

А.Г. Тютюнник, к.т.н., доц.
В.А. Кирилович, к.т.н., доц.
О.В. Чевпотенко, аспір.

Житомирський державний технологічний університет

ДО ПИТАННЯ АДАПТИВНОСТІ ЗАХВАТНИХ ПРИСТРОЇВ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ ПРИ СИНТЕЗІ РОБОТИЗОВАНИХ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

На основі розглянутого аналізу типової взаємодії структурних елементів технологічних роботизованих систем (ТРС) при обслуговуванні основного технологічного обладнання (ОТО), допоміжного технологічного обладнання (ДТО) запропоновано функціональну схему інформаційних зв'язків елементів ТРС, що передбачає різні стратегії її реалізації та визначає проблеми адаптивності захватних пристроїв (ЗП) промислових роботів (ПР) як результат технологічно визначеного подвійного механічного зв'язку, що накладається на об'єкт маніпулювання (ОМ). Вказано напрямки подальших досліджень.

Постановка проблеми. В умовах роботи ТРС на ЗП ПР, що взаємодіє з ОМ, здійснюється вплив великої кількості технологічних чинників (зовнішніх збурюючих впливів), які можуть змінити запланований режим роботи ТРС, що призводить до погіршення якості продукції і негативного впливу на працездатність елементів ТРС [2], [3], [12].

Складності на шляху розв'язання задачі адаптації положення ОМ в ЗП до необхідного положення в пристосуванні (Пр) технологічного обладнання (ТО) пов'язані з наявністю похибок відносного положення та орієнтації ОМ, що можуть значно перевищувати допустимі. Ці похибки обумовлені похибками розмірів та форми ОМ, базування та закріплення ОМ в ЗП ПР, позиціонування ПР тощо [8], [17].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тривалий час проводяться роботи щодо розв'язання задач адаптивності ПР до виробничих умов. У процесі роботи адаптивних ПР в рамках автоматизованих технологічних процесів визначається велика кількість зовнішніх та внутрішніх параметрів ПР [14], [16]. До основних параметрів відносяться лінійні та кутові переміщення механізмів ПР, сили і моменти, що виникають в ланках ПР, відстані між ЗП ПР і ОМ, положення та швидкість переміщення ЗП, фізичні параметри деталей тощо. При цьому в залежності від сфери використання (дугове електрозварювання, механоскладання, механообробка, допоміжні операції) адаптивні ПР мають свої конструктивні особливості побудови [5], [9], [12]. Останнім часом набула тенденція забезпечення адаптивності ПР до необхідних технологічних умов за допомогою конструктивно і функціонально закінчених модулів, які розглядаються як додаткове обладнання ПР [19], [20].

Мета досліджень. На основі розглянутого набору типових взаємодій структурних елементів ТРС розкрити сутність нового підходу відносно змісту поняття адаптивності ЗП ПР, застосування якого значно розширює знання щодо роботизованих механоскладальних технологій, виконати аналіз режимів роботи ПР в умовах ТРС і визначити напрямки покращення функціонування ЗП.

Виклад основної частини. Аналіз технологічного змісту проблеми, що розглядається, вказує на необхідність розгляду нового поняття – технологічна роботизована система (ТРС). ТРС – це сукупність основного та допоміжного технологічного обладнання з широким використанням ПР, що працює в автоматизованому режимі з єдиною системою управління в умовах автоматизованого виробництва.

Типовий набір рухів ПР при технологічній взаємодії структурних елементів ТРС представлено на рис. 1. В даному прикладі ПР виконує функцію ДТО і обслуговує технологічне обладнання ТРС. Траєкторія переміщення ЗП ПР складається з двох груп елементарних переміщень: регіональних та локальних. Деякі переміщення, що виконуються модулями локальних рухів, можуть бути виконані модулями регіональних рухів, якщо при цьому зберігають задані показники функціонування ПР.

