



## Теоретичні основи формоутворення поверхонь Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

| Рівень вищої освіти                               | Перший (бакалаврський)  |
|---|---|
| Галузь знань                                      | 13 Механічна інженерія  |
| Спеціальність                                     | 131 Прикладна механіка  |
| Освітня програма                                  | Технології машинобудування  |
| Статус дисципліни                                 | Вибіркова   |
| Форма навчання                                    | очна(денна)/очна(вечірня)/дистанційна/змішана   |
| Рік підготовки, семестр                           | 4курс, весняний семестр   |
| Обсяг дисципліни                                  | 4 кредитів (всього загальний )  |
| Семестровий контроль/<br>контрольні заходи        | Залік   |
| Розклад занять                                    | <a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a>   |
| Мова викладання                                   | Українська  |
| Інформація про<br>керівника курсу /<br>викладачів | Лектор: д.т.н., доц. Охріменко О.А., <a href="mailto:Okhrimenko.Oleksandr@Ill.kpi.ua">Okhrimenko.Oleksandr@Ill.kpi.ua</a><br>Практичні: д.т.н., доц. Охріменко О.А., <a href="mailto:Okhrimenko.Oleksandr@Ill.kpi.ua">Okhrimenko.Oleksandr@Ill.kpi.ua</a><br>Лабораторні: д.т.н., доц. Охріменко О.А., <a href="mailto:Okhrimenko.Oleksandr@Ill.kpi.ua">Okhrimenko.Oleksandr@Ill.kpi.ua</a> |
| Розміщення курсу                                  | <a href="https://classroom.google.com/u/1/c/MTQ5MzYzODI3ODIz">https://classroom.google.com/u/1/c/MTQ5MzYzODI3ODIz</a>   |

### Програма навчальної дисципліни

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

В 8 семестрі метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей: розв'язання наступних типових задач: аналізувати кінематичну схему обробки; визначати вихідні інструментальні поверхні на основі відомої кінематичної схеми формоутворення; проводити аналіз у формоутворення при механічній обробці; визначати множину інструментів призначених для обробки заданої поверхні деталі. І фахово розумітись в наступних питаннях: роль і значення процесу формоутворення в машинобудуванні; що таке вихідна інструментальна поверхня; кінематична схема формоутворення; загальні відомості про способи формоутворення поверхонь деталей: литва, обробки тиском і різанням, електрофізичні методи; способи надання вихідній інструментальній поверхні формоутворюючих властивостей при різноманітних процесах обробки; що таке огинаюча сімейства плоских кривих і поверхонь; умови формоутворення поверхні деталі.

Також студент може професійно: аналізувати кінематичну схему обробки; визначати вихідні інструментальні поверхні на основі відомої кінематичної схеми формоутворення; проводити аналіз у формоутворення при механічній обробці; визначати множину інструментів призначених для обробки заданої поверхні деталі. Розробляти нові процеси формоутворення поверхонь деталей і ефективно експлуатувати сучасні процеси механічної обробки деталей машин; проектувати процеси формоутворення заданої поверхні деталей при відомій кінематичній схемі формоутворення; грамотно вирішувати задачі визначення можливих поверхонь, що можуть бути оброблені при відомій схемі формоутворення і вихідній інструментальній поверхні; проектувати процеси формоутворення складних поверхонь на верстатах з ЧПК, тобто вирішенні задач визначення траєкторії руху інструмента відносно заготовки.

Основні завдання навчальної дисципліни, згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають отримати наступні програмні компетенції:

ФК12 Здатність проводити дослідження існуючих технологічних процесів, їх системний аналіз та знаходити на основі цього аналізу нові методи обробки та складання

ФК14 Здатність приймати рішення щодо вибору інструментального забезпечення автоматизованого виробництва.

Та продемонструвати такі програмні результати навчання:

РН20 Здійснювати інформаційно-аналітичні дослідження заданої тематики.

РН25 Проектувати окремі технологічні операції оброблення різанням та технологічні процеси оброблення деталей машин різних класів в тому числі і з застосуванням систем автоматизованого проектування.

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

Для вивчення даної дисципліни необхідно вивчити наступні дисципліни: механіка-матеріалів і конструкцій, Теорія механізмів і машин, метрологія, стандартизація і сертифікація, технологія конструкційних матеріалів.

Ця дисципліна є однією із допоміжних дисциплін для спеціальних розділів дипломного проектування.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

| Назви розділів і тем   | Кількість (кредитів) годин |              |           |             |     |
|--|----------------------------|--------------|-----------|-------------|-----|
|  | Всього                     | у тому числі |           |             |     |
|  |                            | Лекції       | Практичні | Лабораторні | СРС |
| <b>Розділ 1. Загальні положення.</b>   |                            |              |           |             |     |
| Тема 1. Роль і значення процесу формоутворення в машинобудуванні.                                    | 22                         | 2            | 3         | 3           | 14  |
| Разом за розділом 1  | 22                         | 2            | 3         | 3           | 14  |
| <b>Розділ 2. Вихідні інструментальні поверхні.</b>   |                            |              |           |             |     |
| Тема 2.1. Загальні положення про вихідні інструментальні поверхні і способи їх утворення.            | 8                          | 2            | 2 (1пр)   | -           | 4   |
| Тема 2.2. Сутність трьох способів утворення вихідних інструментальних поверхонь.[                    | 6                          | 2            | -         | -           | 4   |
| Разом за розділом 2  | 14                         | 4            | 2 (1пр)   | -           | 8   |
| <b>Розділ 3. Основні положення про спряжені поверхні.</b>  |                            |              |           |             |     |
| Тема 3.1. Огинаючі сімейства , плоских кривих та теорії огинаючих поверхонь..                        | 6                          | 2            | -         | -           | 4   |
| Тема 3.2. Аналітичні, графо – аналітичні і графічні способи визначення огинаючих кривих і поверхонь. | 6                          | 2            | -         | -           | 4   |
| Разом за розділом 3  | 12                         | 4            | -         | -           | 8   |
| <b>Розділ 4. Умови формоутворення поверхонь при механічній обробці.</b>                              |                            |              |           |             |     |

|   |    |   |   |        |   |
|---|----|---|---|--------|---|
| Тема 4.1. Загальні положення про формування поверхонь без відхилень від креслення.  | 4  | 2 | - | -      | 2 |
| Тема 4.2. Умови стикання вихідної інструментальної поверхні обробленою поверхнею без заглиблення в тіло деталі.   | 4  | 2 |   |        | 2 |
| Тема 4.3. Умова неперетину суміжних ділянок вихідної інструментальної поверхні. Тема 4.4. Визначення параметрів перехідних кривих і підрізання спряжених профілів при частинних схемах формування.  | 6  | 2 |   |        | 4 |
| Разом за розділом 4   | 14 | 6 | - | -      | 8 |
| <b>Розділ 5. Кінематика процесів механічної обробки.</b>  |    |   |   |        |   |
| Тема 5.1. Рухи, що виконуються в процесі механічної обробки деталей та їх класифікація. Кінематичні схеми формування поверхонь in їх класифікація. Тема 5.2. Типи поверхонь, оброблюваних при різноманітних схемах формування. Тема 5.3. Трансформація принципової кінематичної схеми обробки в кінематичну схему устаткування для механічної обробки.. Тема 5.4.Методика визначення множини вихідних інструментальних поверхонь для формування заданої поверхні. | 8  | 2 | - | -      | 6 |
| Разом за розділом 5   | 8  | 2 | - | -      | 6 |
| <b>Розділ 6. Вихідні інструментальні поверхні при схемах формування першого класу.</b>  |    |   |   |        |   |
| Тема 6. Обробка поверхонь при схемі формування першого класу.   | 6  | 2 | - | -      | 4 |
| Разом за розділом 6   | 6  | 2 | - | -      | 4 |
| <b>Розділ 7. Вихідні інструментальні поверхні при схемах формування другого класу.</b>  |    |   |   |        |   |
| Тема 7.1. Можливі типи оброблюваних поверхонь і область застосування і схем формування другого класу.   | 10 | 2 | - | 6 (3л) | 2 |

|  |    |   |   |   |   |
|--|----|---|---|---|---|
| Тема 7.2. Графічне й аналітичне визначення вихідних інструментальних поверхонь, спряжених з складними фасонними поверхнями з твірною змінного виду при схемах формоутворення другого класу | 20 | 2 | - |   | 6 |
| Разом за розділом 7  | 30 | 4 | - | 6 | 8 |
| Розділ 8. Вихідні інструментальні поверхні при схемах формоутворення третього класу.   |    |   |   |   |   |
| Тема 8.1. Можливі типи оброблюваних поверхонь і область застосування схем формоутворення третього класу.   | 12 | 4 | - | - | 8 |
| Разом за розділом 8  | 12 | 4 | - | - | 8 |
| Розділ 9. Вихідні інструментальні поверхні, спряжені з типовими деталями машин.  |    |   |   |   |   |
| Тема 9.1. Інструментальні поверхні, спряжені з архімедовими гвинтовими поверхнями (обробки деталей з різьбою).   | 6  | 2 | - | - | 4 |
| Тема 9.2. Вихідні інструментальні поверхні, спряжені з поверхнею евольвентного зубчастого колеса при схемах формоутворення першого, другого і третього класів                              | 6  | 2 | - | - | 4 |
| Разом за розділом 9  | 12 | 4 | - | - | 8 |
| Розділ 10. Можливі форми оброблених поверхонь при заданій вихідній інструментальній поверхні і відомій схемі формоутворення  |    |   |   |   |   |

|  |     |    |         |    |    |
|--|-----|----|---------|----|----|
| Тема 10.1. Типи вихідних інструментальних поверхонь, що використовуються в практиці. Методика аналітичних і графічних засобів визначення оброблених поверхонь деталей. Тема 10.2. Основи формоутворення складних фасонних поверхонь на верстатах із ЧПУ. Тема 10.3. Принципові кінематичні схеми багатокординатної обробки на верстатах із ЧПУ. Кінематика процесу при строчній обробці. Тема 10.4. Математичне моделювання процесів формоутворення складних поверхонь з твірною змінного для обробки на верстатах із ЧПУ. | 16  | 2  | 2 (1пр) | -  | 8  |
| Разом за розділом 10   | 16  | 2  | 2       | -  | 8  |
| Розділ 11. Перетворення тіла, обмеженого вихідною інструментальною поверхнею, у працездатний інструмент.   |     |    |         |    |    |
| Тема 11.1. Надання вихідній інструментальній поверхні формоутворюючих властивостей. Вихідна інструментальна поверхня як сукупність декількох ріжучих кромок. Тема 11.2. Відтворення вихідної інструментальної поверхні за допомогою однієї ріжучої кромки та однієї профілюючої точки кромки. Точність формоутворення.   | 6   | 2  | -       | -  | 7  |
| Разом за розділом 11   | 6   | 2  | -       | -  | 7  |
| Іспит  |     |    |         |    |    |
| Всього годин   | 120 | 36 | 18      | 18 | 48 |

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Основна:

1. Равська Н. С. Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці/ Н. С. Равська, П. П. Мельничук, Т. П. Ніколаєнко., О.А. Охріменко// - К.: Вид. СКД-Друк, 2013. – 215с.

