



# УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ РІЗАННЯ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Технології машинобудування</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна) / заочна / дистанційна / змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5.5 кредитів ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i><a href="https://schedule.kpi.ua">https://schedule.kpi.ua</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доктор технічних наук, професор, Петраков Ю.В., т.0683565479 Лабораторні: кандидат технічних наук, доцент, Гладський М.М., т.0674647792</i>
Розміщення курсу	<i>Google classroom</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Мета викладання навчальної дисципліни полягає у вивченні об'єкту управління - процесу різання - як складної системи з внутрішніми зворотними зв'язками, на яку впливають різні збурення. Управління таким об'єктом має на меті досягнення цілей у вигляді необхідної точності і якості оброблення за мінімально можливий час. Представлені три основних методи управління, спрямовані на використання верстатів з ЧПК: за апріорною, поточною та апостеріорною інформацією. Окремо розглядаються динамічні явища при обробленні, методи усунення вібрацій в технологічній обробній системі як пасивні, активні і комбіновані. Окремо представляються методи управління процесами шліфування, зокрема на верстатах з ЧПК. Таким чином, набуті знання складають основу компетенцій, які становлять базу знань сучасного інженера як безпосередньо в машинобудівному виробництві, так і в царині високих технологій розроблення сучасних цифрових систем, в тому числі САМ-систем автоматизованого програмування верстатів з ЧПК.

Дисципліна «Управління процесами різання» формує у студентів компетентності:

- ФК 1. Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та урахуванням наявних обмежень за умов неповної інформації та суперечливих вимог
- ФК 2. Здатність описати, класифікувати та змодельювати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні теорій та практик механічної інженерії, а також знаннях суміжних наук
- ФК 8. Здатність розробляти математичні моделі окремих видів оброблення різанням та здійснювати управління процесом оброблення, вирішувати оптимізаційні задачі в наукових та прикладних дослідженнях

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

Для успішного засвоєння дисципліни студенту необхідні знання з таких дисциплін як «Теорія автоматичного управління технологічними системами», «Теорія різання», Технологія машинобудування». На результатах навчання з даної дисципліни базуються дисципліни з «Програмування верстатів з ЧПК», та виконання магістерської дисертації.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

**Тема 1** Вступ. Основні поняття та визначення. Класифікація САУ.

**Тема 2** Методи автоматичного управління процесом різання.

**Тема 3** Динамічна модель процесу різання в замкненій технологічній обробній системі з функцією запізнення.

**Тема 4** Управління шліфуванням.

**Тема 5** Управління процесами різання на верстатах з ЧПК.

**Тема 6** Управління високошвидкісними процесам формоутворення.

## 4. Навчальні матеріали та ресурси

Література:

1. Петраков Ю.В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням. УкрНДІАТ, 2004 р. 384с.
2. Петраков Ю.В. Управління процесами шліфування: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізацій «Технології машинобудування» і «Технології виготовлення літальних апаратів», / КПІ ім. Ігоря Сікорського – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 216 с. ; Url: [ela.kpi.ua/bitstream/123456789/25517/Upr\\_protos\\_shlifuvannia.pdf](http://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/25517/Upr_protos_shlifuvannia.pdf);
3. Suk-Hwan Suh, Seong-Kyoon Kang, Dae-Hyuk Chung, Ian Stroud Theory and Design of CNC Systems, 2008 Springer-Verlag London Limited 455p. / [https://www.academia.edu/4977293/Theory\\_and\\_Design\\_of\\_CNC\\_Systems](https://www.academia.edu/4977293/Theory_and_Design_of_CNC_Systems)
4. Kai Cheng Editor Machining Dynamics. Fundamentals, Applications and Practices 2009 Springer-Verlag London Limited 328p / <https://www.springer.com/gp/book/9781846283673>
5. 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](https://www.researchgate.net/publication/317081872_Metal_Cutting_Theory_And_Practice_3rd_by_D_A_Stephenson)
6. Методичні вказівки до інтерактивних лабораторних робіт з курсу “Управління процесами різання” для студентів ОП “Технології машинобудування” усіх форм навчання / Петраков Ю.В., – К.: КПІ, 2019.-30 с.

