

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
для самостійної роботи

з вивчення дисципліни
“ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ В
МАШИНОБУДУВАННІ ТА ЧИСЕЛЬНІ
МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ”

для здобувачів освіти за другим (магістерським)
рівнем вищої освіти, спеціальностей:

G11 Машинобудування, G9 Прикладна механіка
усіх освітніх програм та форм навчання

Методичні рекомендації для самостійної роботи з вивчення дисципліни “Оптимізація технічних рішень в машинобудуванні та чисельні математичні методи” для здобувачів освіти за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, спеціальностей: G11 Машинобудування, G9 Прикладна механіка усіх освітніх програм та форм навчання / Укл. М.В. Фролов. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025 - 22 с.

Укладачі: М.В. Фролов, доц., к.т.н.

Рецензент: В.В. Солоха, доц., к.т.н.

Відповідальний за випуск: В.П. Загородній

Затвержено
на засіданні кафедри
«Металорізальні верстати та
Інструменти»
Протокол № 1 від 21.08.2025 р.

Рекомендовано
до видання НМК
Машинобудівного факультету.
Протокол № 1 від 26.08.2025 р.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП.....	4
1. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ.....	5
1.1 Мета викладання дисципліни	5
1.2 Завдання вивчення дисципліни.....	5
1.3 Перелік дисциплін, засвоєння яких необхідно для вивчення дисципліни	6 6
2. РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ.....	6
2.1 Назва та зміст тем дисципліни, методичні вказівки до їх вивчення.....	6
2.2 Контрольні питання	12
3. КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ	17
4. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	21

ВСТУП

Дисципліна “Оптимізація технічних рішень в машинобудуванні та чисельні математичні методи” є однією із основних дисциплін для здобувачів освіти за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, спеціальностей: G11 Машинобудування, G9 Прикладна механіка, G12 Авіаційна та ракетно-космічна техніка усіх освітніх програм та форм навчання, що забезпечує якісну підготовку фахівця.

Термін, що передбачений робочим планом на аудиторні заняття з дисципліни, не є достатнім для того, щоб у необхідному обсязі викласти передбачений навчальний матеріал. Тому програмою навчальної дисципліни передбачена значна доля самостійної роботи – співвідношення аудиторних занять до самостійної роботи становить близько 55% для денного відділення і близько 5% для заочного. До того ж, і той матеріал, що викладається в аудиторії, теж повинен бути закріпленим шляхом самостійної роботи студента.

Вивчення дисципліни здійснюється згідно діючих навчальних планів в об’ємі 4,5 кредити. Видом контролю з дисципліни є екзамен.

Мета цих методичних рекомендацій полягає в наступному:

- ознайомити студента з повним обсягом навчального матеріалу з дисципліни, який він повинен засвоїти, в тому числі і з тою частиною, яка повністю виноситься на самостійне вивчення;
- навести необхідну навчальну літературу по кожній тематиці дисципліни;
- надати методичні вказівки та контрольні питання для самоперевірки знань;
- ознайомити студентів з заходами контролю засвоєння навчального матеріалу в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

1. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

1.1 Мета викладання дисципліни

Мета вивчення дисципліни «Оптимізація технічних рішень в машинобудуванні та чисельні математичні методи» полягає в ґрунтовному ознайомленні здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня з: загальними положеннями оптимізації в техніці; оптимізаційними моделями та їх структурою; відомостями про критерії оптимальності та цільові функції, обмеженнями на цільові функції в тому числі деякими типовими цільовими функціями та обмеженнями що виникають при механічній обробці; видами оптимізації та чисельними способами вирішення оптимізаційних задач; деякими типовими задачами лінійного програмування та алгоритмами їх вирішення.

1.2 Завдання вивчення дисципліни

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні отримати теоретичні знання з наступних напрямків:

- Постановка та зміст задачі оптимізації в машинобудуванні;
- Оптимізаційні моделі: їх структура та принципи побудови;
- Відомості про критерії оптимальності та цільові функції;
- Поняття про задачі одновимірної безумовної оптимізації та чисельні методи їх вирішення;
- Загальні відомості про пошук мінімуму функцій багатьох змінних включаючи чисельні методи пошуку;
- Задачі умовної оптимізації та чисельні методи їх вирішення;
- Деякі типові цільові функції та обмеження при механічній обробці;
- Лінійне програмування: загальні положення та деякі типові задачі.

