

## АВТОМАТИЗОВАНИЙ РОЗРАХУНОК ТРИВАЛОСТІ ЦИКЛОВОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ СХВАТУ АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНИХ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ

к.т.н. В.А. Кирилович, І.В. Сачук, О.В. Чевпотенко  
(подав д.т.н., проф. Є.І. Бобир)

*Розглядається автоматизоване визначення тривалості циклового переміщення схвату агрегатно-модульних промислових роботів (АМПР), траєкторія якого побудована за критерієм мінімальної кількості точок позиціонування для лінійного і полярного розміщення обладнання в роботизованих технологічних комплексах (РТК).*

**Вступ.** Однією із задач, що вирішується на третьому етапі пропонованої методики автоматизованого вибору АМПР при проектуванні механоскладальних РТК [6], є задача визначення оптимального розташування технологічного обладнання в РТК, що проектується на базі розглядуємої множини кінематичних структур АМПР, та побудова для отриманих планувань траєкторій переміщення схвату. В якості критерію вибору оптимального варіанта серед значної кількості отриманих внаслідок варіативності таких структурних елементів РТК, як кінематичні структури АМПР, розташування технологічного обладнання (ТО), траєкторії переміщення схвату АМПР для розглядуваного планування використовується мінімум тривалості  $T_{\text{ц}}$  циклових переміщень схвату АМПР [2, 3, 5, 9].

Існуюча практика вирішення поставленої задачі не завжди надає детальні алгоритми для можливості їх конкретної автоматизованої реалізації, тому розробка поставленої задачі з цієї точки зору є *актуальною*.

**Мета даної статті** – ілюстрація розробленої програмної реалізації методики автоматизованого визначення тривалості циклових переміщень схвату АМПР в РТК при його проектуванні.

Алгоритм вирішення задачі автоматизованого розрахунку тривалості циклових переміщень схвату АМПР, наданий на рис. 1, є продовженням таких попередніх розробок; як вирішення задачі формування набору конструктивно-можливих кінематичних структур АМПР із заданого комплексу функціональних модулів [1], створення формалізованого опису кінематичних структур АМПР [7], вирішення геометричного аспекту траєкторних задач [3, 5].

