

УДК 621.865.8

**П.П. Мельничук, д.т.н., проф.**

**В.А. Кирилович, к.т.н., доц.**

**Р.С. Моргунов, студ.**

*Житомирський державний технологічний університет*

**ЗАДАЧІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ СХВАТІВ  
ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ З ОБ'ЄКТАМИ МАНІПУЛЮВАННЯ  
В МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ  
КОМІРКАХ**

*Розкрито сутність та визначено складові процеси технологічної взаємодії схватів промислових роботів з об'єктами маніпулювання при автоматизованому синтезі роботизованих механоскладальних технологій на відомому технічному базисі гнучких виробничих комірок. Сформовано задачі, що необхідно розв'язати для визначення показників та їх параметрів для даного процесу.*

**Вступ. Постановка проблеми.** Однією із невід'ємних складових автоматизованого синтезу (АС) роботизованих механоскладальних технологій (РМСТ) є визначення параметрів технологічної взаємодії (ТВ) схватів (Сх) промислових роботів (ПР) з об'єктами маніпулювання ( $OM^{d_g}$ ,  $d_g$ -ий, ( $d_g = \overline{1, D_g}$ ) виріб  $g$ -ої групи ( $g = \overline{1, G}$ )) для всіх робочих позицій ( $РП_t | t = \overline{1, T}$ , де  $T$  – загальна кількість РП) гнучких виробничих комірок (ГВК) механоскладання [5–7].

Термін технологічна взаємодія (ТВ) СхПР з ОМ вперше введено в роботі [8]. ТВ змістовно можна інтерпретувати як визначення наступних параметрів:

➤ при розвантаженні  $\forall РП_t | t = \overline{1, T}$  :

○ підходу Сх до  $d_g$ -го  $OM_t^{d_g}$  (вектор можливих переміщень Сх в межах певного сектора (зони) доступу 3D простору пристосування (Пр) РП<sub>t</sub>, взаємне відносне переміщення Сх відносно  $OM_t^{d_g}$ , що визначає технологічну класифікацію Сх як боковий, торцевий або комбінований), який ( $OM_t^{d_g}$ ) встановлений (попередньо збазований та закріплений) в ПрРП<sub>t</sub>  $\forall t = \overline{1, T}$  ;

○ закріплення  $OM_t^{d_g}$  в Сх (за певні поверхні затиску  $OM_t^{d_g}$ , що зумовлені конструктивно-технологічними параметрами  $OM_t^{d_g}$ , ПрРП<sub>t</sub> та Сх), що виконується після базування  $OM_t^{d_g}$  як невід'ємної складової технологічного роботизованого комплексу (ТРК) (ПрРП<sub>t</sub> +  $OM_t^{d_g}$ ) в СхПР [6], тобто після накладання векторно-проекційних зв'язків пари Сх–( $OM_t^{d_g} \subset \text{ТРК}(OM_t^{d_g} + \text{Сх})$ );

○ зняття геометрично-проекційних зв'язків ТРК ( $OM_t^{d_g} + \text{Сх}$ ) щодо ПрРП<sub>t</sub> після попереднього розтискання  $OM_t^{d_g}$  в ПрРП<sub>t</sub> (зняття силових зв'язків пари ПрРП<sub>t</sub>–( $OM_t^{d_g} \subset \text{ТРК}(OM_t^{d_g} + \text{Сх})$ );

➤ при *завантаженні* РП<sub>t</sub>  $\forall t = \overline{1, T}$  :

○ накладання геометрично-проекційних зв'язків  $\text{ТРК}((OM_{t-1}^{d_g} + \text{Сх}) - \text{ПрРП}_t)$  (базування в ПрРП<sub>t</sub> закріпленого в Сх  $OM_{t-1}^{d_g}$ );

○ накладання на  $OM_{t-1}^{d_g} \subset \text{ТРК}(OM_{t-1}^{d_g} + \text{Сх})$  силових зв'язків в ПрРП<sub>t</sub> (закріплення  $OM_{t-1}^{d_g}$  в ПрРП<sub>t</sub>);

○ зняття силових зв'язків з  $OM_{t-1}^{d_g}$  зі сторони Сх (розтискання в Сх вже закріпленого в ПрРП<sub>t</sub>  $OM_{t-1}^{d_g}$ );

○ зняття геометрично-проекційних зв'язків закріпленого  $OM_{t-1}^{d_g}$  в ПрРП<sub>t</sub> зі сторони СхПР.

При цьому перерахований склад дій різних складових відповідних ТРК, що за змістом фактично є роботизованими технологічними переходами, є інваріантним щодо виду технологічного обладнання, що формує  $\{\text{РП}_t \quad \forall t = \overline{1, T}\}$  ГВК, а саме, інваріантним щодо основного (металорізальні верстати, преси, складальні пристрої тощо) та/або допоміжного (пристрої орієнтування, відсікання, проміжного зберігання тощо) обладнання.

**Стан проблеми. Аналіз інформаційних джерел.** У [8] вперше введено поняття технологічних параметрів сервісу при обслуговуванні РП<sub>t</sub>, тобто ТПС<sub>t</sub>, зміст яких зводиться до розрахунку (визначення) певних векторно-проекційних параметрів ТВ Сх з ОМ.

