



ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний факультет
Кафедра «Металорізальні верстати та інструменти»

СИЛАБУС

Обов'язкової навчальної дисципліни
Оптимізація технічних рішень в машинобудуванні
та чисельні математичні методи
Обсяг 4,5 кредити/135 годин

Другого (магістерського) рівня вищої освіти
Спеціальність – G11 «Машинобудування (за спеціалізаціями)»
Спеціалізація G11.01 «Верстати та інструменти»
Освітня програма «Металорізальні верстати та системи»

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКЛАДАЧА



**ФРОЛОВ МИХАЙЛО ВОЛОДИМИРОВИЧ, Завідувач
кафедри МВ та І, к.т.н., доцент**

Контактна інформація:

- (050) 5702508;
- mfrolov@zpu.edu.ua;
- навчальний корпус - 1 та аудиторія – 151, 157

Час і місце проведення консультацій:

Згідно розкладу, навчальний корпус 1, аудиторії 151

ОПИС КУРСУ

Управління сучасним виробництвом, виробничими процесами та технологічним обладнанням весь час вимагає прийняття рішень що забезпечать їх найвищу ефективність з урахуванням особливостей та обмежень в тому числі пов'язаних з безпекою праці та оточуючого середовища. Крім того керування процесами та обладнанням неможливе без використання обчислювальної техніки, яка в свою чергу потребує математичних моделей для оптимізації цього процесу. Дисципліна «Оптимізація технічних рішень в машинобудуванні та чисельні математичні методи» присвячена теорії та практиці оптимізації в машинобудуванні: розробці оптимізаційних моделей та ознайомленні з чисельними методами пошуку оптимальних рішень на їх основі. Ознайомлює з типовими цільовими функціями та технічними обмеженнями, пов'язаними з механічною обробкою



МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ ТА РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

1. Мета курсу - 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.

2. Компетентності та результати навчання, формування яких забезпечує вивчення дисципліни.

Загальні компетентності

ЗК5. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК7. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК8. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Спеціальні (фахові) компетентності

СК1. Здатність створювати, удосконалювати та застосовувати кількісні математичні, наукові й технічні методи та комп'ютерні програмні засоби, застосовувати системний підхід для розв'язування інженерних задач галузевого машинобудування, зокрема в умовах технічної невизначеності.

СК2. Критичне осмислення передових для галузевого машинобудування наукових фактів, концепцій, теорій, принципів та здатність їх застосовувати для розв'язання складних задач галузевого машинобудування і забезпечення сталого розвитку.

СК4. Усвідомлення перспективних завдань сучасного виробництва, спрямованих на задоволення потреб споживачів, володіння тенденціями інноваційного розвитку технологій галузі.

СК5. Здатність розробляти і реалізовувати плани і проекти у сфері галузевого машинобудування та дотичних видів діяльності, здійснювати відповідну підприємницьку діяльність.



СК8. Здатність визначати критерії оптимальності, обмеження, фактори та моделі при пошуку оптимальних рішень та вирішувати задачі оптимізації чисельними методами; забезпечувати та підвищувати надійність виробів – в тому числі при вирішенні питань якості продукції.

Результати навчання

- РН1. Знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі галузевого машинобудування відповідної галузі.
- РН6. Відшуковувати потрібну наукову і технічну інформацію в доступних джерелах, зокрема, іноземною мовою, аналізувати і оцінювати її.
- РН3. Знати і розуміти процеси галузевого машинобудування, мати навички їх практичного використання.
- РН4. Здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем у галузевому машинобудуванні.
- РН5. Аналізувати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем у галузевому машинобудуванні.
- РН8. Знати і вміти підбирати та використовувати комп'ютерні графічні CAD/CAM системи та інші програмні засоби для вирішення практичних завдань по моделюванню та/або проектуванню обладнання та/або його частин в галузевому машинобудуванні; автоматизованому формуванню технологічних процесів механічної обробки а також програмного забезпечення, що забезпечують високу продуктивність механічної обробки та належну якість продукції.

ПЕРЕДУМОВИ 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.