2. Равська Н.С. Геометрія спряжених поверхонь/ Равська Н.С., Родін П.Р., Ніколаєнко Т.П., Мельничук П.П., Виговський Г.М. // – Житомир: ЖІТІ, 2001 – 314с.
3. Родін П.Р. Основы формообразования поверхностей/ Родін П.Р. //.- К.: Высшая школа 1977. – 192с.
- 4.Родін П.Р. Основи формоутворення поверхонь. Лабораторний практикум./ Родін П.Р., Равська Н.С., Радзевич С.П., Солодкий В.І.// - Київ, 1998. – 194с.
5. Основи формоутворення поверхонь. Методичні вказівки з практичної роботи студентів з курсу ОСНОВИ ФОРМОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХОНЬ Тема: Основи формоутворення фасонних поверхонь на верстатах із ЧПК укл. Охріменко О.А. [http://itm.kpi.ua/wp-content/uploads/pract3\\_ofr\\_-2017.pdf](http://itm.kpi.ua/wp-content/uploads/pract3_ofr_-2017.pdf); гриф факультету (інституту); № протокола Ради 5; дата отримання грифу 26.12.2016.
6. Основи формоутворення поверхонь. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Визначення спряжених профілів при схемі формоутворення, що відповідають коченню без ковзання початкового кола по початковому колу»укл. Охріменко О.А., Джулій Д.Ю., Майданюк С.В. [http://itm.kpi.ua/wp-content/uploads/lab1\\_ofr\\_-2017.pdf](http://itm.kpi.ua/wp-content/uploads/lab1_ofr_-2017.pdf); гриф факультету (інституту); № протокола Ради 7; дата отримання грифу 27.02.2017.
7. Основи формоутворення поверхонь. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Визначення спряжених профілів при схемі формоутворення, що відповідають коченню без ковзання початкового кола по початковій прямій, коли профіль деталі пов'язаний з початковою прямою» укл. Охріменко О.А., Джулій Д.Ю., Майданюк С.В. [http://itm.kpi.ua/wp-content/uploads/lab2\\_ofr\\_-2017.pdf](http://itm.kpi.ua/wp-content/uploads/lab2_ofr_-2017.pdf); гриф факультету (інституту); № протокола Ради 2; дата отримання грифу 02.06.2017.
8. Основи формоутворення поверхонь. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Визначення спряжених профілів, при схемі формоутворення,що відповідає коченню без ковзання початкового кола зв'язаного з заданим профілем по початковій прямій зв'язаною з відхідною інструментальною поверхнею», укл. О.А. Охріменко, Д.Ю. Джулій, С.В. Майданюк. [http://itm.kpi.ua/wp-content/uploads/lab3\\_ofr\\_-2017.pdf](http://itm.kpi.ua/wp-content/uploads/lab3_ofr_-2017.pdf); гриф факультету (інституту); № протокола Ради 2; дата отримання грифу 02.06.2017.
- 9.Основи формоутворення поверхонь. Методичні вказівки до виконання практичної роботи «Координатні перетворення, кінематичний спосіб утворення поверхонь» для студентів напряму підготовки 6.050503 – Машинобудування / Уклад.: О.А. Охріменко, К.: «КПІ бги. Ігоря Сікорського», 2017. – 29 с.; <https://classroom.google.com/u/1/c/MTQ5MzYzODI3ODIz>; ; Ухвалено методичною радою; Протокол № 1; Дата 29.08.2017.
- 10.Основи формоутворення поверхонь. Методичні вказівки до виконання практичної роботи «Визначення бгинаючої сімейства плоских кривих» для студентів напряму підготовки 6.050503 – Машинобудування / Уклад.: О.А. Охріменко, К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 22 с.; Url: ; Ухвалено методичною радою; Протокол № 1; Дата 29.08.2017.

#### Додаткова:

- 11.Грабченко Л.И. 3D – моделирование инструментов, формообразования и съема припуска при обработке резанием. / Грабченко Л.И., Кондусова Е.Б., Кривошея А.В., Равская Н.С., Родін П.Р. // - Харьков: из-во ХПИ, 2001. – 302с.
12. Перепелица Б.А., Отображение аффинного пространства в теории формообразования поверхностей резанием./ Перепелица Б.А., // Харьков: Высшая школа. 1981. – 152с.

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

Надається інформація (за розділами, темами) про всі навчальні заняття (лекції, практичні, семінарські, лабораторні) та надаються рекомендації щодо їх засвоєння (наприклад, у формі календарного плану чи деталізованого опису кожного заняття та запланованої роботи).

4. Лекційні заняття

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань<br>(перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)  |
|-------|--|
| 1     | <p>Лекція 1</p> <p>Розділ 1. Загальні положення.</p> <p>Тема 1.1. Роль і значення процесу формоутворення в машинобудуванні. Загальні відомості про способи формоутворення поверхонь деталей: литва, обробки тиском і різанням, електрофізичні методи. Розвиток і сучасний стан процесів формоутворення і а їх значення для машинобудування. Поняття про ідеальний процес формоутворення. Прийняті допущення. Аналіз і розробка ідеальних процесів – як основа дослідження реальних процесів формоутворення і розробки нових прогресивних верстатів і інструментів [1,2,3,8].</p> |
| 2     | <p>Лекція 2</p> <p>Розділ 2. Вихідні інструментальні поверхні.</p> <p>Тема 2.1. Загальні положення про вихідні інструментальні поверхні і способи їх утворення. Поняття про вихідну інструментальну поверхню, спряжену з обробленою поверхнею деталі при заданій схемі формоутворення, при обробці литвом, і тиском, різанням. Способи надання вихідній інструментальній поверхні формоутворюючих властивостей при різноманітних процесах обробки.[1,5].</p>   |
| 3     | <p>Лекція 3</p> <p>Тема 2.2. Сутність трьох способів утворення вихідних інструментальних поверхонь.[ 1, 2].</p>  |
| 4     | <p>Лекція 4</p> <p>Розділ 3. Основні положення про спряжені поверхні.</p> <p>Тема 3.1. Огинаючі сімейства , плоских кривих та теорії огинаючих поверхонь. Типи поверхонь деталей машин. Загальний аналітичний метод визначення огинаючих кривих і поверхонь. Загальний кінематичний метод визначення огинаючих , кривих і поверхонь. [1, 2, 3, 4].</p>   |
| 5     | <p>Лекція 5</p> <p>Тема 3.2. Аналітичні, графо – аналітичні і графічні способи визначення огинаючих кривих і поверхонь. Приклади визначення огинаючих кривих і поверхонь , стосовно до задач інструментального виробництва [1, 2, 3].</p>  |
| 6     | <p>Лекція 6</p> <p>Розділ 4. Умови формоутворення поверхонь при механічній обробці.</p> <p>Тема 4.1. Загальні положення про формоутворення поверхонь без відхилень від креслення. Умова існування вихідної інструментальної поверхні і його аналіз.[1, 2].</p>   |
| 7     | <p>Лекція 7</p> <p>Тема 4.2. Умови стикання вихідної інструментальної поверхні обробленою</p>  |

|    |  |
|----|--|
|    | <i>поверхнею без заглиблення в тіло деталі. [1, 2, 6].</i>   |
| 8  | <p><i>Лекція 8</i></p> <p><i>Тема 4.3. Умова не перетину суміжних ділянок вихідної інструментальної поверхні відповідно до умов формоутворення, визначення параметрів частинних процесів, що забезпечують обробку поверхонь деталей без відхилень від креслення.[1, 2].</i></p> <p><i>Тема 4.4. Визначення параметрів перехідних кривих і підрізання спряжених профілів при частинних схемах формоутворення.[ 1, 2, 5].</i></p>  |
| 9  | <p><i>Лекція 9</i></p> <p><i>Розділ 5. Кінематика процесів механічної обробки.</i></p> <p><i>Тема 5.1. Рухи, що виконуються в процесі механічної обробки деталей та їх класифікація. Кінематичні схеми формоутворення поверхонь in їх класифікація[1, 2, 6].</i></p> <p><i>Тема 5.2. Типи поверхонь, оброблюваних при різноманітних схемах формоутворення. Огляд принципів кінематичних схем обробки. Трансформація кінематичних схем формоутворення в принципові кінематичні схеми обробки[1, 3].</i></p> <p><i>Тема 5.3. Трансформація принципової кінематичної схеми обробки в кінематичну схему устаткування для механічної обробки[1, 2, 5, 6].</i></p> <p><i>Тема 5.4.Методика визначення множини вихідних інструментальних поверхонь для формоутворення заданої поверхні[1, 2].</i></p> |
| 10 | <p><i>Лекція 10</i></p> <p><i>Розділ 6. Вихідні інструментальні поверхні при схемах формоутворення першого класу.</i></p> <p><i>Тема 6.1. Можливі типи оброблюваних поверхонь. Графічне, аналітичне і графо – аналітичне визначення вихідних інструментальних поверхонь, спряжених із циліндричними, гвинтовими, плоскими поверхнями і поверхнями обертання, при схемах формоутворення, що відповідають прямолінійно – поступальному, обертальному і гвинтовому русі. Аналіз умов формоутворення [1,2].</i></p>  |
| 11 | <p><i>Лекція 11</i></p> <p><i>Розділ 7. Вихідні інструментальні поверхні при схемах формоутворення другого класу.</i></p> <p><i>Тема 7.1. Можливі типи оброблюваних поверхонь і область застосування і схем формоутворення другого класу. Графічне, аналітичне і графо – аналітичне визначення вихідних інструментальних поверхонь, сполучених із поверхнями деталей, що допускають ковзання «самих по собі» при різноманітних схемах формоутворення другого класу[1,2,5].</i></p>   |
| 12 | <p><i>Лекція 12</i></p> <p><i>Тема 7.2. Графічне й аналітичне визначення вихідних інструментальних поверхонь, спряжених з складними фасонними поверхнями з твірною змінного виду при схемах формоутворення другого класу [1,2]. Аналіз умов формоутворення [1,2].</i></p>  |
| 13 | <p><i>Лекція 13</i></p> <p><i>Розділ 8. Вихідні інструментальні поверхні при схемах формоутворення третього класу.</i></p>   |



|    |   |
|----|---|
|    | <i>Тема 8.1. Можливі типи оброблюваних поверхонь і область застосування схем формоутворення третього класу. Графічне, аналітичне і графо – аналітичне визначення вихідних інструментальних поверхонь при схемах формоутворення третього класу. Аналіз умов формоутворення.[1, 2].</i>   |
| 14 | <i>Лекція 14<br/>Тема 8.1. Графічне, аналітичне і графо – аналітичне визначення вихідних інструментальних поверхонь при схемах формоутворення третього класу. Аналіз умов формоутворення.[1, 2].</i>  |
| 15 | <i>Лекція 15<br/>Розділ 9. Вихідні інструментальні поверхні, спряжені з типовими деталями машин.<br/>Тема 9.1. Інструментальні поверхні, спряжені з архімедовими гвинтовими поверхнями (обробки деталей з різьбою)[1, 2, 5, 6].</i>   |
| 16 | <i>Лекція 16<br/>Тема 9.2. Вихідні інструментальні поверхні, сполучені з поверхнею евольвентного зубчастого колеса при схемах формоутворення першого, другого і третього класів [1, 2, 5, 6].</i>   |
| 17 | <i>Лекція 17<br/>Розділ 10. Можливі форми оброблених поверхонь при заданій вихідній інструментальній поверхні і відомій схемі формоутворення[1, 2].<br/>Тема 10.1. Типи вихідних інструментальних поверхонь, що використовуються в практиці. Методика аналітичних і графічних засобів визначення оброблених поверхонь деталей.[1, 2]<br/>Тема 10.2. Основи формоутворення складних фасонних поверхонь на верстатах із ЧПУ.[ 1, 2, 4]<br/>Тема 10.3. Принципові кінематичні схеми багатокординатної обробки на верстатах із ЧПУ. Кінематика процесу при строчній обробці.[1, 2, 5]<br/>Тема 10.4. Математичне моделювання процесів формоутворення складних поверхонь з твірною змінного для обробки на верстатах із ЧПУ [2, 3, 7].</i> |
| 18 | <i>Лекція 18<br/>Розділ 11. Перетворення тіла, обмеженого вихідною інструментальною поверхнею, у працездатний інструмент.<br/>Тема 11.1. Надання вихідній інструментальній поверхні формоутворюючих властивостей. Вихідна інструментальна поверхня як сукупність декількох різжучих кромок[ 1, 2, 6].<br/>Тема 11.2. Відтворення вихідної інструментальної поверхні за допомогою однієї різжучої кромки та однієї профілюючої точки кромки. Точність формоутворення[1, 2].</i>  |

