

УДК 621.865.8(031)

М. Н. Полищук, Е. С. Пуховский

АДАПТИВНЫЙ СБОРОЧНЫЙ МОДУЛЬ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

Аннотация: Рассматривается конструкция блока управления адаптивным сборочным модулем промышленного робота. Режим адаптации к условиям сопряжения объектов сборки основан на принципе пропорциональности величины рассогласования сборочных компонентов и разности давлений в эластичных камерах кисти манипулятора робота.

Ключевые слова: сборочные роботы, технологическое оснащение манипуляторов, автоматизация сборки.

Вступление

Сборочные модули устанавливаются на кисти манипулятора промышленного робота (ПР) и предназначены для компенсации погрешностей относительной ориентации объектов сборки. Указанная погрешность есть комплексная величина, и включает погрешности позиционирования не только собственно манипулятора, но и погрешности базирования собираемых деталей и их транспортирования. Предлагаемый сборочный модуль ПР позволяет в автоматическом режиме осуществлять коррекцию относительного положения объектов сборки, направленную на их гарантированное сопряжение.

Анализ исследований и публикаций

Основы моделирования сборочных процессов с применением промышленных роботов, а также проектирования их технологического оснащения достаточно освещены в работах [1, 2]. Однако, подавляющему большинству, как методов, так и средств роботизированной сборки свойственно либо высокая стоимость программно-аппаратного обеспечения в случаях обеспечения адаптивного управления, либо чрезмерная жесткость процесса сопряжения при упрощении системы управления. Поэтому задача сокращения затрат на средства автоматизации сборочных процессов, при одновременном гарантированном сопряжении объектов сборки без возможного их повреждения, остается по-прежнему актуальной.

Постановка задачі

Необходимо забезпечити гарантоване сопряження сборочних компонентів промисловим роботом в режимі адаптивного управління відносительним положенням приєднюваного об'єкта збирання без вероятного пошкодження його поверхні, що особливо важко при збиранні прецизійних з'єднань.

Манипуляторам серийно випускаємих моделей ПР, виконуючим транспортні і орієнтуючі рухи в процесі автоматичної збирання виробів, свойственна погрешність позиціонування робочих органів, котра, будучи випадковою величиною, приводить к зміщенню осей і контурів збиранних деталей (рис. 1, а) і підчиняється закону нормального розподілення (рис. 1, б).

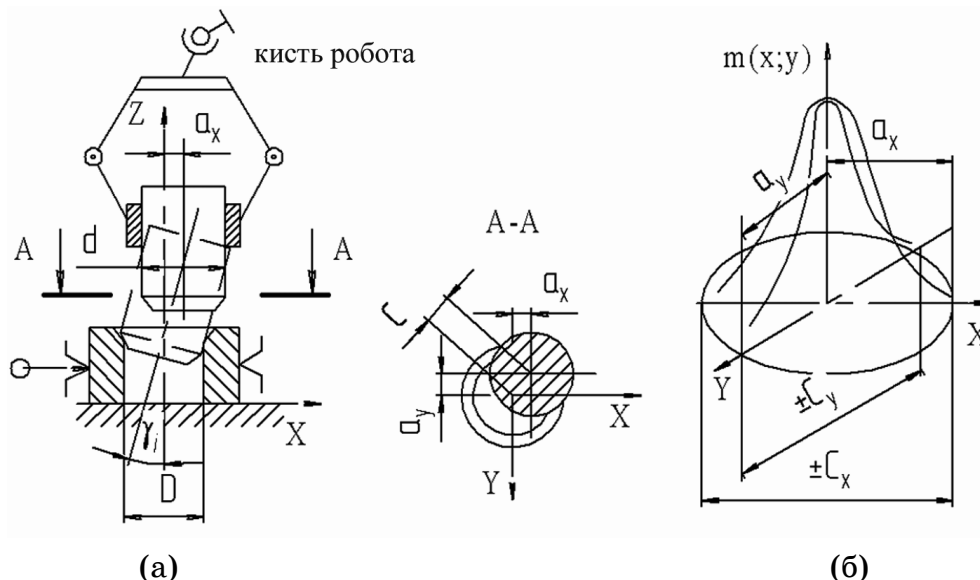


Рис. 1. Схема сопряжения (а) график закона распределения (б) ошибок позиционирования объектов сборки:

