

В.А. Кирилович, к.т.н., доц.

І.Ю. Черепанська, к.т.н.

А.Ю. Сазонов, спеціаліст

Житомирський державний технологічний університет

АДАПТИВНІСТЬ СХВАТІВ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ ЯК НАПРЯМ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИЗОВАНИХ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Показано, що в умовах збільшення попиту на промислові роботи (ПР) перспективним є використання за інших рівних умов ПР меншої вартості, що мають більшу похибку позиціонування. Наведена класифікація адаптивних схватів (Сх) ПР дозволила визначити напрями подолання наслідків явища “конфлікт сили” при технологічному обслуговуванні ПР робочих позицій механоскладальних гнучких виробничих комірок та запропонувати розрахункові схеми для конструювання вузлів адаптації СхПР.

Вступ. Постановка проблеми. За даними Міжнародної федерації робототехніки (IFR) [19], Японської асоціації робототехніки та автоматики (JARA – Japan Automation and Robotics Association) [21], Департаменту статистичних досліджень Світової федерації робототехніки (IFR Statistical Department) [20], які публікуються у щорічному виданні World Robotics, попит на промислові роботи (ПР) щорічно зростає в середньому на 3–5 %, а за період з 2006 р. по 2011 р. планується збільшення щорічного впровадження ПР більш ніж на 20 % (рис. 1).

Country	Yearly installations				Operational stock at year-end		
	2006	2007	2008	2011	2007	2008	2011
America	17,910	19,582	19,700	21,700	165,328	176,500	204,200
North America							
(Canada, Mexico, USA)	17,417	18,722	18,500	19,000	160,632	170,700	192,300
Central and South America	493	860	1,200	2,700	4,696	5,800	11,900
Asia/Australia	61,748	59,254	62,000	73,000	498,786	512,600	589,900
China	5,770	6,551	7,500	9,500	23,908	31,400	57,900
India	836	928	1,500	4,500	2,833	4,300	14,900
Japan	37,393	36,091	36,000	40,000	356,240	353,300	355,200
Republic of Korea	10,756	10,079	10,900	11,600	72,972	77,300	101,700
Taiwan, Province of China	4,307	2,399			20,973		
Thailand	1,102	1,252			4,826		
Other Asia	812	1,139			10,907		
Australia/New Zealand	772	787			6,127		
Europe	30,385	34,882	36,900	40,000	328,568	345,200	389,300
Benelux	1,459	1,310			10,648		
France	3,071	2,736	2,800	3,000	33,462	34,500	36,200
Germany	11,425	14,902	15,500	14,500	140,161	145,200	158,100
Italy	5,108	5,811	6,200	6,500	61,589	64,500	70,100
Spain	2,709	2,409			27,367		
Sweden	865	1,046			8,830		
United Kingdom	1,220	1,050	1,050	1,100	15,340	15,300	13,800
Central/Eastern European countries	1,324	2,139			7,796		
Other Europe	3,204	3,480			23,375		
Africa	426	263	300	400	1,323	1,600	2,800
Total	111,052	114,365	118,900	134,100	994,005	1,035,900	1,185,900

Рис. 1. Статистично прогнозовані дані щодо впровадження ПР за даними щорічного періодичного видання World Robotics 2008 [20]

В умовах збільшення попиту на ПР якість продукції значною мірою визначається точністю об'єктів виробництва, отримуваних на певних технологічних роботизованих структурах, наприклад, гнучких виробничих комірок (ГВК) металообробки різанням.

Підвищення вимог до точності виготовленої продукції змушує шукати нові методи підвищення точності позиціонування схватів промислових роботів (СхПР) [13], зменшення лінійних, кутових похибок при встановленні об'єктів маніпулювання (ОМ) у затискні пристрої пристосувань (Пр) технологічного обладнання, наприклад, у патрони металорізальних верстатів, що впливає на остаточну ціну кінцевої продукції. Необхідність підвищення точності позиціонування СхПР змушує розробників та експлуатаційників вдаватися до певних конструктивних доопрацювань ланок та СхПР, що, в свою чергу, впливає на цінові показники вартості ПР.

З ростом попиту зростають вимоги споживачів до якості ПР щодо їх точнісних, швидкісних та інших характеристик. У той же час з підвищенням точності зростає вартість ПР, а відтак зростає і вартість роботизованих технологічних структур у цілому та продукції, що випускається на них, що в сучасних умовах кризової ринкової економіки є небажаним.