Визначення параметрів ТВ СхПР з ОМ пов'язано із: вибором поверхонь затиску ОМ в Сх; орієнтацією Сх при ТВ; траєкторією підходу/відходу Сх з/без  $OM_{t-1}^{d_0}$  до/від РП<sub>t</sub> при її завантаженні та підходу/відходу Сх без/з  $OM_t^{d_0}$  до/від РП<sub>t</sub> при її розвантаженні.

На підставі попередньо викладеного матеріалу, складові ТВ доцільно умовно розділити на: векторно-проекційні (технологічні параметри сервісу), геометрично-силові ( $P_{Сх}G_{OM_t} \rightarrow \min$  (див. нижче)) та траєкторно-динамічні (траєкторії та швидкість їх реалізації).

Основний критерій, що широко описаний в інформаційних джерелах [7, 9–11, 14] і за яким розраховується геометрично-силовий параметр ТВ – найменша відстань між полюсом Сх ( $P_{Сх}$ ) та центром мас  $OM_t$  ( $G_{OM_t}$ ), що, в свою чергу, суттєво впливає на розрахунки інших складових ТВ. При цьому можливими є варіанти:

- рухомості ТРК ( $OM_t^{d_0} + ПрРП_t$ ) (рухомий, нерухомий), що значно ускладнює технологічну операцію розвантаження РП<sub>t</sub>;
- рухомості ПрРП<sub>t</sub> (рухоме, нерухоме), що значно ускладнює технологічну операцію роботизованого встановлення ТРК ( $Сх + OM_{t-1}^{d_0}$ ) в ПрРП<sub>t</sub>, тобто завантаження  $OM_{t-1}^{d_0}$  в РП<sub>t</sub>.

Для цих випадків використовуються різні підходи щодо визначення складових та параметрів ТВ СхПР з ОМ. Спрощені структурно-інформаційні схеми складових ТВ СхПР з ОМ при завантаженні та розвантаженні РП<sub>t</sub> наведено відповідно на рисунку 1 та 2. Тут по вертикалі представлено відповідні функції технологічного проектування/синтезу при завантаженні/ розвантаженні РП<sub>t</sub> з врахуванням [6].

**Мета.** На основі розглянутої змістовної сутності технологічної взаємодії СхПР з ОМ визначити склад та зміст задач, розв'язок яких визначає параметри запропонованих складових процесу ТВ.

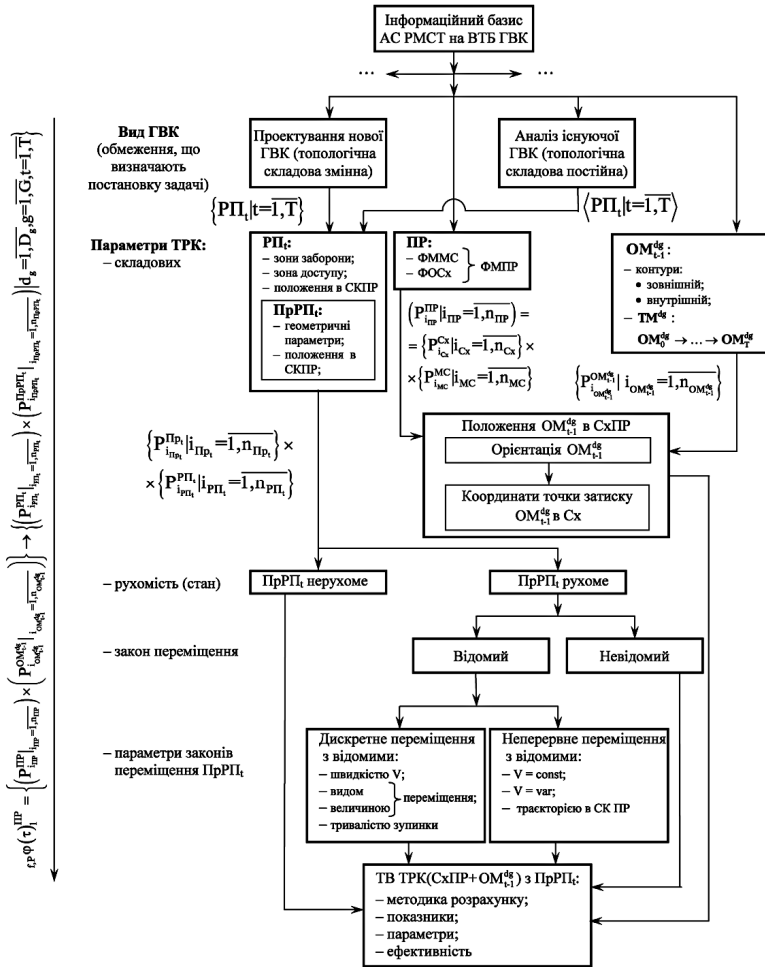


Рис. 1. Спрощена структурно-інформаційна схема складових ТВ СхПР з  $ОМ_{t-1}^{dg}$  при завантаженні РПt