1.3 Перелік дисциплін, засвоєння яких необхідно для вивчення дисципліни

Передумовою навчання та опанування компетентностями з даної дисципліни є наявність базових знань, вмінь та результатів навчання з наступних дисциплін: Вища математика; Теорія різання; Металообробне обладнання; Різальний інструмент. Зазначені передумови важливі для формування цілісної освітньої програми та мають бути зрозумілі здобувачам освіти оскільки не є предметами, що розглядаються в курсі.

2. РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

По кожній тематиці години на самостійну підготовку денної / заочної форми навчання вказуються у відповідних програмах навчальної дисципліни

2.1 Назва та зміст тем дисципліни, методичні вказівки до їх вивчення

2.1.1 Вступ. Навіщо потрібна оптимізація

Методичні вказівки

Докладно розглянути наступні питання: Пошук найкращого рішення. Поняття про оптимізацію. Оптимізація в повсякденні та на виробництві

[1, С.4-6],

Презентації до курсу лекцій

<https://moodle.zp.edu.ua/mod/folder/view.php?id=101054>

Питання для самоперевірки

1. Яке рішення називається оптимальним?
2. З чого може складатися множина рішень при оптимізації технічного об'єкту?
3. Які особливості оптимізації існують при використанні обчислювальної техніки?
4. Що вимагає кожна задача оптимізації?
5. Які передумови необхідні для постановки задачі оптимізації?

6. В чому полягає математичний опис задачі оптимізації?
7. В чому полягає складання алгоритму оптимізації?

2.1.2 Загальні відомості про оптимізаційні моделі, їх структуру та принципи побудови

Методичні вказівки

Розглянути наступні теми: Види математичних моделей. Оптимізаційні моделі. Структура та складові оптимізаційних моделей, принципи побудови. Багатокритеріальна оптимізація та поняття про вагові коефіцієнти

[1, С.6 - 10]

Презентації до курсу лекцій

<https://moodle.zp.edu.ua/mod/folder/view.php?id=101054>

Питання для самоперевірки

1. В чому полягає моделювання на основі принципу оптимізації?
2. Які елементи присутні в оптимізаційній моделі?
3. Що таке фактори?
4. Дайте визначення терміну «параметри».
5. Що таке критерій оптимальності?
6. Що таке цільова функція?
7. За якими принципами повинна будуватися цільова функція?
8. Яка функція називається унімодальною?
9. Які типи обмежень існують?
10. В чому полягає принцип однозначності?
11. В чому полягає принцип відповідності?
12. В чому полягає принцип керованості?
13. Що таке «жорсткі обмеження»?
14. Що таке «нежорсткі обмеження»?

2.1.3 Загальні відомості про критерії оптимальності та цільові функції.

Методичні вказівки

Розглянути: Критерії оптимальності. Вимоги. Цільові функції та їх різновиди

[1, С.10 - 13]

Презентації до курсу лекцій

<https://moodle.zp.edu.ua/mod/folder/view.php?id=101054>

Питання для самоперевірки

1. До чого зводиться задача оптимізації цільової функції?
2. Які характеристики зазвичай приймаються як критерії оптимальності?
3. Охарактеризуйте вимоги до критеріїв оптимальності.
4. Чи можна оптимізацію здійснювати дослідним шляхом і якщо да, то які особливості переваги та недоліки цього процесу?
5. Який критерій оптимальності називають простим?
6. Який критерій оптимальності називають складним?
7. Що таке безумовна оптимізація?
8. Що таке умовна оптимізація?
9. Чим відрізняється статична та динамічна оптимізація?

2.1.4 Деякі типові критерії оптимальності та цільові функції при механічній обробці.

Методичні вказівки

Питання які слід розглянути. Критерії оптимальності для технологічних процесів. Оптимізація при обробці різанням. Приклади цільових функцій.