## Навчальний контент

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

Тема	Зміст	Лекції	Практичні / Семінарські
<b>Тема 1</b> Вступ. Основні поняття та	Процес різання як об’єкт автоматичного управління. Оптимізація процесу різання. Цільова функція, обмеження. Нелінійне	4	

<p>визначення. Класифікація САУ.</p>	<p>програмування. Вирішення однокритеріальної задачі оптимізації. Програмні засоби вирішення для токарної і фрезерної обробки.</p>		
<p><b>Тема 2</b> Методи автоматичного управління процесом різання.</p>	<p>Головна мета управління. Оцінка якості управління в умовах детермінованих та випадкових збурень. Стохастична модель. Управління за апіорною інформацією. Модель закону управління для токарної обробки. Програма моделювання. Управління за поточною інформацією. Умови сталості. Програма моделювання. Управління за апостеріорною інформацією. Визначення моделі корекції при корегуванні функції траєкторії формоутворюючого руху. Програма моделювання. Порівняльний аналіз методів управління. Комбіновані методи управління.</p>	<p>4</p>	<p>2</p>
<p><b>Тема 3</b> Динамічна модель процесу різання в замкненій технологічній обробній системі з функцією запізнення.</p>	<p>Одномасова модель з двома ступенями вільності. Тенденції розвитку математичних моделей. Перехідні процеси при різанні. Частотні характеристики технологічної обробної системи при різанні. Методи експериментального дослідження динамічних характеристик ТОС. Спектр вібропереміщень. Перехід від вагової характеристики до частотної у вигляді діаграми Найквіста. Оцінка сталості. Критерії. Пасивні методи усунення вібрацій при різанні. Технології динамічної компенсації, PCC – Passive Chatter Control, SSV – Spindle Speed Variation та інші. Активні методи усунення вібрацій на верстатах з ЧПК (ACC – Active Chatter Control). Технологічна спадковість форми при токарній обробці. Модель жорсткості ТОС при точінні. Прикладна програма моделювання.</p>	<p>8</p>	<p>2</p>
<p><b>Тема 4</b> Управління шліфуванням</p>	<p>Математична модель процесу шліфування у вигляді структурної схеми. Основний критерій процесу шліфування – швидкість видалення припуску (Material Removal Rate). Принцип управління процесом шліфування за збуренням і за помилкою. САМ-системи автоматизованого програмування шліфувальних верстатів з ЧПК. САМ-система шліфувального верстата фірми Studer. Спеціальні шліфувальні верстати з ЧПК для шліфування доріжок кульково-гвинтових передач. Оптимальне управління процесом шліфування. Одна координата, що управляється, урахування пружних деформацій і зношування шліфувального круга. Прикладна програма проектування оптимального закон управління при урізному</p>	<p>8</p>	<p>2</p>

	<p>круглому шліфуванні. Управління шліфуванням з дискретною поперечною подачею. Прикладна програма проектування оптимального закону управління при повздовжньому фасонному шліфуванні (на прикладі оправки стану холодної прокатки труб). Люнет для шліфування мало жорстких деталей. Утворення хвилястості і ограновування при шліфуванні та методи їх усунення. Управління процесами контурного шліфування.</p>		
<p><b>Тема 5</b> Управління процесами різання на верстатах з ЧПК.</p>	<p>Проблеми і задачі: проектування траєкторій формоутворюючих рухів для верстатів з ЧПК спеціальної кінематики, проектування законів управління процесом різання. Представлення траєкторій сплайнами. Методика розрахунку еквідистанти. Проектування траєкторій холостих рухів. Прикладні програми автоматизованого проектування управляючих програм формоутворення. Методика проектування законів управління процесами різання. Геометричне моделювання з визначенням аналога швидкості видалення припуску (MRR – Material Removal Rate). Стабілізація умов різання за формоутворюючою траєкторією. Оптимізація. Корекція формоутворюючої траєкторії на фінішному проході. Моделювання геометричної і силової взаємодії при токарній і фрезерній обробці. Адаптивне управління на верстатах з ЧПК. Програмне забезпечення фірми Omative Systems (USA). Забезпечення сталості процесу різання на верстатах з ЧПК. Віртуальне базування.</p>	8	4
<p><b>Тема 6</b> Управління високошвидкісними процесам формоутворення.</p>	<p>Схеми формоутворення і характеристики руху. Управління високошвидкісною обробкою (HSM – High Speed Machining) при точінні не круглих поверхонь на прикладі кулачків розподільчого валу ДВЗ. Управління високошвидкісним шліфуванням не круглих поверхонь у масовому виробництві. Прикладна програма моделювання при управлінні процесом шліфування за двома подачами одночасно. Проектування оптимального за швидкодією привода подачі. Програма проектування оптимального передаточного відношення редуктора приводу для HSM</p>	4	4
Залік		2	

## **6. Самостійна робота студента/аспіранта**

Самостійна робота передбачена за темами:

