

Лекція 7.

Загальна методика генерування безколізійних траєкторій переміщення схвата ПР при автоматизованому синтезі роботизованих механоскладальних технологій

Короткий зміст запропонованої методики за назвою в темі лекції зводиться до:

- побудови початкової колізійної траєкторії переміщення технологічного роботизованого комплексу ($ТРК=ОМ+СхПР+Пр$), яка автоматично описується кубічним сплайном (*cubic-spline*);
- формуванню (за потреби) кінцевої множини проміжних опорних точок для забезпечення безколізійної траєкторії;
- обчислення її (сформованої безколізійної траєкторії) часових і енергетичних параметрів.

Доцільно наголосити, що викладена нижче методика формування безколізійних траєкторій придатна лише для умов технологічної підготовки РМСВ, тобто в так званому *off-line режимі*, тобто при сталому технологічному середовищі, коли не передбачається зміна так званої сцени.

On-line режим формування безколізійних траєкторій характеризується корегуванням можливих колізійних траєкторій фактично для умов колаборативної та / або когнітивної робототехніки, що є характерним при генеруванні безколізійних траєкторій в режимі реального часу – *real-time режим*. При цьому характерним є використання різноманітних датчиків різної фізичної природи функціонування (оптичні, в тому числі лазерні тощо), непростих, а в ряді випадків і достатньо складних, алгоритмів генерування множини можливих траєкторій та вибір оптимальної з них.

Симплекс або *n*-вимірний тетраедр (від лат. **simplex** — простий) — геометрична фігура, що є багатовимірним узагальненням трикутника і тетраедра.

Кроки (К) запропонованої методики, що програмно реалізована в розробленому ПП “Robix” (див. наступну лекцію), наступні.

К1. Обробка вхідних даних, побудова колізійної *cubic-spline* траєкторії по заданих точках C_{t-1} , D_{t-1} , D_t , C_t (рис. 7.1).

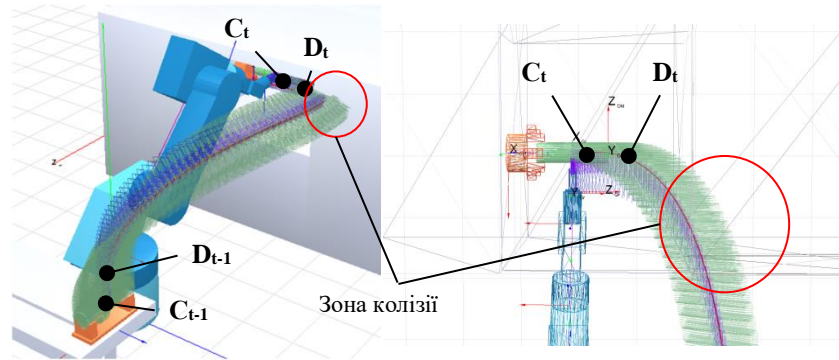


Рис. 7.1. Початкова колізійна траєкторія (зелений тренд)

К2. Визначення величини об'єму проникнення ТРК в перешкоду V_{colmax} в момент часу τ_{colmax} із заданою дискретизацією точок траєкторії ($N_{Tr} = 100$ точок) (рис. 7.2).

