

The background image shows a large, multi-story university building with a light-colored facade and many windows. In the foreground, there is a paved courtyard with a central fountain featuring a large, dark, rounded stone. Several people are sitting on low concrete walls or benches around the courtyard. The sky is blue with some clouds.

# **Синтез методик визначення опорних точок позиціонування схвата порталних промислових роботів при проєктуванні роботизованих механоскладальних технологій**

**Кирилович Валерій Анатолійович,  
Д.Т.Н.,  
професор кафедри РЕА ім. проф.Б.Б. Самотокіна**

# Мета та задачі

## Мета:

підвищення ефективності технологічної підготовки роботизованого механоскладального виробництва на прикладі гнучких виробничих комірок (ГВК) при автоматизованому проектуванні РМТ на етапі синтезу опорних точок траєкторії при технологічному обслуговуванні одноруким односхватним ППР робочих позицій (РП).

## Задачі:

- на підставі аналізу існуючих методів та методик визначити опорні точки позиціонування схвата ПР обґрунтувати доцільність використання графоаналітичного методу дослідження ППР;
- проаналізувати множини розміщення кінцевих точок позиціонування  $S_x$  в системі координат ПР для кожної РП<sub>i</sub> ТО в ГВК;
- для кожної з кінцевих точок  $S_{ii}^{PP}$  кожної  $i$ -ої РП<sub>i</sub> знайти початкову точку  $A_{ii}^{PP}$  позиціонування  $S_x$  ППР за критерієм мінімуму кінематичного ресурсу;
- на основі знайдених множин опорних точок  $S_x$  ППР розробити методику визначення спільної для всіх одиниць ТО початкової точки  $A$  та спільних або різних за координатами кінцевих точок  $S_i$  за критерієм мінімуму кінематичного ресурсу ( $\min \Delta q_{\Sigma}$ ) для кожної РП<sub>i</sub> та всієї ГВК в цілому;
- показати на прикладах результати розроблених методик та виділити кращі для кожного з видів розташування множин кінцевих точок в СК ППР за вищезгаданим критерієм;
- запропонувати візуалізовану ілюстрацію визначення розміщення опорних точок  $S_x$  в СК ППР та автоматизованого визначення величини переміщення для кожної з пари точок.

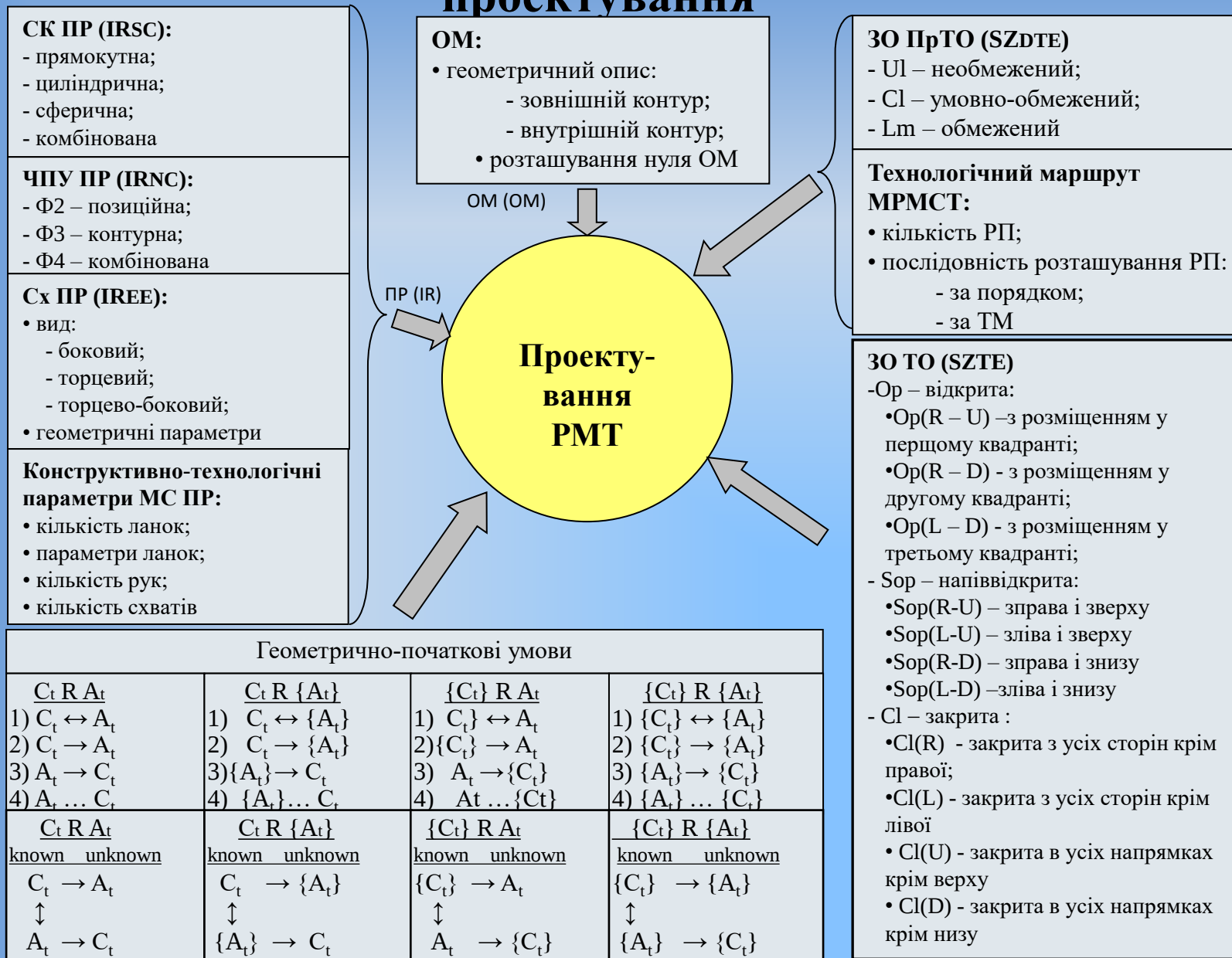
## **Наукова новизна й практична цінність роботи**

**Наукова новизна.** Вперше запропоновано новий підхід до синтезу методик пошуку опорних точок Сх порталних ПР при проектуванні ГВК за критерієм мінімізації використаного кінематичного ресурсу, що базується на методі графоаналітичних досліджень ППР та може бути основою для аналогічних досліджень ПР різного конструктивно-технічного виконання .

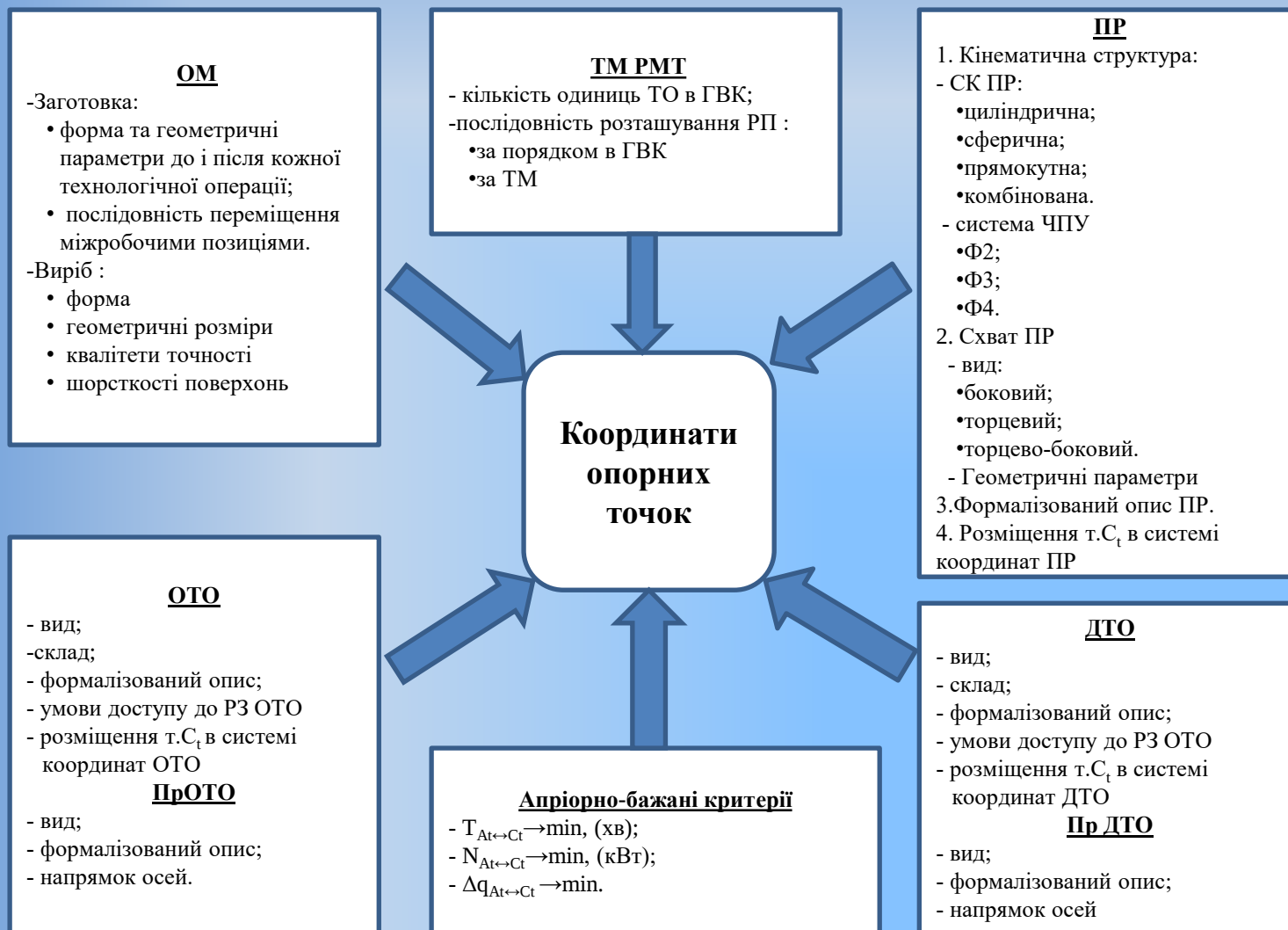
**Практична цінність роботи.** Розроблені нові методики визначення опорних точок СхПР на основі графоаналітичних досліджень кінематичних можливостей ППР.

# Умови апріорної постановки задачі

## проектування

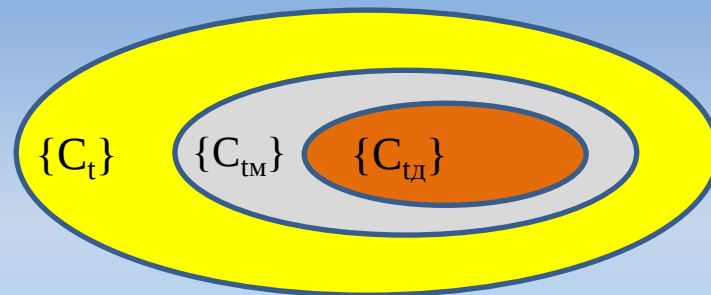


# Фактори, що визначають координати опорних точок для ГВК механоскладання



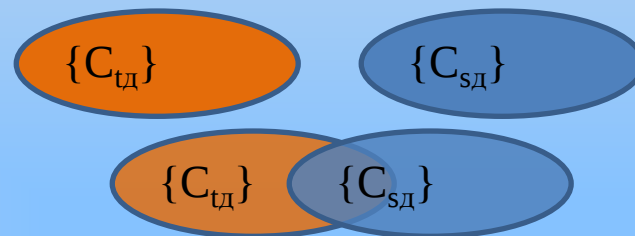
# Гіпотетична методика вирішення апріорної постановки задачі визначення опорних точок $\{C_t^{PR}\}$ , $\{A_t^{PR}\}$

1. Визначення траєкторно можливих точок  $\{C_t\}$  в СК ПР (РЗ ПР)
2. Визначення множини кінематично досяжних (технічно можливих) точок
3. Визначення множини технічно доцільних точок за обраним критерієм
4. П. 1 – 3 для інших одиниць ТО
5. Визначення перетину технічно доцільних множин  $\{C_{td}\}$  для двох сусідніх одиниць ТО



5.1. Спільні точки відсутні – множини не мають точок перетину або мають їх тільки по одній координаті.