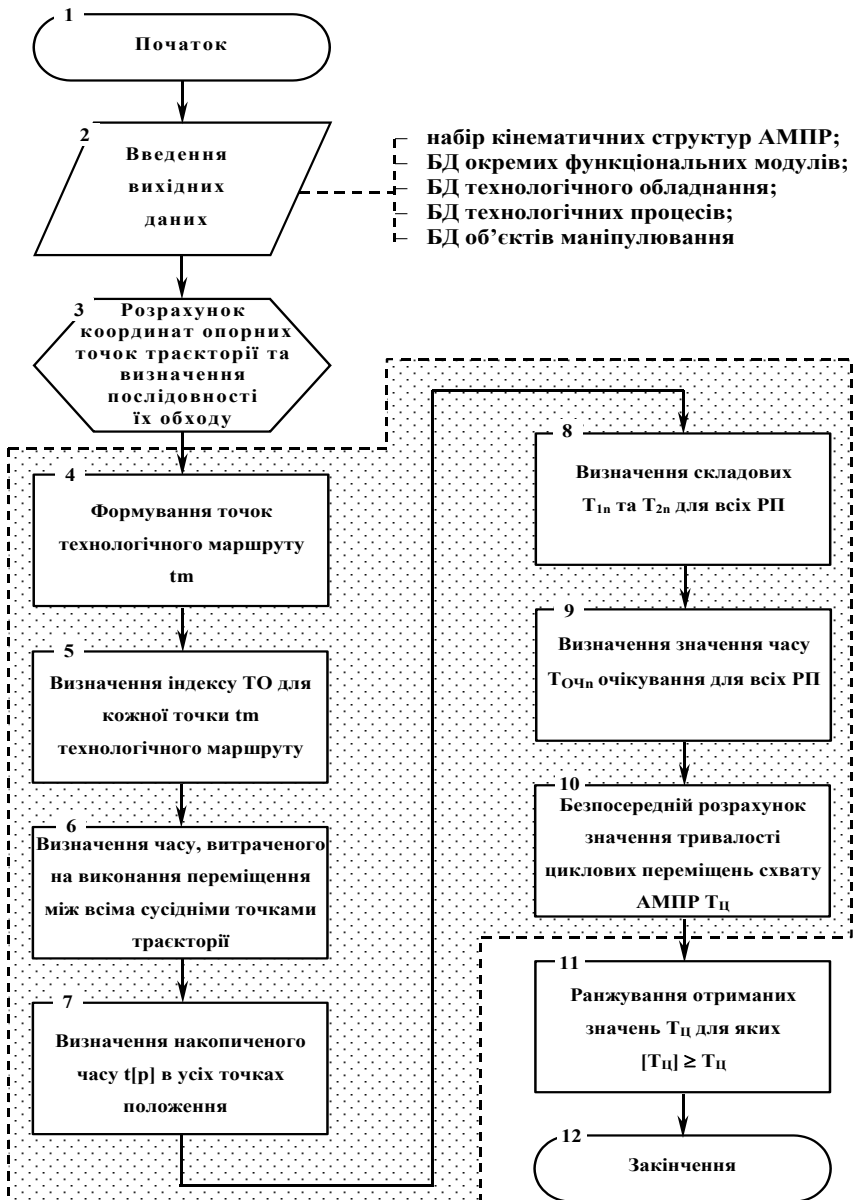


Рис. 1. Узагальнений алгоритм вирішення задачі автоматизованого розрахунку тривалості циклових переміщень схвату АМПП по траєкторії, побудованій за критерієм мінімуму кількості точок позионування

За [4, 8, 9] значення тривалості циклових переміщень схвату АМПР  $T_{Ц}$  визначається формулою:

$$T_{Ц} = t_{пер} + t_{в-з} + t_{м-д} + \sum_{n=1}^N T_{очп},$$

де  $t_{пер}$  – час переміщення схвату ПР між робочими позиціями (РП) згідно технологічного маршруту (ТМ) їх обслуговування;  $t_{в-з}$  – час, витрачений на встановлення об'єкта маніпулювання (ОМ) на РП і його зняття після обробки;  $t_{м-д}$  – машинно-допоміжний час, витрачений на виконання допоміжних ходів та переміщень робочих органів ТО (зміна положень, їх позиціонування тощо);  $\sum_{n=1}^N T_{очп}$  – сумарний для всіх  $N$  РП час

очікування схватом АМПР завершення виконання технологічної операції над ОМ на  $n$ -й РП для можливості початку її розвантаження.

Таким чином вихідними даними для вирішення поставленої задачі є координати опорних точок траєкторії та послідовність їх обходу, швидкісні параметри виконання всіх елементів траєкторії та час виконання технологічних операцій над ОМ на кожній одиниці ТО.

В блоці 2 представленого алгоритму виконується введення необхідної вихідної інформації про ОМ, ТО, кінематичні структури АМПР та складові кожної з них, технологічний процес (ТП) у вигляді технологічного маршруту обходу ОМ заданих РП, про інші елементи роботизованої технологічної системи. Вказані вихідні дані необхідні також для розрахунку координат опорних точок траєкторії схвату АМПР, які визначаються у блоці 3. В процесі визначення координат опорних точок траєкторії циклового переміщення схвату АМПР для кожної розглядуваної кінематичної структури АМПР з множини заданих (отриманих з попередніх етапів) вирішуються наступні задачі [3, 5]: розміщення ТО за критерієм мінімальної кількості точок позиціонування для всіх варіантів порядку їх розташування; визначення точки затиску ОМ на всіх РП при виконанні операцій завантаження/розвантаження; визначення координат опорних точок позиціонування схвату АМПР при обслуговуванні кожної РП та їх упорядкування згідно стратегії обслуговування РП у траєкторію його переміщення.