### 5.Практичні заняття

Практичні заняття охоплюють основні теми лекційного матеріалу і розглядають питання практичного застосування отриманих знань. Їх тематика така:

- Тема 2; Координатні перетворення, кінематичний спосіб утворення поверхонь.
- Тема 3.1; Визначення 9огинаючої сімейства плоских кривих.
- Тема 10.2; Основи формоутворення фасонних поверхонь на верстатах із ЧПК

| № з/п | Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)  | Кількість ауд. годин |
|-------|---|----------------------|
| 1     | Вступ, організаційні питання, отримання вхідних індивідуальних даних на практичні роботи, вивчення особливостей автоматизації математичних розрахунків в системах MathCAD і SciLab. | 2                    |
| 2     | Тема 2; Координатні перетворення, кінематичний спосіб утворення поверхонь.  | 2                    |
| 3     | Тема 3.1; Визначення огинаючої сімейства плоских кривих.  | 2                    |
| 4     | Тема 10.2; Основи формоутворення фасонних поверхонь на верстатах із ЧПК   | 2                    |
| 5     | Заключне заняття  | 1                    |

#### 6. Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять практична перевірка і закріплення знань, які отримували на лекційних заняттях.

| № з/п | Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)  | Кількість ауд. годин |
|-------|---|----------------------|
| 1     | Вступ, організаційні питання, отримання вхідних індивідуальних даних на лабораторні роботи  | 2                    |
| 2     | Визначення спряжених профілів при схемі формоутворення, що відповідають коченню без ковзання початкового кола по початковому колу. Тема 7.1.  | 2                    |
| 3     | Визначення спряжених профілів при схемі формоутворення, що відповідають коченню без ковзання початкового кола по початковій прямій, коли профіль деталі пов'язаний з початковою прямою. Тема 7.1.                           | 2                    |
| 4     | Визначення спряжених профілів, при схемі формоутворення, що відповідає коченню без ковзання початкового кола зв'язаного з заданим профілем по початковій прямій зв'язаною з відхідною інструментальною поверхнею. Тема 7.1. | 2                    |
| 5     | Заклучне заняття  | 1                    |

#### 5.7. Індивідуальні завдання

Не передбачено.

#### 5.8. Контрольні роботи

МКР за розділами 1, 2, 3, 4.

### 7. Самостійна робота студента

| № з/п | Назва теми, при підготовці до аудиторних занять  | Кількість годин СРС |
|-------|--|---------------------|
| 1     | <p><i>Розділ 1. Загальні положення.</i></p> <p><i>Тема 1.1. Роль і значення процесу формоутворення в машинобудуванні. Загальні відомості про способи формоутворення поверхонь деталей: литва, обробки тиском і різанням, електрофізичні методи. Розвиток і сучасний стан процесів формоутворення і а їх значення для машинобудування. Поняття про ідеальний процес формоутворення. Прийняті допущення. Аналіз і розробка ідеальних процесів - як основа дослідження реальних процесів формоутворення і розробки нових прогресивних верстатів і інструментів [1,2,3,8].</i></p> | 14                  |
| 2     | <p><i>Розділ 2. Вихідні інструментальні поверхні.</i></p> <p><i>Тема 2.1. Загальні положення про вихідні інструментальні поверхні і способи їх утворення. Поняття про вихідну інструментальну поверхню, спряжену з обробленою поверхнею деталі при заданій схемі формоутворення, при обробці литвом, і тиском, різанням. Способи надання вихідній інструментальної поверхні формоутворюючих властивостей при різноманітних процесах обробки.[1,5].</i></p>   | 4                   |
| 3     | <p><i>Тема 2.2. Сутність трьох способів утворення вихідних інструментальних поверхонь.[ 1, 2].</i></p>   | 4                   |
| 4     | <p><i>Розділ 3. Основні положення про спряжені поверхні.</i></p> <p><i>Тема 3.1. Огинаючі сімейства , плоских кривих та теорії огинаючих поверхонь. Типи поверхонь деталей машин. Загальний аналітичний метод визначення огинаючих кривих і поверхонь. Загальний кінематичний метод визначення огинаючих , кривих і поверхонь. [1, 2, 3, 4].</i></p>   | 4                   |
| 5     | <p><i>Тема 3.2. Аналітичні, графо - аналітичні і графічні способи визначення огинаючих кривих і поверхонь. Приклади визначення огинаючих кривих і поверхонь , стосовно до задач інструментального виробництва [1, 2, 3].</i></p>   | 4                   |
| 6     | <p><i>Розділ 4. Умови формоутворення поверхонь при механічній обробці.</i></p> <p><i>Тема 4.1. Загальні положення про формоутворення поверхонь без відхилень від креслення. Умова існування вихідної інструментальної поверхні і його аналіз.[1, 2].</i></p>   | 4                   |
| 7     | <p><i>Тема 4.2. Умови стикання вихідної інструментальної поверхні обробленою поверхнею без заглиблення в тіло деталі. [1, 2, 6].</i></p>   | 4                   |
| 8     | <p><i>Тема 4.3. Умова не перетину суміжних ділянок вихідної інструментальної поверхні відповідно до умов формоутворення, визначення параметрів частинних процесів, що забезпечують обробку поверхонь деталей без відхилень від креслення.[1, 2].</i></p> <p><i>Тема 4.4. Визначення параметрів перехідних кривих і підрізання спряжених профілів при частинних схемах формоутворення.[ 1, 2,</i></p>   | 4                   |

|    |  |   |
|----|--|---|
|    | 5].  |   |
| 9  | <p><i>Розділ 5. Кінематика процесів механічної обробки.</i></p> <p><i>Тема 5.1. Рухи, що виконуються в процесі механічної обробки деталей та їх класифікація. Кінематичні схеми формоутворення поверхонь і їх класифікація[1, 2, 6].</i></p> <p><i>Тема 5.2. Типи поверхонь, оброблюваних при різноманітних схемах формоутворення. Огляд принципів кінематичних схем обробки. Трансформація кінематичних схем формоутворення в принципові кінематичні схеми обробки[1, 3].</i></p> <p><i>Тема 5.3. Трансформація принципової кінематичної схеми обробки в кінематичну схему устаткування для механічної обробки[1, 2, 5, 6].</i></p> <p><i>Тема 5.4.Методика визначення множини вихідних інструментальних поверхонь для формоутворення заданої поверхні[1, 2].</i></p> | 6 |
| 10 | <p><i>Розділ 6. Вихідні інструментальні поверхні при схемах формоутворення першого класу.</i></p> <p><i>Тема 6.1. Можливі типи оброблюваних поверхонь. Графічне, аналітичне і графо - аналітичне визначення вихідних інструментальних поверхонь, спряжених із циліндричними, гвинтовими, плоскими поверхнями і поверхнями обертання, при схемах формоутворення, що відповідають прямолінійно - поступальному, обертальному і гвинтовому русі. Аналіз умов формоутворення [1,2].</i></p>  | 4 |
| 11 | <p><i>Розділ 7. Вихідні інструментальні поверхні при схемах формоутворення другого класу.</i></p> <p><i>Тема 7.1. Можливі типи оброблюваних поверхонь і область застосування і схем формоутворення другого класу. Графічне, аналітичне і графо - аналітичне визначення вихідних інструментальних поверхонь, сполучених із поверхнями деталей, що допускають ковзання «самих по собі» при різноманітних схемах формоутворення другого класу[1,2,5].</i></p>   | 2 |
| 12 | <p><i>Тема 7.2. Графічне й аналітичне визначення вихідних інструментальних поверхонь, спряжених з складними фасонними поверхнями з твірною змінного виду при схемах формоутворення другого класу [1,2]. Аналіз умов формоутворення [1,2].</i></p>  | 6 |
| 13 | <p><i>Розділ 8. Вихідні інструментальні поверхні при схемах формоутворення третього класу.</i></p> <p><i>Тема 8.1. Можливі типи оброблюваних поверхонь і область застосування схем формоутворення третього класу. Графічне, аналітичне і графо - аналітичне визначення вихідних інструментальних поверхонь при схемах формоутворення третього класу. Аналіз умов формоутворення.[1, 2].</i></p>  | 4 |
| 14 | <p><i>Тема 8.1. Графічне, аналітичне і графо - аналітичне визначення вихідних інструментальних поверхонь при схемах</i></p>  | 4 |

|    |  |   |
|----|--|---|
|    | <i>формоутворення третього класу. Аналіз умов формоутворення.[1, 2].</i>   |   |
| 15 | <i>Розділ 9. Вихідні інструментальні поверхні, спряжені з типовими деталями машин.<br/>Тема 9.1. Інструментальні поверхні, спряжені з архімедовими гвинтовими поверхнями (обробки деталей з різьбою)[1, 2, 5, 6].</i>  | 4 |
| 16 | <i>Тема 9.2. Вихідні інструментальні поверхні, сполучені з поверхнею евольвентного зубчастого колеса при схемах формоутворення першого, другого і третього класів [1, 2, 5, 6].</i>  | 4 |
| 17 | <i>Розділ 10. Можливі форми оброблених поверхонь при заданій вихідній інструментальній поверхні і відомій схемі формоутворення[1, 2].<br/>Тема 10.1. Типи вихідних інструментальних поверхонь, що використовуються в практиці. Методика аналітичних і графічних засобів визначення оброблених поверхонь деталей.[1, 2]<br/>Тема 10.2. Основи формоутворення складних фасонних поверхонь на верстатах із ЧПУ.[ 1, 2, 4]<br/>Тема 10.3. Принципові кінематичні схеми багатокоординатної обробки на верстатах із ЧПУ. Кінематика процесу при строчній обробці.[1, 2, 5]<br/>Тема 10.4. Математичне моделювання процесів формоутворення складних поверхонь з твірною змінного для обробки на верстатах із ЧПУ [2, 3, 7].</i> | 8 |
| 18 | <i>Розділ 11. Перетворення тіла, обмеженого вихідною інструментальною поверхнею, у працездатний інструмент.<br/>Тема 11.1. Надання вихідній інструментальній поверхні формоутворюючих властивостей. Вихідна інструментальна поверхня як сукупність декількох різучих кромок[ 1, 2, 6].<br/>Тема 11.2. Відтворення вихідної інструментальної поверхні за допомогою однієї різучої кромки та однієї профілюючої точки кромки. Точність формоутворення[1, 2].</i>   | 4 |

## Політика та контроль

### 8. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- правила відвідування занять (як лекцій, так і практичних/лабораторних) регламентується: «Положення про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/node/39>; «Положення про систему внутрішнього забезпечення якості вищої освіти в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/node/121>;
- правила поведінки на заняттях (активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення телефонів, використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо) регламентується «Положення про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/node/39>, ;
- правила захисту лабораторних робіт; кожен студент особисто здає лабораторні роботи;

- правила захисту індивідуальних завдань; кожен студент особисто здає індивідуальні роботи ;
- в даному кредитному модулі наявні тільки заохочувальні бали, які студент може отримати на добровільній основі виконуючі певний перелік додаткових завдань пов'язаних з тематикою кредитного модуля;
- політика дедлайнів та перескладань, регламентується «Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/node/32>, «Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/node/37> ;
- політика щодо академічної доброчесності регламентується «Положення про систему запобігання академічного плагіату в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/node/47>; положенням «Положення про вирішення конфліктних ситуацій в КПІ ім. Ігоря Сікорського» [https://osvita.kpi.ua/2020\\_7-170](https://osvita.kpi.ua/2020_7-170);

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

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом Таблиця 8.1.

| Семестр | Всього | Розподіл за семестрами та видами занять |       |      |     | МКР | РГР | Іспит |
|---------|--------|---|-------|------|-----|-----|-----|-------|
|         |        | Лек.                                    | Прак. | Лаб. | СРС |     |     |       |
| 8       | 120    | 36                                      | 18    | 18   | 48  | +   | -   | +     |
| Всього  | 120    | 36                                      | 18    | 18   | 48  | +   | -   | +     |

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- виконання та захист 3 лабораторних робіт - 45 кредитів;
- виконання та захист 3 практичних робіт - 45 кредитів
- модульні контрольні роботи - 10 кредитів;
- за бажанням студента можлива залікова контрольна робота - 40 кредитів.