[1, С.14 - 15]

Презентації до курсу лекцій

<https://moodle.zp.edu.ua/mod/folder/view.php?id=101054>

Питання для самоперевірки

1. Який показник найчастіше приймається в якості критерію оптимальності при механічній обробці?
2. Назвіть існуючі різновиди періодів стійкості.
3. Які періоди стійкості частіше використовуються на практиці?

2.1.5 Одномірна безумовна оптимізація

Методичні вказівки

Питання які слід розглянути. Одномірна безумовна оптимізація, умова мінімуму, стаціонарна точка. Коли оптимізація неможлива аналітичними методами? Методи одновимірної оптимізації. Відрізок локалізації та інтервал невизначеності. Метод Свена для відрізка локалізації. Ітерація. Загальний алгоритм пошуку мінімуму.

[1, С.16 - 27]

Презентації до курсу лекцій

<https://moodle.zp.edu.ua/mod/folder/view.php?id=101054>

Питання для самоперевірки

1. Яка оптимізація називається одномірною?
2. Що таке стаціонарна точка?
3. Що таке одномірна безумовна оптимізація?
4. Чому в розділі розглядається мінімізація функції?
5. Чому є необхідність застосування чисельних методів?
6. Що таке відрізок локалізації?
7. Яка трійка чисел називається вдалою?
8. Що таке ітерація?
9. Як визначається точність чисельного методу?
10. Які групи методів використовуються при одновимірній оптимізації.
11. Який інтервал називається інтервалом невизначеності?
12. В чому полягає метод загального пошуку мінімуму?
13. В чому полягає метод половинного ділення?
14. В чому полягає метод золотого перетину?
15. Чому дорівнює «золоте відношення»?

16. Назвіть спосіб та алгоритм встановлення вихідного інтервалу невизначеності.
17. Як записується умова унімодальності функції.

2.1.6 Мінімум функції багатьох змінних

Методичні вказівки

Питання які слід розглянути. Функція багатьох змінних. Лінії рівня. Рельєф функції. Метод покоординатного спуску (Гаусса). Його алгоритм. Приклад використання.

[1, С.21 - 35]

Презентації до курсу лекцій

<https://moodle.zp.edu.ua/mod/folder/view.php?id=101054>

Питання для самоперевірки

1. Які утворюються лінії рівня?
2. Які типи рельєфу функції існують?
3. Яким чином зображується рельєф функції на площині?
4. Що таке ісправжній яр?
5. Що таке справжній гребінь?
6. Що таке розв'язний яр або гребінь?
7. Чим характеризується невідповідний тип рельєфу?
8. В чому полягає метод Гаусса?
9. Чи завжди можна віднайти мінімум за допомогою методу Гаусса?
10. Для яких типів рельєфу найбільш підходить метод Гаусса?
11. В якості чого використовують найчастіше метод Гаусса?

2.1.7 Загальні положення умовної оптимізації

Методичні вказівки

Питання які слід розглянути. Сутність умовної оптимізації. Деякі типові обмеження при обробці різанням. Активні та неактивні обмеження. Задача в загальному вигляді. Умова регулярності обмежувачих функцій

[1, С.36 - 38].

Презентації до курсу лекцій

<https://moodle.zp.edu.ua/mod/folder/view.php?id=101054>

Питання для самоперевірки

1. Що таке умовна оптимізація?
2. Що таке стаціонарна точка?
3. Що таке безумовний оптимум?
4. Що таке умовний оптимум?
5. Які обмеження називаються активними?
6. Які обмеження називаються неактивними?
7. Що означає умова регулярності обмежуючих функцій в точці x^* ?
8. В яких ситуаціях не виконується умова регулярності обмежуючих функцій?

2.1.8 Задачі з обмеженнями у вигляді рівностей

Методичні вказівки

Питання які слід розглянути. Обмеження-рівності. Множники Лагранжа

[1, С.38 - 40].

