

## МОДУЛЬНОЕ ПОСТРОЕНИЕ СБОРОЧНО-МОНТАЖНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Гусарев В.С., канд. техн. наук, Ковальчук Е.Н., канд. техн. наук  
(Одесский национальный политехнический университет)

*В работе описано модульное построение сборочно-монтажного оборудования для машиностроения*

**Введение.** В современном машиностроительном производстве изделий особое значение приобретают сборочно-монтажные процессы, осуществляемые с помощью автоматического оборудования.

Сложность сборочно-монтажного оборудования (СМО) определяется, в первую очередь, сложностью конструкции изделия, во вторую очередь, сложностью технологического процесса. В обоих случаях СМО должно обеспечивать заданную конструктором точность, требуемую технологическую производительность и, естественно, отвечать минимуму стоимости. Этим общим требованием отвечают СМО, построенные по модульному принципу. Такой принцип определяет рассмотрение сборочно-монтажные операции (СМОП) в соответствии с выполняемыми процессами и разнообразием конструктивных компонентов изделия. Исходя из приведенного, СМО комплектуются из модулей:

- входного накопителя базовых компонентов (основной детали);
- конструктивных устройств для хранения присоединяемых компонентов (деталей), которые представляют собой промежуточные накопители;
- роботы-манипуляторы, которые выполняют действия захвата собираемого компонента из накопителя и перенос его в положение установки – монтажа на конкретные базовые компоненты;
- транспорт для перемещения по позициям системы, в соответствии с СМОП;
- контрольно-измерительные устройства для проверки правильности выполняемых сборочно-монтажных операций.

Громоздкость и сложность СМО упрощается, если используют модульный принцип как для проектирования, так и для производства такого оборудования. Алгоритм функционирования строится по стандартной схеме, как для систем СМО циклового периодического, так и непрерывного действия. При проектировании СМО целесообразно применять метод структурных схем алгоритмов для описания работы таких автоматических устройств и систем.

**Результаты исследований.** Рассмотрим СМО, составленное из простейших модулей (рис. 1). Схема (а) состоит из накопителя базовых компонентов  $\Lambda(\epsilon)$ , манипулятора-установщика (R) и транспортного кольцевого стола ( $P\gamma$ ) и такого же накопителя кругового типа ( $\Lambda \epsilon$ ) ( $P\gamma$ ); схема модуля (б) построена по тому же принципу, но накопитель комплектующих компонентов представлен устройством вертикального линейного типа ( $\Lambda \epsilon$ ) ( $Pa$ ); схемы (в) и (г)

аналогичны рассмотренным, в них применяется устройство транспортирования горизонтальное линейного типа ( $P\alpha$ ).

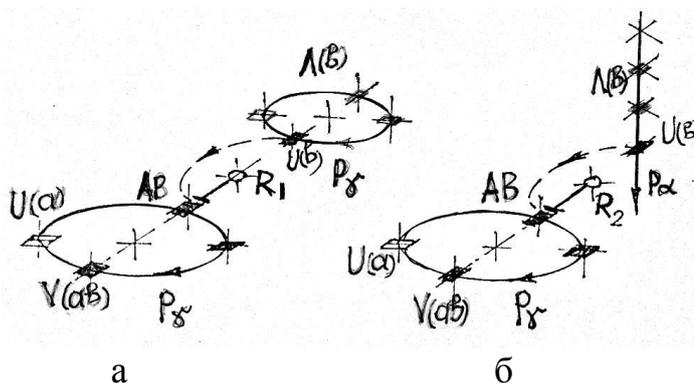


Рис. 1. СМО с кольцевым транспортным механизмом и накопителем комплектующих компонентов: а – кольцевым; б – линейным.