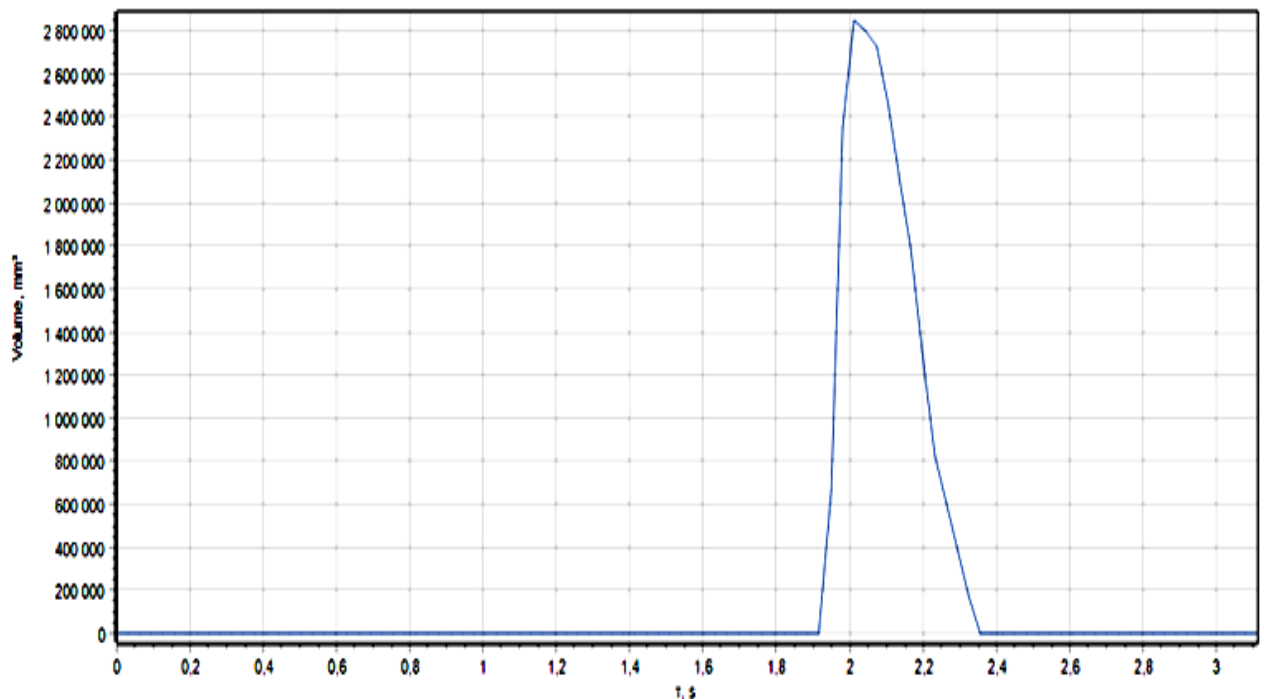


Рис. 7.2. Об'єм і час проникнення ТРК в зоні колізії за рис. 9.1

Як свідчать дані рис. 7.2, тобто для прикладу, що розглядається, максимальне значення об'єму перетину $V_{colmax} = 2850000 \text{ мм}^3$ і йому відповідає момент часу $\tau_{colmax} = 2,05 \text{ сек}$ при переміщенні схвата ПР між двома точками C_{t-1} та C_t , що дорівнює 3,1 сек.

КЗ. Пошук симплекса* перетину елементів ТРК (МС, Сх, ОМ) і перешкод (перепон) у вигляді внутрішніх щодо елементів ГВК, тобто РП (технологічного обладнання, засобів технологічного оснащення) або зовнішніх при максимальному значенні об'єму перетину V_{colmax} (рис. 7.3).

* *Основна ідея симплекс-метода загалом полягає в тому, що екстремум цільової функції завжди досягається в кутових точках області допустимих рішень. Симплекс-метод, званий також методом послідовного поліпшення плану, реалізує перебір кутових точок області допустимих рішень у напрямі поліпшення значення цільової функції.*

Основна ідея представленого в даній роботі методу наступна. Перш за все, знаходиться яке-небудь допустиме початкове (опорне) рішення, тобто яка-небудь кутова точка області допустимих рішень.

Процедура методу дозволяє відповісти на питання, чи є це рішення оптимальним. Якщо "так", то завдання вирішене. Якщо "ні", то виконується перехід до суміжної кутової точки області допустимих рішень, де значення цільової функції поліпшується, тобто до негіршого допустимого рішення.

Якщо деяка кутова точка має декілька суміжних, то обчислювальна процедура методу забезпечує перехід до тієї з них, для якої поліпшення цільової функції буде найбільшим. Процес перебору кутових точок області допустимих рішень повторюється, поки не буде знайдена точка, яка відповідає екстремуму цільової функції E .