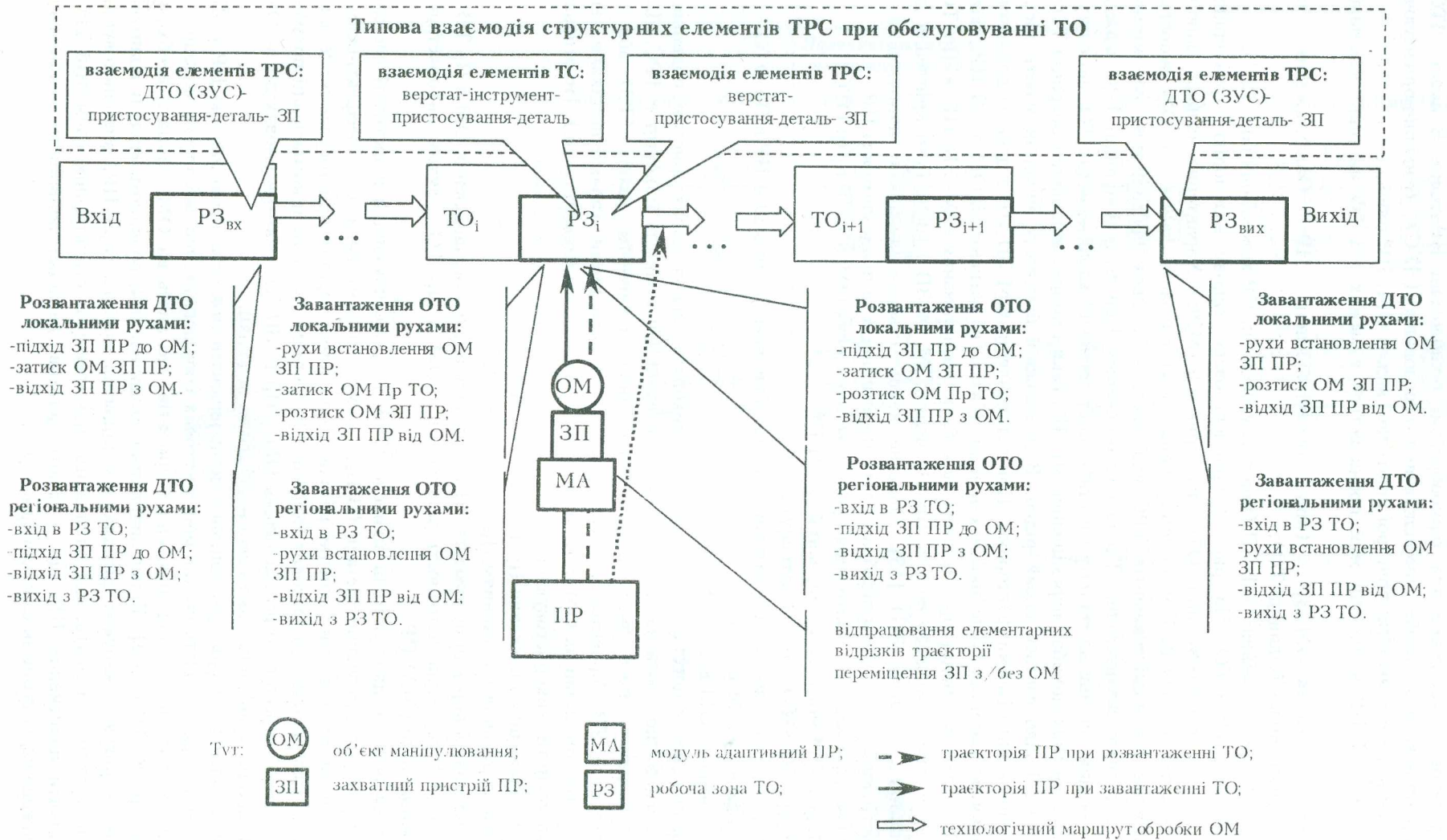


Рис. 1. Типовий набір рухів ІП при технологічній взаємодії структурних елементів ТРС

В якості ОТО можуть бути використані: металорізальні верстати (МРВ); преси; зварювальні установки; установки для термообробки; технологічні ПР тощо. В якості ДТО можуть використовуватись засоби упорядкування середовища (ЗУС): бункерно-орієнтуючі пристрої; магазини; касети; палети; пристрої поштучної видачі ОМ; ПР тощо.

Вплив ТО на ЗП ПР в більшій мірі проявляється в межах РЗ ТО на рівні взаємодії елементів ТРС:

- верстат-приспосовування-ОМ-ЗП (при обслуговуванні ПР (завантаженні та розвантаженні) кожної одиниці ТО);
- ДТО (ЗУС)-приспосовування-ОМ-ЗП (при обслуговуванні ПР кожної одиниці ЗУС).