5.2. Спільні точки присутні – множини мають спільні точки по двох координатах



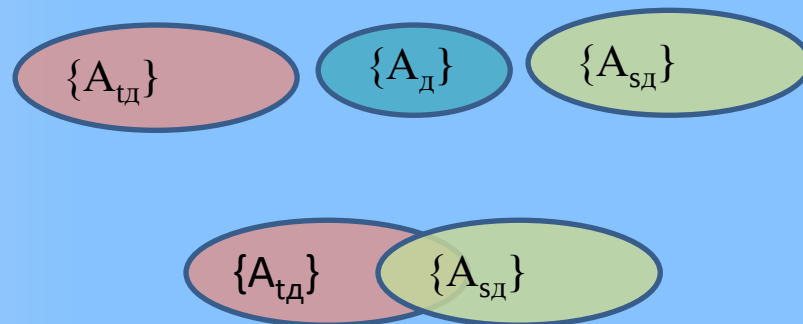
6. Визначення множини вихідних точок  $\{A_{td}\}$
7. Визначення перетину технічно доцільних множин

7.1. Спільні точки відсутні

7.1.1. Спільною обирається одна з множин за відсутності зіткнень  $S_x$  ПР із 33 обох ТО

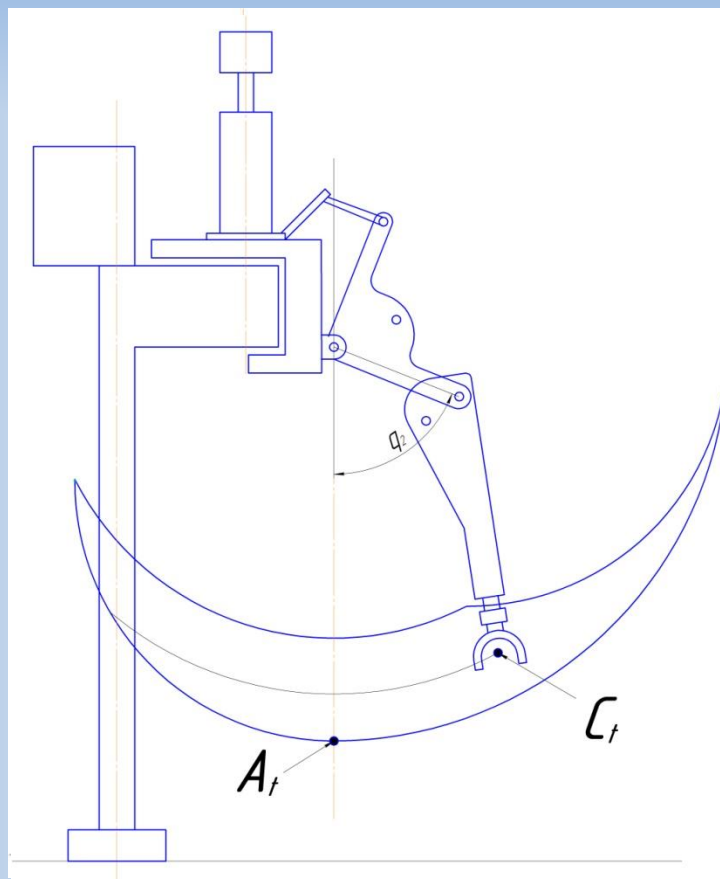
7.1.2. Спільною обирається множина, яка визначається із врахуванням 33 обох одиниць ТО і критерію доцільності.

7.2. Спільні точки присутні

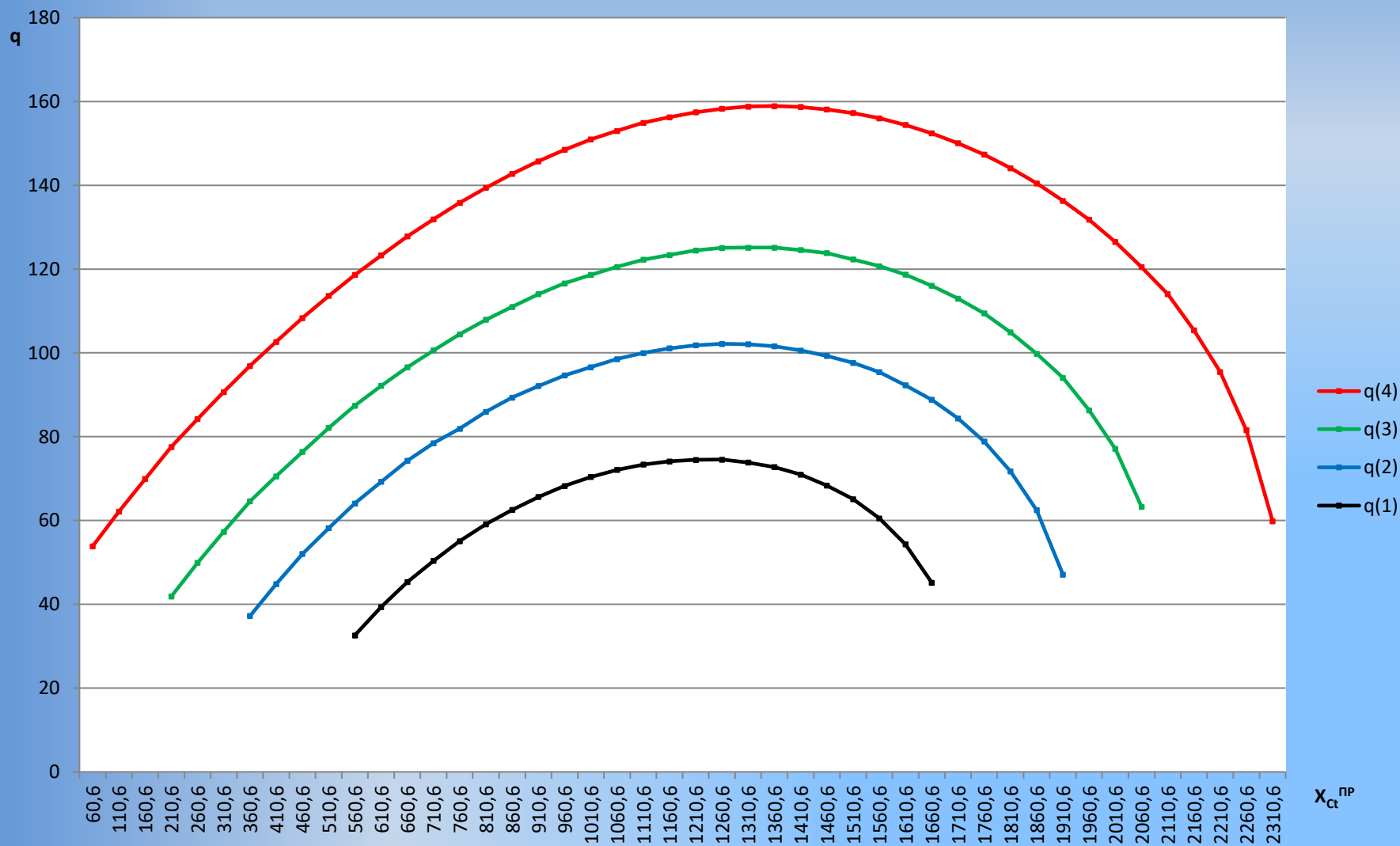


8. Перевірка на можливі зіткнення

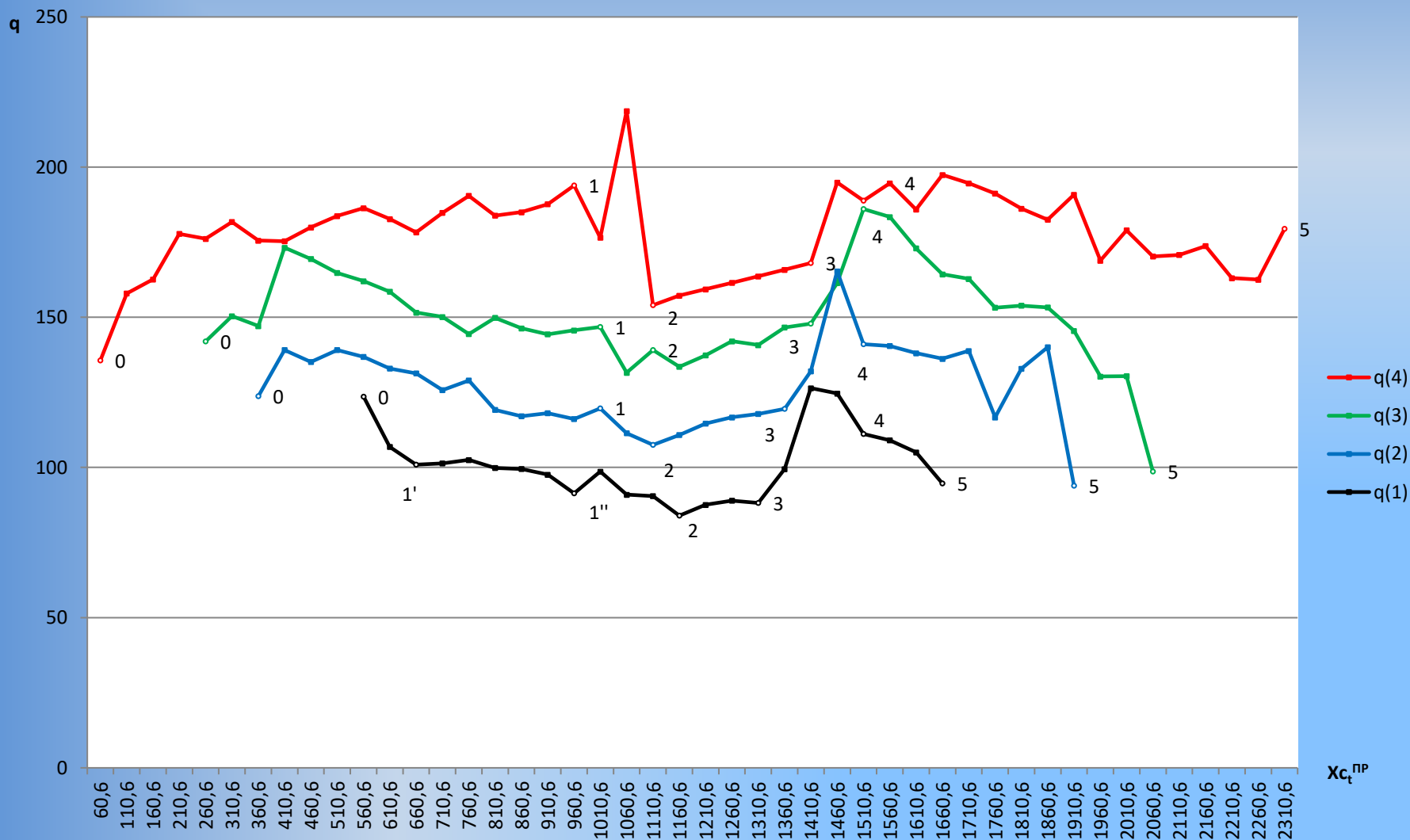
# Приклад портального промышленного робота мод. СМ40Ф2