Презентації до курсу лекцій

<https://moodle.zp.edu.ua/mod/folder/view.php?id=101054>

Питання для самоперевірки

1. Яким чином враховуються обмеження у вигляді рівностей?
2. Як записується функція Лагранжа?
3. Назвіть умову глобального мінімуму функції Лагранжа?
4. Яка матриця є позитивно визначеною?

2.1.9 Задачі з обмеженнями у вигляді нерівностей

Методичні вказівки

Питання які слід розглянути. Обмеження-нерівності. Множники Лагранжа. Приклади вирішення задач. Графічна ілюстрація

[1, С.40 – 43]

Презентації до курсу лекцій

<https://moodle.zp.edu.ua/mod/folder/view.php?id=101054>

Питання для самоперевірки

1. З яких дій є сенс почати вирішення задачі умовної оптимізації з обмеженнями у вигляді нерівностей?
2. Яким шляхом обмеження у вигляді нерівностей перетворюються у обмеження – рівності?
3. В чому полягає сутність теореми Куна-Таккера?
4. Які умови для функції Лагранжа повинні виконуватися в стаціонарній точці?

2.1.10. Метод штрафних функцій. Нежорсткі обмеження

Методичні вказівки

Питання які слід розглянути. Нежорсткі обмеження та метод штрафних функцій. Зовнішні функції. Бар'єрні функції. Ітерації. Графічна інтерпретація

[1, С.43 – 50]

Презентації до курсу лекцій

<https://moodle.zp.edu.ua/mod/folder/view.php?id=101054>

Питання для самоперевірки

1. Які існують різновиди методу штрафних функцій?
2. В чому полягає метод зовнішньої точки?
3. Які обмеження можна інтерпретувати як нежорсткі?

4. Яку форму мають нежорсткі обмеження факторів?
5. Як записується квадратична штрафна функція?
6. Наведіть приклад штрафної функції для обмеження-рівності за методом внутрішньої точки?
7. В чому полягає метод внутрішньої точки?
8. Які функції називаються бар'єрними?
9. Наведіть приклад бар'єрної функції.
10. Які складнощі можуть виникнути при застосуванні бар'єрних функцій?
11. Який алгоритм пошуку мінімуму методом штрафних функцій?

2.1.11. Деякі типові обмеження при механічній обробці.

Методичні вказівки

Питання які слід розглянути. Типові обмеження при механічній обробці

[1, С.51 – 54]

Презентації до курсу лекцій

<https://moodle.zp.edu.ua/mod/folder/view.php?id=101054>

Питання для самоперевірки

1. За якими показниками визначається обмеження швидкості різання?
2. За якими показниками визначається обмеження подачі?
3. Назвіть додаткові обмеження при обробці різанням.

2.1.12. Задачі лінійного програмування

Методичні вказівки

Питання які слід розглянути. Задачі з різними виглядами обмежень. Основна задача лінійного програмування. Задача про використання сировини. Задача про використання продуктивності обладнання. Транспортна задача

[1, С.55 – 66]

Презентації до курсу лекцій

<https://moodle.zp.edu.ua/mod/folder/view.php?id=101054>

Питання для самоперевірки

1. Що таке задачі лінійного програмування?
2. Де знаходяться рішення задач лінійного програмування по відношенню до обмежень?
3. Яку форму має основна задача лінійного програмування?
4. Яке рішення називається допустимим?
5. Що таке план задачі лінійного програмування?
6. Яке рішення задачі лінійного програмування називається оптимальним?
7. Коли існує єдине рішення задачі лінійного програмування – воно ж оптимальне?
8. В якому випадку задача лінійного програмування не має рішення?
9. Яким чином кожна задача лінійного програмування може бути представлена як основна?
10. Що таке багатокутник рішень?
11. В чому полягає сутність транспортної задачі?
12. Що передбачає спрощений варіант транспортної задачі?