### СИСТЕМА РЕЙТИНГОВИХ (ВАГОВИХ) БАЛІВ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

#### 8.1. Лабораторні роботи (r1)

Необхідною умовою допуску до лабораторної роботи є наявність протоколу. Ваговий бал однієї лабораторної роботи становить 15 балів (табл.10.2). Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи:  $r1 = 3 \text{ роботи} \times 15 \text{ бали} = 45 \text{ балів}$ .

Максимальна кількість штрафних балів мінус 3 бали або заохочувальних +3 бали за всі лабораторні заняття.

Рейтингові бали за одну лабораторну роботу Таблиця 8.2

| Бали  | Критерій оцінювання  |
|-------|--|
| 15,00 | Зауважень до звіту нема, є відповіді на всі запитання            |
| 13,50 | Несуттєві зауваження до звіту, відповіді на більшість запитань   |
| 12,00 | Зауваження до отриманих результатів, відповідь на частину питань |
| 10,50 | Звіт має помилки, відповіді лише на окремі питання               |
| 9,00  | Робота виконана, отримано вірні результати, але не захищено.     |
| 0,00  | Робота не виконана, звіт відсутній                               |

## 8.2. Модульний контроль (r2)

Модульна контрольна робота складається з чотирьох питань МКР яку проводять перед першою атестаціями та на при кінці навчального семестру. Ваговий бал МКР становить 12 балів. Максимальна кількість балів за дві модульні контрольні роботи складає:  $r2 = 10 \text{ бали} \times 1 \text{ мод.контр. роботи} = 10 \text{ балів}$ .

Рейтингові бали МКР Таблица 8.3

| Бали | Критерій оцінювання  |
|------|--|
| 10,0 | Вірна відповідь більш ніж на 90 % питань   |
| 9,0  | Вірна відповідь на 90 % питань   |
| 8,0  | Вірна відповідь на 80 % питань   |
| 7,0  | Вірна відповідь на 70 % питань   |
| 6,0  | Вірна відповідь на 60 % питань   |
| 0,0  | Вірна відповідь менш ніж на 60 % питань або студент був відсутній без поважної причини |

## 8.3. Практичні роботи (r3)

Практичні роботи складаються з 3 завдань. Ваговий бал однієї практичної роботи становить 15 балів. Максимальна кількість балів за дві модульні контрольні роботи складає:  $r3 = 15 \text{ балів} \times 3 \text{ практичні роботи} = 45 \text{ балів}$ .

Рейтингові бали за одну практичну роботу Таблица 8.4

| Бали  | Критерій оцінювання  |
|-------|--|
| 15,00 | Зауважень до звіту нема, є відповіді на всі запитання            |
| 13,50 | Несуттєві зауваження до звіту, відповіді на більшість запитань   |
| 12,00 | Зауваження до отриманих результатів, відповідь на частину питань |
| 10,50 | Звіт має помилки, відповіді лише на окремі питання               |
| 9,00  | Робота виконана, отримано вірні результати, але не захищено.     |
| 0,00  | Робота не виконана, звіт відсутній                               |

## 8.5. Штрафні та заохочувальні бали

Загальний рейтинг з дисципліни включає тільки заохочувальні бали (табл.8.5). Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати  $50 \times 0,1 = (+ 6) \text{ балів}$ .

Заохочувальні бали Таблица 8.5

| Дія   | Бали              |
|---|-------------------|
| Участь у модернізації лабораторних або практичних робіт | плюс 2 бали       |
| Удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни       | плюс 3.. .5 балів |
| Застосування оригінального підходу при вирішенні задач  | плюс 1 бал        |

## 8.6. Умови рубіжної атестації

На 8-й тиждень навчання (перша атестація) графіком передбачено виконання: 1-ї практичної робіт 2 балів і захист не менше 1 лабораторної роботи 4 балів; МКР 12 бали. Що становить у сумі  $4+4+12=20 \text{ балів}$ . Таким чином для отримання "задовільно" з першої рубіжної атестації студент повинен мати не менше ніж  $20 \times 0,5=10 \text{ балів}$ . На 14-й тиждень навчання

(друга атестація) графіком передбачено виконання: 2-х практичних робіт і захист не менше 2 лабораторних роб.: 2пр x 8 балів + 2 лб x 8 бали = 32 балів; Що становить у сумі 36=36балів. Таким чином для отримання "задовільно" з першої рубіжної атестації студент повинен мати не менше ніж 36 x 0,5=18 балів.

#### 8.7. Критерії оцінювання залікової роботи.

Робота складається з двох завдань, вага 1 питання 12 балів, вага 2 питання 28 балів. Максимальна кількість балів заліку успішності становить 40 балів.

Критерій оцінювання залікової роботи визначається як сума якості відповідей на кожне завдання білета за таблицею 8.6. та 8.7.

#### Кількість балів за відповідні питання залікової роботи

Критерії оцінювання Питання 1 залікової роботи Таблиця 8.6

| Бали  | Критерій оцінювання  |
|-------|--|
| 12    | Відмінна відповідь (не менше 95% інформації), можливі несуттєві зауваження та неточності                                     |
| 11.52 | Дуже добра відповідь (не менше 85% інформації), помилок немає, відповідь на переважну більшість питань, творче мислення      |
| 9.6   | Добра відповідь (не менше 75% інформації), помилок немає, відповідь на більшість питань, окремі недоліки                     |
| 8.4   | Достатня відповідь (не менше 60% інформації) є зауваження, відповідь тільки на частину питань                                |
| 7.2   | Задовільна відповідь (не менше 60% інформації), суттєві помилки, відповідь на поодинокі питання, не може пояснити результати |
| 0,0   | Відповідь не вірна або менше 60% інформації, або відсутня  |

Критерії оцінювання Питання 2 залікової роботи Таблиця 8.7

| Бали | Критерій оцінювання  |
|------|--|
| 28   | Відмінна відповідь (не менше 95% інформації), можливі несуттєві зауваження та неточності                                     |
| 25.2 | Дуже добра відповідь (не менше 85% інформації), помилок немає, відповідь на переважну більшість питань, творче мислення      |
| 22.4 | Добра відповідь (не менше 75% інформації), помилок немає, відповідь на більшість питань, окремі недоліки                     |
| 19.6 | Достатня відповідь (не менше 60% інформації) є зауваження, відповідь тільки на частину питань                                |
| 16,8 | Задовільна відповідь (не менше 60% інформації), суттєві помилки, відповідь на поодинокі питання, не може пояснити результати |
| 0,0  | Відповідь не вірна або менше 60% інформації, або відсутня  |

#### 8.8. Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (rd):

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:  $R_c = \sum r_i$  де  $r$  - рейтингіві або вагові бали за кожний вид робіт з дисципліни (табл. 8.2-8.7).  $R_c = 45лб + 45пр + 10мкр = 100$  балів.

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає  $R_d = R_c = 100$  балів.

У випадку коли студент не згоден з оцінкою він пише залікову роботу, яка може максимум оцінюється  $R_e=40$  балів і загальний рейтинг буде складатись  $R_d=60 + R_e=100$  балів

Складова  $R_d$  шкали дорівнює (табл. 8.8):  $R_e = 100$  балів.



Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою. Таблиця 8.8

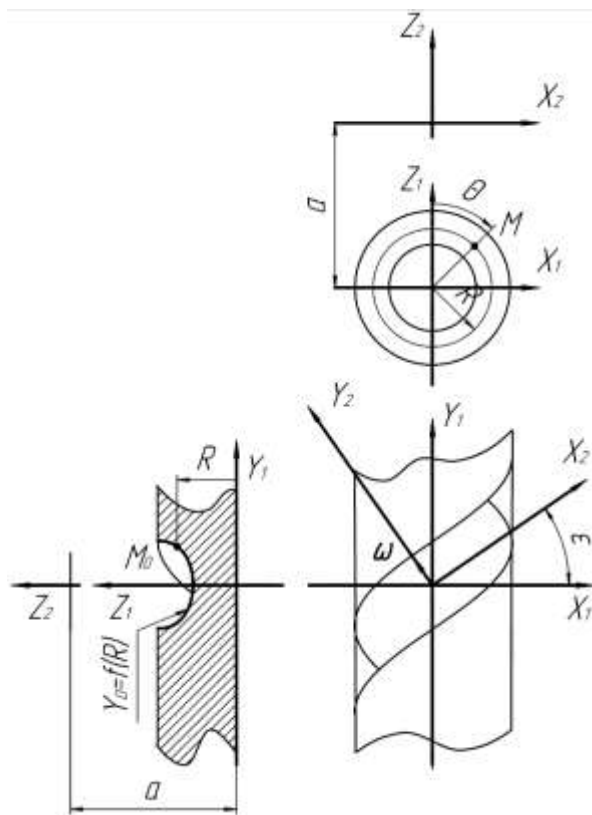
| Кількість балів           | Оцінка       |
|---------------------------|--------------|
| 100-95                    | Відмінно     |
| 94-85                     | Дуже добре   |
| 84-75                     | Добре        |
| 74-65                     | Задовільно   |
| 64-60                     | Достатньо    |
| Менше 60                  | Незадовільно |
| Не виконані умови допуску | Не допущено  |

## 10. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на залікову роботу

- Дати оцінку другому способу утворення вихідних інструментальних поверхонь.
- Визначити точку повернення на профілі деталі утвореною огинаючою сімейства плоских, що визначається рівнянням  $F(x, y, c) = 0$ 
  - Визначити огинаючу сімейства плоских кривих заданих рівнянням  $F(x, y, c) = 0$ , де  $x, y$  – координати точок твірної сімейства плоских кривих,  $c$  – параметр руху твірної.
  - Дати оцінку першій умові формоутворення, навести приклад.
  - Обґрунтуйте властивість загальних нормалей при відносному прямолінійно-поступальному русі спряжених профілів.
  - Визначити характеристики контакту спряжених поверхонь при миттєвому прямолінійно-поступальному та обертальному відносному русі використовуючи властивість загальних нормалей.
  - Дати оцінку кінематичним схемам формоутворення 0 класу.
  - Визначити точку повернення на кривій, яку задано параметричним рівнянням  $x(t) = f_1(t); y(t) = f_2(t)$ .
    - Визначити огинаючу сімейства плоских кривих  $(x-t)^2 + y^2 = 1$
    - Дати оцінку при яких умовах, для різних типів спряжених профілів виконується друга умова формоутворення.
    - Пояснити які рухи можна додатково вводити в схему формоутворення не порушуючи характеру контакту спряжених поверхонь.
    - Навести етапи проектування реальної кінематичної схеми металорізального верстата.
      - Дати оцінку кінематичним схемам формоутворення 1 класу.
      - Дати оцінку кінематичним схемам формоутворення 2 класу.
      - Дати оцінку кінематичним схемам формоутворення 3 класу.
      - Визначити огинаючу сімейства поверхонь за допомогою кінематичного способу.
      - Дати оцінку другій умові формоутворення.
      - Дати оцінку та порівняти кінематичну схему формоутворення і кінематичну схему різання.
        - Дати оцінку першому способу утворення вихідних інструментальних поверхонь.
        - Дати оцінку властивостей загальних нормалей при миттєвому обертанні спряжених профілів.
          - Дати оцінку третьому способу утворення вихідних інструментальних поверхонь.
          - Визначити огинаючу сімейства поверхонь заданих рівнянням  $F(x, y, z, c) = 0$ , де  $x, y, z$  – координати точок твірної сімейства поверхонь,  $c$  – параметр руху твірної.