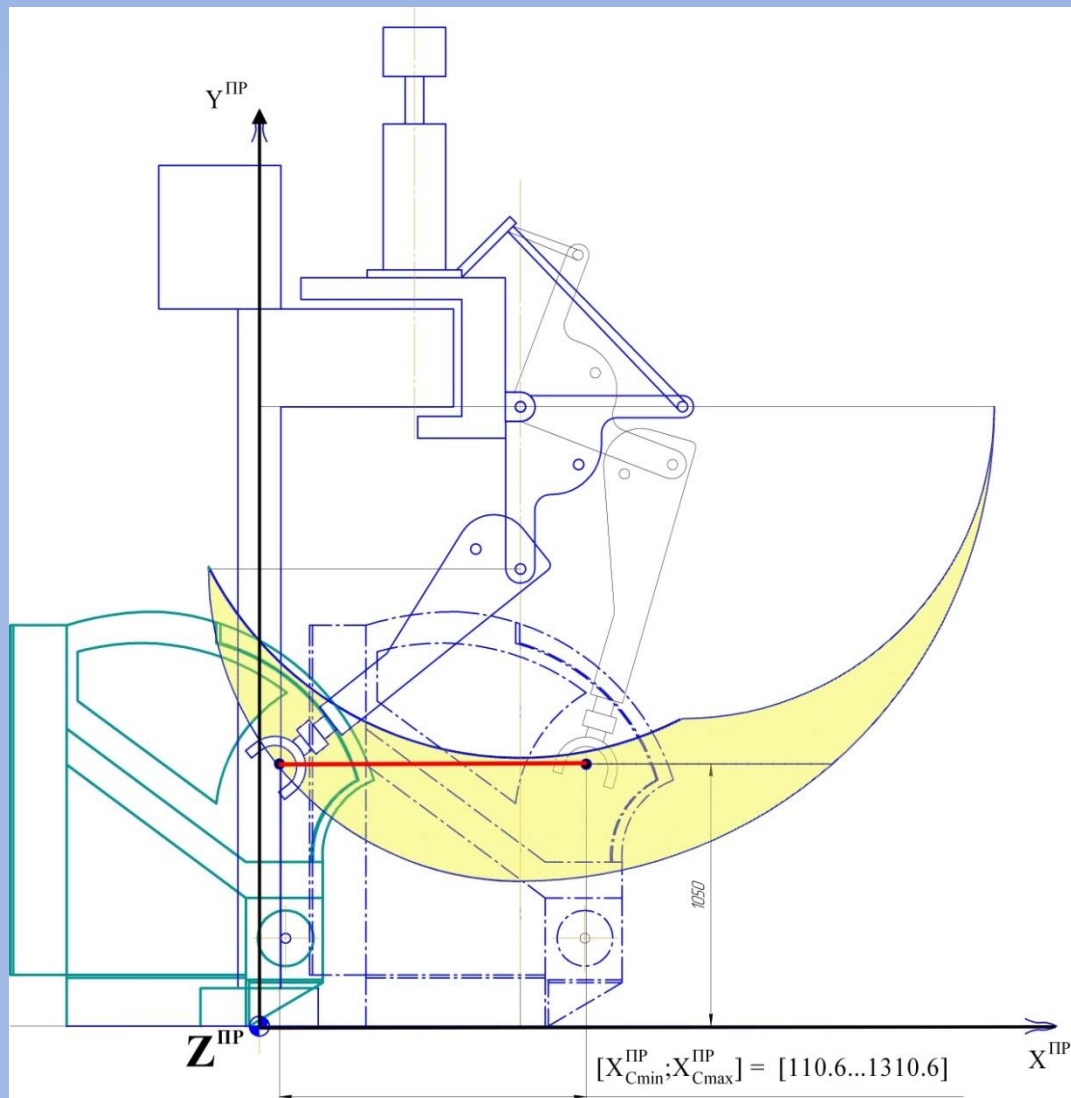
# Дослідження ППР з контурною системою ЧПУ



# Дослідження ППР з позиційною системою ЧПУ

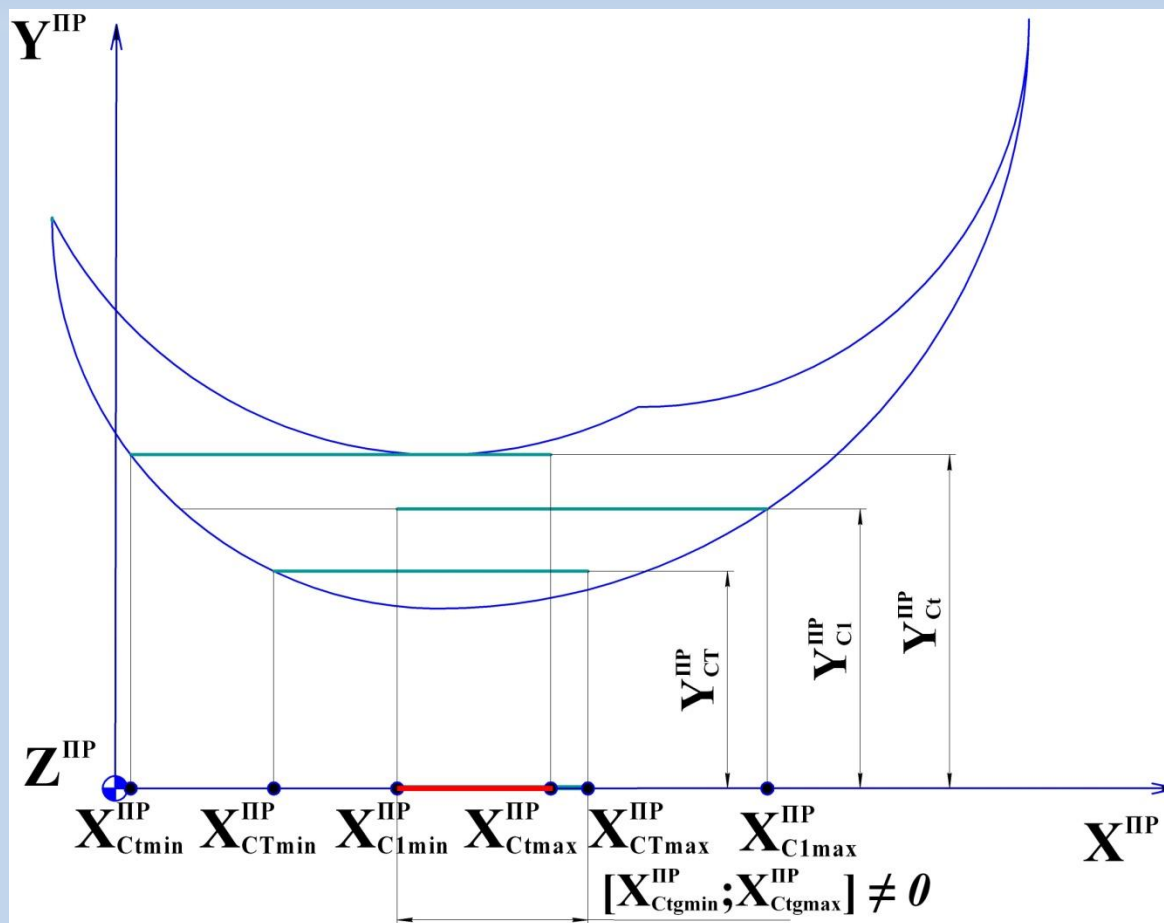


# Визначення множини кінцевих опорних точок позиціонування $S_{\text{хППР}} \{ C_{\text{тд}}^{\text{ППР}} \}$



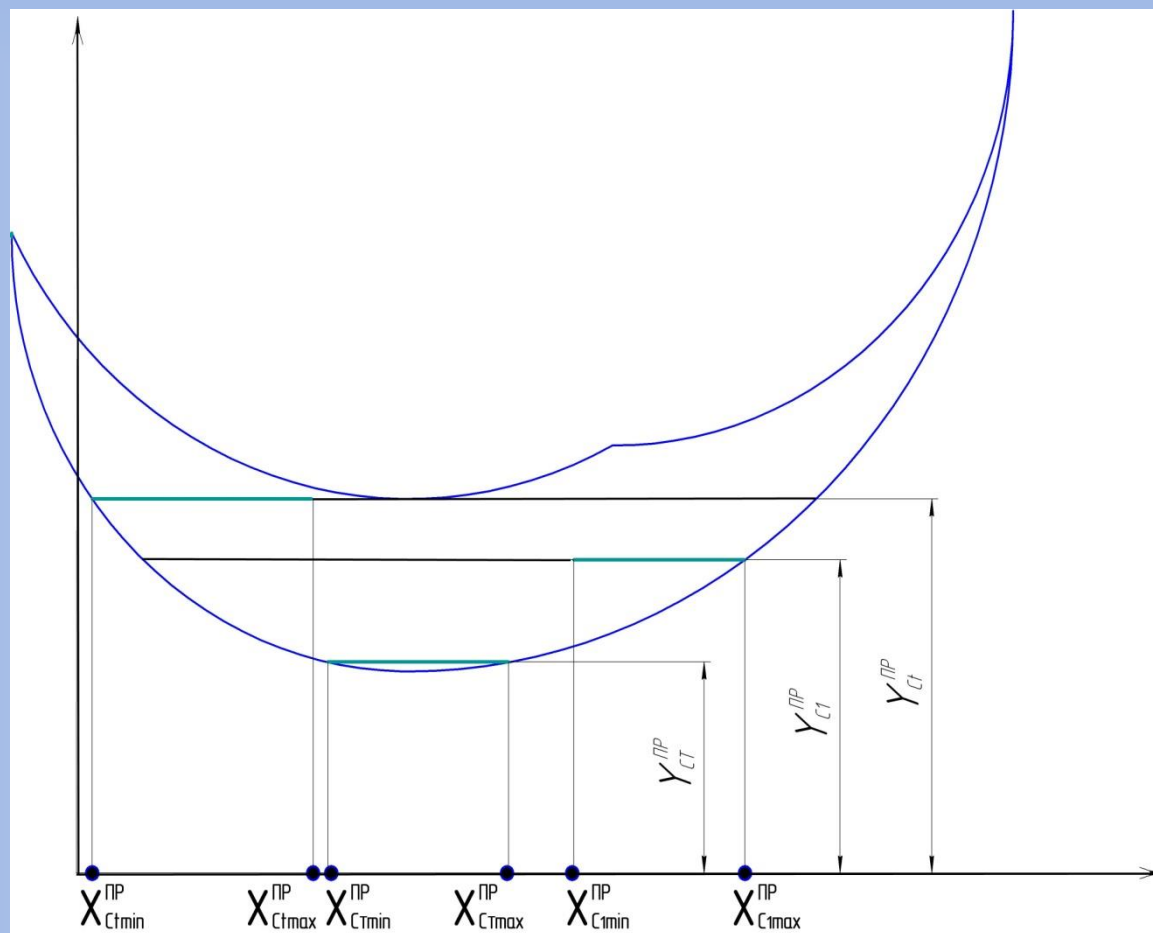
# Форми взаємного розташування множин $\{C_t\}$ в РЗ ПР