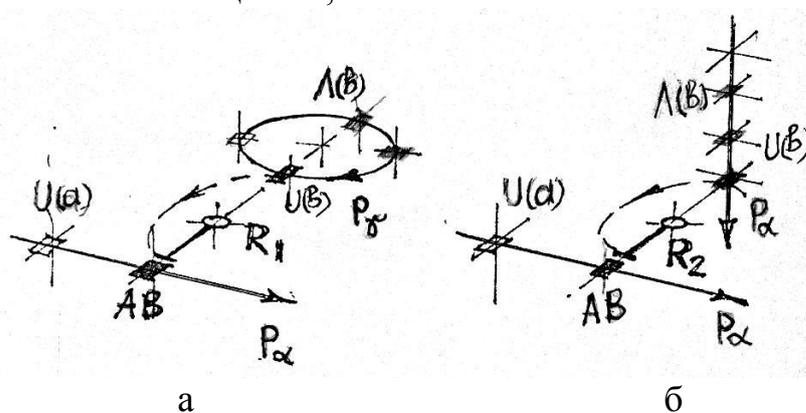


Рис. 2. СМО с линейным транспортером и накопителем комплектующих компонентов: а – кольцевым; б – линейным.

В схемах и алгоритмах приняты следующие обозначения:

- $U(a)$  - операция (оператор) ввести элемент ( $a$ );
- $AB$  - операция (операция) установить  $B$  в  $A$  (или  $A$  в  $B$ );
- $V(ab)$  - операция вывести собранный объект ( $ab$ );
- $P\alpha$  - операции перемещения (линейный транспортер);
- $P\gamma$  - операция (оператор) перемещения (круговой транспортер);
- $\Lambda(b)$  - операция (оператор) хранения (накопитель);
- $R$  - манипулятор (операция).

Алгоритм функционирования типового модуля, изображенного на рис. 1,а:

$$U(a) (P\gamma) \circ (\Lambda b) (P\gamma) (U(b) \bullet R(AB) (P\gamma) \circ V(ab)).$$

Алгоритм функционирования типового модуля, например, изображенного на рис. 1,б, следующий

$$U(a) (P\alpha) \circ (\Lambda b) (P\alpha) (U(b) \bullet R(AB) (P\gamma) \circ V(ab)).$$

В этих вариантах СМО сборка производится без подгонки при полной взаимозаменяемости компонентов изделия.

Алгоритм функционирования типового модуля СМО (рис. 2,а)

$$U(a) (P\alpha) \circ (\Lambda b) (P\gamma) (U(b) \bullet R(AB) (P\alpha) \circ V(ab)).$$

Алгоритм функционирования типового модуля системы (рис. 2,б)

$$U(a) (P\alpha) \circ (\Lambda b) (P\alpha) (U(b) \bullet R(AB) (P\alpha) \circ V(ab)).$$

В тех случаях, когда необходимо подобрать по допуску базового компонента (детали) с ним сопрягаемый, система должна содержать накопитель с элементами одной номенклатуры, но с разными интервалами допуска. Такие схемы для селективной сборки представлены на рис. 3.

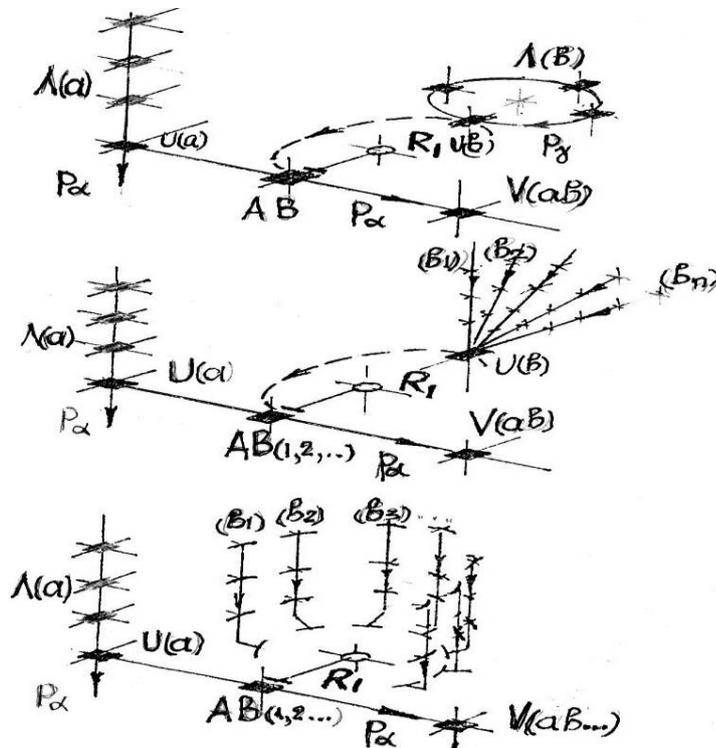


Рис. 3. Схемы сборочно-монтажного оборудования для селекционной сборки.