У наступних блоках 4...10 (на рис. 1 обведені пунктиром) виконується безпосереднє визначення значення тривалості циклового переміщення схвату АМПР. З урахуванням особливостей автоматизованого розрахунку вихідні дані записуються у зручний для машинної обробки формат, а вираз 1 набуває вигляду:

$$T_{Ц} = t[P] + \sum_{n=1}^N \max\{0, (T_{P_{Пn}} - T_{1n} - T_{2n})\},$$

де  $t[P]$  – накопичений час в останній за цикл точці  $t_m$  технологічного маршруту обслуговування РП схватом АМПР (тобто час, витрачений на виконання всіх переміщень схвату АМПР впродовж циклу та час, витрачений на затискання/розтискання схвату АМПР та затискного пристосування на кожній  $n$ -й РП під час їх завантажень/розвантажень):  $t[P] = t_{пер} + t_{В-3} + t_{М-д}$ ;  $T_{P_{Пn}}$  – тривалість роботи  $n$ -ої РП;  $T_{1n}$  – час від закінчення операції завантаження  $n$ -ї РП до кінця розглядуваного циклу;  $T_{2n}$  – час від початку циклу до моменту, підходу схвату АМПР до  $n$ -ї РП для її розвантаження.

Процес розрахунку починається з проведення індексації точок  $t_m$  ТМ обходу РП схватом АМПР згідно стратегії їх обслуговування (блок 4). Далі (блок 5) для кожної точки технологічного маршруту визначається відповідний індекс  $n$  ТО, що обслуговується у цій точці.

Наступним (блок 6) є визначення тривалості виконання схватом АМПР кожного елемента траєкторії (час, витрачений на виконання переміщення між суміжними опорними точками траєкторії).

У наступному блоці 7 для кожної точки  $t_m$  ТМ виділяється два положення схвату: перше при підході до  $n$ -го ТО від попереднього, друге – після обслуговування  $n$ -го ТО. Для кожного положення визначається накопичений час  $t[r]$  від початку циклу до моменту, коли схват АМПР досягнув розглядуваного положення. За отриманими даними про накопичений час у кожній точці положення  $t[r]$  та за визначеними для відповідної стратегії обслуговування РП схватом АМПР виразами [8] визначаються (блок 8) необхідні для розрахунку виразу 2 складові  $T_{1n}$  та  $T_{2n}$ . Після отримання всіх підготовчих даних визначається значення часу очікування (при наявності такого) схватом АМПР закінчення виконання технологічної операції на кожній  $n$ -й РП для можливості виконання операції її розвантаження (блок 9). У наступному блоці 10 представленого алгоритму безпосередньо визначається значення  $T_{Ц}$  тривалості циклового переміщення схвату АМПР.

Всі описані розрахунки проводяться для кожної з отриманих в блоці 3 траєкторій переміщення схвату, що визначені з врахуванням варіативності розміщення РП, для всіх кінематичних структур АМПР з вихідної множини. Після виконання всіх розрахунків отримані значення  $T_{Ц}$  ранжуються (блок 11) для зручності подальшого аналізу отриманих результатів. При цьому кінематичні структури АМПР, для яких тривалість виконання відповідної циклової траєкторії більша за максимально допустиме

значення  $[T_{Ц}]$ , відкидаються з подальшого розгляду. Також за отриманими значеннями обираються найкращі сформовані в блоці 3 варіанти планування РТК та побудовані на їх основі траєкторії переміщення схвату.

**Елементи технологічної системи**

Схват

Висота схвату - h: 40.000

Ширина схвату - b: 100.000

Довжина схвату - l: 100.000

Швидкість спрацювання: 0.500

Переустанов за год. стрілкою:  так

Базуючий пристрій

Координати початкової точки:

X: 0.000

Y: 0.000

Z: 0.000

Розміри

t1: 0.000

t2: 0.000

t3: 0.000

t4: 0.000

Швидкість фіксації: 0.000

Технологічні вимоги

z: 10.000

p: 15.000

№ ОМ: 1

ТО: 1

№ Верстата в БД: 3

Назва верстату: Тактовий стіл

Рис. 2. Екранна форма “Введення інформації про елементи технологічної системи”