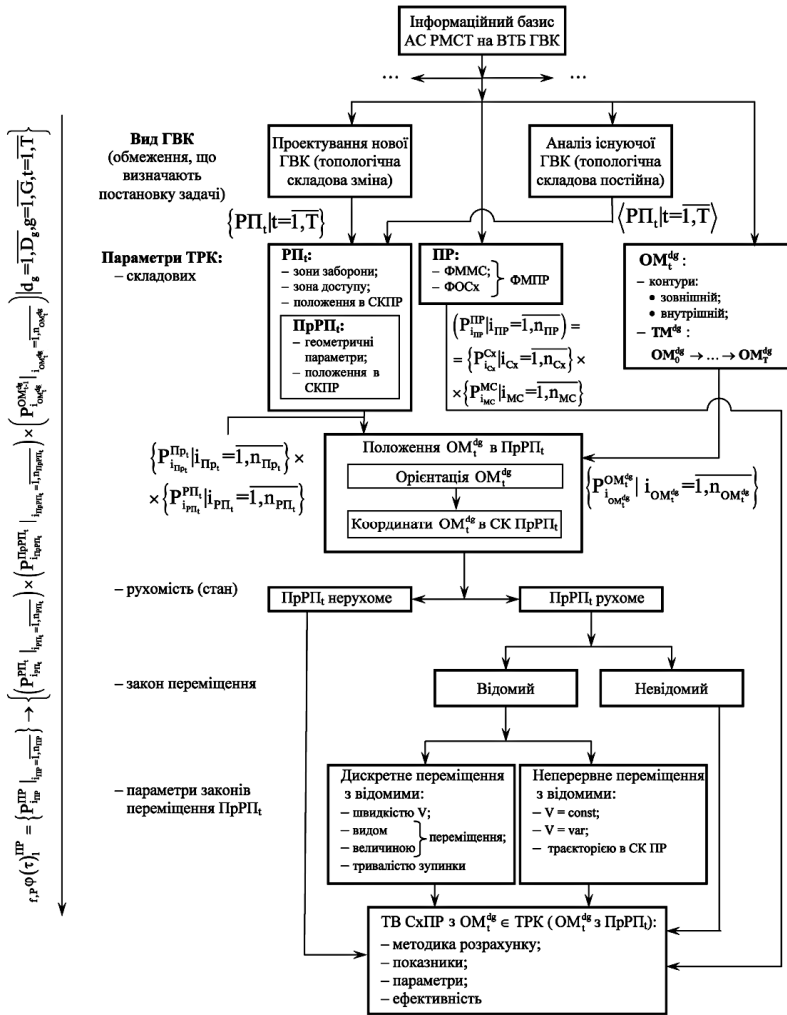


Рис. 2. Спрощена структурно-інформаційна схема складових ТВ СхПР з  $OM_t^{ds}$  при розвантаженні РП,

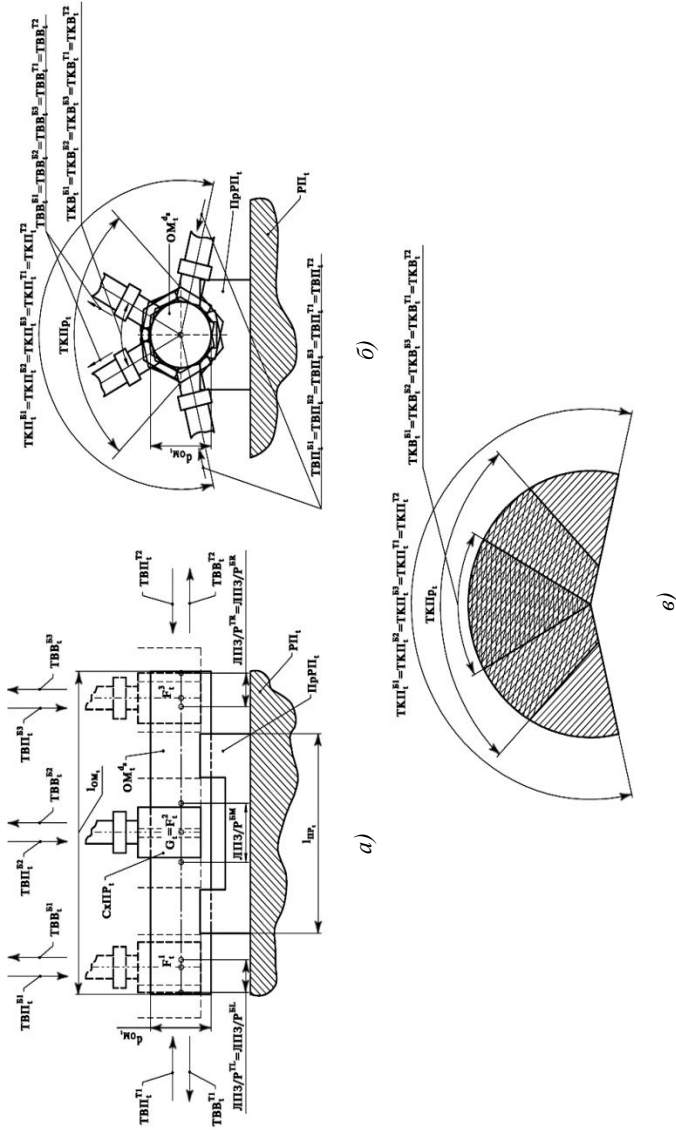


Рис. 3. Приклад графічної ілюстрації ТПС при підході  $S_x$  до  $OM_t^{dS}$  за траєкторією, що є перпендикулярною та співвісною з віссю  $OM_t^{dS}$  за складовими: а – векторно-лінійними; б, в – кутівими

**Викладення основної частини.** Найбільш поширеним, але не достатньо дослідженим, є варіант ТВ Сх з нерухомим  $OM_t^{dg}$ , що займає певне положення (орієнтація, координати), наприклад, в призмі – ПрРП<sub>t</sub> (рис. 3).