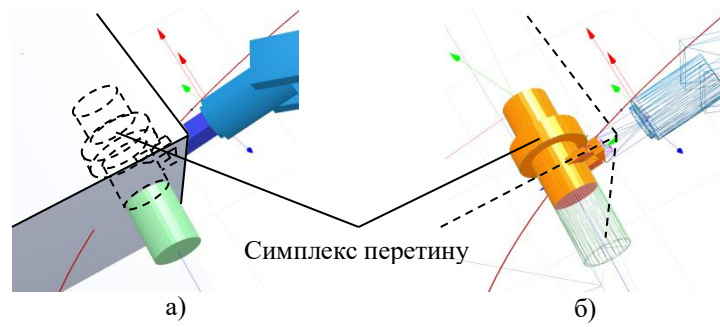


Рис. 7.3. Схема колізійного проникнення ТРК (Сх з ОМ) в перепону:
 а) загальний вигляд;
 б) виділена частина проникнення об'ємом V_{colmax}

К4. Перебір всіх граней отриманого симплекса перетину з відсіюванням граней, що лежать на площині граней перепони (рис. 7.4, а).

К5. Визначення метричного відстані Dz для кожної отриманої (відсіяної) грані за рахунок:

К5.1. Проекціювання кожної вершини симплекса перетину на кожну отриману (відсіяну) грань (рис. 7.4, б).

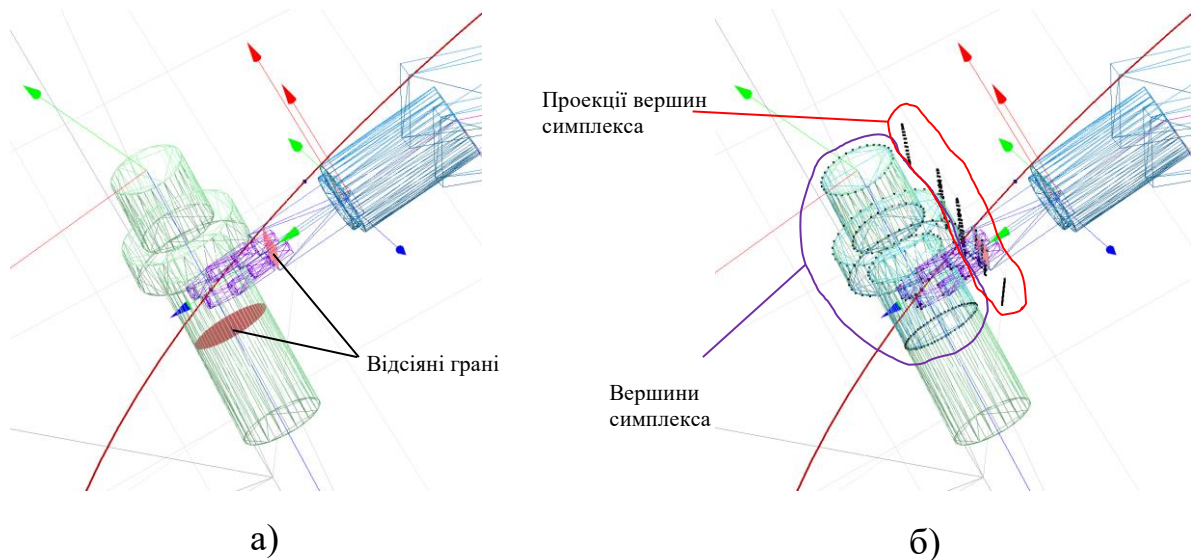


Рис. 7.4. Схема формування множини вершин та їх проєкцій:
 а) - ілюстрація відсіяних граней;
 б) вершини симплекса та їх проєкції на одній з відсіяних граней

К5.2. Визначення довжини відрізка Dz між кожною вершиною симплекса перетину і отриманою її проекцією на відсіяну грань (рис. 7.5, а).

К5.3. Вибір найбільшого значення довжини Dz_{max} , до якого додається зазор Δ не більше 5-10 мм (рис. 7.5, б).