Обслуговування ПР ОТО. На рис. 2 проілюстровано типову взаємодію структурних елементів ТРС при обслуговуванні ОТО на прикладі МРВ. Характерна ознака даного обладнання полягає в наявності у пристосування (Пр) силового зв'язку з ОМ жорстке базування. Процес взаємодії елементів ТРС відбувається на двох протилежних за змістом етапах обслуговування: завантаження ТО та розвантаження. При функціонуванні ТРС завжди мають місце зовнішні впливи на систему і нестабільність робочих характеристик ТО, що слугує причиною різноманітних похибок переміщення ЗП ПР. Таким чином, виконання операцій ТО в ідеальному режимі відбувається вкрай рідко. В переважній більшості випадків мають місце похибки, що викликані різними факторами. При встановленні ОМ ЗП ПР з деякою похибкою в Пр МРВ виникає взаємний подвійний механічний зв'язок (на затиснутий ОМ в ЗП ПР діють сили Пр ТО). Дана взаємодія при значних похибках позиціонування ОМ ЗП ПР в Пр ТО призводить до значного силового впливу Пр ТО через ОМ на ЗП і місце його кріплення до руки (механічний інтерфейс ЗП) [15]. Описане явище створює додаткові напруження в жорсткій конструкції ПР і з часом відображається на надійності та працездатності ПР.

Можливі наступні варіанти протікання процесу встановлення ОМ ЗП ПР в Пр ОТО:

- $F_{Пр} > F_{ЗП}$ - ОМ може бути "вирваний" з ЗП ПР;
 - $F_{Пр} < F_{ЗП}$ - Пр ОТО може не затиснути ОМ;
 - $F_{Пр} = F_{ЗП}$ - протікання процесу залежить від похибки позиціонування ОМ ПР в Пр ОТО,
- де $F_{Пр}$ - сила затиску ОМ в Пр ОТО;
 $F_{ЗП}$ - сила затиску ОМ в ЗП ПР.

Для усунення небажаних ефектів необхідно виконати аналіз характеристик подвійних механічних зв'язків, що діють на ОМ при обслуговуванні ТО і завжди присутні в ТРС. Для запобігання вказаному може бути запропоновано вибір технічного засобу (ТЗ) або за відсутності готового ТЗ спроектовано необхідний ТЗ з технічними характеристиками, що зменшують негативний вплив на ОМ подвійних механічних зв'язків (навантажень). Негативний зв'язок можна усунути, використовуючи:

- механічну корекцію положення Пр ТО відносно ОМ;
- адаптивне керування положенням Пр ТО відносно ОМ;
- засоби механічної корекції положення ЗП ПР щодо неточності встановлення ОМ в Пр ТО;
- адаптивні ТЗ усунення неточності встановлення ОМ в Пр ТО шляхом використання модулів адаптації (МА) ПР.

Застосування перших двох методів відносно МРВ порушує показники жорсткості системи верстат-інструмент-приспосовування-деталь (ВПД), тому в даному випадку є неефективним і небажаним. Основними шляхами усунення неточності в системі верстат-приспосовування-деталь-ЗП (ВПДЗП) є використання додаткових модулів ПР. Останні два методи компенсації похибок відносного лінійного та кутового розташування ОМ в Пр та ЗП ПР (тобто в умовах дії на ОМ подвійного механічного зв'язку) мають свої переваги та недоліки.

Механічні компенсуючі пристрої доцільно встановлювати між останньою ланкою ПР і ЗП. Вони повинні мати піддатливість по лінійних і кутових координатах, що забезпечує можливість ОМ, який знаходиться в ЗП, під дією сил і моментів, що діють на ОМ, займати необхідне положення в Пр ТО [19], [20]. Більш широкими можливостями володіють модулі адаптації (МА) ПР, які коригують керуючі сигнали для приводів маніпулятора ПР, використовуючи інформацію про сили і моменти, що виникають при взаємодії структурних елементів ТРС. Можливі варіанти адаптивних ПР, що усувають негативні наслідки подвійного механічного зв'язку, зображено структурними схемами (рис. 3).

