



ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ РІЗАННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (PhD)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Технології машинобудування</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/очна(вечірня)/заочна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>Лекції -1,5 раз на тиждень, самостійна робота - 2 раз на тиждень.</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>доктор технічних наук, професор, Петраков Ю.В., т.0683565479</i>
Розміщення курсу	<i>G-Suit, Telegram, ЕК, Google classroom, тощо</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Оптимізація процесів різання» призначена для створення у здобувачів вищої освіти компетенцій з оптимального управління процесами оброблення деталей на верстатах з ЧПК.

В процесі вивчення цієї дисципліни аспірант оволодіває загальним математичним апаратом оптимального управління, формулюванням задачі оптимізації, вибором критерію, обмежень та методами розв'язання таких задач. Розглядаються вирішення задач оптимізації токарного оброблення, циліндричного та торцевого фрезерування, шліфування. Практичні задачі оптимізації прив'язані до оброблення на верстатах з ЧПК. Розглядаються також сучасні методи програмування управляючих програм для верстатів з ЧПК з точки зору оптимізації процесів, що програмуються. Окремо розглядаються сучасні найбільш передові САМ-системи, що виконують програмування за технологією iMachining, що означає «інтелектуальне» оброблення.

Всі розділи супроводжуються прикладами розроблених в об'єктно-орієнтованому середовищі прикладних програм моделювання.

Дисципліна викладається у такому варіанті, що повністю адаптується до майбутньої спеціальності аспіранта в галузі машинобудування, а саме, технології виготовлення деталей машин різанням.

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

Курс складається з лекційних занять, та самостійної роботи. Дисципліна опирається на курси «Математика», «Інформатика», «Теорія різання», «Динаміка машин та процеси

управління” та готує аспірантів до використання матеріалів курсу при виконання дисертаційних робіт за темою дослідження.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1 Загальні методи оптимального управління.

Тема 2 Однокритеріальна задача оптимізації.

Тема 3 Багатокритеріальна задача оптимізації.

Тема 4 Оптимізація токарного оброблення.

Тема 5 Оптимізація процесів шліфування.

Тема 6 Оптимізація процесу фрезерування циліндричними та кінцевими фрезами.

Тема 7 Оптимізація процесу торцевого фрезерування.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Література:

- 1) Афанасьев В.Н., Теория оптимального управления непрерывными динамическими системами, Физический факультет, МГУ, 2011 - 170с.
- 2) Ногин В.Д. Введение в оптимальное управление. Учебно-методическое пособие. – СПб: Изд-во «ЮТАС», 2008 - 92 с.
- 3) Оптимизация процесса механической обработки деталей сложного профиля : монография / Л. В. Боршова, В. Ф. Пегашкин, М. В. Миронова ; ФГАОУ ВО, Нижнетагил. технол. ин-т (фил.). – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2019 – 150 с.
- 4) Шеховцов А.В., Крючковский В.В., Мельник А.Н. Решение многокритериальной оптимизации с использованием адаптивных алгоритмов // ААЭКС, 2007, №2, с.163-168
- 5) Зайченко Е.Ю., Зайченко Ю.П., Многокритериальные задачи принятия решений в нечетких условиях // Системні дослідження та інформаційні технології, 2016, № 4, с.79-87
- 6) Mukherjee S., Kamala A., Kumar K. Optimization of Material Removal Rate During Turning of SAE 1020 Material in CNC Lathe using Taguchi Technique // Procedia Engineering 97 (2014) 29 – 35
- 7) Srivastava A., Kumar R., Kumar G. Optimization of Cutting Parameters on CNC Lathe to Improve the Surface Roughness by Response Surface Methodology (RSM) // International Conference on Manufacturing Excellence (MANFEX 2013)
- 8) Ashvin J. Makadia, J.I. Nanavati Optimisation of machining parameters for turning operations based on response surface methodology // Measurement 46 (2013) 1521–1529
- 9) David A. Stephenson, John S. Agapiou Metal Cutting Theory and Practice. Third Edition 2016 by Taylor & Francis Group, LLC 932p. / https://www.researchgate.net/publication/317081872_Metal_Cutting_Theory_And_Practice_3rd_by_D_A_Stephenson
- 10) Ящерицын П.И., Фельдштейн Е.Э., Корниевич М.А. Теория резания: учеб. Минск: Новое знание, 2005.-512с.
- 11) Петраков Ю.В., Мацківський О.С. Оптимізація периферійного фрезерування кінцевими фрезами // Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування, №76, Київ 2016 С.88-94.
- 12) Петраков, Ю. В. Управління процесами шліфування [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізацій «Технології машинобудування» і «Технології виготовлення літальних апаратів» / Ю. В. Петраков ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,94 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 218 с.
- 13) Петраков Ю.В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням - Київ: УкрНДІАТ, 2004.-384с