При розвантаженні РП<sub>t</sub>, відповідно до рисунку 3, Сх може технологічно взаємодіяти з  $OM_t^{dg}$  шляхом накладання векторно-проекційних зв'язків, переміщуючись горизонтально зліва та справа вздовж осі  $OM_t^{dg}$ , реалізуючи один із параметрів ТПС<sub>t</sub> – технологічний вектор підходу [8], відповідно лівий ( $ТВП_t^{TL}$ ) та правий ( $ТВП_t^{TR}$ ). Після встановлення  $OM_t^{dg}$  в ПрРП<sub>t</sub> схват може розірвати вказані векторно-проекційні зв'язки за рахунок виконання зворотніх рухів вздовж технологічного вектора відходу – відповідно  $ТВВ_t^{TL}$  та  $ТВВ_t^{TR}$ . Очевидно, що відповідні  $ТВП_t$  та  $ТВВ_t$  схват може виконати за різної його (Сх) орієнтації відносно  $OM_t^{dg}$ , що для лівого та правого торців даного  $OM_t^{dg}$  визначається технологічними кутами сервісу (ТКС), які є складовими ТПС<sub>t</sub>, і які, відповідно, на рисунку 4 позначені як  $ТКП_t^{TL}$  та  $ТКП_t^{TR}$ . Після встановлення  $OM_t^{dg}$  в ПрРП<sub>t</sub> Сх повинен виконати рухи зняття (розірвання) векторно-проекційних зв'язків з  $OM_t^{dg}$  в напрямках та з параметрами, що є протилежними вказаним і можуть виконуватись в межах відповідних кутів сервісу відведення –  $ТКВ_t^{TL}$  та  $ТКВ_t^{TR}$ .

Всі наведені параметри ТПС<sub>t</sub>, а саме  $ТВП_t^{TL}$ ,  $ТВП_t^{TR}$ ,  $ТВВ_t^{TL}$ ,  $ТВВ_t^{TR}$ ,  $ТКП_t^{TL}$ ,  $ТКП_t^{TR}$ ,  $ТКВ_t^{TL}$ ,  $ТКВ_t^{TR}$  містять верхній індекс “Т”, який означає технологічний тип Сх – торцевий, що визначений переміщенням Сх відносно торця  $OM_t^{dg}$ . Розглядаючи ТПС<sub>t</sub> при відносному боковому, тобто перпендикулярно осі  $OM_t^{dg}$ , переміщенні Сх можна сформувати аналогічні ТПС<sub>t</sub> для бокового (Б – верхній індекс із відповідних позначень) Сх, а саме  $ТВП_t^{BL}$ ,  $ТВП_t^{BR}$ ,  $ТВВ_t^{BL}$ ,  $ТВВ_t^{BR}$ ,  $ТКП_t^{BL}$ ,  $ТКП_t^{BR}$ ,  $ТКВ_t^{BL}$ ,  $ТКВ_t^{BR}$  (рис. 4).

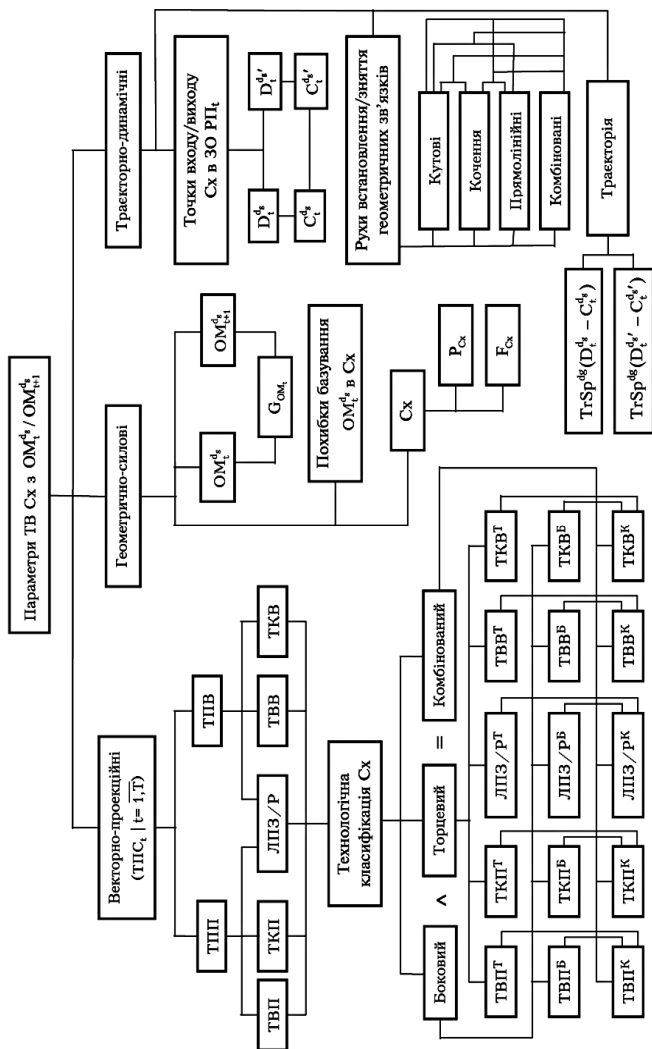


Рис. 4. Узасільнена структурна схема складових параметрів ТВ



Як видно із викладеного, тільки в одному випадку для бокового схвату його полюс  $P_{cx}$  геометрично співпадає з точкою зосередження ваги  $OM_t^{d_0}$  – точка  $G_{OM_t}$ , де і виконується затиск  $OM_t^{d_0}$  в Сх. З позицій геометрично-силової складової ТВ цей випадок є ідеальним [9–11, 14]. Для розглянутих випадків торцевого схвату така ситуація, тобто  $P_{cx}G_{OM_t} = 0$ , взагалі неможлива в зв'язку з перетинами (колізіями, зіткненнями), що визначені конструктивними елементами  $PrRP_t$ , в даному випадку призмою, при осьовому переміщенні Сх за  $TVP_t^{TL}$ ,  $TVP_t^{TR}$  та  $TVB_t^{TL}$ ,  $TVB_t^{TR}$ .