В зависимости от результата измерения базовой детали вызывается из накопителя сопрягаемый компонент (деталь), с соответствующим интервалом допуска. Далее происходит перенос его в положение установки и сопряжения с базовым компонентом. Алгоритм функционирования этой схемы (рис. 3,а) следующий:

$$(\Lambda a)U(a) (Pa) \circ (\Lambda b) \rightarrow (Py)(U(b_{1,2,\dots})) \bullet R(AB) (Pa) \circ V(ab) .$$

Возможен другой вариант схемы СМО для селективной сборки (рис. 3,б). Схема содержит многоручьевой накопитель сопрягаемых компонентов, таких, которые обеспечат необходимое сопряжение. Деталь сбрасывается в ячейку захвата из ручья соответствующей группы. Далее манипулятор подхватывает её и устанавливает на базовый объект. Затем транспортер переадресует изделие в конечную ячейку удаления.

Алгоритм функционирования этого варианта схемы (рис. 3,б):

$$(\Lambda a) U(a) (Pa) \circ (\Lambda b)(U(b_{1,2,\dots})) \bullet R(AB)(Pa) \circ V(ab).$$

Система (рис. 3,б) имеет одну ячейку для захвата, что упрощает работу манипулятора. Работа системы происходит в постоянном цикле.

Осуществима другая версия схемы СМО селективной сборки (рис. 3,в).

В этом варианте сборки с подбором сопряжения компонентов (деталей) накопитель имеет несколько ячеек для сопрягаемых компонентов (деталей) с разным интервалом допуска. Манипулятор после получения команды о размере базовой детали ищет ячейку с соответствующей сопрягаемой деталью. После чего захватывает её и производит соединение с основной.

Алгоритм функционирования (рис. 3,в):

$$(\Lambda a)U(a) (Pa) \circ (\Lambda b) \rightarrow (U(b) \bullet R(AB_{1,2,...}))(Pa) \circ V(ab).$$

Эти системы решают одну и ту же задачу селективной сборки разными способами. Системы (рис. 3,а и рис. 3,б) имеет одну ячейку для захвата, что упрощает работу манипулятора. Он работает по циклу и берет деталь всегда с одного места, в случае (рис. 3,в) он производит обход ячеек, и поэтому его функция усложняется. Цикл работы переменный. Однако надежность системы может быть выше из-за того, что в единственную ячейку могут попасть детали с разным интервалом допуска. Справедливости ради отметим, что сбой может происходить и в третьей системе, если манипулятор «промахнется» и возьмет сопрягаемую деталь из другой ячейки. Принятие той или другой схемы должно быть решено на основе анализа надежности и производительности сборки.

Более сложные схемы модульного построения СМО представлены на рис. 4.

Первая (рис. 4,а) содержит два стандартных модуля, в каждом из которых имеются накопители для компонентов (а) и (в) и им соответствующие манипуляторы-установщики (R1) и (R2). Алгоритм функционирования СМО:

$$\dots (\Lambda a) (Pa)(U a) (R1)(A) (Pa) \circ \dots \circ (\Lambda b) (Pa)(U b) (R2)(B) (Pa) \dots$$

Вторая схема (рис. 4,б) имеет два модуля с манипуляторами (R1) и (R2), которые обслуживают накопители компонентов соответственно (а), (в) и (с), (d).

Алгоритм функционирования СМО:

$$\dots (\Lambda a) (Pa)(U a) (R1)(A) \bullet (\Lambda b) (Pa)(U b) (R1)(B) (Pa) \circ \dots \circ \\ \circ \dots \circ (\Lambda c) (Pa)(U c) (R2)(C) \bullet (\Lambda d) (Pa)(U d) (R2)(D) (Pa) \dots$$