Як показує аналіз вартісних показників ПР та їх співвідношення з точнісними показниками, для ПР вантажопід'ємністю 10–15 кг при збільшенні точності позиціонування СхПР у 5 разів (з $\pm 0,15$ до $\pm 0,03$ мм) вартість ПР збільшується в 1,6 раза (з 42000 до 66000 дол. США) [18]. Таким чином, у контексті проблеми, що розглядається, з'являється можливість ефективно використовувати ПР з меншою точністю позиціонування, а значить, меншою вартості, але з певними конструктивними доопрацюваннями, в

умовах, коли апіорі можливим та необхідним є використання ПР більшої вартості та більшої точності. Практика експлуатації ПР при технологічному обслуговуванні металорізального обладнання показує, що при цьому точність позиціонування СхПР лежить у межах $\pm(1-2)$ мм, а сумарна похибка базування ТРК ($OM_{t-1}+СхПР$) при роботизованому встановленні OM_{t-1} в ПрРП_t може суттєво збільшуватись за рахунок похибок встановлення та відхилення від форми та взаємного розташування поверхні OM_{t-1} , по якій виконано затиск OM_{t-1} у СхПР, а також при збільшенні плеча прикладання сил $F_{ПрРП_t}$ та $F_{СхПР}$ (відповідні пояснення подані нижче).

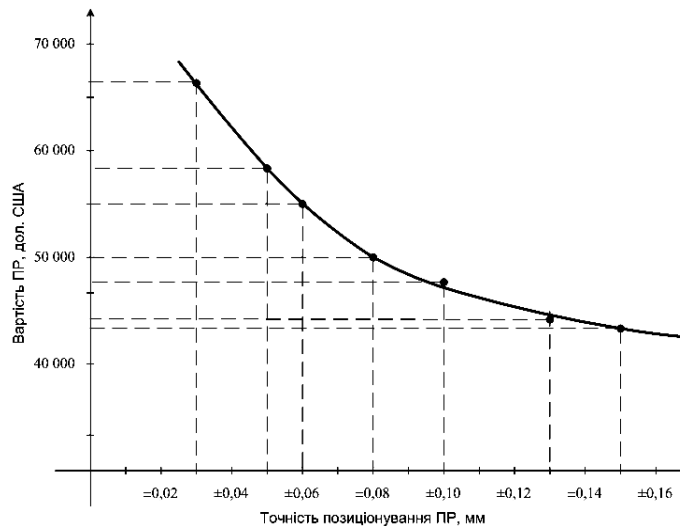


Рис. 2. Графік залежності вартості ПР від точності позиціонування

Вказане визначає доцільність та необхідність проведення науково-практичних досліджень щодо ефективності використання ПР меншої вартості та меншої точності при роботизації певних технологічних процесів та операцій, на яких апіорі могли бути використані більш точні ПР, що одночасно мають більшу вартість.

Одним із шляхів вказаного є використання адаптивних ПР, а точніше ПР, що мають конструктивно, апаратно та/або програмно доопрацьовані схвати, які в сенсі викладеного нижче повною мірою можна віднести до адаптивних.

При проектуванні та реалізації роботизованих механоскладальних технологій в умовах ГВК очевидним є взаємовплив усіх структурних елементів ГВК (промислових роботів, об'єктів маніпулювання (ОМ), основного та допоміжного технологічного обладнання (відповідно ОТО та ДТО)) на виконання тих чи інших роботизованих технологічних операцій та переходів [3]. Технологічна (точніше геометрично-силова) взаємодія вказаних вище структурних елементів ГВК формує так званий технологічний роботизований комплект (ТРК), який є складовою технологічної роботизованої системи (ТРС) [3], [12]. Прикладом запису ТРК є ($OM_{t-1}+СхПР$), де символ "+" вказує на наявність накладених силових зв'язків на OM_{t-1} , що "вийшов" з попередньої за технологією ($t-1$)-ої робочої позиції (РП_{t-1}), затискними елементами схвата ПР, тобто OM_{t-1} закріплений у СхПР. Тому запис ТРК (ПрРП_{t-1}+ OM_{t-1} +СхПР) означає, що OM_{t-1} одночасно затиснено і в ПрРП_{t-1}, наприклад, у трикулачковому патроні металорізального верстата, і в СхПР. Очевидно, що при взаємодії ТРК ($OM_{t-1}+СхПР$) з ПрРП_t виникає так званий подвійний механічний (силовий) зв'язок [12]. При цьому OM_{t-1} одночасно знаходиться під дією двох сил – сили затиску OM_{t-1} у ПрРП_{t-1} – $F_{ПрРП_{t-1}}$ та сили затиску OM_{t-1} у СхПР – $F_{СхПР}$, причому $F_{ПрРП_{t-1}} \gg F_{СхПР}$. Вказане породжує проблему, що названа конфліктом сили – force conflict (FC) [15], [16].