2.1.13. Оптимізація за експериментальними дослідженнями: повний факторний експеримент

Методичні вказівки

Питання які слід розглянути. Поверхня відгуку. Види експериментів. Однофакторний експеримент та його обмеження. Багатофакторний експеримент, основні відмінності та суттєві риси. Вибір моделі та стратегія пошуку оптимального рішення. Прийняття рішень перед плануванням експерименту. Повний факторний експеримент та його властивості. Рандомізація та обробка результатів дослідження

[1, С.67 – 74]

Презентації до курсу лекцій

<https://moodle.zp.edu.ua/mod/folder/view.php?id=101054>

Питання для самоперевірки

1. Яка послідовність пошуку оптимального рішення при експериментальних дослідженнях?
2. Що таке інтерполяція?
3. Що таке екстраполяція?
4. Які види моделі приймаються при плануванні експерименту?
5. Який вид моделі приймається при повному факторному експерименту?
6. Яке призначення моделі при оптимізації за повним факторним експериментом?
7. Що таке «рівень»?
8. Що таке інтервал варіювання?
9. Як отримують «верхній рівень»?
10. Як отримують «нижній рівень»?
11. Що таке «основний» або «нульовий» рівень?
12. Як будується план (матриця) повного факторного експерименту?
13. Як визначаються значення коефіцієнтів регресії при повному факторному експерименті?
14. Що таке апіорна інформація?
15. Яким виразом записується взаємодія факторів?
16. Як пов'язаний порядок взаємодії факторів з імовірністю її виникнення?
17. Як визначається кількість дослідів при повному факторному експерименті?

2.1.14. Оптимізаційні моделі другого порядку. Ортогональні центральні композиційні плани

Методичні вказівки

Питання які слід розглянути. Псевдостационарна область та моделі другого порядку. Особливості ортогонального центрального композиційного плану. Визначення коефіцієнтів регресії.

[1, С.74 – 80]

Презентації до курсу лекцій

<https://moodle.zp.edu.ua/mod/folder/view.php?id=101054>

Питання для самоперевірки

1. Які дії дослідника передбачаються при потраплянні в майже стаціонарну область?
2. Що приймається в якості моделі при плануванні експерименту за ОЦКП?
3. Як визначається кількість дослідів при плануванні експерименту за ОЦКП?
4. Яка структура ОЦКП?
5. В якому випадку буває необхідним планування експерименту за ОЦКП?
6. Що забезпечує ортогональності плану експерименту?

2.1.15. Оптимізація за ортогональними масивами Тагучі

Методичні вказівки

Питання які слід розглянути. Статистика в технології. Вибірка та статистичні показники. Розподілення та закони розподілення. Розподілення Гаусса (нормальне). Функція втрат. Концепція Тагучі. Класифікація факторів. Результуючі показники. Ортогональні масиви. ANOVA

[1, С.80 – 88]

Презентації до курсу лекцій

<https://moodle.zp.edu.ua/mod/folder/view.php?id=101054>

Питання для самоперевірки

1. В чому перевага планів Тагучі у порівнянні з повним факторним експериментом?
2. Які особливості планів Тагучі?
3. Що таке фактори внутрішнього масиву?
4. Що таке фактори зовнішнього масиву?
5. Для яких цілей використовуються плани Тагучі?
6. Що є планом експерименту за Тагучі?
7. Як позначаються плани за Тагучі?
8. Що є метою аналізу результатів експерименту за Тагучі?

9. Як визначається середній ефект фактору за Тагучі?
10. Чи будується модель при плануванні експерименту за Тагучі і якщо так, то в якому вигляді?
11. Яке рішення приймається за результатами розрахунку середніх ефектів факторів?
12. Що потрібно робити якщо комбінація рівнів потрібних ефектів не співпадає ні з одним з запланованих дослідів?