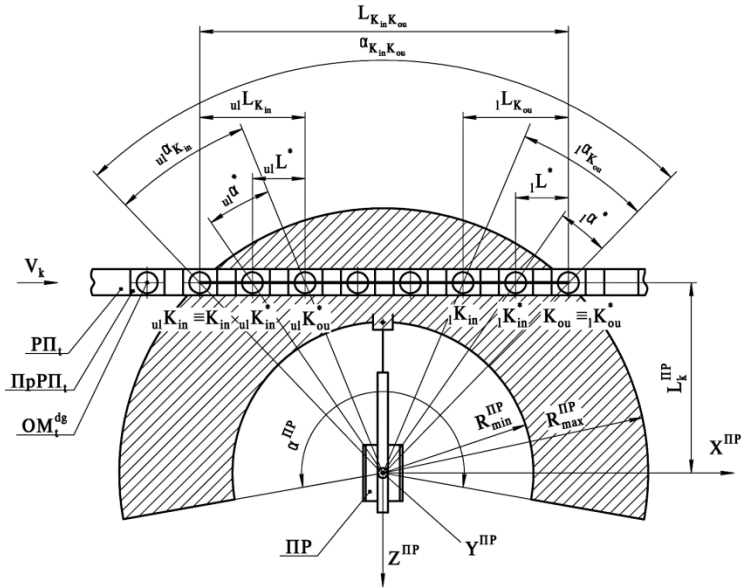
Крім того, точка затиску  $OM_t^{d_0}$  в Сх – точка F – і при торцевому, і при боковому Сх не є чітко фіксованою та визначається співвідношенням конструктивно-геометричних параметрів  $OM_t^{d_0}$ , його положенням та координатами в  $PrRP_t$ , самого  $PrRP_t$  та Сх. Це дає можливість визначити іншу складову  $TPC_t$ , яка названа лінійним параметром затиску/розтиску і яка на рисунку 4 позначена відповідно  $ЛПЗ/Р^{TL} = ЛПЗ/Р^{BL}$ ,  $ЛПЗ/Р^{TR} = ЛПЗ/Р^{BR}$  та  $ЛПЗ/Р^{BM}$ , де М означає середню зону (від. англ. *middle* – середина) (між базувальними елементами призми) ТВ Сх з.

За умови виконання Сх функцій бокового (Б) і торцевого (Т) Сх називається комбінованим (К).

Таким чином, аналіз наведеного прикладу вказує на те, що тільки співвідношення розмірів та сумісний аналіз конструктивно-геометричних параметрів таких складових ТРК як  $PrRP_t$ ,  $OM_t^{d_0}$  та Сх є визначальним при класифікації Сх на Т, Б та К. Доцільно наголосити, що один і той же Сх на різних  $RP_t | t = \overline{1, T}$  може бути класифікований по-різному. Крім того, в залежності від положення  $OM_t^{d_0}$  в  $PrRP_t$  (розташування, координати), тобто в межах однієї t-ої РП, Сх також може бути класифікований по-різному.

Викладене вище однозначно вказує на необхідність виконання нечіткої класифікації [13] Сх при ТВ з  $OM_t^{d_0}$  на  $\forall t = \overline{1, T}$ , що має фактично різні часткові інформаційні моделі ( $ЧІМOM_t^{d_0}$ ) [4], а це означає, що різні конструктивні параметри та характеристики до і після технологічної дії на ОМ на  $\forall RP_t | t = \overline{1, T}$ . Викладене вище дає можливість конструктивно представити складові ТВ Сх з ОМ на ВТБ ГВК та їх (складових) параметри (рис. 4).

Менш дослідженим, але відомим з практики роботизованих технологій, є випадок ТВ Сх з рухомих  $OM_t^{dg}$ , що безперервно переміщується разом з ПрРП, наприклад, на конвеєрі К (рис. 5). Така схема має місце за умови використання в ГВК однієї одиниці ДТО – конвеєра К як “входу” в ГВК (початкова точка  $K_{in}$ ), “виходу” з ГВК (кінцева точка  $K_{ou}$ ), або одночасно бути “входом” (початкова точка  $K_{in}$ ) та “виходом” (кінцева точка  $K_{ou}$ ) відповідно в та з ГВК.



*Рис. 5. Схема геометричних параметрів зони ТВ СхПР з  $OM$  за  $V_K = const$  (приклад)*

У випадку “входу” або “виходу” СхПР виконує технологічні операції розвантаження або завантаження РП, відповідно маніпулюючи  $OM_t^{dg}$  або  $OM_{t-1}^{dg}$ . При поєднанні функцій “входу”–“виходу” даною одиницею ДТО – К, що безперервно переміщується з постійною лінійною швидкістю  $V_K$ , геометричні параметри ТВ Сх з  $OM$  можуть бути розділені окремо для розвантаження (“вихід”) та завантаження (“вихід”) конвеєра.