На підставі проведеного аналізу інформаційних джерел як вітчизняних [2], [4], [12], так і іноземних [15]–[17] авторів можна дійти висновку, що в умовах всезростаючого попиту на ПР конфлікт сили [15]–[17], який породжений подвійним механічним зв'язком [12], є негативним явищем, зменшення впливу якого на ТРК ($OM_{t-1}+СхПР$) потребує генерування та застосування певних конструктивно-технологічних рішень щодо адаптивного реагування СхПР на прояви FC.

Мета досліджень: на основі аналізу сутності явища FC та розробленої класифікації АдСхПР запропонувати напрями зменшення негативних наслідків FC на структурні елементи ТРС та розробити варіант схемних конструктивних рішень адаптації СхПР до FC.

Виклад основної частини. Термін "конфлікт" у сенсі викладеного вище пояснюється, з одного боку, очевидним співвідношенням величин вказаних сил $F_{ПрРП_t} \gg F_{СхПР}$, а з іншого – очевидною наявністю лінійних та/або кутових похибок базування ТРК ($OM_{t-1}+СхПР$) у ПрРП_t [6], яке після формування ТРК

(ПрРП_{t-1}+ОМ_{t-1}+СхПР), тобто після закріплення ТРК (ОМ_{t-1}+СхПР) в ПрРП_t, особливо для довгомірних ОМ типу валів та осей, породжує силомоментні збурення в ланках маніпуляційної системи ПР. ФС негативно впливає на технологічні показники якості готових виробів унаслідок наявності похибок встановлення ТРК в ПрРП_t. Вказане є недопустимим і вимагає усунення негативних силомоментних впливів на ТРК, які виникають при ФС, що знижує ефективність механоскладального виробництва за рахунок неефективного виконання роботизованих технологічних переходів встановлення ОМ_{t-1} у ПрРП_t.

Одним з напрямів вирішення даної проблеми є адаптивність СхПР щодо наслідків прояву ФС, що може бути досягнена багатьма шляхами, наприклад, використанням адаптивних технічних засобів усунення неточності встановлення ОМ_{t-1} у ПрРП_t [2], [4], [12], [14] (механічних компенсуювальних пристроїв), корегуванням положення ланок маніпуляційної системи (МС) ПР з використанням сигналів керування системи ЧПК ПР [12] тощо.

На підставі узагальнення проведеного аналізу класифікацій адаптивних ПР розроблена класифікація адаптивних схватів (Ад Сх) ПР, що є одним з показників адаптивності ПР. Ад СхПР займають важливе місце при адаптації ПР до певних змінних умов зовнішнього середовища, перш за все щодо зміни силомоментних впливів, що діють на ТРК (СхПР+ОМ_{t-1}+ПрРП_t), та негативних факторів, що діють на ОМ з боку затискних елементів пристосувань технологічного обладнання та інших складових компонентів ГВК. При розробці класифікації адаптивних СхПР до уваги був взятий досвід як вітчизняних науковців, дослідників та виробників, так і більшою мірою світовий досвід, зокрема науковців таких країн, як Німеччина, Японія, Великобританія та США, які є передовими щодо досліджень, конструювання, виготовлення та застосування ПР у механоскладальних технологіях [2], [4], [5], [7]–[11]. Адаптивні СхПР за видом адаптації запропоновано поділяти на: пасивно-адаптивні (з пасивною адаптацією), активно-адаптивні (з активною адаптацією) та з комбінованою адаптацією.