## 1. З непустим перетином



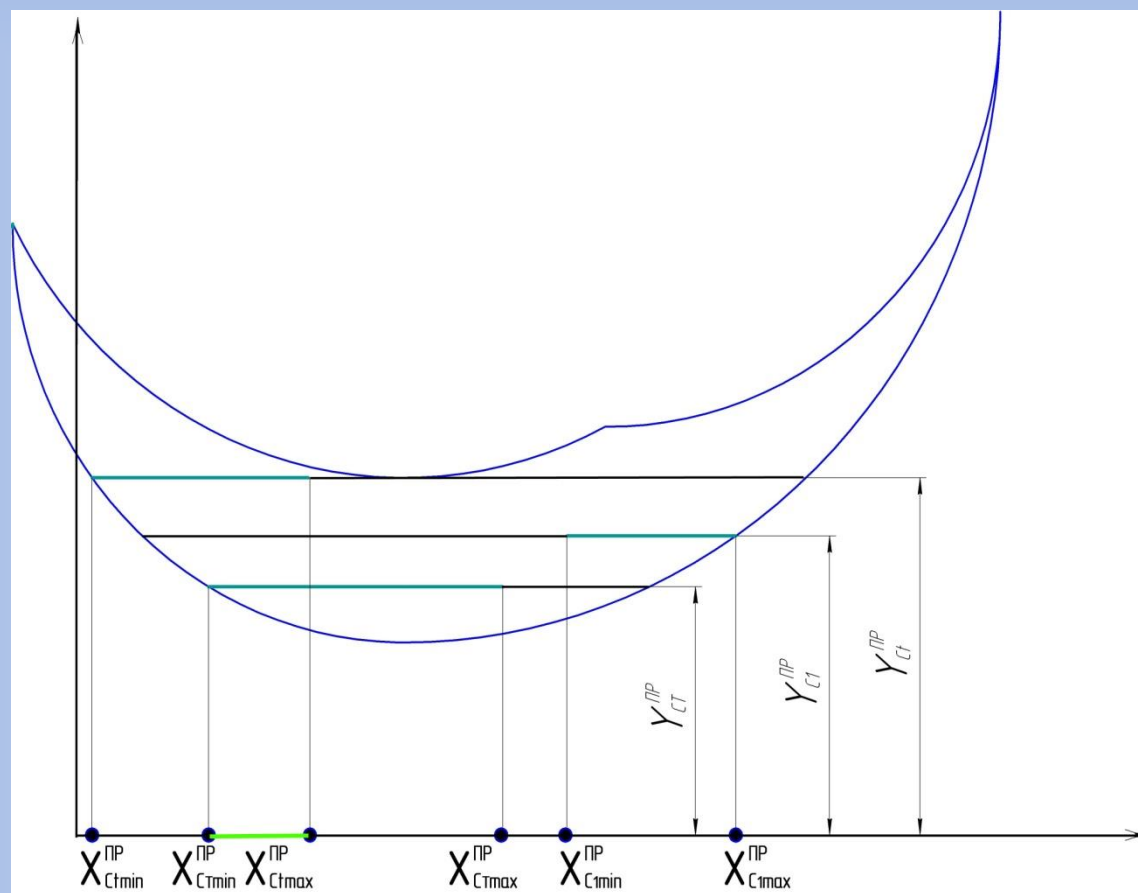
# Форми взаємного розташування множин $\{C_t\}$ в РЗ ПР

## 2. Без перетину



# Форми взаємного розташування множин $\{C_t\}$ в РЗ ПР

## 3. З частковим перетином

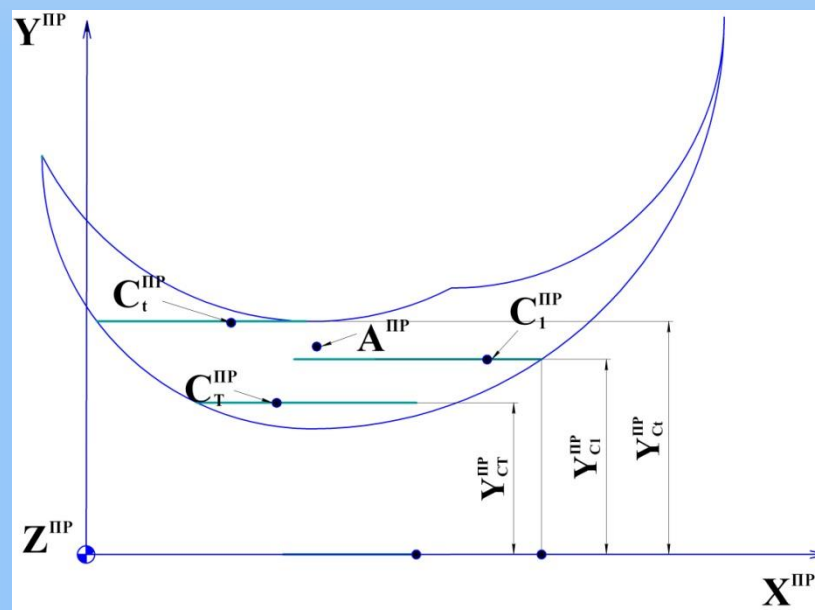
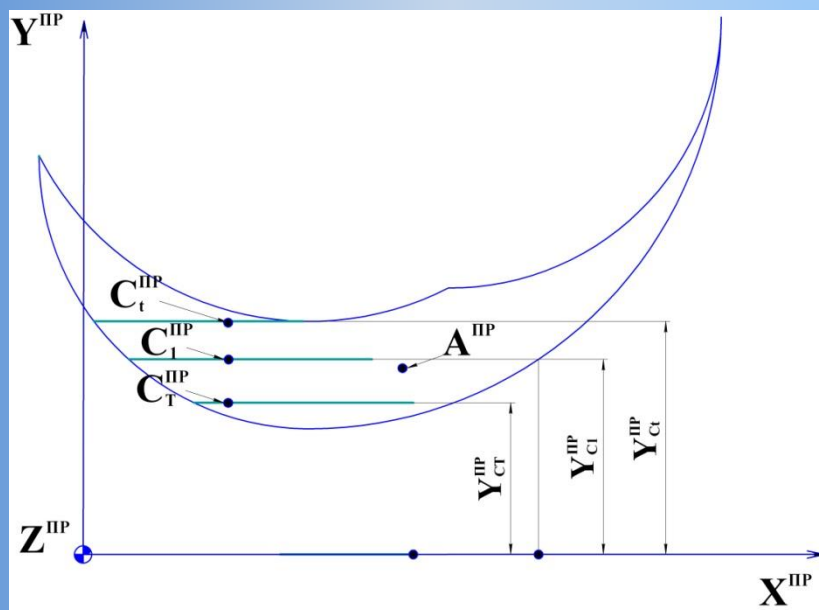


# Методи пошуку опорних точок

## Методи пошуку опорних точок

Пошук однокоординатних  
опорних точок

Пошук різнокоординатних  
опорних точок

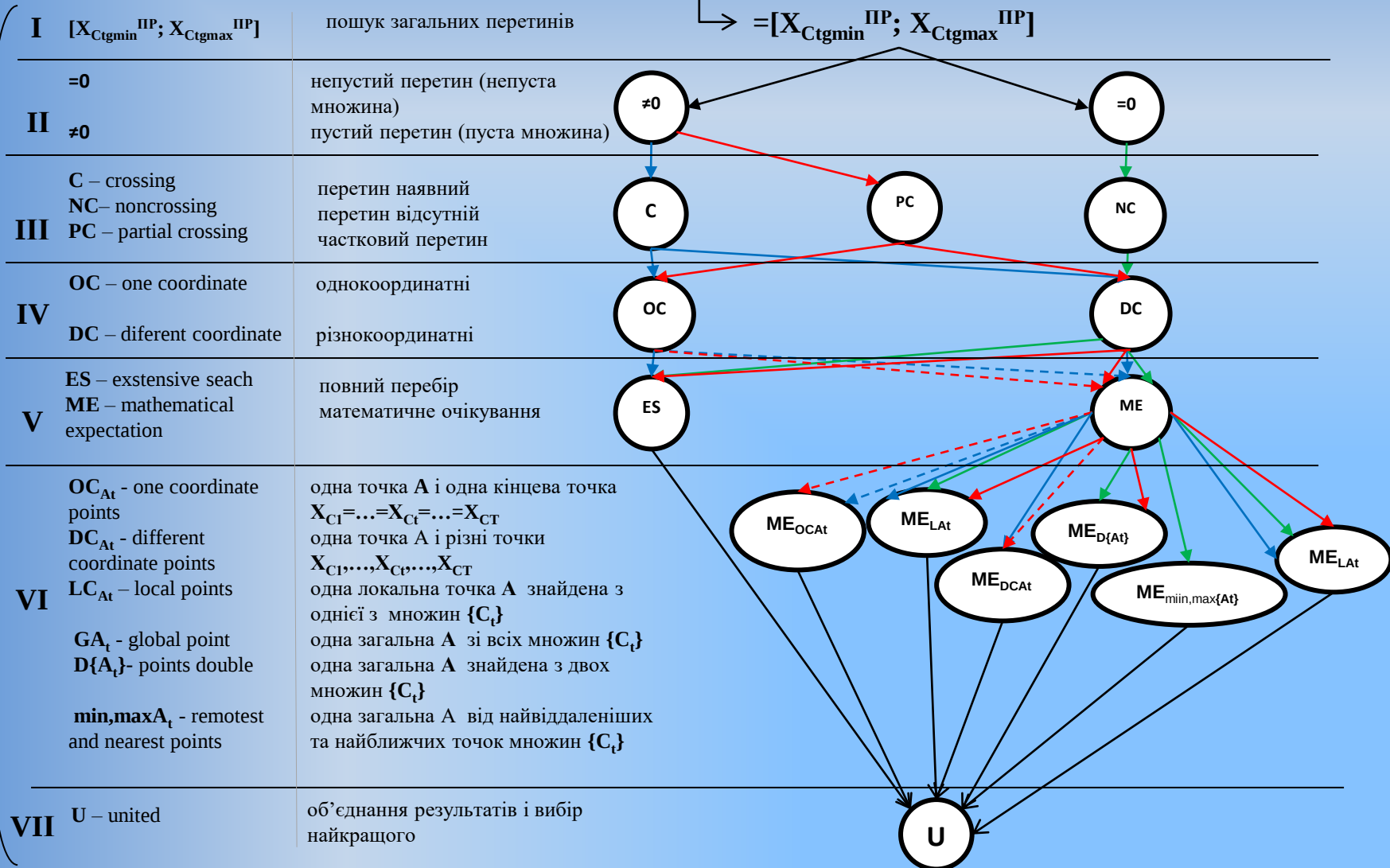


# $A_t$ -метод пошуку опорних точок позиціонування схвата портальних промислових роботів

$$[X_{C1min}^{PP}; X_{C1max}^{PP}] \cap \dots \cap [X_{Ctmin}^{PP}; X_{Ctmax}^{PP}] \cap \dots \cap [X_{CTmin}^{PP}; X_{CTmax}^{PP}] =$$

$$\rightarrow = [X_{Ctgmin}^{PP}; X_{Ctgmax}^{PP}]$$

Рівні деталізації РМСТ



## Тестовий приклад 1. Визначення витрат кінематичного ресурсу для непустилого перетину

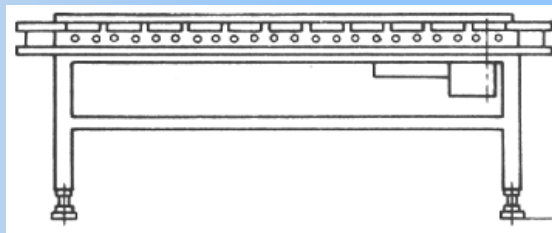
Верстат токарно-  
револьверний  
мод. 1В340Ф30