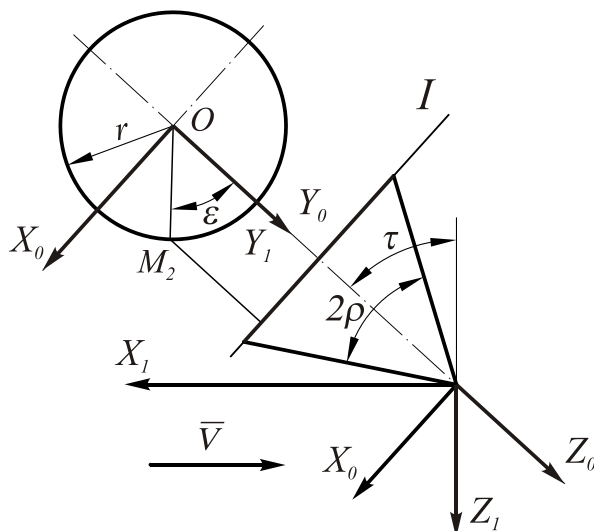
- Дати оцінку, що таке вихідна інструментальна поверхня.
- Провести порівняння ідеального процесу формоутворення з реальним.
- Визначити використовуючи умови формоутворення радіус початкового кола при обробці гострошліцевого вала черв'ячною фрезею.
- Визначити огинаючу сімейства поверхонь заданих у параметричному вигляді  $X = f_1(u, v, c); Y = f_2(u, v, c); Z = f_3(u, v, c)$ . Де  $u, v$  – параметричні координати твірної сімейства поверхонь,  $c$  – параметр, що відповідає за рух твірної при утворенні сімейства твірних.
- Дати оцінку схем формоутворення другого класу.
- Дати оцінку третій умові формоутворення.
- Дати оцінку, які поверхні можна обробляти при схемах формоутворення першого класу.
- Обґрунтувати при яких схемах формоутворення (якого класу) можна обробити складну поверхню з твірними змінного виду.
- Визначити огинаючу гвинтової поверхні при її відносному обертальному русі див. рисунок.



Де, система  $X_1Y_1Z_1$  – пов'язана з деталлю,  $X_2Y_2Z_2$  – пов'язана з вихідною інструментальною поверхнею (ВІП),  $Y_2$  – вісь обертання (ВІП),  $p$  – параметр гвинтової поверхні,  $a$  – міжосьова відстань. Рівняння гвинтової поверхні  $D$  в системі  $X_1Y_1Z_1$  :  $\vec{r} = \vec{i} \cdot R \cdot \sin \theta + \vec{j} [f(R) + p\theta] + \vec{k} \cdot R \cdot \cos \theta$ , де  $R$  – радіус точки гвинтової поверхні, що розглядається,  $Y_0 = f(R)$  – рівняння осьового перерізу гвинтової поверхні в площині  $X_1 = 0$ ,  $\frac{\partial f(R)}{\partial R} = \text{tg } \varphi$  – кут нахилу дотичної до профілю осьового перерізу гвинтової поверхні  $\epsilon$  – кут напрямку вектора обертального руху.

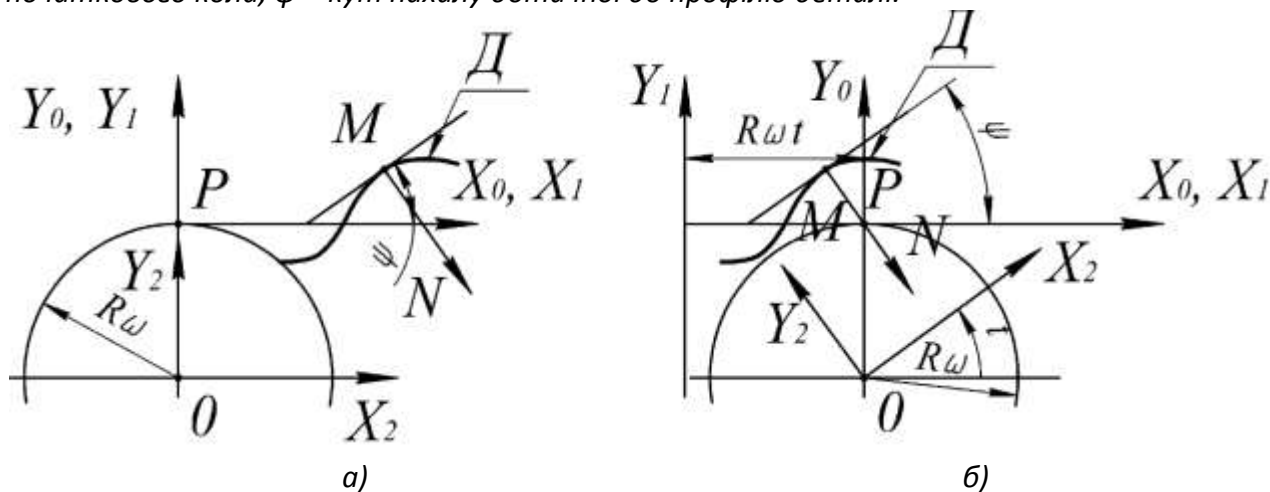
- Визначити огинаючу сімейства поверхонь, яке утворюється при прямолінійно-поступальному русі конічної поверхні див. рис. Кут при вершині конічної поверхні буде  $2\rho$ , а кут між віссю конічної поверхні та швидкістю  $V$  поступального руху буде рівним  $(90 - \tau)$ . З конічною поверхнею  $l$  зв'язана система координат  $X_0Y_0Z_0$ . Вісь  $Z_0$  проходить по

осі конічної поверхні, а вісь  $Y_0$  – перпендикулярно швидкості  $\vec{V}$ . Рівняння конуса  $X_0 = l \sin(\varepsilon); Y_0 = l \cos(\varepsilon); Z_0 = -l \operatorname{ctg}(\rho)$ ,  $l$  – радіус точки поверхні конуса, що розглядається.

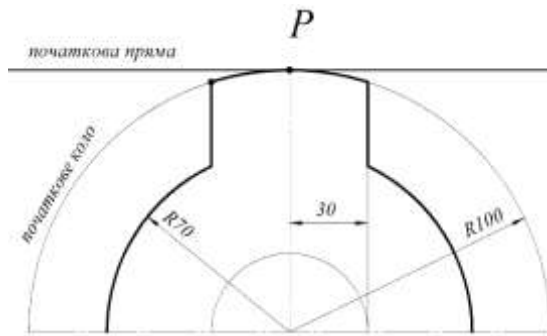


- Знайти огинаючу сімейства плоских кривих заданих в параметричній формі  $x = 2c + c \cos(t); y = c \sin(t)$ , де  $c$  – параметр від якого залежить сімейство кривих.

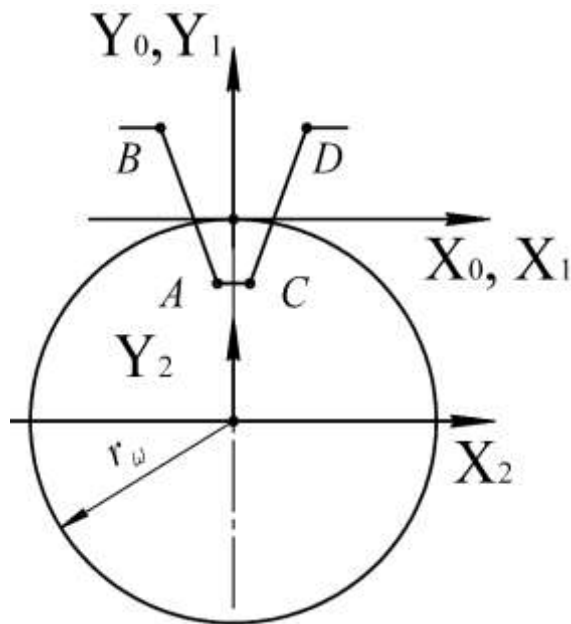
- Визначити аналітично спряжені профілі при коченні кола по прямій, де початкова пряма пов'язана з деталлю. Де система координат  $X_1Y_1$  – пов'язана з деталлю і початковою прямою, система координат  $X_2Y_2$  – пов'язана з вихідною інструментальною поверхнею і початковим колом, допоміжна координат  $Y_0Z_0$ ,  $t_2$  – кут повороту систем  $Y_2Z_2$  навколо центру координат  $O_2$  див. рис. а) – початковий момент часу, б) – довільний момент часу.  $R\omega$  – радіус початкового кола,  $\psi$  – кут нахилу дотичної до профілю деталі.



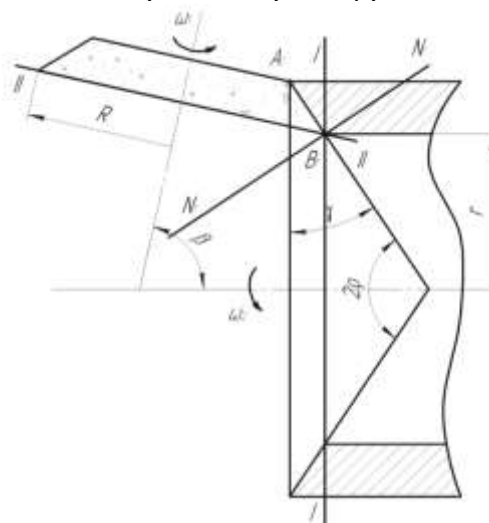
- Визначити графічно за допомогою властивостей загальних нормалей розміри перехідної кривої при обробці черв'ячною фрезою прямобічного шліцевого валу, розміри валу взяті довільні. Радіус початкового кола взяті найбільший радіус деталі  $R_a$ . На бічному профілі для розрахунку взяті 4 точки рівномірно розташовані на профілі.



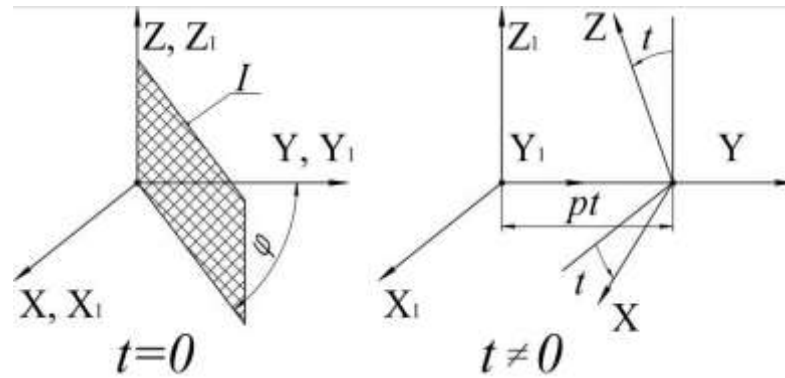
- Визначить рівняння перехідної кривої ніжки зубчастого прямозубого не коригованого колеса з кількістю зубів  $Z$  утвореною прямозубою рейкою без заокруглення при вершині. Для стандартної рейки  $X_A = 0.25m\pi - 1.25m \cdot \text{tg}(\alpha_n)$ ;  $Y_A = -1.25m$ , де  $\alpha_n$  – кут профілю рейки,  $m$  – модуль зубчастого колеса,  $r_\omega$  – радіус початкового кола.