Пасивна адаптація реалізується за рахунок податливості підпружинених затискних елементів у конструкції СхПР внаслідок виникнення опору або явища ФС [2], [4], [15], [16]. У свою чергу, пасивна адаптація поділяється на: адаптацію Сх та адаптацію контактних елементів Сх. Засоби пасивної адаптації прості у використанні, дешеві, але не забезпечують необхідної надійності закріплення ОМ у ПрОТО та гнучкості автоматизованих виробництв. Суттєвим недоліком пасивних адаптаційних пристроїв є, наприклад, зменшення ймовірності суміщення деталей без заклинювання при складанні.

Від цього недоліку вільні пристрої, в яких застосовується активна корекція положення СхПР із закріпленим ОМ, що названо активною адаптацією СхПР [12], [16]. У цьому випадку адаптація як така виконується на основі збору та переопрцювання інформації про сили та реакції, що діють у точці контакту (ОМ_{t-1}+СхПР), за допомогою первинних перетворювачів інформації, наприклад, силомоментних датчиків (СМД) [1], [2].

Активна адаптація може реалізовуватися двома шляхами: 1) зменшення похибок позиціонування виконується системою керування ПР за командами на основі даних про сили та моменти, що виникають у зоні силового контакту ТРК (ОМ_{t-1}+СхПР) та ПрРП_t; 2) між СхПР та останньою ланкою маніпуляційної системи ПР встановлюється спеціально сконструйований пристрій, названий вузлом адаптації (ВА), що містить СМД та забезпечує підвищену рухомість конструкції СхПР за лінійними та кутовими координатами для зменшення (в ідеалі – повної компенсації) компонентів контактних сил та моментів ТРК (ПрРП_t+ОМ_{t-1}+СхПР).

Для ефективного використання переваг активної та пасивної адаптації та зменшення недоліків цих методів доцільно використовувати комбіновану адаптацію СхПР, що поєднує ознаки активної та пасивної адаптації. Комбінована адаптація СхПР забезпечує більш високу гнучкість автоматизованого виробництва, має більшу швидкість та можливість обслуговування багатостатних ГВК зі значно меншими втратами часу на корекцію СхПР при кожному технологічному обслуговуванні кожної РП_t, що є одним із проявів підвищення ефективності роботизованого механоскладального виробництва.

З огляду на ступінь переважного впливу того чи іншого методу адаптації (активного чи пасивного) адаптивні СхПР з комбінованою адаптацією доцільно розділити на активно-пасивні та пасивно-активні.

Викладене вище та аналіз інформаційних джерел дозволили запропонувати шляхи подолання (мінімізації) негативних наслідків явища ФС, що наведені в табл. 1.

У межах активно-пасивної адаптації СхПР на рис. 3 представлені запропоновані схеми одного із схемних рішень, що ілюструють реакції елементів ВА СхПР до явища ФС, які обумовлені типовими похибками встановлення ОМ_{t-1} у ПрРП_t [6], [14]. У конструкції ВА СхПР запропоновано використовувати підпружинені конструктивні елементи, що надають ВА СхПР певної податливості з можливістю компенсування в режимі реального часу негативних силомоментних впливів, що виникають у момент закріплення ОМ_{t-1} у ПрРП_t.