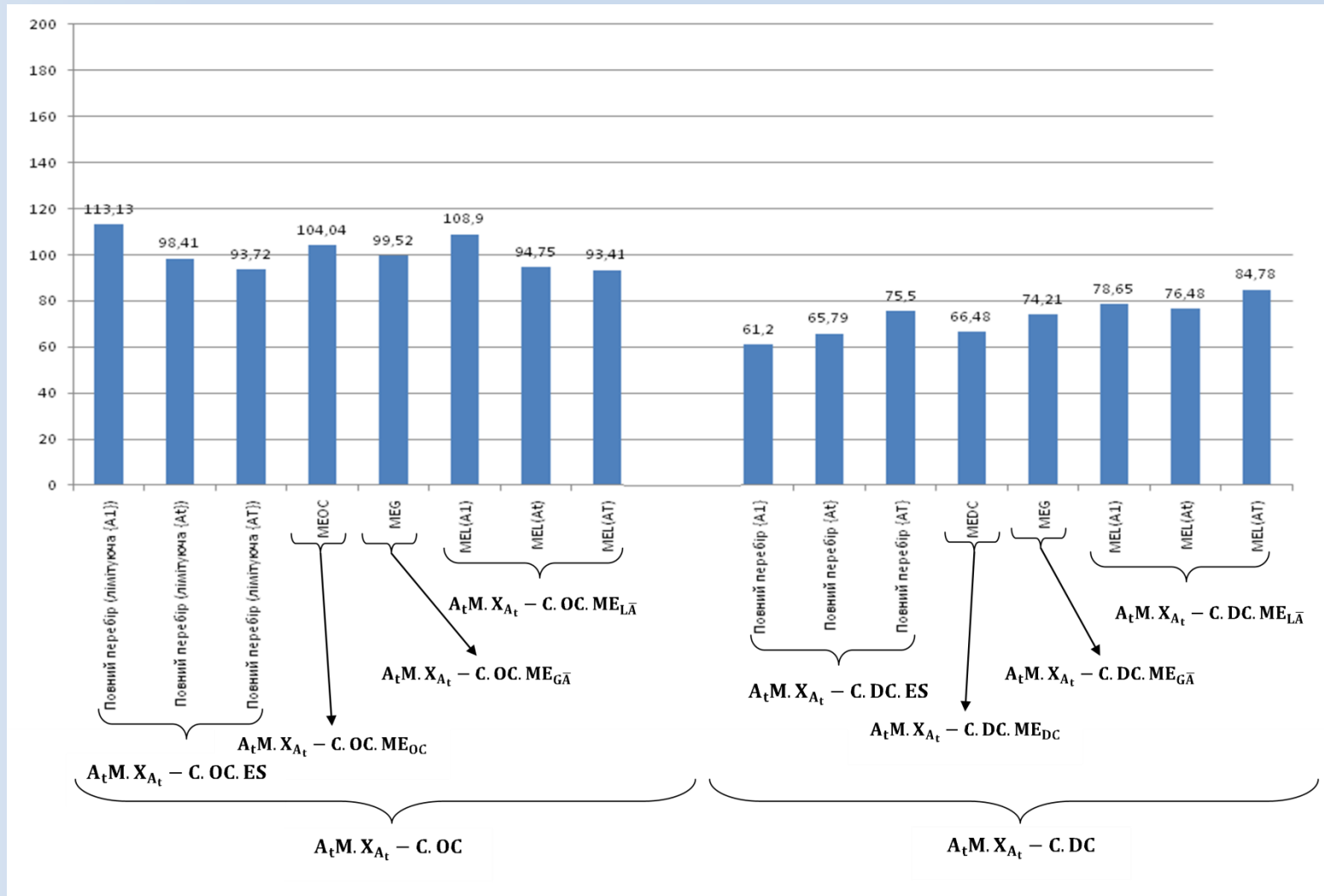
Свердлувально-фрезерний  
верстат мод. ГФ2171С5



Стіл тактовий  
мод. СТ150



# Діаграма мінімальних затрат кінематичного ресурсу для непустиго перетину множин $\{C_t\}$ при різних методах пошуку опорних точок

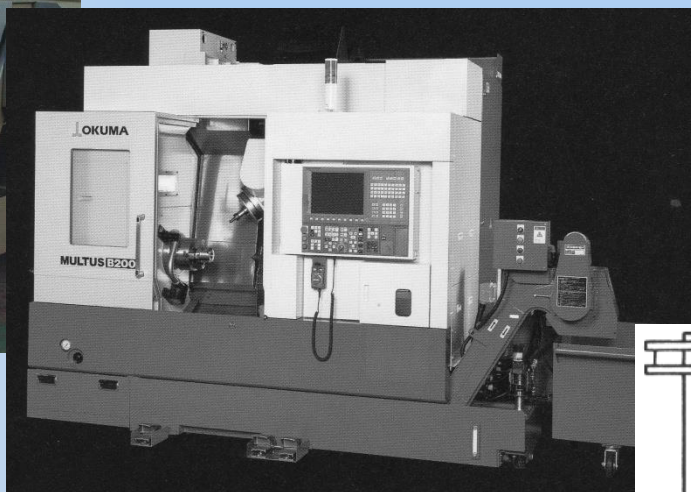


## Тестовий приклад 2. Визначення витрат кінематичного ресурсу для часткового перетину

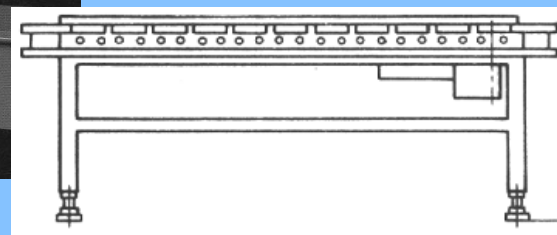
**Верстат токарний  
мод. VENUS 350L**



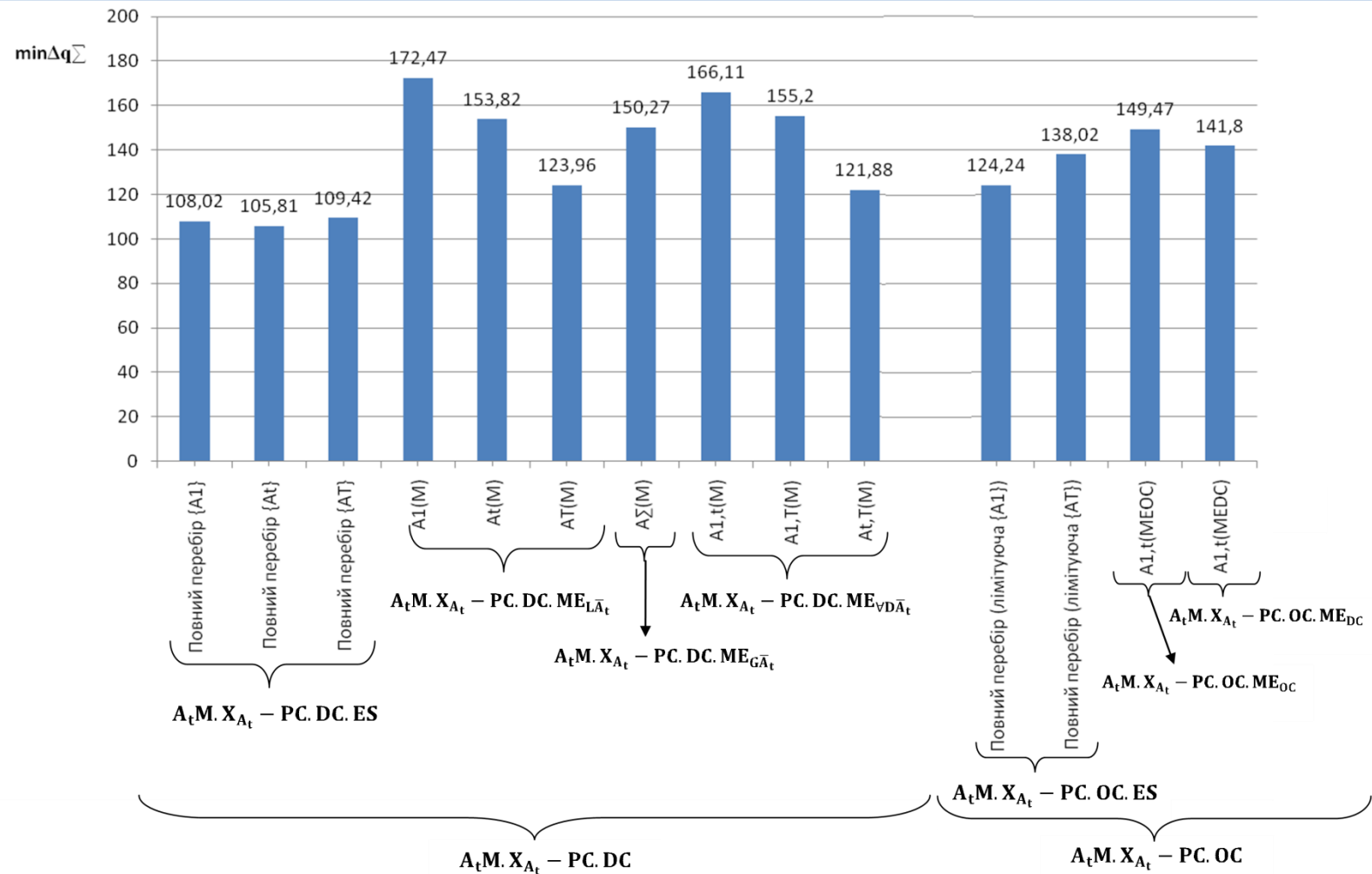
**Верстат токарний  
мод. MULTUS B200**



**Стіл тактовий  
мод. СТ150**



# Діаграма мінімальних затрат кінематичного ресурсу для часткового перетину множин $\{C_t\}$ при різних методах пошуку опорних точок



# Тестовий приклад 3. Визначення витрат кінематичного ресурсу при взаємному розташуванні ТО, при відсутніх спільних претинах множин координат т. $\{C_t^{пр}\}$

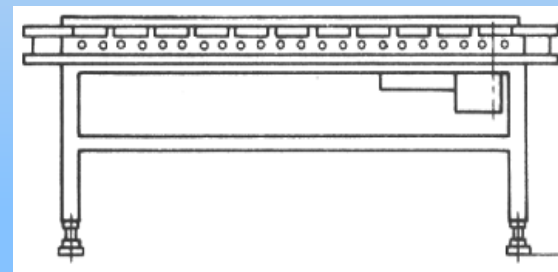
Верстат токарно-револьверний  
мод. 1В340Ф30