При захопленні  $OM$  на кутовій ділянці  $\alpha_{K_{in}K_{ou}}$ , лінійним еквівалентом якої є відрізок (хорда)  $L_{K_{in}K_{ou}}$ , Сх повинен

відпрацьовувати лінійну траєкторію між точками  $K_{in}$   $K_{ou}$ , спочатку виконуючи так звану траєкторію супроводу  $OM_t^{dg}$ , що закріплений в ПрРП<sub>t</sub>. При цьому виконуються такі технологічні роботизовані переходи:

➤ базування  $OM_t^{dg}$  в Сх за рахунок накладання векторно-проекційних зв'язків ТВ, наприклад, вертикальним переміщенням Сх вздовж вертикальної осі  $OM_t^{dg}$ , що закріплений в ПрРП<sub>t</sub>;

➤ затиску  $OM_t^{dg}$  в СхПР за рахунок накладання геометрично-силових зв'язків затискними елементами СхПР на попередньо визначену поверхню затиску  $OM_t^{dg}$ ; в цьому стані на  $OM_t^{dg}$  діють сила затиску його ( $OM_t^{dg}$ ) в ПрРП<sub>t</sub> –  $F_{PrP_t}$  та сила затиску  $OM_t^{dg}$  в Сх;

➤ зняття геометрично-проекційних зв'язків ПрРП<sub>t</sub> з  $OM_t^{dg}$  за рахунок, наприклад, вертикального переміщення комплекту ( $OM_t^{dg}$  + Сх) від РП<sub>t</sub>, що можливо тільки після попереднього розтиску  $OM_t^{dg}$  в пристосуванні ПрРП<sub>t</sub> (зняття геометрично-силових зв'язків з  $OM_t^{dg}$  зі сторони ПрРП<sub>t</sub>).

У всіх випадках доцільно визначати геометричні параметри зони ТВ СхПР з ОМ. Наприклад, для ПР циліндричної СК вказані геометричні параметри позначені як кут  $\alpha_{K_{in}K_{ou}}$ , що обумовлений геометричним розташуванням осі конвеєра К відносно СК ПР –  $X^{PP}$   $Y^{PP}$   $Z^{PP}$  – розміром  $L_K^{PP}$  (рис. 5). Кут  $\alpha_{K_{in}K_{ou}}$  являє собою кут між двома радіусами, що приведені з початку СК ПР і які проходять в даному випадку відповідно через точки  $K_{in}$  та  $K_{ou}$  – хорда  $L_{K_{in}K_{ou}}$ , так як зміст задачі ТВ Сх з ОМ в цьому випадку визначається необхідністю “супроводжувати” схватом  $OM_t^{dg}$ , що закріплений в ПрРП<sub>t</sub> та переміщується з лінійною швидкістю  $V_k$ . Це означає, що Сх при ТВ з  $OM_t^{dg}$  повинен лінійно переміщуватись вздовж прямої  $L_{K_{in}K_{ou}}$ . Дана ситуація характерна для випадку такої орієнтації та розташування  $OM_t^{dg}$  в ПрРП<sub>t</sub>, за якої обмеження щодо орієнтації Сх відносно ОМ при затиску відсутні, наприклад, коли ОМ є штучною мірною дротиковою заготовкою одного діаметрального розміру.

Деяко ускладненою є ситуація, коли ОМ може бути затиснений з врахуванням обмежень, що визначені розташуванням  $OM_t^{dg}$  в ПрРП<sub>t</sub> та його (ОМ) орієнтацією в СК ПрРП<sub>t</sub>, наприклад, наявністю на

поверхні затиску  $OM_t^{dg}$  певних конструктивних елементів (радіальних лисок, проточок тощо). В цьому випадку початок траєкторії супровідного переміщення  $Sx$  при розвантаженні може починатись від точки  $K_{in} = {}_{ul}K_{ou}$  і у відповідно кутовому та лінійному вираженні закінчуватись з параметрами  ${}_{ul}\alpha_{K_m}$ ,  ${}_{ul}L_{K_m}$ , а безпосередньо роботизований технологічний перехід затиску виконуватись тільки на ділянці  ${}_{ul}\alpha^*$ ,  ${}_{ul}L^*$ , де нижній індекс –  $ul$ , означає розвантаження (від англ. *unloading* – розвантаження).

Аналогічна ситуація щодо обмежень геометричних параметрів зони ТВ  $Sx$  з ОМ може мати місце і при завантаженні РП<sub>t</sub>  $OM_{t-1}^{dg}$ , що зображено на рисунком 5, де відповідні кутові та лінійні параметри позначені нижнім індексом –  $l$  (від англ. *loading* – завантаження).