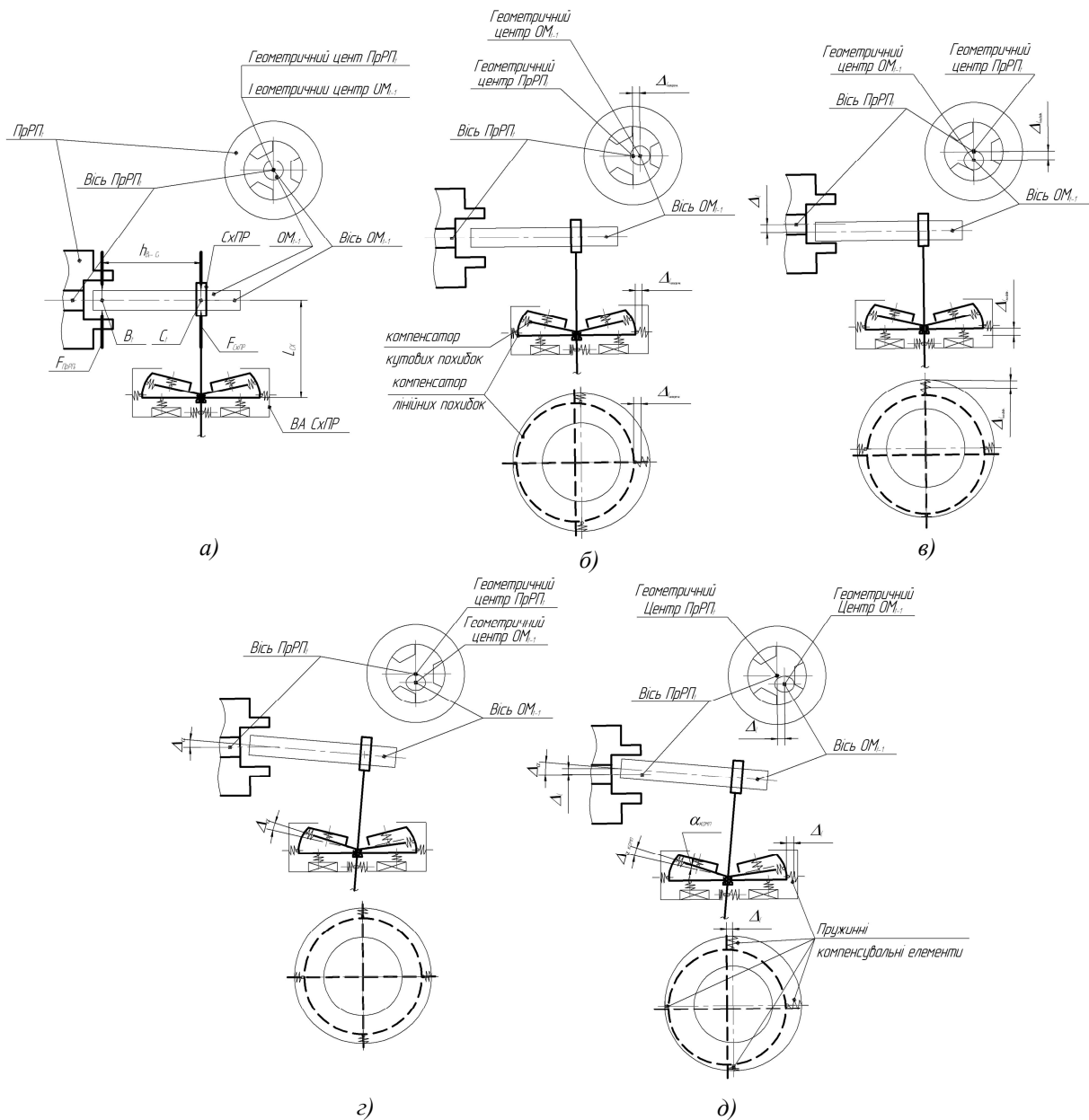


Рис. 3. Розрахункові схеми реакцій ВА СхПР до явища FC: а) ідеальний варіант встановлення OM_{1-1} у ПрРП, похибки відсутні; б) встановлення OM_{1-1} у ПрРП, при наявності лінійної поперечної похибки; в) встановлення OM_{1-1} у ПрРП, при наявності лінійної поздовжньої похибки; г) встановлення OM_{1-1} у ПрРП, при наявності куткової похибки; д) встановлення OM_{1-1} у ПрРП, при наявності комбінованої похибки