*Тема 1 Вступ. Основні поняття та визначення. Класифікація САУ.*

*Тема 2 Методи автоматичного управління процесом різання.*

*Тема 3 Динамічна модель процесу різання в замкненій технологічній обробній системі з функцією запізнення.*

*Тема 4 Управління шліфуванням.*

*Тема 5 Управління процесами різання на верстатах з ЧПК.*

*Тема 6 Управління високошвидкісними процесам формоутворення.*

## **Політика та контроль**

### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

*Перед студентом ставляться наступні вимоги:*

- *правила відвідування занять:*
  - *обов'язкова присутність студента на заняттях;*
  - *у режимі очного навчання заняття відбуваються в аудиторії згідно розкладу занять;*
  - *у режимі дистанційного навчання заняття відбуваються в синхронному режимі у вигляді онлайн- конференції у програмі Zoom - посилання на конференцію видається на початку семестру, в разі не можливості відвідування занять в синхронному режимі, студенти самостійно ознайомлюються з матеріалами лекцій та виконують практичні роботи в асинхронному режимі з дотриманням календарного плану виконання. Матеріали курсу розміщені на платформі дистанційних курсів «Сікорський»*
- *правила поведінки на заняттях:*
  - *забороняється займатися будь-якою діяльністю, яка прямо не стосується дисципліни або може зашкодити здоров'ю;*
  - *дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку необхідної для виконання завдань інформації в Інтернеті або на платформі дистанційного навчання Moodle;*
  - *забороняється будь-яким чином зривати проведення занять;*
- *правила наукової дискусії на практичних/семінарських заняттях*
  - *на практичному занятті студент доповідає підготовлену до обговорення інформацію за темою заняття, під час доповіді відповідає на запитання викладача та інших слухачів;*
  - *при дистанційному навчанні: на практичному занятті студент надсилає підготовлену до обговорення інформацію за темою заняття на електронну адресу викладача або Telegram канал;*
  - *в окремих випадках (за наявності документально підтверджених вагомих причин) допускається можливість індивідуального обговорення підготовленої інформації;*
- *правила захисту модульних контрольних робіт:*
  - *виконання та захист модульної контрольної роботи проходить на практичному занятті;*
  - *студент надсилає оформлене виконане завдання на електронну адресу викладача, Telegram канал або розміщені на платформі дистанційного навчання Moodle (при*

дистанційному навчанні);

- у окремих випадках (за наявності документально підтверджених вагомих причин) допускається можливість індивідуального захисту;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів:
  - штрафні бали призначаються за несвоєчасне подання інформації за темами практичних занять, заохочувальні – за виконання ускладнених завдань;
  - максимальна кількість заохочувальних та штрафних балів визначається відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положення про поточний, календарний та семестровий контролю результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, а також інших Положень та рекомендацій, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського;
- політика дедлайнів та перескладань:
  - перескладання будь-яких контрольних заходів передбачено тільки за наявності документально підтверджених вагомих причин;
  - вчасним захист завдання вважається в межах одного заняття наступної теми (поточною вважається тема, завдання з якої хоче захистити студент) навчального часу відповідно до силабусу та/або календарного плану;
  - невчасним вважається захист завдання з затримкою більше ніж на одне практичне заняття наступної теми, порушення даного дедлайну призводить до зменшення кількості балів за роботи та оцінюється на 1 бал нижче, ніж вказано п.8 «Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання» за кожне наступне заняття наступних тем;
- політика округлення рейтингових балів:
  - округлення рейтингового балу відбувається до цілого числа;
  - при округленні до цілого числа всі цифри, що йдуть за наступним розрядом замінюються нулями;
  - якщо цифра розряду, що залишився, 5 або більша, то ціле число збільшується на одиницю, а розряд прирівнюється до нуля;
  - якщо цифра розряду, що залишився, менша за 5, то ціле число не змінюється, а розряд прирівнюється до нуля.
- політика оцінювання контрольних заходів:
  - оцінювання контрольних заходів відбувається відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського,
  - Положення про поточний, календарний та семестровий контролю результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, а також інших Положень та рекомендацій, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського;
  - нижня межа позитивного оцінювання кожного контрольного заходу має бути не менше 60% від балів, визначених для цього контрольного заходу;
  - негативний результат оцінюється в 0 балів.

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

#### Оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають право підняти будь-яке питання, яке стосується процедури проведення або оцінювання контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто комісією.

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

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

Семестровий контроль: Екзамен

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

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)

- 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 № 16 від 01.07.2022)

Погоджено Методичною комісією НН ММІ (протокол № 11 від 29.08.2022)