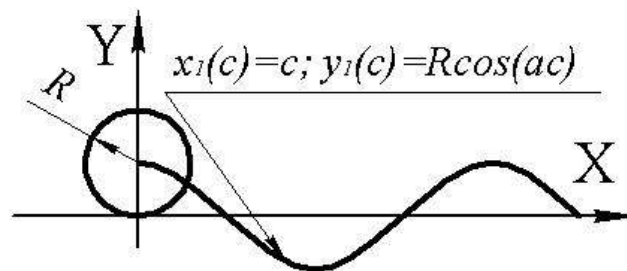
- Визначити аналітично діаметр круга для заточування круглої протяжки. Де  $R$  – найбільший радіус конічної поверхні круга,  $r$  – найменший радіус поверхні протяжки, що заточується,  $\gamma$  – передній кут протяжки,  $\beta$  – кут нахилу осі круга до осі протяжки.



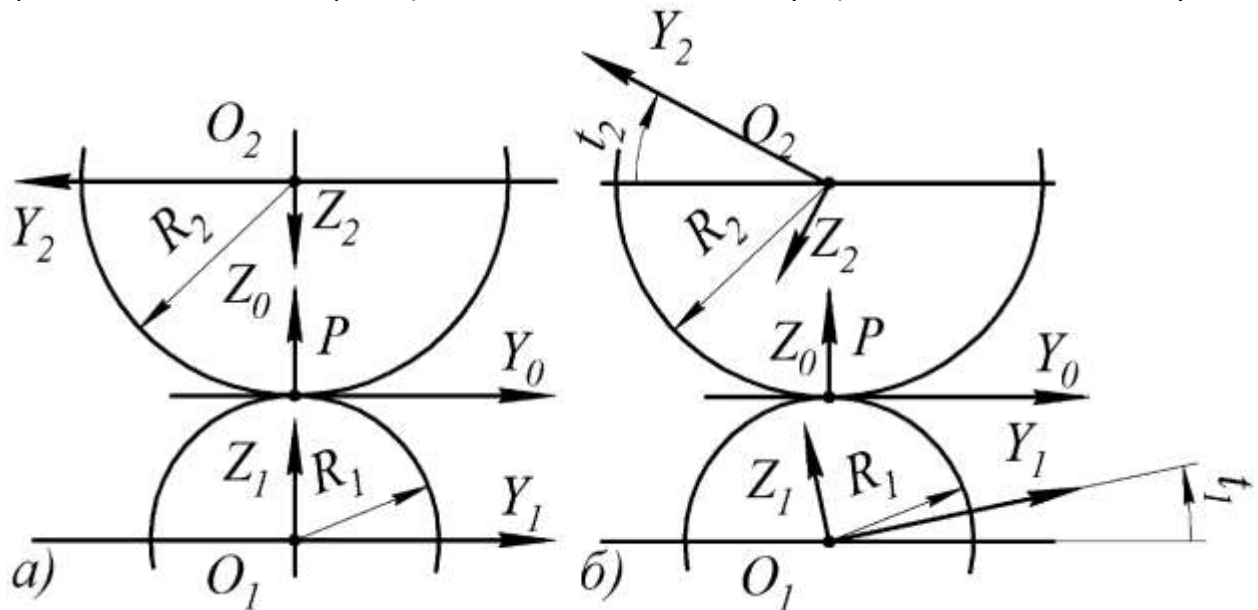
- Визначити аналітично огинаючу площини  $I$  при її гвинтовому русі, площина нахилена під кутом  $\varphi$  до осі гвинтового руху  $Y1$ . Рівняння площини  $x - y \text{tg} \varphi = 0, z \in [-\infty, \infty], t$  – параметр руху поверхні  $I$ .



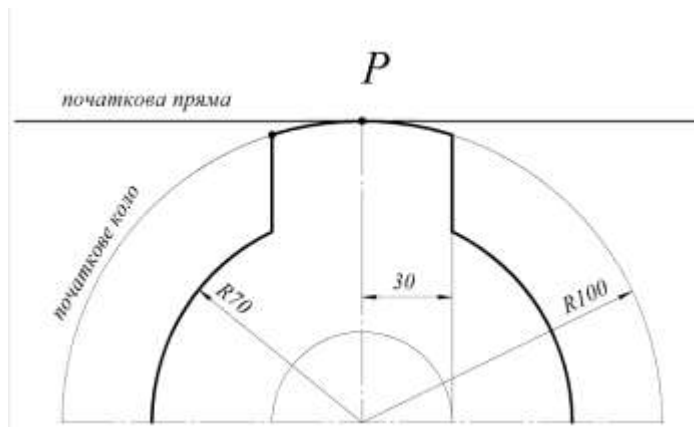
- Визначити аналітично огинаючу до сімейства плоских кривих утворених при русі кола радіусом  $R$ , траєкторія руху центру кола є косинусоїдальна крива. Параметричне рівняння кола  $x(t) = R \cos(t); y(t) = R \sin(t)$ . Рівняння траєкторії руху центру кола  $y_1(c) = R \cos(ac); x_1(c) = c; a - const$ .



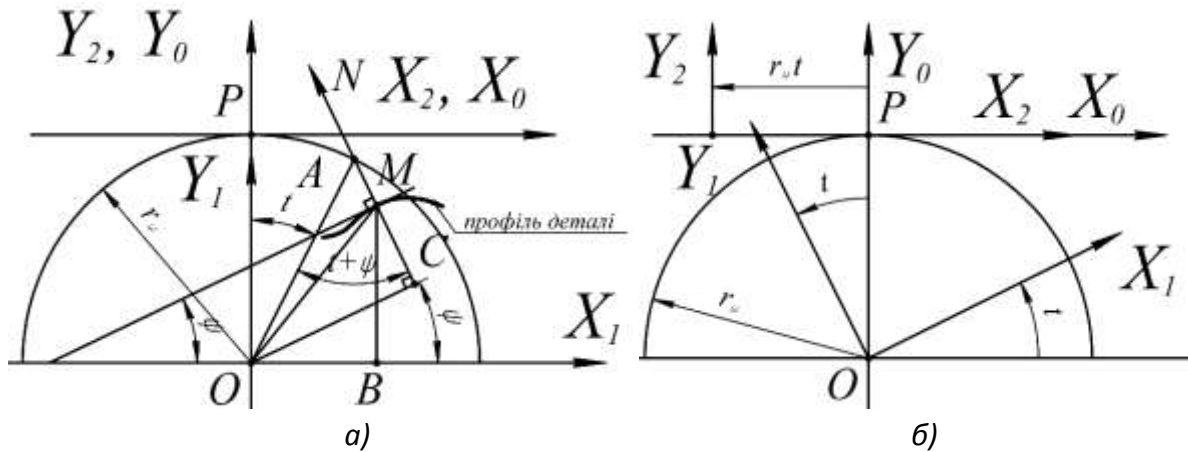
- Визначити аналітично спряжені профілі при коченні кола по колу. Де система координат  $Y_1Z_1$  – пов'язана з деталлю, система координат  $Y_2Z_2$  – пов'язана з профілем деталі, допоміжна координат  $Y_0Z_0$ ,  $t_1, t_2$  – кути повороту систем  $Y_1Z_1$  і  $Y_2Z_2$  навколо центрів свої координат  $O_1$  та  $O_2$  див. рис. а) – початковий момент часу, б) – довільний момент часу.



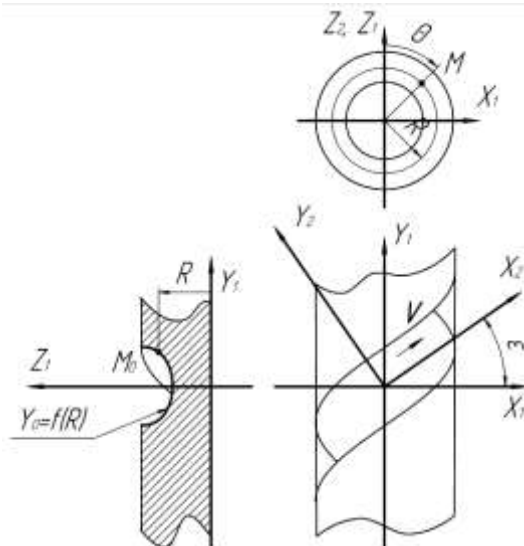
- Визначити графо-аналітично використовуючи властивість загальних нормалей профіль черв'ячної фрези для обробки прямобічного шлицевого вала, розміри вала довільні. Радіус початкового кола взяти найбільший радіус деталі  $R_a$ .



- Визначити аналітично спряжені профілі при коченні кола по прямій, де початкове коло пов'язане з деталлю. Де система координат  $X_1Y_1$  – пов'язана з деталлю і початковим колом, система координат  $X_2Y_2$  – пов'язана з вихідною інструментальною поверхнею і початковою прямою, допоміжна координат  $YOZO$ ,  $t$  – кут повороту систем  $Y_1Z_1$  навколо центру координат  $O$  див. рис. а) – початковий момент часу, б) – довільний момент часу.  $r_0$  – радіус початкового кола,  $\psi$  – кут нахилу дотичної до профілю деталі.



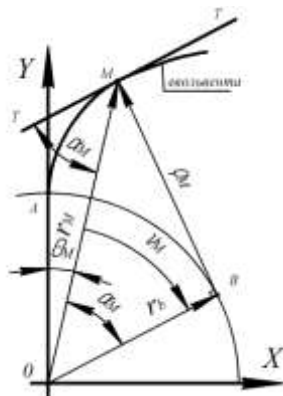
- Визначити огинаючу гвинтової поверхні при її відносному обертальному русі див. рисунок.



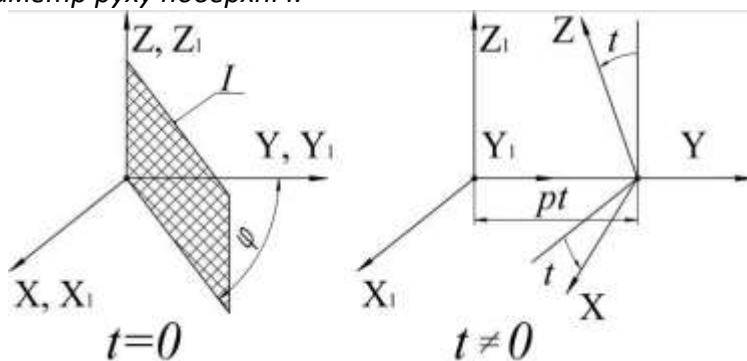
- Де, система  $X_1Y_1Z_1$  – пов'язана з деталлю,  $X_2Y_2Z_2$  – пов'язана з вихідною інструментальною поверхнею (ВІП),  $p$  – параметр гвинтової поверхні,  $a$  – міжосьова відстань. Рівняння гвинтової поверхні  $D$  в системі  $X_1Y_1Z_1$  :  $\bar{r} = \bar{i} \cdot R \cdot \sin \theta + \bar{j} [f(R) + p\theta] + \bar{k} \cdot R \cdot \cos \theta$ , де  $R$  – радіус точки гвинтової поверхні, що розглядається,  $Y_0 = f(R)$  – рівняння осьового перерізу

гвинтової поверхні в площині  $X_1 = 0$ ,  $\frac{\partial f(R)}{\partial R} = \text{tg}\varphi$  - кут нахилу дотичної до профілю осьового перерізу гвинтової поверхні,  $\varepsilon$ -кут напрямку вектора поступального руху.