Запропоновані напрями подолання негативних наслідків явища FC

№ з/п	Напрямок	Прояв	Інформаційні джерела	Переваги	Недоліки
1	2	3	4	5	6
1	Пасивна адаптація СхПР	підпружиненість губок (затискних елементів) СхПР	[16]	– не потребує конструктивних та апаратно-програмних доопрацювань; – простота в реалізації	– неможливість маніпулювання ОМ на високих швидкостях та при великих динамічних навантаженнях; – зниження продуктивності роботи ГВК; – відсутність фіксації елементів МС у скомпенсованому стані
		за рахунок пружних властивостей ланок МС ПР	[12]	– не потребує конструктивних та апаратно-програмних доопрацювань; – конструктивно реалізовано в МС ПР як розмікненому механічному ланцюгу	– відсутність затиску елементів МС у скомпенсованому стані; – обмеженість компенсувальних можливостей конструктивними особливостями МС ПР для довгомірних ОМ
		використання механічних компенсувальних пристроїв, що є некерованими впродовж дії FC, типу “плаваючих баз”	[8], [15], [16]	– відносна простота реалізації; – не потребує додаткових енергозатрат при роботі	– потребує конструктивних доопрацювань СхПР; – вимагає повторної компенсації похибок встановлення при звантаженні-розвантаженні кожної РП, ГВМ; – знижена жорсткість кінематичного ланцюга МС ПР; – відсутність затиску елементів МС у скомпенсованому стані
2	Активна адаптація СхПР	компенсувальні відпрацювання між ступенями рухомості ПР за допомогою привідних механізмів ланок МС за інформацією СМД в режимі on-line для ПрРП, без елементів пам’яті (багаторазова РП-адаптивність)	[12]	– компенсація кутових та лінійних похибок встановлення OM_{i-1} у ПрРП, в режимі реального часу; – обслуговування одно- та багатостатних ГВК без збереження та використання інформації для повторного обслуговування РП,	– потребує певних апаратно-програмних доопрацювань МС ПР; – можливість застосування лише для ПР антропоморфної структури, часто кінематично збиткової; – збільшення часової та енергетичної складових корекції положення СхПР
		компенсувальні відпрацювання між ступенями рухомості ПР за допомогою привідних механізмів ланок МС за інформацією СМД в режимі on-line для ПрРП, з елементами пам’яті (одноразова РП-адаптивність)	[12]	– можливість обслуговування багатостатних ГВК зі збереженням та використанням отриманої інформації та її оновлення при подальшому та/або повторному технологічному обслуговуванні кожної РП, $t = 1, T$	– потребує вагомих конструктивних та апаратно-програмних доопрацювань СхПР та/або МС ПР; – потребує розробки розвиненої системи управління з активним запам’ятовуванням та поновленням даних для кожної РП; – ускладнює інформаційно-часову складову реагування системи управління на силомоментні збурення

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6
3	Комбінована адаптація СхПР	використання електронно-механічних ВА СхПР: – механічна компенсація похибок при встановленні OM_{t-1} в ПрРП _t , запам'ятовування кінцевого положення СхПР при обслуговуванні t -ої РП за даними ССО; – відпрацювання корегуючих рухів привідними механізмами ВА СхПР на основі даних ССО про похибки встановлення OM_{t-1} в ПрРП _t	–	– можливість обслуговування багатостатних ГВК без повторної компенсації похибок встановлення при завантаженні-розвантаженні кожної РП, із поновленням даних (одноразова РП-адаптація); – багаторазова РП-адаптивність; – підвищення гнучкості та ефективності роботизованого механообробного виробництва	– потребує конструктивних та апаратно-програмних доопрацювань СхПР; – систематизований опис та дослідження в доступних інформаційних джерелах наразі відсутні
4	Адаптація ЗЕ ПрРП _t	– зміна як така швидкості затиску $OM_{t-1}+СхПР$ в ПрРП _t ; – зміна швидкості затиску за певним законом: ○ сталим; ○ змінюваним за алгоритмом: ● адаптивним в режимі реального часу; ● жорстким	–	– оптимізація технологічного роботизованого переходу затиску OM_{t-1} у ПрРП _t за рахунок on-line адаптації ПрРП _t та СхПР; – багаторазова РП-адаптивність	– потребує суттєвих капіталовкладень для апаратно-програмних доопрацювань ПрРП _t ; – на сьогодні фактично відсутня
5	Комплексна адаптація – комбінація у будь-якому прояві п. 4 з будь-яким із п. 1–3	– зміна швидкості затиску $OM_{t-1}+СхПР$ в ПрРП _t та застосування методів ААД СхПР; – зміна швидкості затиску $OM_{t-1}+СхПР$ у ПрРП _t та застосування методів ПАД СхПР; – зміна швидкості затиску $OM_{t-1}+СхПР$ у ПрРП _t та застосування методів КАД СхПР	–	– комплексний прояв переваг залежно від комбінації видів адаптації елементів ТРК	– потребує суттєвих капіталовкладень для апаратно-програмних доопрацювань ПрРП _t та інтеграцію доопрацювань на різному рівні в систему управління РП та ГВК в цілому

Запропоновані схеми реакцій ВА СхПР до явища ФС реалізують компенсувальні рухи ВА за рахунок податливості підпружинених конструктивних елементів. При наявності лінійних Δ_l та кутових Δ_α похибок встановлення ВА СхПР відпрацьовує компенсувальні рухи податливих механізмів під дією силомоментних збурень з боку ПрРП_l на величину похибок відповідно $\Delta_{l\text{ комп}}$ та $\Delta_{\alpha\text{ комп}}$. За наявності комбінованої похибки встановлення податливі елементи ВА СхПР відпрацьовують як лінійні, так і кутові компенсувальні рухи в режимі реального часу.