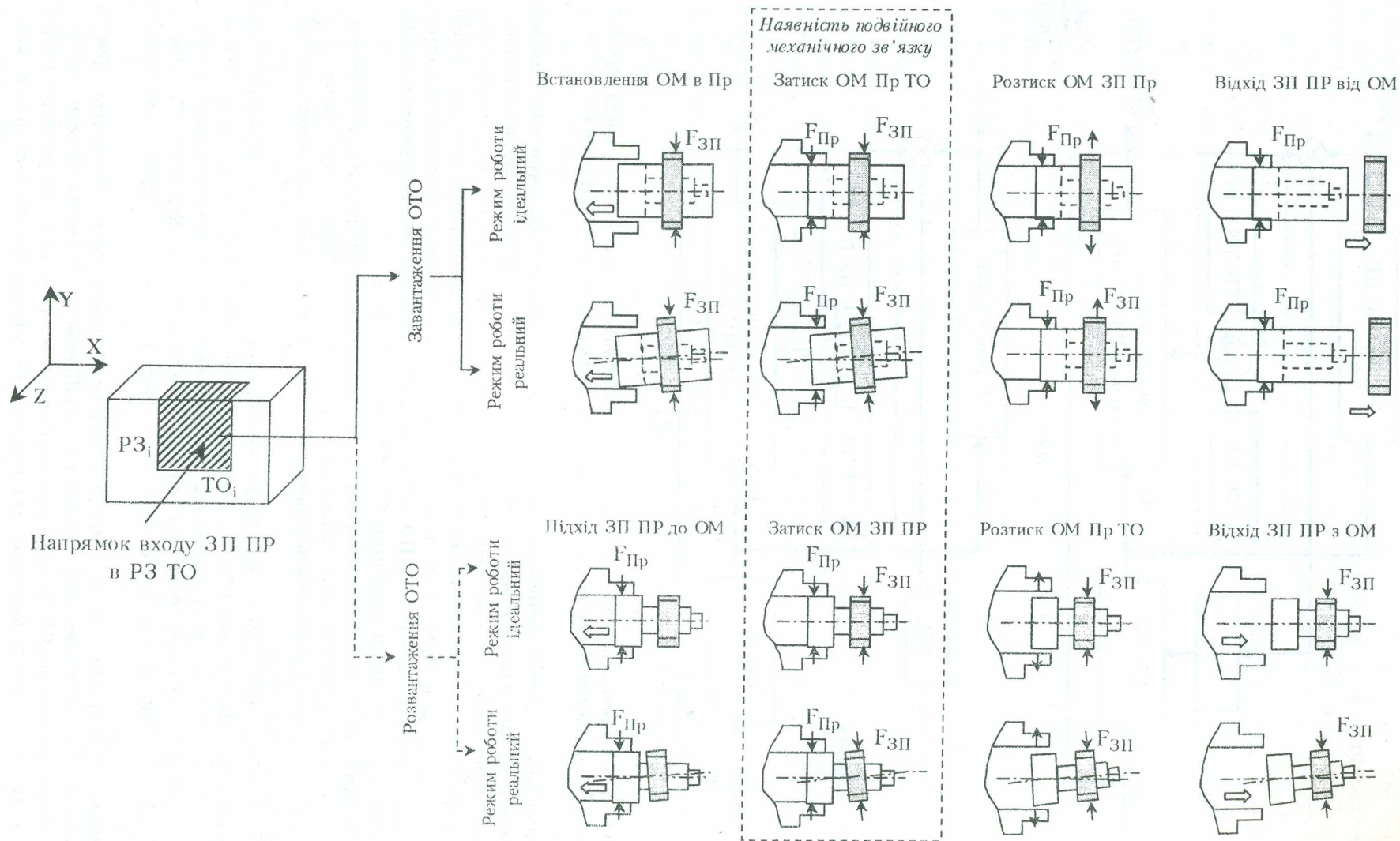


Рис. 2. Типова взаємодія структурних елементів ТРС при обслуговуванні ОТО (на прикладі МРВ)