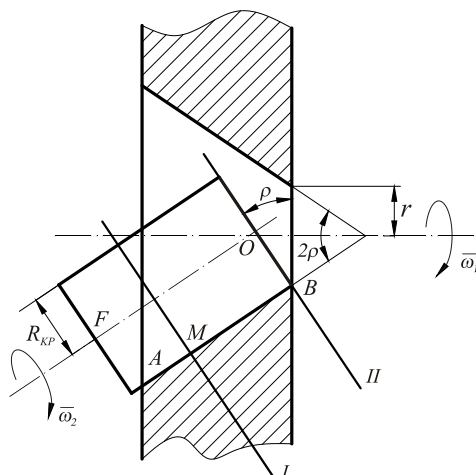
- Визначити рівняння евольвенти в полярних координатах і декартових координатах.



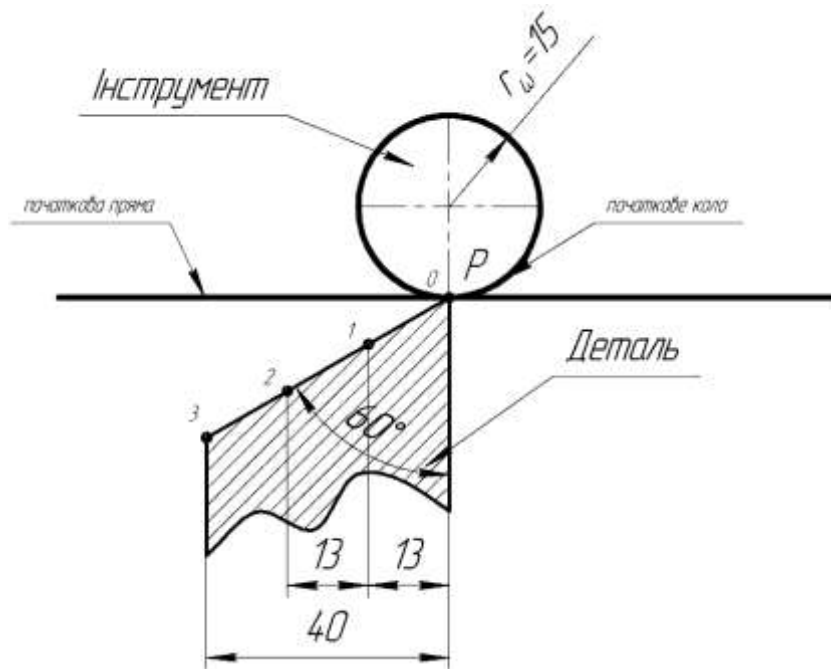
- Визначити кінематичним методом ( $NV=0$ ) огинаючу площину I при її гвинтовому русі, площина нахилена під кутом  $\varphi$  до осі гвинтового руху  $Y_1$ . Рівняння площини  $x - y \text{tg}\varphi = 0, z \in [-\infty, \infty]$ ,  $t$ - параметр руху поверхні I.



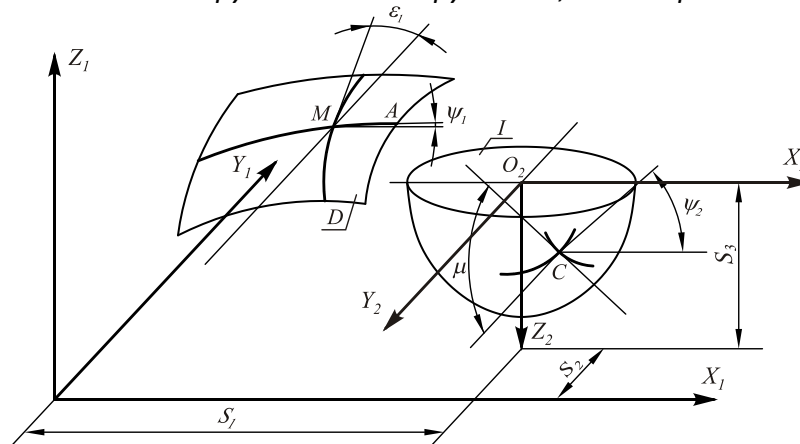
- Визначити аналітично діаметр циліндричного круга  $R_{кр}$  для шліфування внутрішньої конічної поверхні, параметри конічної поверхні:  $r$ - найменший радіус конічної поверхні,  $\rho$ - половина кута конічної поверхні при вершині.



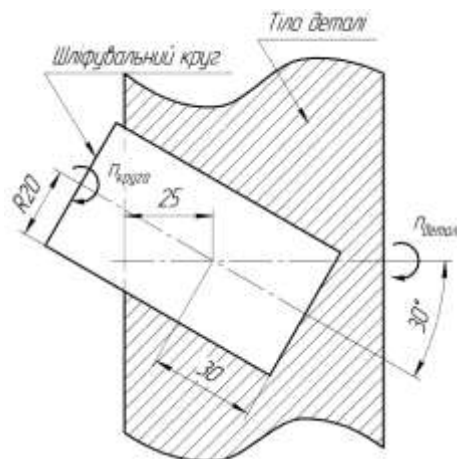
- Визначити використовуючи графоаналітичний метод і властивість загальних нормалей профіль вихідної інструментальної поверхні при коченні заданого профілю деталі пов'язаного з початковою прямою, розміри див. рисунок.



- Визначити закон руху інструмента та заготовки на 3-х координатному фрезерному верстаті при обробці фасонної поверхні сферичною фрезою. Де  $X_1Y_1Z_1$  система зв'язана з деталлю,  $X_2Y_2Z_2$  система зв'язана з фрезою,  $R$  – радіус сфери,  $M$  – довільна точка деталі, що обробляється,  $C$  – точка на поверхні фрези, яка спряжена з довільною точкою  $M$  деталі,  $\varepsilon_1$ ,  $\psi_1$ ,  $\mu$ ,  $\psi_2$  – кути нахилу дотичних в точках  $M$  деталі і  $C$  фрези,  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  – величини переміщень системи пов'язаної з інструментом інструмента, які потрібно знайти.

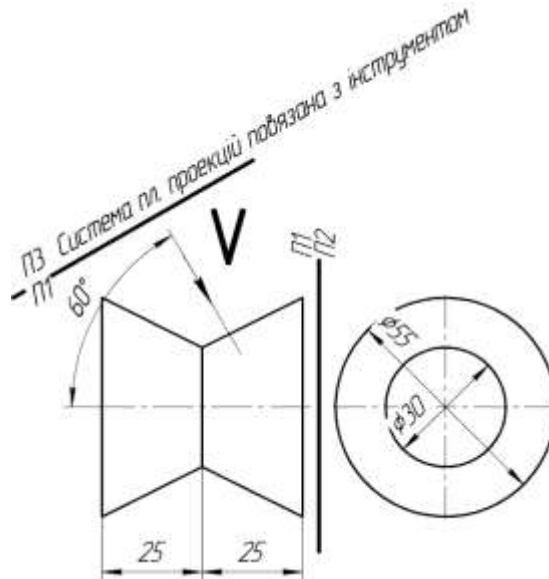


- Визначити графічно поверхню деталі оброблену шліфувальним циліндричним кругом, розміри взяті з рисунка.

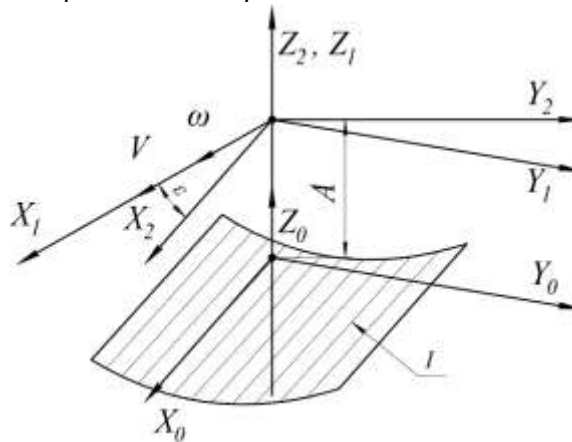




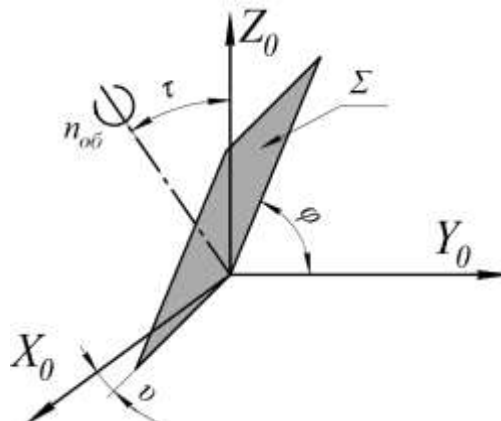
- Визначити графічно розміри перехідної кривої при обробці ступінчастого конічного валу при відносно прямолінійному поступальному русі  $V$  спряжених профілів, швидкість  $V$  направлена під кутом до осі деталі.



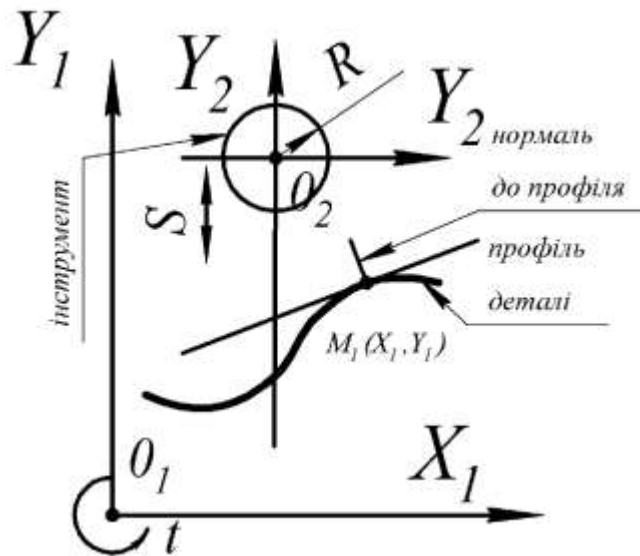
- Визначити аналітично гвинтову поверхню деталі, яка формується вихідною циліндричною поверхнею при її гвинтовому русі відносно поверхні заготовки. Відомо: профіль вихідної поверхні  $r = x_0 \bar{i} + y_0 \bar{j} + f(y_0) \bar{k}$ ,  $\frac{\partial f(y_0)}{\partial y_0} = \text{tg}\psi$ ;  $p$  - гвинтовий параметр руху,  $x_1$  - вісь гвинтового руху,  $\mu$  - кут повороту системи при її гвинтовому русі,  $A$  - між осьова відстань,  $\varepsilon$  - кут розвороту між системами координат див. рис.



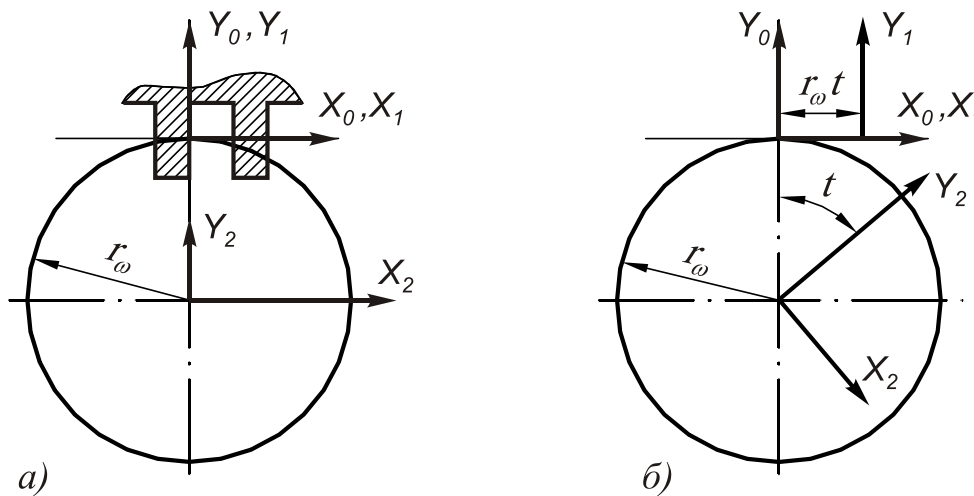
- Визначити огинаючу площини  $\Sigma$  при її обертанні навколо похилої осі кінематичним методом. Вісь обертання знаходиться в площині  $Z_0Y_0$  і нахилена під кутом  $\tau$  до осі  $Z_0$ ,  $\varphi, \mu$  - кути нахилу твірних площини  $\Sigma$  до координатних осей відповідно  $Y_0, X_0$ .