Для визначення величин компенсувальних рухів податливих елементів ВА СхПР можуть бути використані такі вирази (рис. 3):

$$\Delta_{l\text{ комп}} = \Delta_l; \Delta_{\alpha\text{ комп}} = \Delta_\alpha = h_{B_i-C_i} \cdot \text{tg}\Delta_\alpha; \Delta_{\text{ комп}} = \Delta_l + h_{B_i-C_i} \cdot \text{tg}\Delta_\alpha.$$

Зазначені схеми можуть бути використані для розробки досконаліших ВА СхПР, що дозволять мінімізувати (а в ідеалі ліквідувати) негативний вплив силомоментних навантажень на ТРК (ОМ_{l,1}+СхРП_l), а також на ланки та зчленування МС ПР. Конструкція таких ВА може бути різною, до складу можуть входити такі складові, як: компенсатори (для пасивної компенсації похибок встановлення за рахунок податливості пружинних елементів), система силомоментного очутливлення (для контролю та спостереження за зміною силомоментних навантажень на ТРК, що знаходиться під дією сили затиску ЗЕ ПрРП_l), привідні механізми (для активної корекції положення СхПР) або механізми фіксації конструктивних елементів СхПР у скомпенсованому положенні.

Висновки. Викладене вище вказує на доцільність проведення подальших досліджень явища ФС та його негативних наслідків щодо силомоментних збурень, що діють перш за все на ланки та зчленування ланок маніпуляційної системи ПР. Отримані результати в перспективі дозволять формувати нові конструктивні рішення СхПР та їх ВА для подолання або мінімізації негативного впливу силомоментних навантажень на ТРК, які породжені явищем ФС, а отже, підвищити ефективність реалізації роботизованих механоскладальних технологій.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бауманн Э. Измерение силы электрическими методами : пер. с нем. А.С. Вищенкова и С.Н. Герасимова / под ред. И.И. Смылова. – М. : Мир, 1978. – 430 с.
2. Брагин В.Б. Системы очувствления и адаптивные промышленные роботы / В.Б. Брагин, Ю.Г. Войлов, Ю.Д. Жаботиский и др. / под ред. Е.П. Попова, В.В. Клюева. – М. : Машиностроение, 1985. – 256 с. – (Автоматические манипуляторы и робототехнические системы).
3. Жолобов О.О. Технологія автоматизованого виробництва : підручник / О.О. Жолобов, В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський. – Житомир : ЖДТУ, 2008. – 1014 с.
4. Костюк В.И. Промышленные роботы: конструирование, управление, эксплуатация / В.И. Костюк, А.П. Гавриш, Л.С. Ямпольский, А.Г. Карлов. – К. : Вища шк., 1985. – 359 с.
5. Отений Я.Н. Выбор и расчет захватных устройств промышленных роботов : учебное пособие / Я.Н. Отений, П.В. Ольшанский. – Волгоград : ВолГТУ, 2000. – 64 с.
6. Павленко І.І. Методика розрахунку точності завантаження деталей на металообробні верстати промисловими роботами / І.І. Павленко // Вісник ЖІТІ / Технічні науки. – 2003. – Том 2. – № 26. – С. 132–135.
7. Проць Я.І. Захоплювальні пристрої промислових роботів : навчальний посібник / Я.І. Проць. – Тернопіль : Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя, 2008. – 232 с.
8. Письменный Г.В. Системы силомоментного очувствления роботов / Г.В. Письменный, В.И. Солнцев, С.А. Воронников. – М. : Машиностроение, 1990. – 96 с.
9. Петрин А.А. Организация виртуального очувствления для задач робототехники / А.А. Петрин. – М. : ИПМ им. М.В. Келдыша, 2003. – 19 с. – (Препринт / РАН, Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша).
10. Робототехнические системы в сборочном производстве / под ред. В.Е. Пашкова. – К. : Вища шк., 1987. – 272 с.
11. Тимофеев А.В. Адаптивные робототехнические комплексы / А.В. Тимофеев. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отделение, 1988. – 332 с.
12. Тютюнник А.Г. До питання адаптивності захватних пристроїв промислових роботів при синтезі роботизованих механоскладальних технологій / А.Г. Тютюнник, В.А. Кирилович, О.В. Чевотенко // Вісник ЖДТУ. – 2004. – № IV(31). – С. 168–173.
13. Челпанов И.Б. Схваты промышленных роботов / И.Б. Челпанов, С.Н. Колташников. – Л. : Машиностроение: Ленингр. отделение, 1989. – 287 с.
14. Шисман В.Е. Точность роботов и робототехнических систем / В.Е. Шисман. – Харьков : Вища школа, 1988. – 154 с.