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Тема	Зміст	Лекції	Самостійна робота
<p>Тема 1 Загальні методи оптимального управління.</p>	<p>Оптимальне управління як розділ теорії екстремальних задач (теорії оптимізації), присвячений дослідженню і вирішенню проблем максимізації і мінімізації функціоналів на множині функцій спеціального вигляду. Принцип максимуму Л.С. Понтрягіна – один з основних інструментів вирішення задач оптимального управління динамічними системами. Визначення функціоналу і задача його оптимізації. Постановка задачі оптимального управління динамічною системою, поведінка якої може бути представлена через систему звичайних диференціальних рівнянь. Необхідні відомості з теорії диференціальних рівнянь.</p>	6	8
<p>Тема 2 Однокритеріальна задача оптимізації.</p>	<p>Клас систем, що управляються і поведінка (розвиток) яких можна змінювати та в результаті досягається максимум або мінімум цільової функції. Математичне представлення динамічної системи. Визначення критерію оптимальності, обмежень, що накладаються на управління, та цільової функції (цільового функціоналу). Задача оптимального управління для системи диференціальних рівнянь - максимізація інтегрального функціонала на множині всіх допустимих управлінь, що переводять систему з заданого початкового стану в заданий кінцевий стан. Оптимальне управління і оптимальна траєкторія, що переводить об'єкт з початкового стану в кінцевий за мінімальний час.</p>	6	8
<p>Тема 3 Багатокритеріальна задача оптимізації.</p>	<p>Задача багатокритеріальної оптимізації як пошук вектора цільових змінних, що задовольняють накладеним обмеженням і оптимізують векторну функцію, елементи якої відповідають цільовим функціям. Математичний опис критерію задоволення. Визначення прийняттого рішення. Критерій Парето. Багатокритеріальна задача лінійного програмування з нечіткими параметрами. Визначення парето-оптимального</p>	8	10

	<p>рішення та найкращого компромісного рішення.</p> <p>Основні властивості задач оптимізації, наявність багатьох критеріїв, значущих обмежень, алгоритмічно заданих функцій. Використання адаптивних стохастичних алгоритмів.</p>		
<p>Тема 4.</p> <p>Оптимізація токарного оброблення.</p>	<p>Оптимальне управління – такий вплив на процес різання, який у кожний момент часу забезпечує максимум продуктивності (мінімум собівартості) при задоволенні всім умовам обмежень. Класичні методи нелінійного програмування розв'язку однокритеріальної задачі оптимізації. Впливами, що управляють, при токарному обробленні, головні збурення процесу. Оптимізаційна модель токарного оброблення, що зв'язує критерій оптимізації з керуючим впливом - подачею і швидкістю різання. Визначення обмежень за стійкістю інструменту, за потужністю різання, за жорсткістю технологічної обробної системи, за міцністю інструменту і заготовки.</p> <p>Формування обмеження за шорсткістю поверхні. Композиційна модель утворення шорсткості. Визначення залежностей детермінованої складової з аналізу кінематики процесу оброблення і форми різальної частини інструменту. Алгоритм визначення детермінованої складової шорсткості. Формування цільової функції.</p> <p>Вирішення задачі у фазовому просторі «подача – частота шпинделя». Визначення оптимальної глибини різання при багато прохідній обробці.</p> <p>Прикладна програма моделювання.</p>	8	12
<p>Тема 5</p> <p>Оптимізація процесів шліфування.</p>	<p>Шліфування як об'єкт управління. Задача створення математичної моделі шліфування як побудова моделі геометричної взаємодії шліфувального круга із заготовкою, що дозволяє отримати головну характеристику – швидкість зрізування припуску (MRR). Використання комп'ютерного моделювання з метою отримання масиву даних для управління процесом. Зв'язок між дугою різання і швидкість зрізування припуску. Алгоритм</p>	8	14