D, d – диаметры базового и присоединяемого объектов сборки;
 C, a_x, a_y – суммарная и осевые погрешности их относительной ориентации, соответственно; γ_i – угловое рассогласование объектов сборки;
 $m(x, y)$ – частота погрешности позиционирования робота

Гарантоване сопряження об'єктів збирання можливо при виконанні умовия:

$$C \triangleleft (D_{\min} - d_{\max}), \gamma_i \triangleleft [\gamma] \text{ при ограничении } \sigma = 0,418 \sqrt{\frac{N E}{B} \left(\frac{2}{d} + \frac{1}{R} \right)} \leq [\sigma], \quad (1)$$

где: D_{\min}, d_{\max} – соответственно минимальное и максимальное значения диаметров базового и присоединяемого объектов сборки; $[\gamma]$ – допус-

каемое значение углового рассогласования; $\sigma, [\sigma], N$ – рабочее и допускаемое напряжение, а также усилие контакта поверхности сопрягаемых объектов сборки, соответственно; B, R – ширина и радиус контакта губок захвата с присоединяемым компонентом; E – модуль упругости материалов собираемых деталей.

Условие сборки и ограничение (1) в совокупности означают, что необходимо обеспечить не только гарантированное соединение деталей, но и полностью исключить возможность повреждения их поверхностей.

Для решения поставленной задачи предлагается кисть манипулятора, состоящая из эластичных камер, давление в которых изменяется пропорционально величине рассогласования объектов сборки в пространстве.

Конструкция и блок управления сборочным модулем

Сборочный модуль ПР (рис. 2, а) присоединяет к базовому объекту 1 деталь 2, удерживаемую захватом 3 под действием пневматического привода 4. Корпус 10 модуля установлен на кисти манипулятора 11.