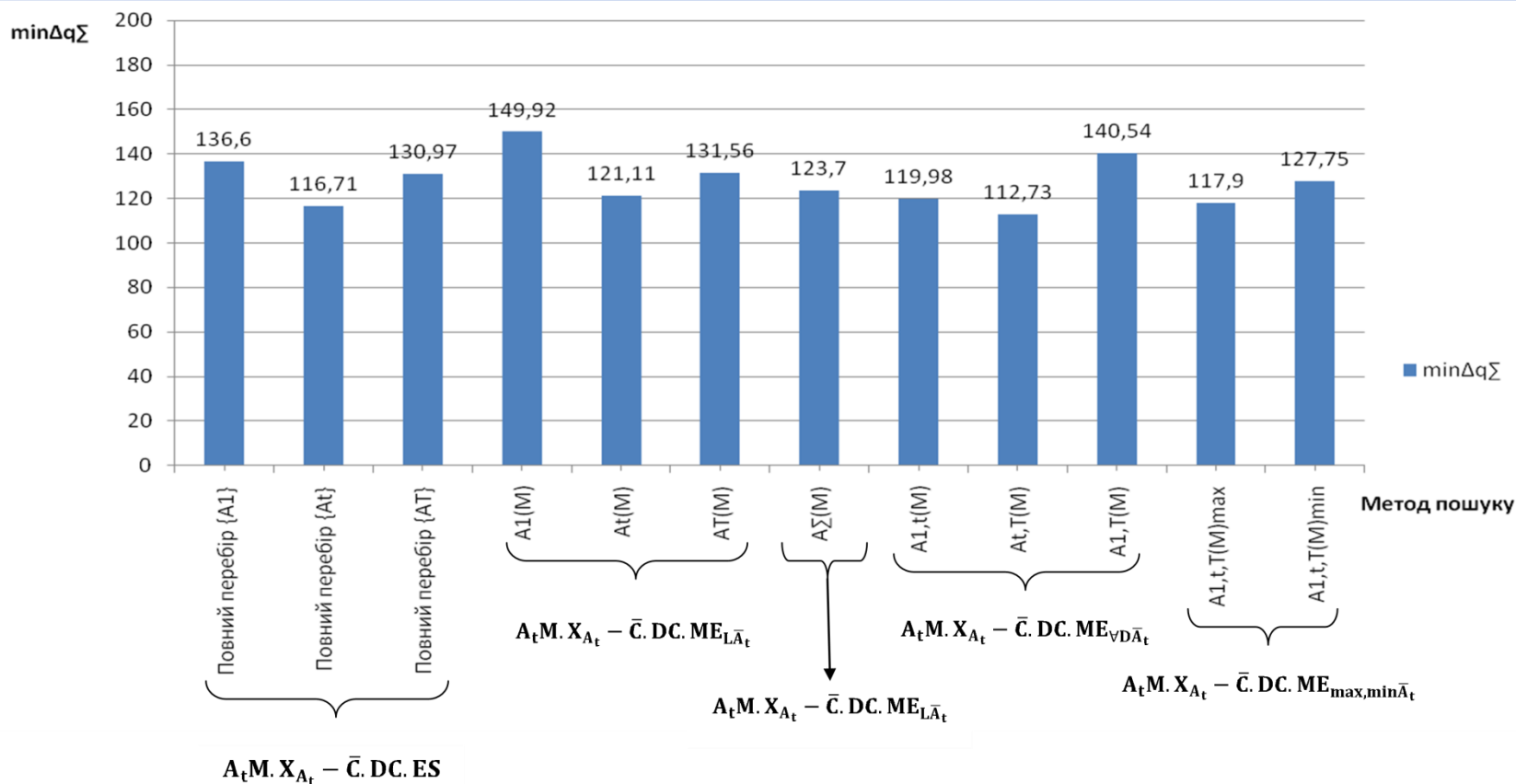
Верстат токарний  
мод. VENUS 350L



Стіл тактовий  
мод. СТ150

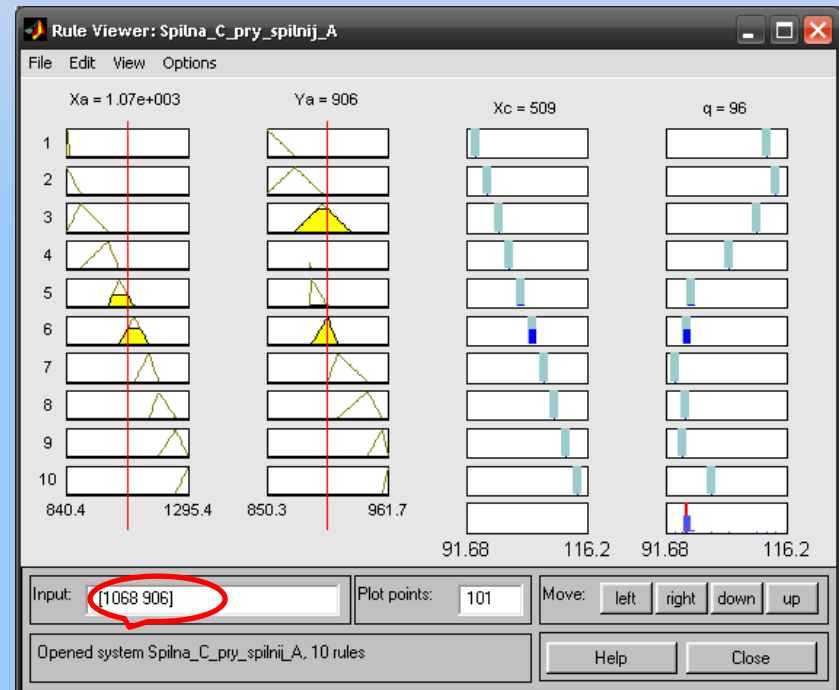
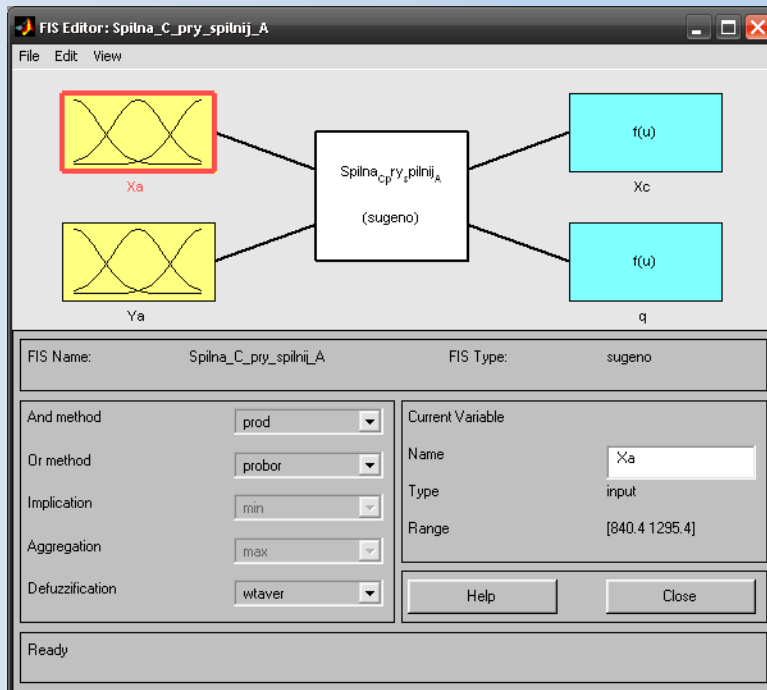


# Діаграма мінімальних затрат кінематичного ресурсу при взаємному розташуванні ТО, за відсутності спільних претинів множин координат $t.\{C_t^{PR}\}$

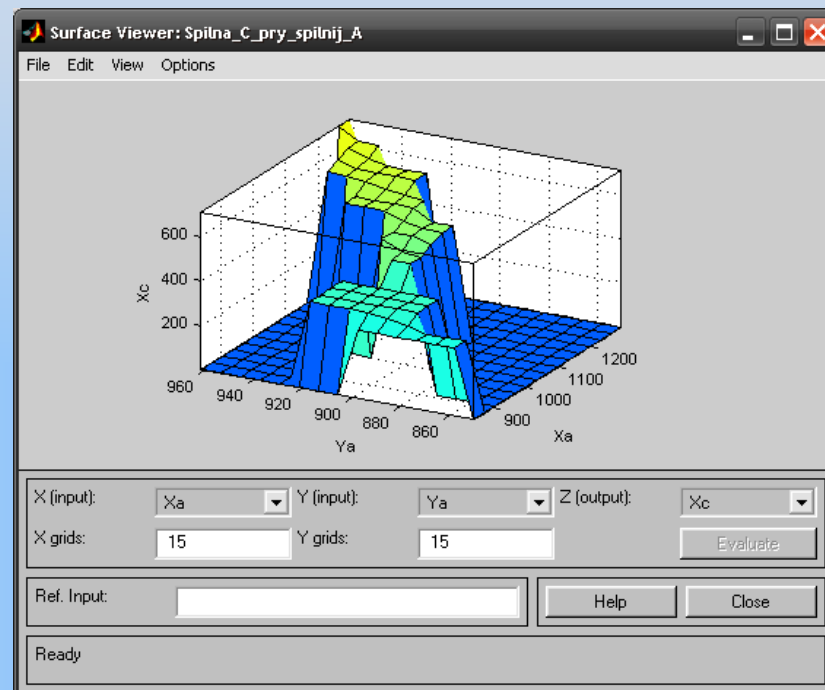
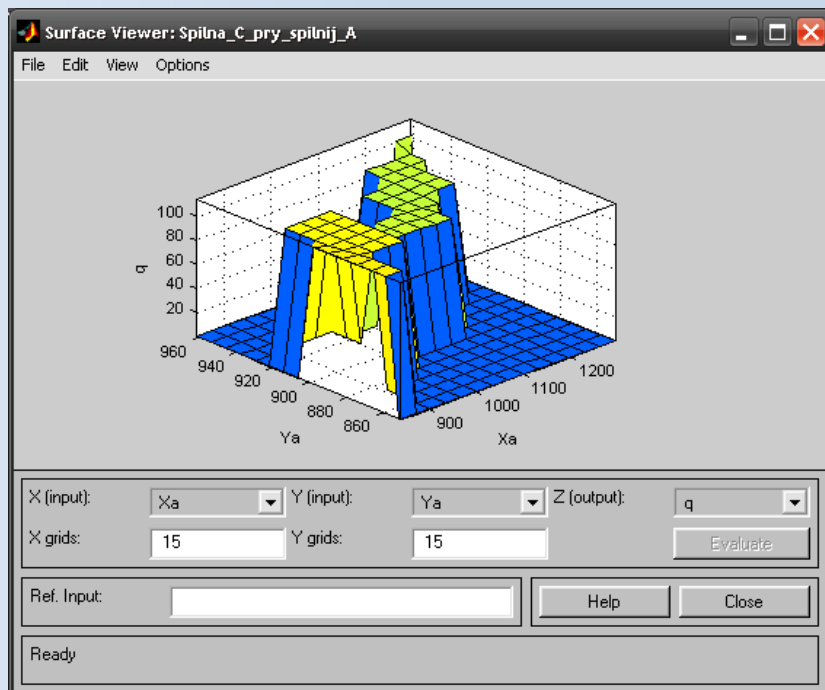


# Непустий перетин з однокоординатним характером пошуку опорних точок СхППР

Програма пошуку кінцевої точки  $C_t^{PP}$  позиціонування Сх за заданою початковою  $A_t^{PP}$

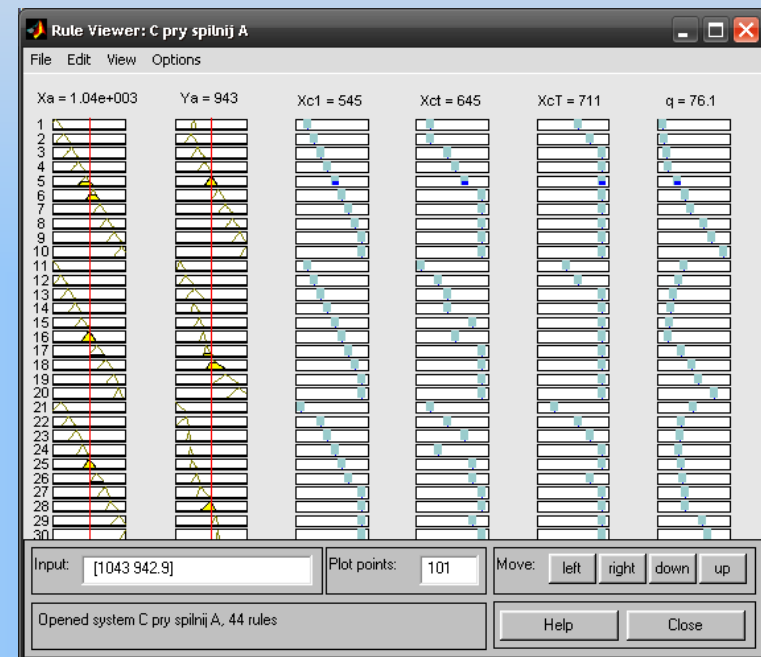
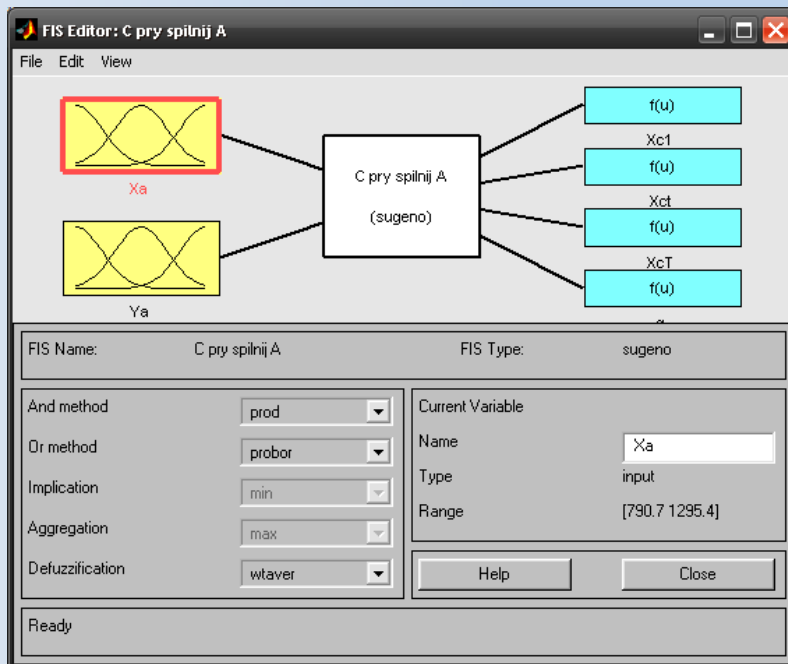