	<p>цілеспрямованого пошуку оптимального закону управління, що забезпечує рух за фазовою траєкторією, максимально близькою до обмежень і розташованою в допустимій області. Етап врізання, шліфування в усталеному режимі і етап закінчення циклу.</p> <p>Формування обмежень за максимально допустимою деформацією технологічної обробної системи та за умовою безпричального шліфування.</p> <p>Оптимізація процесів контурного шліфування. Стабілізація умов шліфування за формоутворюючою траєкторією. Оптимальне управління процесами шліфування на сучасних верстатах з ЧПК. Правка шліфувальних кругів та управління процесом для оптимізації всього циклу оброблення деталі.</p> <p>Прикладна програма моделювання.</p>		
<p>Тема 6 Оптимізація процесу фрезерування циліндричними та кінцевими фрезами.</p>	<p>Математична модель процесу периферійного фрезерування кінцевими фрезами. Оптимізаційна модель як система рівнянь і нерівностей, що виражають зв'язки між управляючими впливами, обмеженнями і прийнятим критерієм оптимальності на основі класичних залежностей теорії різання.</p> <p>Обмеження за стійкістю інструменту. Схема зрізування припуску. Обмеження за потужністю різання. Обмеження за шорсткістю поверхні деталі. Алгоритм, прикладна програма чисельного методу визначення детермінованої складової шорсткості поверхні при циліндричному фрезеруванні. Обмеження за силою подачі верстату. Обмеження за міцністю та жорсткістю технологічної обробної системи. Конструктивні обмеження, що визначаються за можливостями металорізального верстату.</p> <p>Алгоритм, чисельний метод вирішення задачі, прикладна програма моделювання.</p>	8	12
<p>Тема 7 Оптимізація процесу торцевого фрезерування.</p>	<p>Задача оптимізації режиму торцевого фрезерування. Визначення таких невід'ємних значень управлінь – повздожньої подачі S та частоти n обертання шпинделя – які задовольняють всім обмеженням за якістю і</p>	10	12

	<p>обумовлюють мінімум критерію оптимальності – технологічному часу. Задача оптимізації як класична однокритеріальна задача нелінійного програмування. Визначення системи обмежень. Оптимізаційна математична модель у вигляді системи рівнянь і нерівностей, що виражають зв'язки між управляючими впливами, обмеженнями і прийнятим критерієм оптимальності на основі класичних залежностей теорії різання.</p> <p>Обмеження за стійкістю інструменту і потужністю різання. Визначення обмежень за шорсткістю поверхні. Схема формування шорсткості плоскої поверхні при торцевому фрезеруванні.</p> <p>Задача нелінійного програмування і прикладна програма для її вирішення. Результати моделювання.</p>		
Екзамен			

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота передбачена за темами:

Тема 1 Загальні методи оптимального управління.

Тема 2 Однокритеріальна задача оптимізації.

Тема 3 Багатокритеріальна задача оптимізації.

Тема 4 Оптимізація токарного оброблення.

Тема 5 Оптимізація процесів шліфування.

Тема 6 Оптимізація процесу фрезерування циліндричними та кінцевими фрезами.

Тема 7 Оптимізація процесу торцевого фрезерування.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика щодо дедлайнів та перескладання: Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку (-10 балів). Перескладання заліку відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

Політика щодо академічної доброчесності: Усі письмові роботи перевіряються на наявність плагіату і допускаються до захисту із коректними текстовими запозиченнями не більше 20%.

Політика щодо відвідування: Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання, за яке нараховуються бали. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбутись в on-line формі за погодженням із керівником курсу.

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

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, МКР, тест тощо

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 63 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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)

- можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою;
- можливість зарахування статей, виданих за кордоном

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доктор технічних наук, професор

Юрій ПЕТРАКОВ

Ухвалено кафедрою технології машинобудування (протокол № 6 від 18 січня 2021р)

Погоджено Методичною комісією Механіко-машинобудівного інституту (протокол № 7 від 19.02.2021)