2.2 Контрольні питання

При підготовці до поточного та остаточного контролю знань – екзамену з дисципліни студент може перевірити свою готовність, відповідаючи на нижченаведені питання, які охоплюють вузлові положення дисципліни

- 1 В чому полягає постановка задачі оптимізації
- 2 Характерні особливості вирішення задачі оптимізації за допомогою обчислювальної техніки
- 3 Оптимізаційні моделі та їх структура
- 4 Охарактеризуйте жорсткі та нежорсткі обмеження
- 5 Охарактеризуйте основні принципи яким повинна відповідати цільова функція
- 6 Загальні відомості про критерії оптимальності. Прості та складні критерії
- 7 Назвіть та охарактеризуйте деякі типові критерії оптимальності та цільові функції при механічній обробці.
- 8 Охарактеризуйте одновимірну безумовну оптимізацію. Інтервал невизначеності та "вдала трійка чисел". Групи методів одновимірної оптимізації
- 9 Методи звуження інтервалу невизначеності та їх типовий алгоритм
- 10 В чому полягає метод "загального пошуку"?
- 11 В чому полягає метод ділення інтервалу пополам (дихотомії)?
- 12 В чому полягає метод золотого перетину?
- 13 Метод Свена для встановлення вихідного відрізка локалізації. Послідовність дій

- 14 Методи оптимізації з використанням похідних - метод Ньютона-Рафсона
- 15 Мінімум функції багатьох змінних та рельєфи функцій
- 16 Охарактеризуйте метод покоординатного спуску (Гусса) для оптимізації функції багатьох змінних
- 17 Умовна оптимізація. Загальні положення, умова регулярності обмежуючих функцій в точці.
- 18 Вирішення задачі умовної оптимізації з обмеженнями - рівностями методом множників Лагранжа
- 19 Вирішення задачі умовної оптимізації з обмеженнями - нерівностями методом множників Лагранжа
- 20 Метод штрафних функцій для вирішення задачі умовної оптимізації як задача нелінійного програмування. Види методу штрафних функцій.
- 21 Сутність методу зовнішньої точки. Приклади допоміжної та штрафних функцій для методу зовнішньої точки. Нежорсткі обмеження
- 22 Сутність методу внутрішньої точки. Приклади допоміжної та штрафних функцій для методу внутрішньої точки.
- 23 Охарактеризуйте деякі типові обмеження при механічній обробці
- 24 Основна задача лінійного програмування. Типи задач
- 25 Види моделей при багатофакторному експерименті та стратегія пошуку оптимуму
- 26 Прийняття рішення перед плануванням експерименту, рівні та інтервали варіації
- 27 Матриця повного факторного експерименту та її властивості
- 28 Визначення статистичної значущості факторів та прийняття рішень після побудови моделі
- 29 Плани другого порядку. Область застосування в контексті стратегії пошуку оптимуму, вибір моделі
- 30 Ортогональний центральний композиційний план - приклад плану та його структура, геометрична інтерпретація для 2-х факторів.
- 31 Принципові відмінності факторних планів та планів Тагучі при вирішенні задач оптимізації; внутрішній та зовнішній масиви; цільові показники
- 32 Задача лінійного програмування. Форма основної задачі лінійного програмування, допустимі рішення.

33 Лінійне програмування. Зміст задачі про використання сировини, форма цільової функції.

34 Лінійне програмування. Зміст задачі про використання обладнання, форма цільової функції

35 Лінійне програмування. Зміст транспортної задачі, форма цільової функції

3. КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ

На підставі програми навчальної дисципліни та вимог кредитно-модульної системи організації навчального процесу кафедра розробляє контрольні заходи з перевірки якості засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни.

Контрольні заходи з дисципліни „Оптимізація технічних рішень в машинобудуванні та чисельні математичні методи” передбачають наступні кваліфікаційні завдання:

- опитування за окремими темами лекційного курсу;
- виконання та захист звітів практичних робіт;
- складання екзамену;

Склад, обсяг і терміни виконання змістових модулів дисципліни, надаються у відповідних програмах.

Для закріплення поточних знань на протязі семестру, до проведення підсумкового модульного контролю, проводяться контрольні заходи включаючи модульний контроль, на підставі яких студент отримує загальну оцінку. Слід зазначити, що всі заходи які плануються повинні бути складені позитивно. Негативна оцінка з будь якого контрольного заходу свідчить про незасвоєння студентом навчального матеріалу.

Студент, який одержав за результатами модульного контролю позитивні оцінки, виконав всі завдання, що передбачені робочим навчальним планом дисципліни, допускається до екзамену.

Студент, який отримав на модульному контролі незадовільну оцінку або не з'явився на нього, має можливість повторного складання протягом одного-двох тижнів.

