                  |                  |
|---|------------------|------------------|
| Необхідний повторний курс з навчальної дисципліни | 2 (незадовільно) | $0 \leq RD < 34$ |
|---|------------------|------------------|

## 9.2 Методи поточного формативного оцінювання

|      |  |
|------|--|
| МФО1 | Опитування та усні коментарі викладача за його результатами  |
| МФО2 | Настанови викладачів в процесі виконання практичних завдань  |
| МФО3 | Самооцінювання поточного тестування  |
| МФО4 | Обговорення та взаємооцінювання студентами під час розв'язання практичних задач. Своєчасне виконання розрахункових робіт |

## 9.3 Методи підсумкового сумативного оцінювання

|      |                                      |
|------|--------------------------------------|
| МСО1 | Письмові опитування                  |
| МСО2 | Індивідуальні та колективні завдання |

### Контрольні заходи:

|  |                  |
|--|------------------|
| <b>2 семестр</b>   | <b>100 балів</b> |
| МСО1. Письмові опитування  | <b>30</b>        |
| Контрольна робота (тести, задачі)                                    | 30               |
| МСО2. Індивідуальні та колективні завдання                           | <b>70</b>        |
| Аудиторна робота (методи вирішення задачі, презентація, обговорення) | 30               |
| Індивідуальне завдання (виконання, звіт, презентація, захист)        | 40               |

### Контрольні заходи в особливому випадку:

|   |                  |
|---|------------------|
| <b>2 семестр</b>                              | <b>100 балів</b> |
| МСО1. Письмові опитування                     | <b>60</b>        |
| Розгляд розв'язків тестових прикладів (тести) | 30               |
| Розв'язання практичних завдань (звіт)         | 30               |
| МСО2. Індивідуальні та колективні завдання    | <b>40</b>        |
| Індивідуальне завдання (виконання, звіт)      | 40               |

Форма підсумкового контролю – модульний контроль, що проводиться у письмовій формі за тестовими технологіями. Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни студент повинен набрати не менше ніж 60% з кожного виду оцінювання. Студент, який протягом навчального періоду виконав всі заплановані види навчальної роботи та за наслідками модульних атестацій набрав необхідну, яка відповідає позитивній оцінці, кількість рейтингових балів не менше 60, отримує семестрову оцінку у відповідності до набраних рейтингових балів. Складання заходу підсумкового семестрового контролю з метою підвищення позитивної оцінки не здійснюється. Студент, який протягом поточної роботи не набрав кількість рейтингових балів, що відповідає позитивній оцінці, але не менше 35 балів,

зобов'язаний скласти захід підсумкового семестрового контролю, яке здійснюється після завершення останнього модульно-атестаційного циклу у семестрі або екзаменаційної сесії, якщо вона передбачена, за додатковою відомістю семестрової атестації (першою незадовільною оцінкою вважається та, що отримана за наслідками модульних атестацій, яка виставляється в основну відомість семестрової атестації). Студент має право на два складання ПСК: викладачу та комісії. У разі незадовільного складання підсумкового семестрового контролю комісії студент отримує оцінку «незадовільно» («F» за шкалою ECTS) і відраховується з університету. При успішному складанні заходу підсумкового семестрового контролю використовується оцінка «задовільно», яка засвідчує виконання студентом мінімальних вимог без урахування накопичених балів («E» за шкалою ECTS) із визначенням рейтингового балу 60. Студент, який за наслідками модульних атестацій набрав менше 35 рейтингових балів, не допускається до підсумкового семестрового контролю, отримує оцінку «незадовільно» (за шкалою ECTS – «F») і відраховується з університету.

## 10. Ресурсне забезпечення навчальної дисципліни

### 10.1 Засоби навчання

|     |                                       |
|-----|---------------------------------------|
| ЗН1 | Використання комп'ютерного обладнання |
| ЗН2 | Використання програмних комплексів    |
| ЗН3 | Використання мультимедійної апаратури |

### 10.2 Інформаційне та навчально-методичне забезпечення

| Основна література   |   |
|----------------------|---|
| 1                    | Загорулько А.В. Комп'ютерні методи оптимізації в механіці [Електронний ресурс]: конспект лекцій/А.В. Загорулько, Д.О. Кайота; для студ. спец. 131 "Прикладна механіка" денної форми навчання. - Ел. вид. каф. ЗМ та ДМ . - Суми: СумДУ, 2019. - 42 с.   |
| 2                    | Динаміка й оптимізація машин / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич, Р.А. Кульпін. – К.: ЦП «Компринт», 2018. - 310 с. <a href="https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u132/posibnik_dinamika_y_optimizaciya_mashin.pdf">https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u132/posibnik_dinamika_y_optimizaciya_mashin.pdf</a> |
| Допоміжна література |   |
| 3                    | Ramteen Sioshansi, Antonio J. Conejo. Optimization in Engineering: Models and Algorithms. Springer International Publishing, 2017, 412 p.   |
| 4                    | Кононюк А.Е. Основы теории оптимизации. К.1. Киев:"Освіта України", 2011. - 692 с. <a href="http://ecat.diit.edu.ua/ft/Optimization1.pdf">http://ecat.diit.edu.ua/ft/Optimization1.pdf</a>  |
| 5                    | Кононюк А.Е. Основы теории оптимизации. Безусловная оптимизация К.2., ч.1. Киев: "Освіта України", 2011. - 544 с. <a href="http://ecat.diit.edu.ua/ft/Optimization2_1.pdf">http://ecat.diit.edu.ua/ft/Optimization2_1.pdf</a>   |
| 6                    | Кононюк А.Е. Базовая теория оптимизации. Безусловная оптимизация К.2., ч.2. Киев: "Освіта України", 2011. - 616 с. <a href="http://fs.onu.edu.ua/clients/client11/web11/pdf/OTO2-2.pdf">http://fs.onu.edu.ua/clients/client11/web11/pdf/OTO2-2.pdf</a>  |