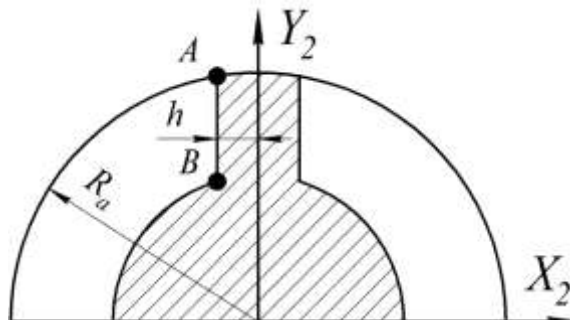
- Визначити рух кінцевої фрези, параметри  $S$  і  $t$  на верстаті з ЧПК при обробці плоского контура, рухи які реалізуються на верстаті: параметр  $t$  обертання деталі навколо своєї осі і параметр  $S$  вертикальне переміщення фрези. Задано профіль деталі і радіус фрези.



- Визначити аналітично спряжений профіль деталі при коченні без ковзання початкової прямої інструментальної рейки по початковому колу заготовки  $r_w$  коли кут профілю рейки  $\alpha=0^\circ$ . З рейкою пов'язано



- Визначити з умов формоутворення допустимий радіус початкового кола при схемі формоутворення, яка відповідає коченню початкового кола деталі по початковій прямій інструмента, профіль деталі пов'язаний з початковим колом, деталь типу прямо бічний шліцевий вал. Дано  $R_a$  – радіус виступів шліцевого вала,  $h$  – половина ширини шліца.



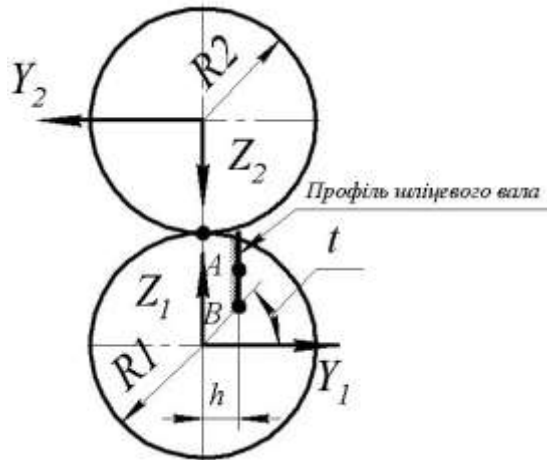
- Визначити аналітично на профілі довбача призначеного для обробки прямобічного шліцевого вала точку повернення. Вихідні дані  $R1, R2$  – радіуси початкових кіл деталі та

довбача,  $h$ - половина ширини шліца. Рівняння профілю інструмента в параметричному вигляді,  $t$  – параметр кута повороту деталі :

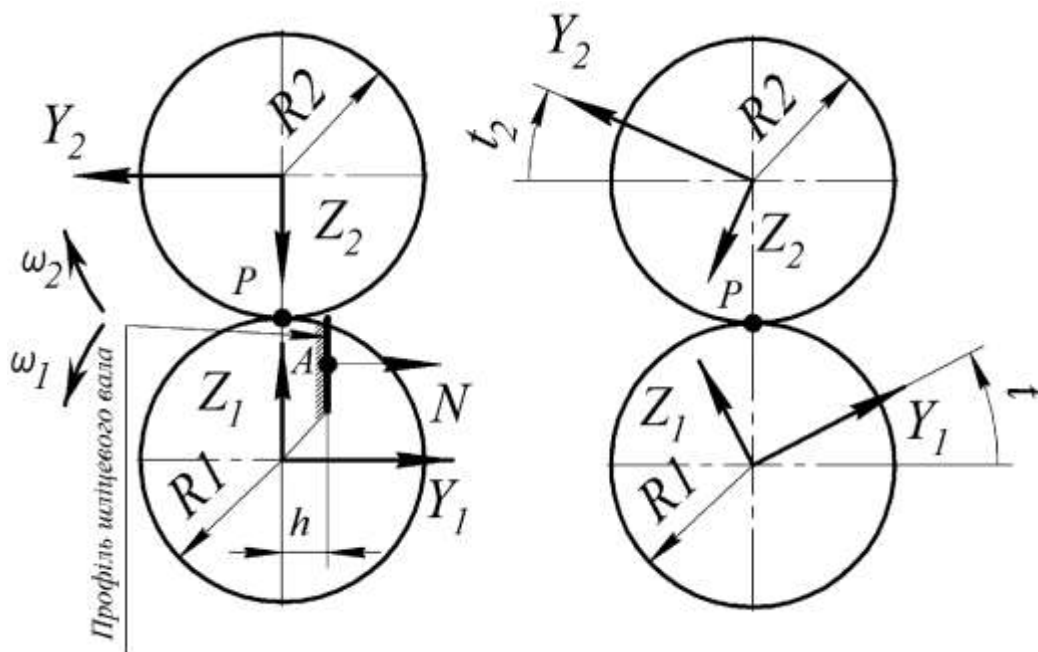
$$y_2 = R_1 \cos(t) \sin(ct) - h \cos(ct) - A \sin(ut)$$

$$z_2 = A \cos(ut) - R_1 \cos(t) \cos(ct) - h \sin(ct)$$

$$A = R_1 + R_2; c = \frac{R_1 + R_2}{R_2}; u = \frac{R_1}{R_2}$$



• Визначити аналітично профіль довбача призначеного для обробки прямобічного шліцевого вала. Схема обробки відповідає коченню початкового кола деталі по початковому колу інструмента. Вихідні дані  $R_1, R_2$  – радіуси початкових кіл деталі та довбача,  $h$ - половина ширини шліца.

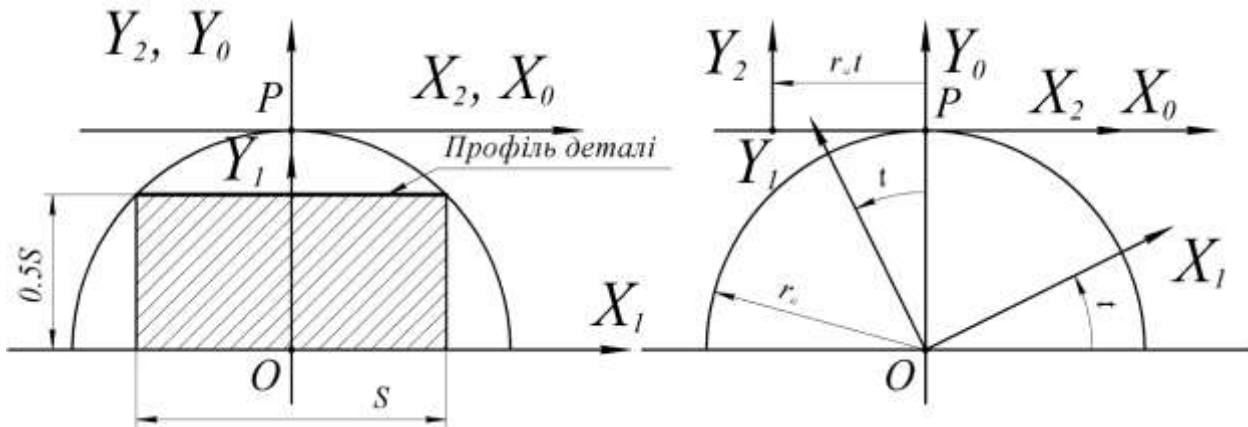


• Визначити аналітично профіль вихідної поверхні гребінки (черв'ячної фрези) при обробці квадратного вала. Відомо:  $r_\omega$  – радіус початкового кола деталі,  $S$  – розмір квадрата,

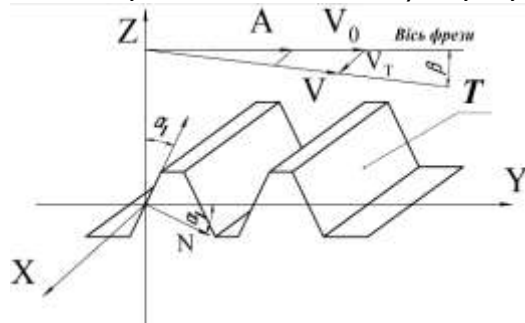
$$\sin(t + \psi) = \frac{X_1 \cos(\psi) + Y_1 \sin(\psi)}{r_\omega}$$

рівняння контакту, де  $X_1, Y_1$  – координати точок профілю деталі,

що розглядаються,  $\psi$  - кут нахилу дотичної в точках деталі з координатами  $X_1, Y_1$ .

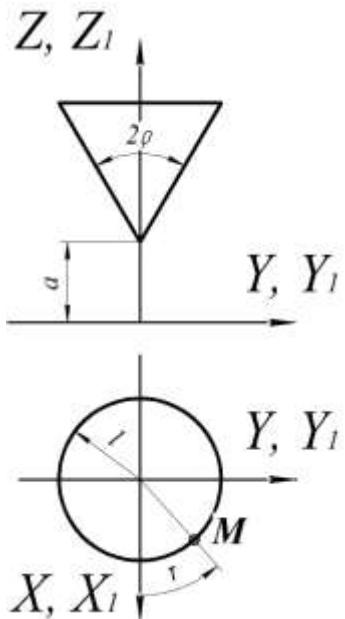


- Визначити параметри однозаходного евольвентного черв'яка спряженого із зубчастим колесом. Відомо  $t$ - модуль зубчастого колеса,  $Z$  – кількість зубів нарізаємого колеса,  $\alpha$  – кут допоміжної рейки  $T$  спряженої із зубчастим колесом,  $\beta$  - кут установки осі фрези.



- Визначити кінематичним методом огинаючу при гвинтовому русі конічної поверхні. Вхідні дані: система координат  $XYZ$  – система координат пов'язана з конічною поверхнею,  $X_1Y_1Z_1$  - нерухома система координат відносно якої конічна поверхня рухається по гвинтовій траєкторії з гвинтовим параметром  $p$ , вісь  $Y_1$ -вісь гвинтового руху, рівняння конуса

в системі  $\vec{r} = l \cos \tau \vec{i} + l \sin \tau \vec{j} + (l \operatorname{ctg} \rho + a) \vec{k}$ ; де  $l, \tau$  - незалежні змінні, що описують поверхню конуса, рівняння зв'язку між системами координат при гвинтовому русі  $X_1 = X \cos t + Z \sin t; Y_1 = Y + pt; Z_1 = Z \cos t - X \sin t$ ,  $t$ - параметр гвинтового руху.



**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

Складено в.о. зав. каф Технології машинобудування, д.т.н., доц., Охріменко О.А.

Ухвалено кафедрою Технології машинобудування (протокол № 1 від 29.08.2022)

Погоджено Методичною комісією НН ММІ (протокол № 1 від 30.08.2022)