ПЕРЕЛІК ТЕМ (ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН) ДИСЦИПЛІНИ

Таблиця 1 – Загальний тематичний план аудиторної роботи

Номер тижня	Теми лекцій, год.	Теми лабораторних/практичних робіт або семінарів, год.
1	2	3
Змістовий модуль 1		
1	Тема 1. Вступ. Навіщо потрібна оптимізація (1 год.)	Практична робота №1 – Загальні відомості про оптимізацію та порівняння чисельних методів одновимірної безумовної оптимізації (4 год.)
1	Тема 2. Загальні відомості про оптимізаційні моделі, їх структуру та принципи побудови (2 год.)	
2		
2	Тема 3. Загальні відомості про критерії оптимальності та цільові функції. (1 год.)	
3	Тема 4. Деякі типові критерії оптимальності та цільові функції при механічній обробці (2 год.)	
4	Тема 5. Одновимірна безумовна оптимізація (6 год.)	
5		
6		
7	Тема 6. Мінімум функції багатьох змінних (4 год.)	Практична робота №2 – Безумовна оптимізація функції методом покоординатного спуску (Гаусса) (4 год.)
8		
Змістовий модуль 2		
9	Тема 7. Загальні положення умовної оптимізації (1 год.)	Практична робота №3 – Умовна оптимізація функції методом штрафних функцій (4 год.)
9	Тема 8. Задачі з обмеженнями у вигляді рівностей. (1 год.)	
10	Тема 9. Задачі з обмеженнями у вигляді нерівностей (1 год.)	
10	Тема 10. Метод штрафних функцій. Нежорсткі обмеження (2 год.)	
11		
11	Тема 11. Деякі типові обмеження при механічній обробці (1 год.)	
12	Тема 12. Задачі лінійного програмування. (2 год.)	Практична робота №4 – Задача лінійного програмування (4 год.)
13	Тема 13. Оптимізація за експериментальними дослідженнями: повний факторний експеримент (4 год.)	
14		
15	Тема 14. Оптимізаційні моделі другого порядку. Ортогональні центральні композиційні плани (2 год.)	



16	Тема 15. Оптимізація за ортогональними масивами Тагучі. (2 год.)	
----	--	--

САМОСТІЙНА РОБОТА

Включає більш детальне ознайомлення з темами тематичного плану за наступними напрямками:

1. Місце і значення математичних методів оптимізації в сучасному машинобудуванні. Постановка задачі оптимізації
2. Структура моделі оптимізації: критерій оптимальності, незалежні зміни, параметри, цільова функція, обмеження. Принципи на яких будується цільова функція.
3. Найбільш розповсюджені критерії оптимальності. Вимоги до критеріїв оптимальності. Зміст задачі оптимізації. Недоліки оптимізації, що здійснюється дослідним шляхом. Прості і складні критерії оптимальності, безумовна та умовна оптимізації. Послідовність вирішення задачі оптимізації.
4. Загальний вигляд та розрахунок елементів цільової функції собівартості для різних видів інструменту. Загальний вигляд цільової функції стійкості та її розрахунок.
5. Встановлення вихідного відрізка локалізації (інтервалу невизначеності). Чисельні методи з використанням похідних, метод Ньютона-Рафсона.
6. Рельєф функції та його різновиди. Вибір методу чисельного вирішення оптимізаційної задачі в залежності від рельєфу функції
7. Безумовний та умовний мінімуми. Загальний вигляд задачі умовної оптимізації. Активні та неактивні обмеження. Умова регулярності обмежуючих функцій.
8. Вирішення задачі з обмеженнями у вигляді рівностей методом множників Лагранжа. Матриця Гессе функції Лагранжа.
9. Загальний вигляд задачі оптимізації при використанні штрафних функцій та поняття про нежорсткі обмеження. Задача нелінійного програмування. Методи внутрішньої та зовнішньої точки. Квадратична штрафна функція. Бар'єрні функції.
10. Типові обмеження при механічній обробці. Обмеження швидкості; обмеження подачі за шорсткістю; обмеження частоти обертання та подачі за кінематичними можливостями верстата; обмеження за потужністю верстата; обмеження, пов'язані з точністю обробки; можливі додаткові обмеження.
11. Загальний вигляд задачі лінійного програмування. Основна задача лінійного програмування. Допустимі та оптимальні рішення. Еквівалентність



обмежень-нерівностей та обмежень-рівностей. Задача про використання сировини. Задача про використання продуктивності обладнання.

РЕКОМЕНДОВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ ДЖЕРЕЛА

Навчально-методичні розробки:

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. Optimization of technical solutions in mechanical engineering and numerical mathematical methods. Lecture notes for students of the second (master's) level of higher education, specialties: G11 Mechanical Engineering, G9 Applied Mechanics, all study programmes and forms of study / Comp.: Mykhaylo FROLOV. – Zaporizhzhia: National University "Zaporizhzhia Polytechnic", 2025. – 88 p.
4. Methodological instructions to the performance of practical work on the discipline "Optimization of technical solutions in mechanical engineering and numerical mathematical methods". For students of for students of the second (master's) level of higher education, specialties: G11 Mechanical Engineering, G9 Applied Mechanics, all study programmes and forms of study / Comp.: Mykhaylo FROLOV. – Zaporizhzhia: National University "Zaporizhzhia Polytechnic", 2025. – 41 p.

Літературні джерела:

Базова література

1. 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.
2. 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.
3. Методи одновимірної оптимізації: практикум з дисципліни «Дослідження операцій» [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика», спеціалізації «Наука про дані та математичне моделювання» / Т. С. Ладогубець, О. Д. Фіногенов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 453 Кбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 47 с.
4. Оптимізаційні методи та моделі: підручник / В.С. Григорків, М.В. Григорків. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2016. – 400 с.

Допоміжна література



5. Bhati, M. A. Practical Optimization Methods with Mathematica Applications. New York: Springer-Verlag, 2000.
6. Polak, E. Computational Methods in Optimization. New York: Academic Press, 1971.
7. Roy, Ranjit K. A primer on Taguchi method [Текст] // Ranjit K Roj. – Dearborn, MI: SME, 2010 – 336 p.
8. 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>

ОЦІНЮВАННЯ

Види контролю: поточний за окремими темами лекційного курсу; рубіжний у формі тестування; захист практичних робіт у формі тестування. Підсумковий контроль – екзамен.

Допуск до підсумкового контролю здійснюється за умови проходження тестів рубіжного контролю; виконання практичних робіт та її захист.

Критерії оцінювання:

Поточне тестування та самостійна робота (Ваговий коефіцієнт 0,1)												Екзамен (ваг. коэф. 0,5)	Сума
Змістовий модуль №1					Змістовий модуль № 2								
<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>T5</i>	<i>T7</i>	<i>T8</i>	<i>T9</i>	<i>T10</i>	<i>T11</i>	<i>T12</i>	<i>T13</i>	100	100
8	8	10	8	8	6	6	6	6	6	6	8		
<i>T6</i>	X	X	X	X	<i>T14</i>	X	X	X	X	X	X		
8	X	X	X	X	6	X	X	X	X	X	X		
Проміжний контроль №1(Ваговий коефіцієнт 0,1)												100	100
Тестування - 100 балів макс.													
Проміжний контроль №2 (Ваговий коефіцієнт 0,1)													
Тестування - 100 балів макс.													
Практичні роботи (Ваговий коефіцієнт 4 x 0,05)													
ПР №1			ПР №2			ПР №3			ПР №4				
100			100			100			100				



- Самостійно виконувати навчальні завдання, завдання поточного та підсумкового контролю;
- дотримуватися норм законодавства про авторське право;
- при вивченні курсу політика дотримання академічної доброчесності визначається Кодексом академічної доброчесності Національного університету «Запорізька політехніка» https://zp.edu.ua/uploads/dept_nm/Nakaz_N253_vid_29.06.21.pdf
- приймати активну участь у навчальному процесі;
- не запізнюватися на заняття, не пропускати заняття без поважних причин;
- самостійно і своєчасно вивчати матеріал пропущеного заняття.
- давати достовірну інформацію про результати власної навчальної діяльності.
- бути терпимим і доброзичливим до однокурсників та викладачів.
- Практичні роботи виконуються індивідуально та оформлюються звітом. Звіт може здаватися онлайн через систему дистанційного навчання. Захист робіт відбувається індивідуально шляхом складання відповідного тесту в системі дистанційного навчання. Роботи повинні здаватися в зазначені терміни. Ті роботи, що здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку (75% від можливої максимальної кількості балів). Перескладання модулів або їх складання пізніше зазначеного терміну відбувається тільки за наявності поважних причин.
- Виконання всіх видів контрольних заходів є обов'язковим.
- Списування під час виконання контрольних заходів заборонені (в т.ч. з використанням мобільних девайсів).

ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДЛЯ РОБОТИ НА КУРСІ

Щоб мати доступ до навчально-методичних розробок курсу необхідно мати особистий доступ до університетської навчальної платформи Moodle та до платформи Zoom. Засіб доступу до платформи Zoom має бути обладнаний web-камерою, мікрофоном та засобами відтворення звуку.