**Введення вихідних даних**

Агрегатно-модульні ПР | Технологічне обладнання | Об'єкт маніпулювання | Технологічний маршрут

Технологічний процес №: 1

Обладнання, що використовується в ТП

№ ТП	№ ТО за ТМ	переміщення ОМ	№ ТО в базі даних	Час обробки	Назва ТО
1	1	1	3	0.00	Тактовий стіл
1	2	1	400.00	1В340Ф30	
1	3	2	300.00	16К20Ф30	
1	4	3	0.00	Тактовий стіл	

Технологічний маршрут схвату АМ ПР

Додати (видалити) одиницю ТО

(последовательность обслуживания схватом АМ ПР ТО): 3-4-2-3-1-2-3

Рис. 3. Екранна форма введення вихідних даних (вкладка – ТП для тестового прикладу)

За представленим алгоритмом у середовищі Visual Fox Pro 6.0 розроблене відповідне програмне забезпечення розрахунку тривалості циклових переміщень схвату АМПР. У якості вихідних даних використовуються бази даних про ОМ, ТО, АМПР, ТП, що створені для вирішення локальних задач автоматизованого вибору кінематичних структур АМПР при проектуванні механоскладальних РТК. Для можливості роботи з базами даних (введення, редагування, перегляду інформації) використовуються відповідні екранні форми (рис. 2, 3).

Результати виконаних обчислень також представлено у екранних формах (рис. 4, 5), на яких відображено інформацію про тривалість циклових переміщень схвату АМПР, що проранжована у порядку її збільшення, та такі відповідні часові показники роботи РТК як коефіцієнт завантаження ТО, циклова продуктивність РТК, а також результат вирішення траєкторних задач у вигляді схеми розташування ТО в РТК, послідовність обходу РП та опорних точок траєкторії схватом АМПР, координати опорних точок позиціонування схвату.

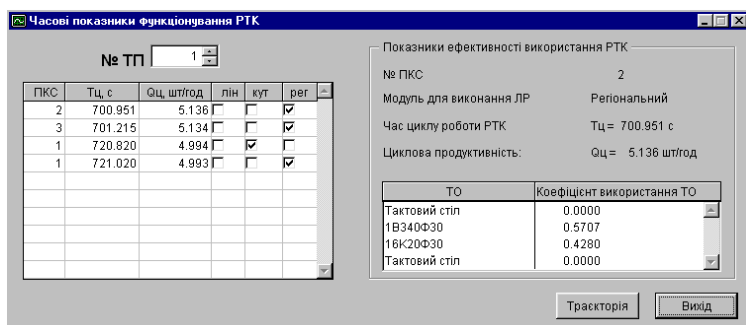


Рис. 4. Екранна форма “Часові показники функціонування РТК”

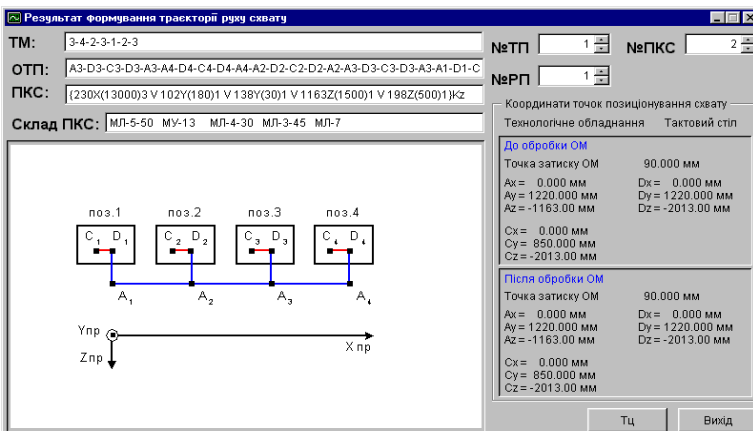


Рис. 5. Результат проектування траєкторії переміщення схвату АМ ПР

**Висновки.** Розроблена програмна реалізація вирішення задачі визначення тривалості циклового переміщення схвату АМПР є складовою автоматизованого проектування роботизованих механоскладальних технологій, що розроблюється у Житомирському державному технологічному університеті. Вона може функціонувати як автономно, так і для вирішення аналогічних задач для ПР з постійною кінематичною структурою. Програмна реалізація визначення тривалості циклового переміщення схвату АМПР дає можливість