15. *Coiffet Ph.* Interaction with the environment. Robot technology. Volume 2 / *Coiffet Ph.* – London : Kogan Page Ltd., 1983. – 240 с.
16. *Monkman G.J.* Robot grippers / *G.J. Monkman, S.Hesse, R.Steinmann, H.Schunk.* – Weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2007. – 452 с.
17. *Xiong Chiahua* Fundamentals of robotic grasping and fixturing / *Xiong Chiahua, Ding Han, Xiong Youlun.* – USA : World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2007. – 229 с.
18. Statistics, Market Analysis, Forecasts, Case Studies and Profitability of Robot Investment. World robotics [електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.worldrobotics.org/downloads/2008_executive_summary.pdf
19. International Federation of Robotics [електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ifr.org>
20. Statistical department of International Federation of Robotics [електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.statdepartment.ifr.com>
21. The Japan Robot Association [електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.jara.jp/e/index.html>

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

Наукові інтереси:

– автоматизований синтез роботизованих механоскладальних технологій машино- та приладобудування.

Тел.: +38(093)770-30-77.

E-mail: kiril_v@mail.ru

ЧЕРЕПАНСЬКА Ірина Юріївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації і комп'ютеризованих технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– математичне моделювання;

– автоматизовані виробництва.

Тел. дом.: +38(041)226-36-88.

E-mail: cheri2008@yandex.ru

САЗОНОВ Артем Юрійович – випускник кафедри автоматизації і комп'ютеризованих технологій Житомирського державного технологічного університету, спеціаліст.

Наукові інтереси:

– проблеми адаптивності в роботизованих механоскладальних виробництвах.

Тел. моб.: +38(068)218-61-48.

E-mail: artyomsazonov@mail.com

Подано 04.01.2010

Кирилович В.А., Черепанська І.Ю., Сазонов А.Ю. Адаптивність схватів промислових роботів як напрям підвищення ефективності роботизованих механоскладальних технологій

Кирилович В.А., Черепанская И.Ю., Сазонов А.Ю. Адаптивность схватов промышленных роботов как направление повышения эффективности роботизированных механосборочных технологий

Kyrylovych V.A., Cherepanska I.Y., Sazonov A.Y. The adaptiveness of industrial robots' grippers as the way of increasing the effectiveness of robotized mechanical assembling technologies

УДК 62-503,57:62-229,34

Адаптивность схватов промышленных роботов как направление повышения эффективности роботизированных механосборочных технологий / В.А. Кирилович, И.Ю. Черепанская, А.Ю. Сазонов.

Показано, что в условиях увеличения спроса на промышленных роботов (ПР) перспективным есть использование при остальных равных условиях ПР меньшей стоимости, которые имеют большую

погрешность позиционирования. Приведенная классификация адаптивных схватов (Сх) ПР позволила определить направления преодоления последствий явления “конфликта силы” при технологическом обслуживании ПР рабочих позиций механосборочных гибких производственных ячеек и предложить расчетные схемы для конструирования узлов адаптации СхПР.

УДК 62-503,57:62-229,34

The adaptiveness of industrial robots' grippers as the way of increasing the effectiveness of robotized mechanical assembling technologies / V.A. Kyrylovych, I.Y. Cherepanska, A.Y. Sazonov

The using of industrial robots (IR), which has larger positioning error is more perspective in the condition of the demand increase was showed. The classification of IR adoptive grippers (Ag) which was reduced, helped to define the ways of overcoming the aftereffect of force conflict at the technological service working position of mechanical assembling flexible industrial cells by IR and offer settlement scheme for Ag of the IR design.