Доцільно наголосити, що визначення геометричних параметрів зони ТВ  $Sx$  з ОМ за рисунком 5 для найпростішого випадку, тобто з відомими  $\alpha_{K_{in}K_{ou}}$ ,  $L_{K_{in}K_{ou}}$  та для випадків розвантаження ( ${}_{ul}\alpha_{K_m}$ ,  ${}_{ul}L_{K_m}$ ), завантаження ( ${}_l\alpha_{K_{ou}}$ ,  ${}_lL_{K_{ou}}$ ) та інших не є математично складним і залежить від конструктивних особливостей конвеєра, геометричних параметрів взаємного розташування конвеєра  $K$  в СК ПР (розмір  $L_K^{PP}$ ), геометричних параметрів робочих зон ПР, що визначається перш за все СК, розмірами ланок МС ПР, що в свою чергу визначається відповідною функціональною моделлю МС аналізованого ПР [8]. Описана послідовність переміщень  $TRK_t^{dg} / TRK_{t+1}^{dg}$  при розвантаженні РП/завантаженні РП<sub>t+1</sub> графічно проілюстрована на рисунку 6, де відображена активність відповідних тактів при дії відповідних елементів ТРК та зміни його складу. Спрощена схема розв'язку задачі ТВ при  $V_K = \text{const}$  за критерієм швидкодії  ${}_{TB}\tau \rightarrow \min$  така:

➤ аналіз закону зміни швидкості узагальнених координат  $q$  (УК) МСПР на ділянці відпрацювання  $Sx$  траєкторії  $L_{K_{in}K_{ou}}$ ;

➤ визначення ділянки з найшвидшою зміною кінематичного ресурсу  $L_{V_{q_{max}}} \subseteq L_{K_{in}K_{ou}}$ ;

➤ аналіз можливості виконання ТВ (розвантаження/ завантаження) на ділянці  $L_{V_{q_{max}}}$ ; якщо:

- така можливість існує – реалізувати;
- можливість відсутня – розширити  $L_{V_{q_{max}}}$  і повторити розрахунки.

Розрахунок параметрів ТВ при  $V_K = \text{const}$  за критерієм мінімуму енерговитрат  ${}_{\text{ТВ}}P \rightarrow \min$ , що має вартісний еквівалент, зводиться до пошуку найменшої споживаної потужності  ${}_{\text{ТВ}}P \rightarrow \min$  при ТВ і може бути виконаний за такою спрощеною послідовністю:

- визначення закону зміни УК на ділянці  $L_{K_{\text{in}}K_{\text{ou}}}$ ;
- аналіз закону зміни споживання потужності  $P = f(q_i = \overline{1, n})$ , де  $n$  – кількість УК МСПР, що є активними при ТВ;
- визначення ділянки з найменшою зміною  $P$ :  $L_{P_{\text{min}}} \subseteq L_{K_{\text{in}}K_{\text{ou}}}$ ;
- аналіз можливості виконання ТВ (розвантаження/завантаження) на ділянці  $L_{P_{\text{min}}}$ ; якщо:
  - так – реалізація з визначенням всіх її (ТВ) параметрів;
  - ні – розширення  $L_{P_{\text{min}}}$  або пошук іншого  $L'_{P_{\text{min}}}$  та ітераційне повторення розрахунків.

Дії елементів ТРК		Умовні такти																				
№ з/п	вид, найменування	наявність	Розвантаження (unloading) РП <sub>i</sub>						Завантаження (loading) РП <sub>i+1</sub>													
			1п1	2п1	3п1	4п1	5п1	6п1	7п1	8п1	9п1	11	21	31	41	51	61	71	81	91		
1	Лінійне переміщення ковсера К з лівд-кскою V <sub>х</sub> (РП <sub>i</sub> /РП <sub>i+1</sub> )	так																				
2	Переміщення СхПР до т. К <sub>об</sub>	так	■																			
3	Переміщення "супроводу" ОМ <sub>i</sub> Сх від т. К <sub>об</sub> до К <sub>об</sub> (за потреби)	так		■																		
4	Векторно-проекційні зв'язки (формування) Сх та ОМ <sub>i</sub>	так																				
5	Словні зв'язки Сх з ОМ <sub>i</sub> (закуплення ОМ <sub>i</sub> в Сх)	так																				
6	Словні зв'язки ОМ <sub>i</sub> в ПРП <sub>i</sub> (закуплення ОМ <sub>i</sub> в ПРП <sub>i</sub> )	так																				
7	Векторно-проекційні зв'язки (бузування) ОМ <sub>i</sub> з ПРП <sub>i</sub>	так																				
8	Переміщення СхПР від т. К <sub>об</sub>	так																				
	Зміна складу ПРК <sub>i</sub> /ТРК <sub>i</sub> ; початок такту		←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
	Кінець такту		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

Рис. 6. Графічна ілюстрація послідовності переміщення ТРК<sub>i</sub><sup>об</sup> та зміни його складу при розвантаженні/завантаженні відповідно РП<sub>i</sub>/РП<sub>i+1</sub> за рисунком 5

Параметри ТВ за даної постановки можуть бути розраховані і за комплексним критерієм, що враховує критерій швидкодії  $\tau_{ТВ} \rightarrow \min$  та критерій мінімуму споживаної потужності  $P_{ТВ} \rightarrow \min$ . Це може бути виконане з використанням певним чином визначених вагових коефіцієнтів щодо вагомості кожного з локальних критеріїв, теоретично обґрунтованого використання положень теорії подібності [3] тощо.

Доцільно зазначити, що в такій постановці вказані задачі не розв'язувались [2, 7, 11, 12, 14], відомими є розв'язки подібних задач [1], зміст яких зводиться до принципової можливості отримання розв'язків з врахуванням управлінських аспектів вказаного.

На підставі викладеного вище визначення показників та параметрів ТВ Сх з ОМ при АС РМСТ на ВТБ ГВК є результатом розв'язування таких задач:

1. На підставі факторів, що впливають на процес ТВ Сх з ОМ, та сутності даного процесу розробити інформаційне забезпечення ТВ Сх з ОМ при АС РМСТ на ВТБ ГВК.