Екзамен складається в письмовому вигляді як відповідь на білет, що має три питання. Оцінка відповіді на кожне з питань здійснюється за критеріями, наведеними в Табл. 3.1:

Таблиця 3.1 – Критерії оцінювання відповідей на екзаменаційні питання

I питання	бали
1. Ступінь розкриття питання	Оцінка по кожному критерію виставляється від «0» до «8» балів
2. Відповідність повноти відповіді рівню курсу, що вивчається	
3. Вміння використовувати комплекс знань з окремих тем при обґрунтуванні відповіді	
4. Використання науково-професійного стилю у викладанні матеріалу	
5. Логічна послідовність та конкретизація у відповіді	
Максимальна загальна кількість балів	40 балів
II питання	
1. Ступінь розкриття питання	Оцінка по кожному критерію виставляється від «0» до «8» балів
2. Відповідність повноти відповіді рівню, що вивчається	
3. Вміння використовувати комплекс знань з окремих тем при обґрунтуванні відповіді	
4. Використання науково-професійного стилю у викладанні матеріалу	
5. Логічна послідовність та конкретизація у відповіді	
Максимальна загальна кількість балів	40 балів
III питання	
Практичне завдання	20
Максимальна загальна кількість балів	20 балів
Максимальна загальна кількість балів	100 балів

Підсумкова оцінка, що отримує студент за результатами вивчення курсу визначається за відповідною програмою навчальної дисципліни.

4. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Надається частковий перелік навчальної та довідникової літератури, що рекомендується при вивченні дисципліни «Теорія 3D моделювання». Слід мати на увазі, що джерела, які можуть бути використані, не обмежуються тільки цим переліком.

Навчально-методична література

1. Конспект лекцій з дисципліни «Оптимізація технічних рішень в машинобудуванні та чисельні математичні методи» для здобувачів освіти за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, спеціальностей: G11 Машинобудування, G9 Прикладна механіка, усіх освітніх програм та форм навчання / Укл.: М. В. Фролов. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. – 90 с.
2. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Оптимізація технічних рішень в машинобудуванні та чисельні математичні методи» для здобувачів освіти за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, спеціальностей: G11 Машинобудування, G9 Прикладна механіка, усіх освітніх програм та форм навчання / Укл.: М. В. Фролов. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. – 40 с.
3. Презентації до курсу
<https://moodle.zp.edu.ua/mod/folder/view.php?id=101054>

Базова література

4. Моделювання та оптимізація систем: підручник /[Дубовой В. М., Кветний Р. Н., Михальов О. І., А.В.Усов А. В.] –Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс», 2017. – 804 с.
5. Жалдак, М.І., Триус, Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації: навчальний посібник / М.І. Жалдак, Ю.В. Триус. – Черкаси: Брама-Україна, 2005. – 608 с.

6. Оптимізаційні методи та моделі: підручник / В.С. Григорків, М.В. Григорків. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2016. – 400 с.

Допоміжна література

7. Bhati, M. A. Practical Optimization Methods with Mathematica Applications. New York: Springer-Verlag, 2000.
8. Polak, E. Computational Methods in Optimization. New York: Academic Press, 1971.
9. Roy, Ranjit K. A primer on Taguchi method [Текст] // Ranjit K Roj. – Dearborn, MI: SME, 2010 – 336 p.
10. Kaker, Raghu N. Taguchi's orthogonal arrays are classical designs of experiments [Текст] // Raghu N Kaker, Eric S. Lagergren, James L. Filliben / Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology. – 1991. – Vol.96, № 5. – P.577 – 591.

Інформаційні ресурси

1. Introduction to Optimization: Theory.
<https://www.tangramvision.com/blog/introduction-to-optimization-theory>
2. ACM Digital library. Journal of Optimization Theory and Application.
<https://dl.acm.org/journal/jopt>
3. Global Journal of Technology and Optimization.
<https://www.hilarispublisher.com/open-access/mathematical-optimization-theory-and-their-types-advantages-of-mathematical-modeling-88554.html>