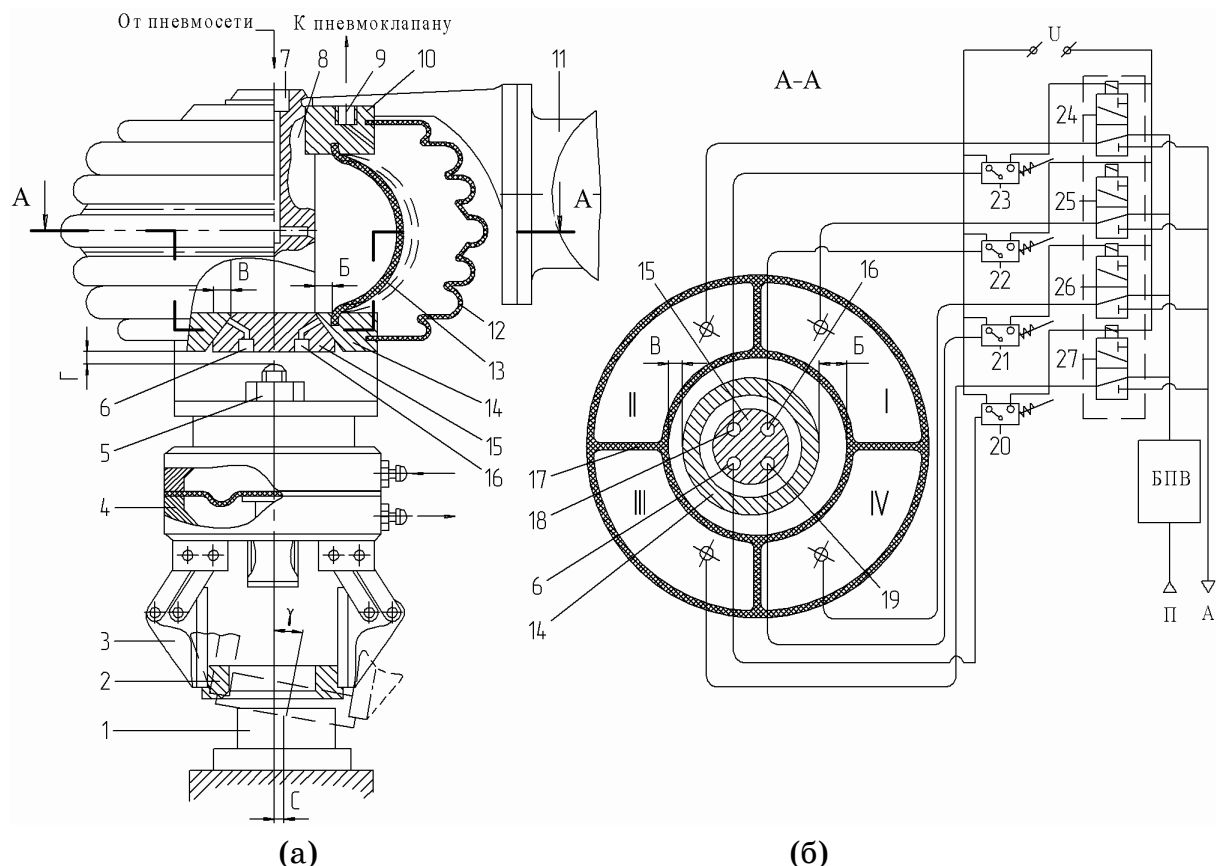


Рис. 2. Конструкция (а) и схема блока управления (б) адаптивного сборочного модуля манипулятора

Под действием контактных усилий, возникающих при наличии линейного C и углового γ рассогласований собираемых деталей, основание 14, несущее захват 3, отжимается от конического хвостовика 15 оправки 8. Между ними образуется неравномерный кольцевой зазор с сечениями «Б» и «В», сквозь который истекает сжатый воздух, подаваемый через отверстие 7 в эластичную камеру 13. Поскольку неравенство сечений «Б» и «В» пропорционально смещению деталей, то и возникающая в них разность давлений истекающего сжатого воздуха, также пропорциональна величине смещения собираемых деталей. Эта разность давлений контролируется подключенными к соплам 6 и 16 датчиками реле давления соответственно 20 и 22 (рис. 2, б). Аналогично к двум другим соплам 18 и 19 подключены датчики-реле давления 23 и 21. Причем, каждый из датчиков 20–23 подключен к пневматическим клапанам с электромагнитным управлением 24–27, как показано на схеме.

Эластичная камера 13 окружена гофрированной по наружной поверхности камерой 12, каждая секция I–IV которой образована гибкими перегородками 17 и соединена через отверстие 9 с упомянутыми выше клапанами 24–27. Питание клапанов осуществляется от пневмосети «П» через блок подготовки воздуха БПВ, а выхлоп сжатого воздуха производится в атмосферную магистраль «А».

В процессе наладки датчики реле давления 20–23 настраиваются на минимальное давление, которое согласно условию неразрывности потока сжатого воздуха имеет место в меньшем сечении кольцевого зазора в силу большей скорости истечения воздуха между втулкой 14 и хвостовиком 15. А поскольку меньшее сечение кольцевого зазора совпадает с направлением смещения присоединяемой детали 2, то в случае, показанном на рисунке, срабатывает датчик-реле 20 и включает тем самым клапан 27, подающий сжатый воздух в секцию III камеры 12. Последняя, имея, как и другие секции, гофрированную форму по наружной поверхности, под действием давления растягивается, передвигая тем самым захват 3 с деталью 2 в направлении обратном ее смещению.

Адаптивный сборочный модуль путем поочередного срабатывания датчиков 20–23 подает через клапаны 24–27 сжатый воздух в соответствующие секции I–IV гофрированной камеры и тем самым цен-

трирует присоединяемые детали относительно базовой детали сборочного узла. Это происходит вследствие того, что разность давлений в неравномерном кольцевом зазоре пропорциональна начальному смещению деталей, а область низкого давления совпадает с направлением смещения присоединяемой детали,

Особенность наладки блока управления сборочным модулем состоит в необходимости подбора не только давления в пневмокамерах (выполняющих роль компенсаторов погрешности позиционирования манипулятора), но и порога чувствительности (т. е. граничного уровня давления) срабатывания датчиков, в качестве которых в данном случае используются стандартные реле давления. Кроме того, регулировкой упора 5 устанавливают зазор «Г», определяющий предельную величину деформации камер 12 и 13. Эта величина не должна превышать двукратного значения направляющих фасок собираемых деталей.