скоротити час та підвищити якість вирішуваних планувальних та траєкторних задач при проектуванні РТК та реалізації в них відповідних технологій.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Богдановський М.В., Кирилович В.А., Сачук І.В. Автоматизоване формування конструктивно-можливих кінематичних структур агрегатно-модульних промислових роботів // Сучасні технології в аерокосмічному комплексі. Матеріали V-ї Міжнародної НПК. 4 – 6 вересня. – Житомир. – 2001. – С. 10 – 14.
2. Бурдаков С.Ф. В.А. Дьяченко, А.Н. Тимофеев. Проектирование манипуляторов ПР и роботизированных комплексов. – М.: Высш. шк., 1986. – 264 с.
3. Ивахненко Ю.В., Кирилович В.А., Сачук І.В. Автоматизоване формування траєкторії переміщення схвату агрегатно-модульних промислових роботів за мінімумом точок позиціонування // Вісник ЖІТІ. Технічні науки. – Житомир : ЖІТІ. – Спец. випуск. – 2002. – С. 85 – 92.
4. Кирилович В.А. Технологія автоматизованого виробництва. Вип. 1. Практичні заняття. Навчально-методичний посібник. – Житомир: ЖІТІ, 2000. – 156 с.
5. Кирилович В.А., Сачук І.В. Геометричний аспект траєкторних задач роботизованих механоскладальних технологій // Зб. наук. праць Кіровоградського ДТУ / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград : КДТУ. – 2003. – Вип. 12. – С. 210 – 214.
6. Кирилович В., Сачук І. Методика автоматизованого вибору агрегатно-модульних промислових роботів для механоскладання // *Technologia i automatyzacja montazu.* – Rzeszow-Bystre, Poland. – 2001. – № 2. – Р. 54 – 57.
7. Кирилович В.А., Сачук І.В. Формализованное описание кинематических структур агрегатно-модульных промышленных роботов // Сборка в машиностроении, приборостроении. – Машиностроение. – 2003. – Вип. 2. – С. 12 – 16.
8. Кирилович В.А., Сачук І.В., Чевпотенко О.В. Автоматизоване визначення тривалості циклового переміщення схвату агрегатно-модульних промислових роботів // Матеріали 7-го Міжнародного молодіжного форуму «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке», 22 – 24 апреля 2003.– Х.: ХНУРЭ. – 2003. – С. 501.
9. Козловский В.А. Организационные и экономические вопросы построения производственных систем. – Л.: ЛГУ, 1981. – 216 с.

Надійшла 18.04.2003

**КИРИЛОВИЧ Валерій Анатолійович**, канд. техн. наук, доцент, декан факультету інформаційно-комп'ютерних технологій ЖДТУ. У 1975 році закінчив Київський політехнічний інститут. Області наукових інтересів – автоматизовані системи технологічної підготовки механоскладального машинобудівного виробництва, роботизовані механоскладальні технології в приладо- та машинобудуванні. E-mail: [kiril\\_v@ziet.zhitomir.ua](mailto:kiril_v@ziet.zhitomir.ua).

**САЧУК Ілона Володимирівна**, аспірантка кафедри автоматизації і комп'ютеризованих технологій ЖДТУ. У 2000 році закінчила ЖІТІ. Область наукових інтересів – автоматизація технологічної підготовки роботизованого механоскладального виробництва.

**ЧЕВПОТЕНКО Олексій Васильович**, спеціаліст, випускник 2003 року кафедри автоматизації і комп'ютеризованих технологій Житомирського інженерно-технологічного інституту.