# Візуалізація розв'язку задач визначення опорних точок СхППР при однокоординатному характері пошуку

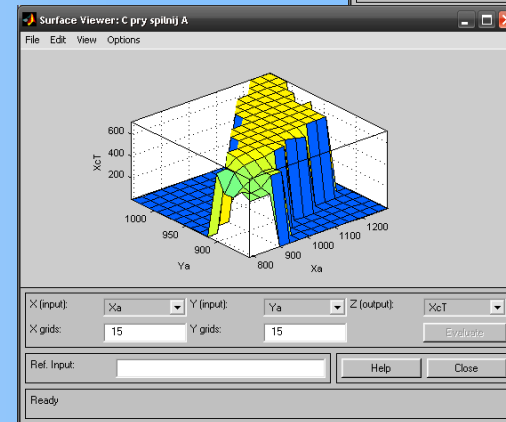
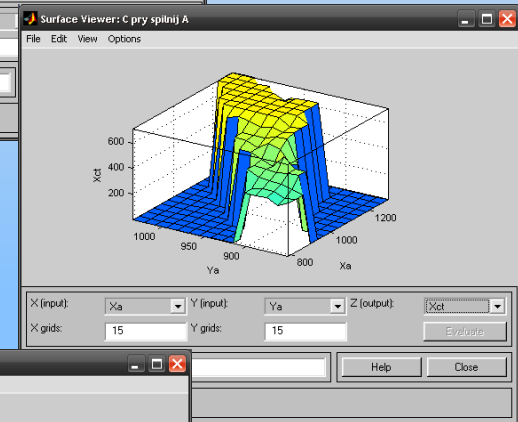
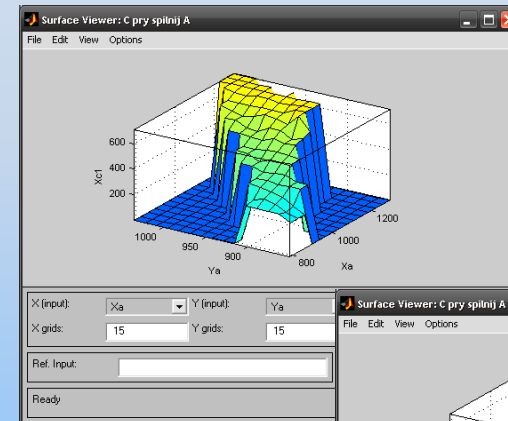
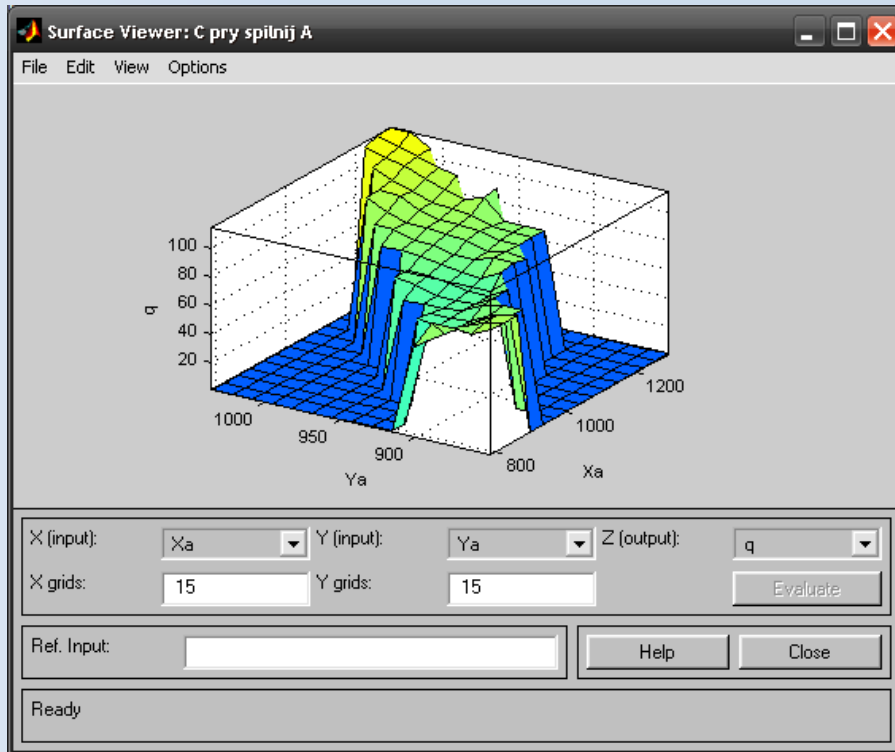


# Непустий перетин з різнокоординатним характером пошуку опорних точок СхППР

Програма пошуку кінцевих точок позиціонування  $\{C_t^{PP}\}$  Сх за заданою початковою  $\{A_t^{PP}\}$

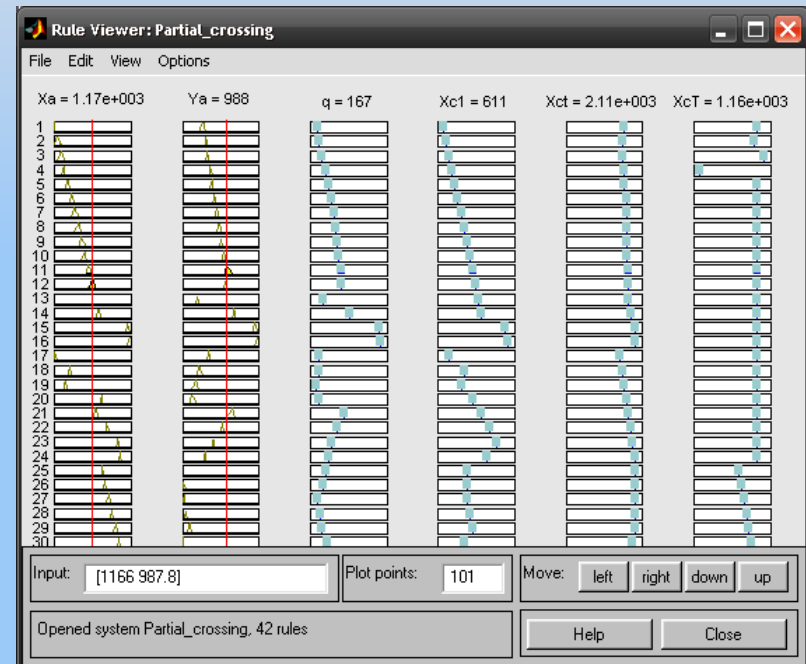
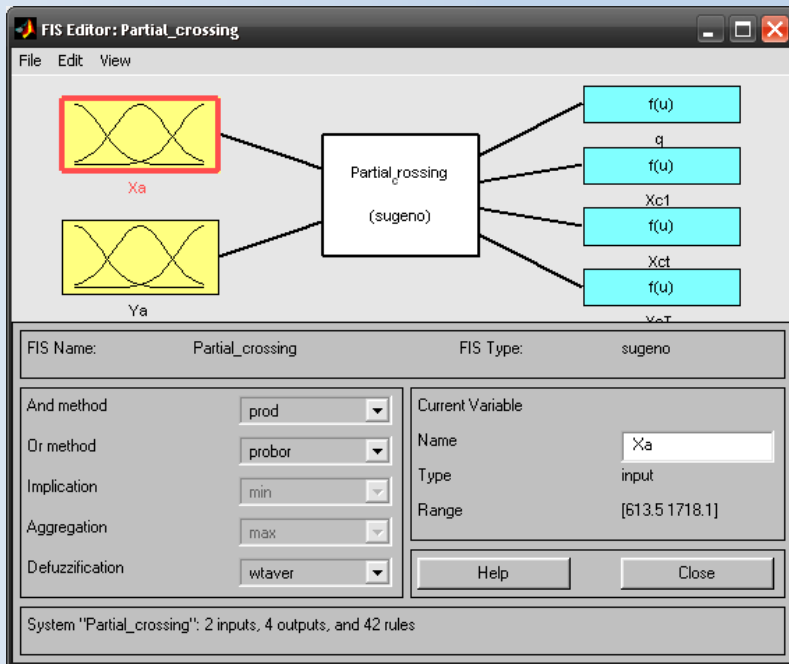


# Візуалізація розв'язку задач визначення опорних точок СхППР при різнокоординатному характері пошуку

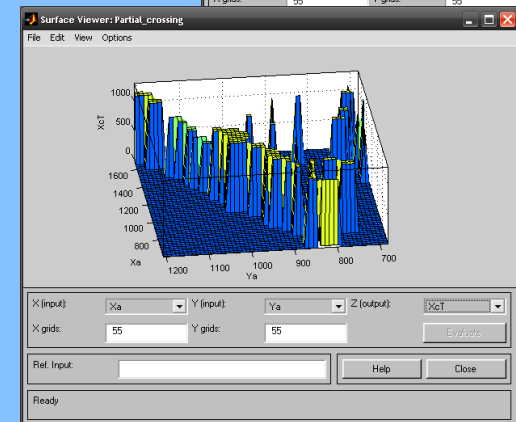
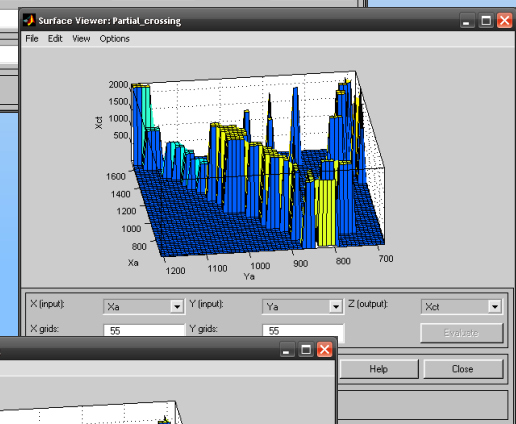
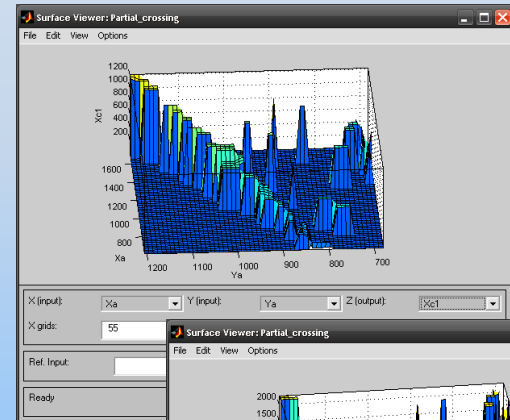
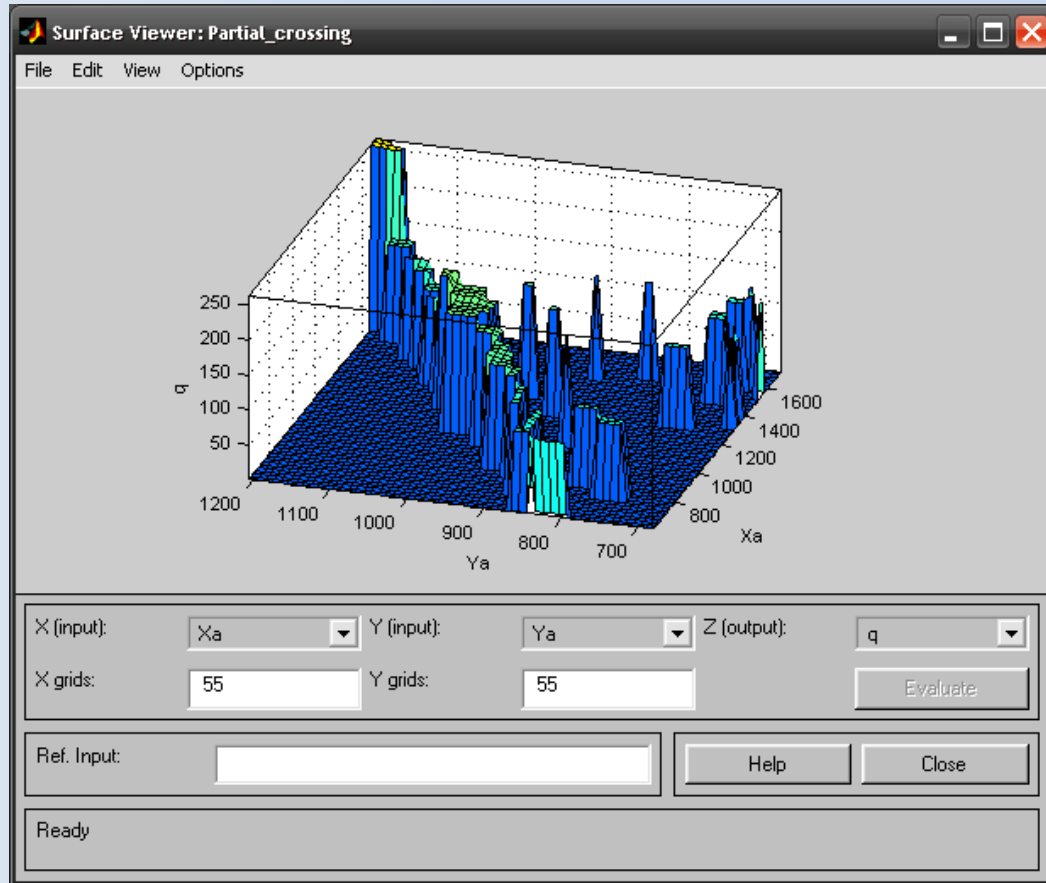