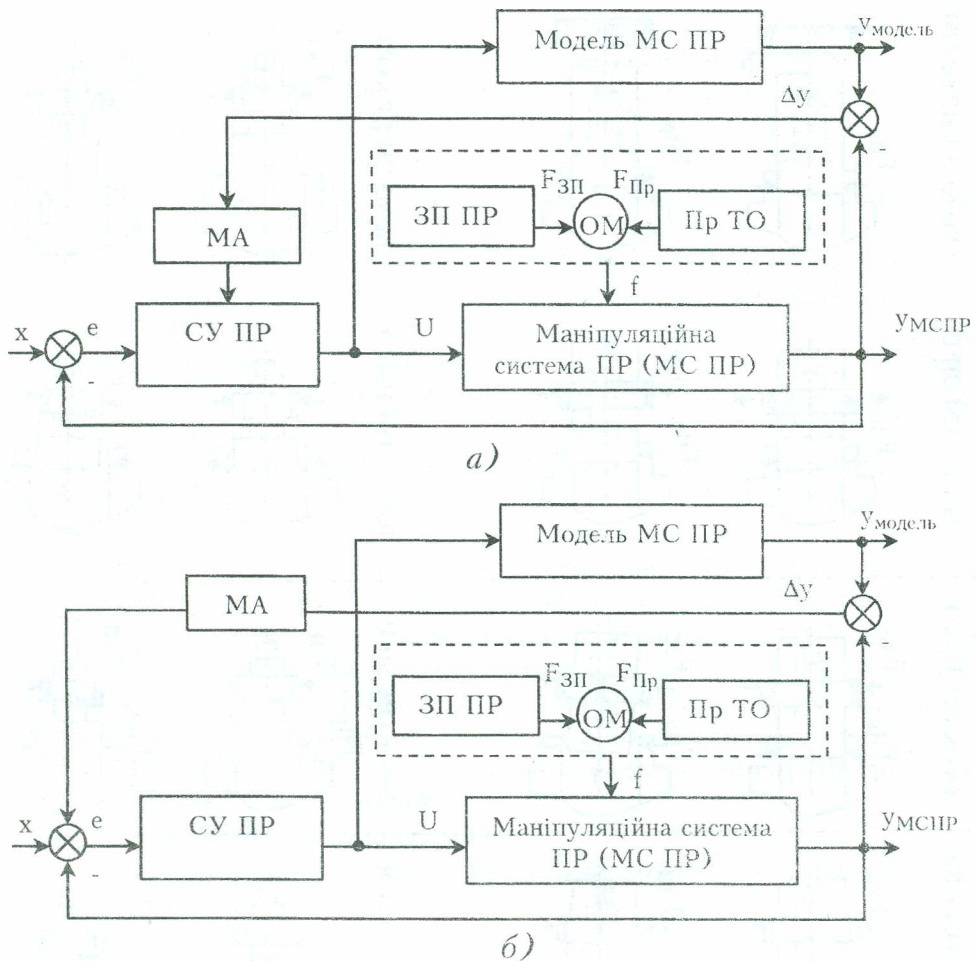


Рис. 3. Структурна схема адаптивної системи автоматичного керування ПР з параметричною настройкою (а) та сигнальною настройкою (б)

В адаптивних системах автоматичного керування (САК) з параметричним (активним) настроюванням процес адаптації маніпуляційної системи (МС) ПР до негативного впливу при подвійному механічному зв'язку здійснюється шляхом настроювання параметрів системи управління (СУ) ПР в залежності від значення сигналів невідповідності виходів системи та моделі $\Delta u = u_{модель} - u_{МСПР}$ (рис. 3, а). В адаптивних САК з сигнальною (пасивною) настройкою адаптація до зовнішніх умов роботи ПР досягається за допомогою компенсуючих сигналів, що виробляються у МА без зміни параметрів СУ ПР (рис. 3, б) [13].

Модулі адаптації як додаткове обладнання, що розширює функціональні можливості ПР, більш наочно проявляються при коригуванні значних початкових позиційних похибок відносного розташування контактуючих поверхонь, при яких пасивні механічні компенсуючі пристрої є непрацездатними.

Обслуговування ПР ДТО. В ДТО, як правило, не використовуються затиски пристосування для фіксування ОМ на робочій позиції (РП). Тому дану групу ТО можна розглядати як обладнання з нежорстким закріпленням ОМ. Для повноти розглянутої проблеми необхідно відмітити, що явище подвійного механічного зв'язку має місце і при обслуговуванні ДТО. У даному випадку це явище має специфічний прояв і є предметом подальших досліджень.

Висновки. Результати аналізу типової взаємодії структурних елементів ТРС при обслуговуванні ТО встановлюють наявність подвійного механічного зв'язку в системі ТО-приспосовування-деталь-ЗП. Встановлено негативний вплив виявленого зв'язку на елементи ТРС. При вивченні даних взаємодій встановлено можливість вирішення даних задач за допомогою МА. Запропоновано структурні схеми побудови адаптивних ЗП ПР з урахуванням

збурюючих впливів на ПР, що визначаються подвійним механічним зв'язком, який діє на ОМ при обслуговуванні ТО.