В конечном итоге настройка режимов работы блока управления определяется диапазоном качитетов точности объектов сборки и ожидаемой предельной величиной их рассогласования. Результаты моделирования (рис. 3) показывают, что при постоянной жесткости кисти манипулятора и увеличении рассогласования объектов сборки усилие их соединения возрастает, и может достичь критического значения, т.е. эффекта заклинивания деталей, когда равнодействующая всех сил трения не выходит за пределы, так называемого, конуса трения.

И напротив, наличие компенсаторов в кисти манипулятора в виде предложенных эластичных камер — снижает усилие сборки. Это объясняется тем, что при увеличенном рассогласовании сборочных компонентов (т. е. большей погрешности их позиционирования) за счет увеличения эффективной площади истечения сжатого воздуха в кольцевом зазоре с сечениями «Б» и «В» (см. рис. 2, а), уменьшается жесткость пневматических камер кисти манипулятора, а значит и усилие сопротивления сборке. В конечном итоге, указанный эффект обеспечивает не только центрирование присоединяемого объекта сборки относительно базового, но и исключает возможность повреждения сопрягаемых прецизионных поверхностей сборочных компонентов.

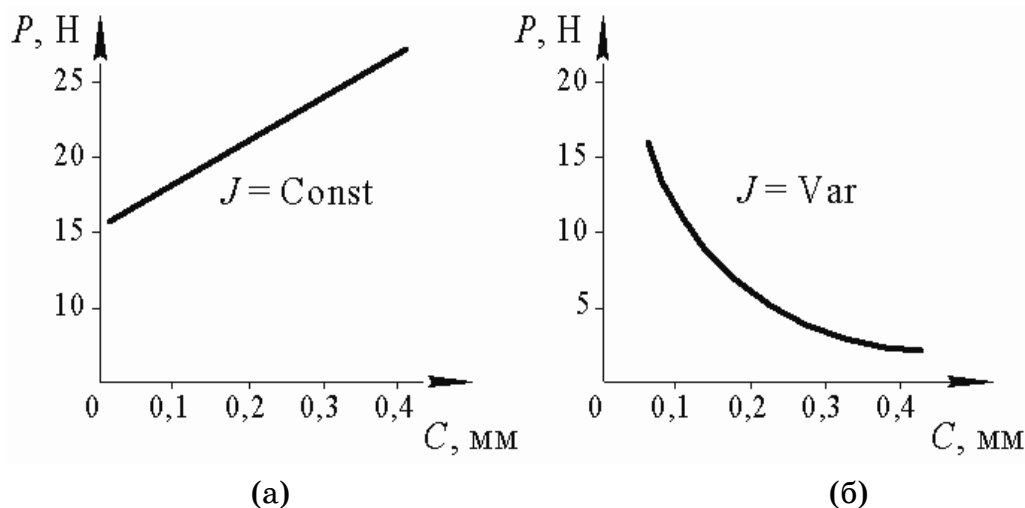


Рис. 3. Зависимость усилия сборки $P = f(C)$ от величины рассогласования сборочных компонентов:

- (а) – при постоянной жесткости J кисти манипулятора;
- (б) – при переменной жесткости (т. е. наличии эластичных камер)

Выводы

1. Выполнение кисти манипулятора ПР в виде нескольких эластичных камер, несущих захватный орган, и управление давлением в них пропорционально величине рассогласования объектов сборки, позволяет осуществить адаптацию положения присоединяемого компонента, направленную на компенсацию погрешности позиционирования промышленного робота.

2. Предлагаемый блок адаптивного управления сборочным модулем, будучи собранным на стандартных элементах пневмоавтоматики, обладает низкой стоимостью, и тем самым, позволяет повысить рентабельность сборки прецизионных соединений.

Список использованных источников

1. Гнучкі комп'ютеризовані системи: проектування, моделювання і управління: підручник / [авт. кол.: Л. С. Ямпольський, П. П. Мельничук, Б. Б.Самотокін, М. М.Поліщук, М. М. Ткач, К. Б. Остапченко, О. І. Лісовиченко]. — Житомир: ЖДТУ, 2005. — 680 с.
2. Полищук М. Н., Тышкевич Ю. В. Проектирование технологического оснащения и наладка промышленных роботов. Справочное издание /Под общ. ред. проф. Л. С. Ямпольского. — К: «Дорадо-Друк», 2014. — 272 с.