2. Розробити загальну методику визначення показників ТВ з ОМ, що орієнтована на її автоматизовану реалізацію і враховує запропоновані складові даного процесу.

3. На підставі обґрунтованої необхідності розробити нечітку класифікацію технологічних типів Сх, що технологічно взаємодіють з ОМ, з використанням нечітких нейронних мереж як такої (класифікацію), що відтворює сутність самої взаємодії і придатна для її автоматизованої реалізації та подальшого використання.

4. З врахуванням проведеної нечіткої класифікації СхПР запропонувати методику розрахунку параметрів технологічного сервісу, що є складовою процесу ТВ, як таких, що упорядковано та узгоджено реалізуються на всій множині робочих позицій ГВК.

5. Розробити методику автоматизованого визначення точки затиску схватом ОМ з врахуванням його конструктивних особливостей, положення (орієнтація, координати) в Пр кожної РП, конструктивно-технологічних особливостей Пр, Сх, МСПР та особливостей РМСТ.

6. Розробити та програмно реалізувати методики визначення параметрів технологічної взаємодії Сх з ОМ, що є оптимальними за різними критеріями.

**Висновки.** Вперше комплексно розглянуто проблему технологічної взаємодії Сх з ОМ при АС РМСТ, що є обов'язковою та невід'ємною складовою РМСТ, з використанням однорукого

односхватного ПР. Визначено складові ТВ, сформовані задачі, розв'язок яких дасть можливість визначити оптимальні параметри показників ТВ.

**Подальші дослідження** даного напрямку направлено на автоматизовану реалізацію вказаних вище задач та інтеграцію отриманих результатів до загальної системи АС РМСТ на ВТБ ГВК, що розробляється в Житомирському державному технологічному університеті.

#### **ЛІТЕРАТУРА:**

1. *Бохонский А.И.* Оптимальное управление переносным движением деформируемых объектов: теория и технические приложения / *А.И. Бохонский, Н.И. Варминская, М.Н. Мозолевский* ; под. общ. ред. *А.И. Бохонского*. — Севастополь : Изд-во СевНТУ, 2007. — 296 с.
2. *Бурдаков С.Ф.* Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов / *С.Ф. Бурдаков, В.А. Дьяченко, А.Н. Тимофеев*. — М. : Высш. шк., 1986. — 264 с.
3. *Веников В.А.* Теория подобия и моделирования / *В.А. Веников, Г.В. Веников*. — М. : Высшая школа, 1984. — 439 с.
4. *Кирилович В.А.* Інформаційна модель об'єктів маніпулювання для умов роботизованих механоскладальних технологій / *В.А. Кирилович* // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. — Житомир. — 2009. — № 4 (51). — С. 27–36.
5. *Кирилович В.А.* Теоретико-множинна інтерпретація проектування роботизованих механообробних технологій в гнучких виробничих комірках/ *В.А. Кирилович* // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. — Житомир, 2010. — № 2 (53). — С. 35–43.
6. *Кирилович В.А.* Умови функціональної реалізованості роботизованих механообробних технологій в гнучких виробничих комірках/ *В.А. Кирилович* // Технологічні комплекси. — Луцьк, 2010. — № 1. — С. 136–145.
7. *Корендяев А.И.* Теоретические основы робототехники : в 2 кн. / *А.И. Корендяев* ; под ред. *С.М. Капунова*. — М. : Наука, 2006.
8. *Мельничук П.П.* Семантична модель технологічної взаємодії схватів промислових роботів з об'єктами маніпулювання/ *П.П. Мельничук, В.А. Кирилович, Р.С. Моргунов* // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. — Житомир, 2011. — № 1 (56). — С. 24–31.



9. *Проць Я.І.* Захоплювальні пристрої промислових роботів : навч. посіб. / *Я.І. Проць.* – Тернопіль: Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя, 2008. – 232 с.
10. *Челпанов И.Б.* Схваты промышленных роботов / *И.Б. Челпанов, С.Н. Колпашиников.* – Л. : Машиностроение, Ленингр. отделение, 1989. – 287 с.
11. *Monkman. G.J.* Robot grippers / *G.J. Monkman, S.Hesse, R.Steinmann, H.Schunk.* – Weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2007. – 452 p.
12. *Siciliano Bruno.* Springer Handbook of Robotics / *Bruno Siciliano, Oussama Khatib.* – Berlin : Springer, 2008. – 1631 p.
13. *Sivanandam S.N.* Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB / *S.N. Sivanandam, S.Sumathi, S.N. Deepa.* – Berlin : Springer, 2006. – 430 p.
14. *Xiong Chiahua.* Fundamentals of robotic grasping and fixturing / *Chiahua Xiong, Han Ding, Youlun Xiong* – USA : World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2007. – 229 p.

МЕЛЬНИЧУК Петро Петрович – доктор технічних наук, професор, ректор Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- дослідження у галузі механіки руйнування;
- технологія машинобудування.

КИРИЛОВИЧ Валерій Анатолійович – доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації і комп'ютеризованих технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– автоматизований синтез роботизованих механоскладальних технологій машино- та приладобудування.

E-mail: [kiril\\_v@mail.ru](mailto:kiril_v@mail.ru)

МОРГУНОВ Роман Сергійович – студент кафедри автоматизації і комп'ютеризованих технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– автоматизований розв'язок задач взаємодії між елементами технологічних роботизованих систем.

E-mail: [jtx112@yahoo.com](mailto:jtx112@yahoo.com)

Подано 16.06.2011