# Розташування множин координат т. $\{C_t\}$ з частковим перетином

Програма пошуку кінцевих точок  $\{C_t^{PP}\}$  позиціонування  $S_x$  за заданою початковою

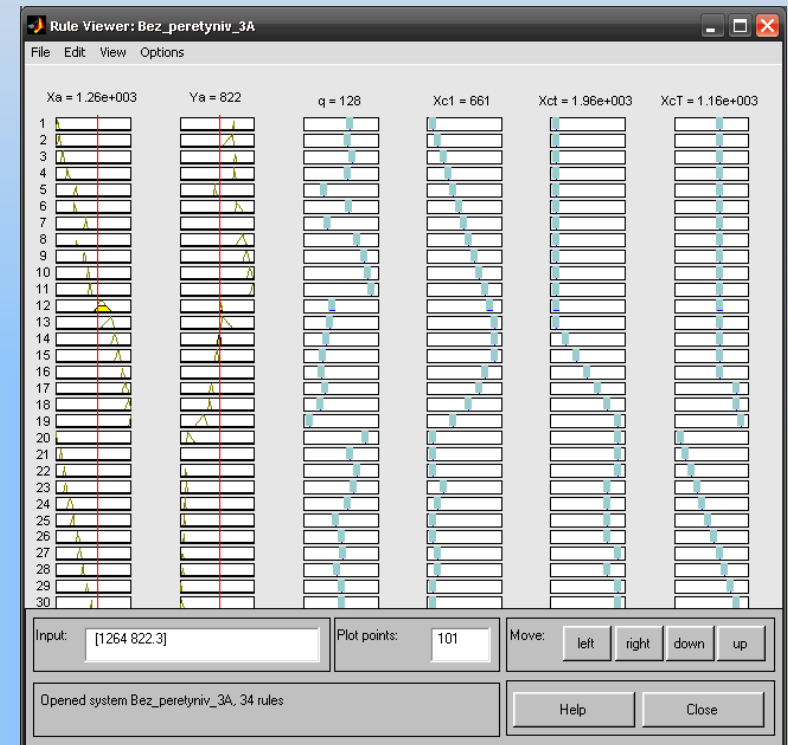
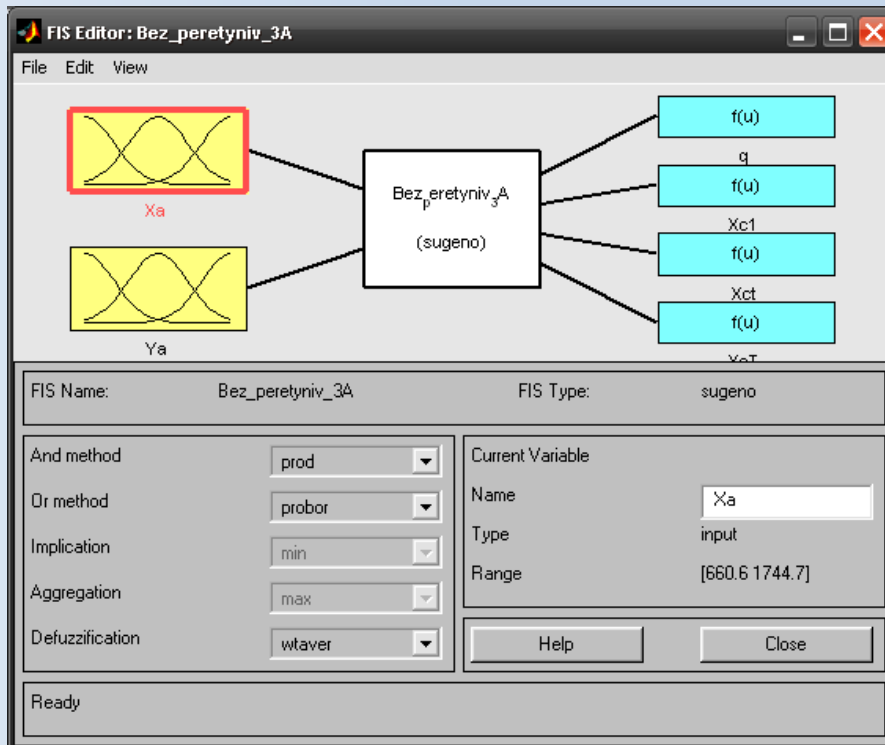


# Візуалізація розв'язку задач визначення опорних точок $\{C_{xPP}\}$ з частковим перетином множин координат $T.\{C_t^{PP}\}$



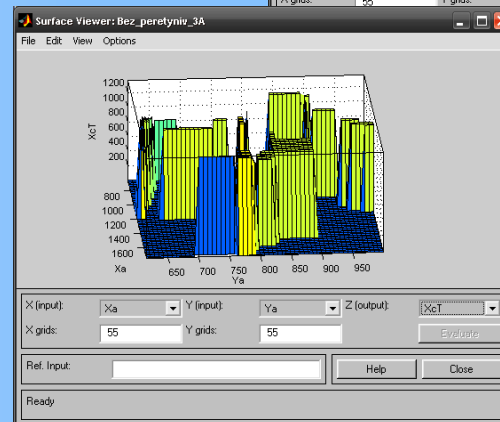
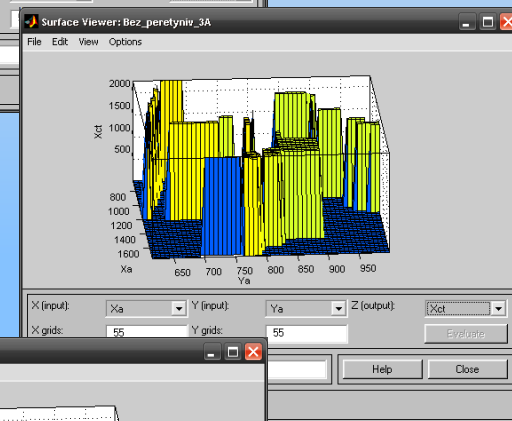
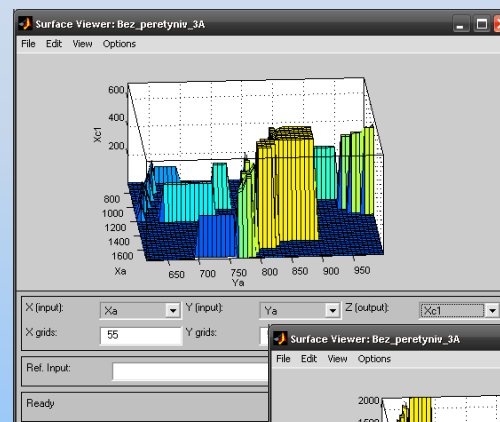
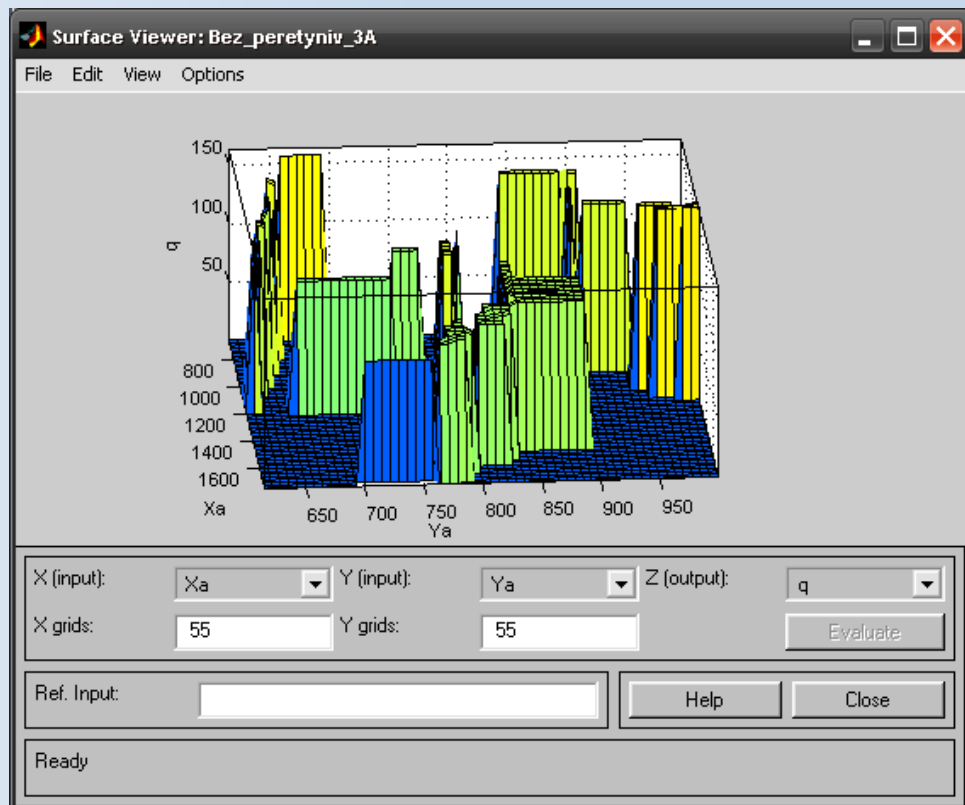
# Розташуванням множин координат т. $\{C_t\}$ без спільних перетинів

Пошук кінцевих точок позиціонування  $S_x$  за заданою початковою  $A_t$



# Візуалізація розв'язку задач визначення опорних точок $\{C_{xPP}\}$ за відсутності спільних перетинів множин координат т. $\{C_t^{PP}\}$

24.2



## **Напрямки подальших досліджень**

- Використання запропонованого  $A_t$ -методу для дослідження ПР інших конструктивних виконань з врахуванням геометричних параметрів СхПР та об'єкта маніпулювання.
- Теоретичне обґрунтування використання апріорі доцільної методики синтезу координат опорних точок;
- Теоретичне обґрунтування критерію найбільш віддалених крайніх точок множин та найближчих крайніх точок множин.
- Розробка програмного забезпечення, яке дозволить реалізувати всі запропоновані методики за допомогою одного контекстного меню.

## Висновки

- В даній роботі розроблено методи підвищення ефективності технологічної підготовки роботизованого механоскладального виробництва на прикладі гнучких виробничих комірок при автоматизованому проектуванні РМТ на етапі синтезу опорних точок траєкторії при технологічному обслуговуванні одноруким односхватним ППР робочих позицій.
- Представлено аналіз існуючих методів визначення опорних точок позиціонування схвата ПР та на основі їх (методів) недоліків обраний новий метод.
- Розроблено класифікацію взаємного розміщення множин кінцевих точок позиціонування Сх в системі координат ПР.
- Розроблено методику визначення спільної для всіх одиниць ТО початкової точки А та спільних або різних за координатами кінцевих точок  $C_t$  за критерієм мінімуму кінематичного ресурсу ( $\min \Delta q_{\Sigma}$ ) для кожної РП<sub>t</sub> та всієї ГВК в цілому.
- На ряді тестових прикладів показано результати розроблених методик та виділено кращі методи знаходження опорних точок позиціонування схвату для кожного з видів розташування множин кінцевих точок в СК ППР за вищезгаданим критерієм.
- Запропоновано структуру програмного забезпечення для візуалізованої ілюстрації розміщення опорних точок Сх в СК ППР та автоматизованого визначення величини переміщення для кожної з пари точок.