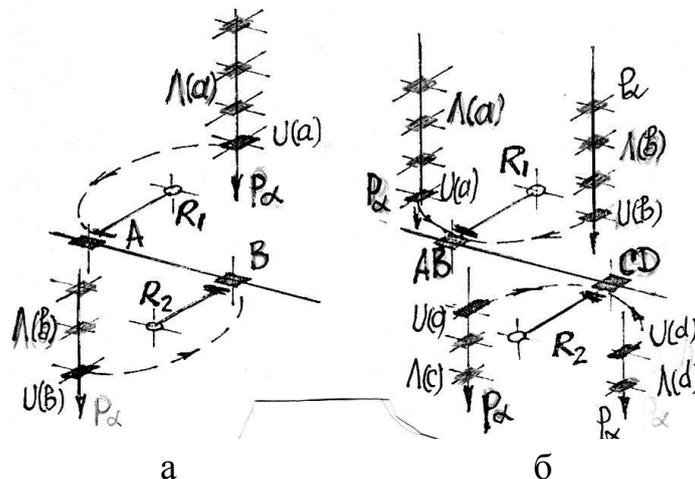


Рис.4. Фрагмент изображения схемы СМО с двумя манипуляторами.

В этих системах манипуляторы производят установку компонентов в определенные места под сборки, но не производят их сопряжение. Если такое действие требуется, то надо образовать ячейки сопряжения. В этом случае необходимо обеспечить доступность манипуляторов к этим ячейкам. В схеме (рис. 5,а) имеются два манипулятора (R1) и (R2), которые последовательно устанавливают в ячейку компоненты сборки (а) и (в) до их сопряжения. После выполнения сопряжения (AB) линейный транспортер выводит изделие из ячейки.

Алгоритм функционирования системы СМО:

$$\dots [(\Lambda a) (Pa)(U a) (R1)(A) \bullet (\Lambda b) (Pa)(U b) (R2)(B)] = (ab) (Pa) \dots$$

В схеме (рис. 5,б) также работают два манипулятора (R1) и (R2), которые последовательно собирают изделие из четырех компонентов (a), (в), (c) и (d), далее происходит вывод изделия из ячейки линейным транспортом (Pα).

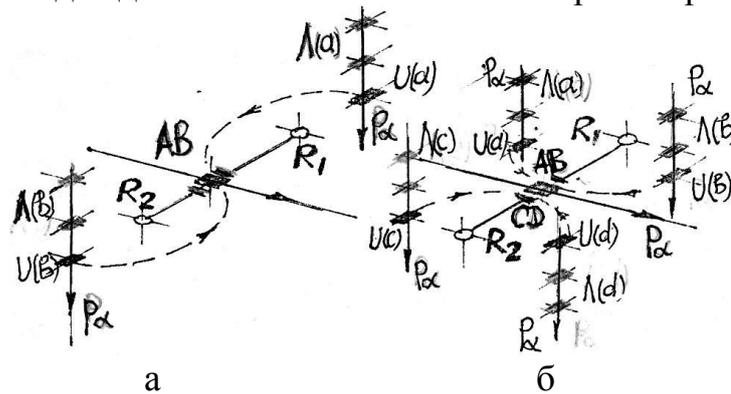


Рис. 5. Фрагмент изображения системы СМО для сопряжения компонентов (a) и (в) – рис. 5,а, и компонентов (a),(в),(c) и (d) – рис.5,б.

Алгоритм функционирования СМО:

$$\dots [(\Lambda a) (P\alpha)(Ua) (R1)(A) \bullet (\Lambda в) (P\alpha)(Uв) (R1)(B) = (ав) \bullet (\Lambda c)(P\alpha)(Uc) (R2)(C) \bullet (\Lambda d) (P\alpha)(Ud) (R2)(D) = (cd)] = (авcd)(P\alpha)\dots$$

Модульный принцип построения автоматических систем СМО позволяет создавать структуры любой сложности, а типизация алгоритмов предполагает эффективную разработку программ управления системами сборки и монтажа изделий машиностроения.

### Список литературы

1. Гусарев В.С. Структурные схемы сборочных автоматов // сб. Автоматизация сборочных процессов. – Рига: РПИ – МО ЛССР. – 1980. – С. 5-10.
2. Бондарь В.И., Гусарев В.С., Панов Л.И. Исследование потенциальных возможностей автоматизированной сборки и монтажа изделий // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. – Харків: ХНТУСГ, 2007. – Вип. 61. – С. 160-163.

### Анотація

#### Модульна побудова складально-монтажного встаткування для машинобудування

*У роботі описана модульна побудова складально-монтажного встаткування для машинобудування*

### Abstract

#### Modular assembly and mounting hardware for engineering

*The paper describes a modular building assembly and installation of equipment for engineering*