У зв'язку з вищевикладеними питаннями адаптивність ЗП ПР може бути розв'язана при вирішенні наступних задач, що являють собою напрямки подальших досліджень:

- виконати аналіз прояву подвійного механічного зв'язку на інших елементах ТРС, що входять до групи ДТО;
- встановити умови, в яких доцільно використовувати механічну корекцію положення ЗП ПР з ОМ відносно Пр ТО, а в яких використовувати МА;
- визначити обмеження, що накладаються на доцільність використання того чи іншого методу адаптації САК ПР.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Аншин С.С., Бабич А.В., Баранов А.Г., и др. Проектирование и разработка промышленных роботов / Под общ. ред. Я.А. Шафрина, П.Н. Белянина – М.: Машиностроение, 1989. – 272 с.
2. Брагин В.Б., Войлов Ю.Г., Жаботинский Ю.Д. и др. Системы оцувствления и адаптивные промышленные роботы / Под общ. ред. Е.П. Попова, В.В. Ключева – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
3. Бурдаков С.Ф. и др. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов / С.Ф. Бурдаков, В.А. Дьяченко, А.Н. Тимофеев. – М.: Высш. шк., 1986. – 264 с.
4. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Управление роботами. Основы управления манипуляционными роботами. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 400 с.
5. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1988. – 392 с.
6. Куафе. Ф. Взаимодействие робота с внешней средой: Пер. с франц. – М.: Мир, 1985. – 285 с.
7. Медведев В.А., Вороненко В.П., Брюханов В.Н. и др. Технологические основы ППС: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / Под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1991. – 240 с.
8. Павленко І.І. Методика розрахунку точності завантаження деталей на металообробні верстати промисловими роботами // Вісник ЖІТІ / Технічні науки. – 2003. – Том 2. – № 26. – С 132–135.
9. Полищук М.Н., Васюков Ю.Г. Наладка промышленных роботов и автоматических линий: Справ. пособие / Под общ. ред. Л.С. Ямпольского. – К.: Техніка, 1987. – 237 с.
10. Спину Г.О., Бернадський В.М., Даниленко О.В., Юмашев В.Є. Промислові роботи в машинобудуванні: Навч. посіб. – Житомир: ЖДТУ, 2003. – 128 с.
11. Справочник по промышленной робототехнике. В 2-х кн. / Под ред. Ш. Нофа; Пер. с англ. Д.Ф. Миронова и др. – М.: Машиностроение, 1989.
12. Тимофеев А.В. Адаптивные робототехнические комплексы. – Л.: Машиностроение: Ленингр. отд-ние, 1988. – 332 с.
13. Тютюнник А.Г. Оптимальні і адаптивні системи автоматичного керування: Навчальний посібник. – Житомир: ЖІТІ, 1998. – 512 с.
14. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 624 с.
15. Челпанов И.Б., Колпашников С.Н. Схваты промышленных роботов. – Л.: Машиностроение: Ленингр. отд-ние, 1989. – 287 с.
16. Шахинпур М. Курс робототехники: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 527 с.
17. Keramas James G. Robot technology fundamentals. – New York, Delmar Publishers, 1999. – 408 p.
18. Stadler W. Analytical robotics and mechatronics. – New York: San Francisco State University, McGraw-Hill, Inc., 1995. – 560 p.
19. www.Ati-ia.com
20. www.Pfa-inc.com

ТЮТЮННИК Анатолій Гнатович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації та комп'ютеризованих технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– оптимальні та адаптивні системи автоматичного керування.

КИРИЛОВИЧ Валерій Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації та комп'ютеризованих технологій, декан факультету інформаційно-комп'ютерних технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– автоматизація технологічної підготовки механоскладального машино- та приладобудівного автоматизованого виробництва;

– автоматизація технологічних процесів.

Тел. р.: 38/0412-24-14-17.

д.: 38/0412-34-01-65.

E-mail: kiril_v@ziet.zhitomir.ua

ЧЕВПОТЕНКО Олексій Васильович – аспірант Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– автоматизація технологічних процесів.

Тел. д.: 38/0412-36-95-98.

Подано 15.10.2004