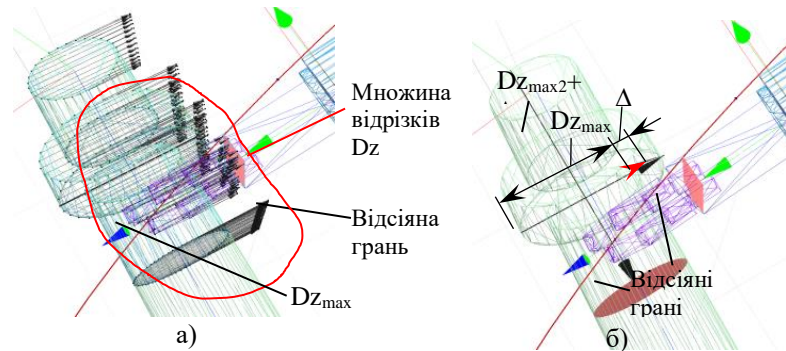


Рис. 7.5. Схема отримання величини корекції ($Dz_{max} + \Delta$)

К6. Визначення величини зсуву полюса Sx на отримане значення ($Dz_{max} + \Delta$) у напрямку вектора, спрямованого по Dz_{max} від перепони.

Нове положення полюса Sx відображає координати корегувальної проміжної точки траєкторії (т. **В**). Далі – формування траєкторій для отриманої множини проміжних точок і вибір тієї, де екстремум значення об'єму перетину конструктивних елементів ТРК з перешкодою (див. рис. 7.2) буде найменшим (рис. 7.6).

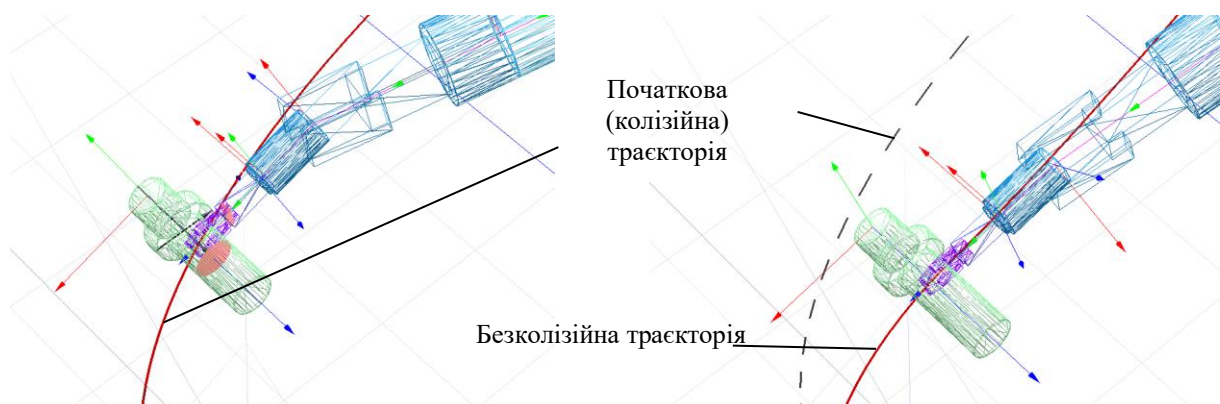


Рис. 7.6. Ілюстрація початкової колізійної та згенерованої безколізійної траєкторії

К7. Якщо симплекс перетину існує для траєкторії, що проходить через отриману проміжну т. **В**, то кроки **К3-К7** повторюються з генерацією траєкторій через т. **В**. Якщо симплекс перетину відсутній, то рішення знайдено.

К8. Обчислення часових (швидкодія) та енергетичних (енергоємність) параметрів згенерованої траєкторії між т. C_{t-1} і т. C_t , тобто параметрів

$$\tau_{C_{t-1}-C_t}, E_{C_{t-1}-C_t}.$$

Ці параметри принципово підлягають окремому розгляду, що реалізовано в ПП Robix.