

**УДК 621.981****В.С. Гусарев,**доцент,  
Одесский  
национальный  
политехнический  
университет**СТРУКТУРЫ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ**

*В.С. Гусарев. Структуры гибких производственных систем.* В этой статье представлены и уточнены элементы модульной структуры гибких производственных систем (ГПС).

*V.S. Gusarev. Structura Flexible Manufacturing Systems (FMS).* In this paper we study and specification parameters the modular design structure Flexible Manufacturing Systems (FMS).

В современном производстве все большую роль играет применение гибких автоматических производственных систем (ГПС). Эти системы обладают высокой универсальностью, т.е. широким диапазоном возможностей по обработке разнообразных деталей. В зарубежной литературе для обозначения таких систем используется аббревиатура FMS - Flexible Manufacturing Systems. Гибкость (Flexible), как термин пришел к нам в американской интерпретации понятия из японской экономической литературы. Он переводит известное японское выражение «Гибкое дерево не ломается», т.е. бамбук в тайфун гнется, а не ломается. Смысл понятия относят к мягкому выходу без больших потерь из экономических кризисов. Поэтому под гибким автоматизированным производством понимают органическое сочетание специальной (гибкой) технологии, позволяющей быстро и с минимальными затратами перестроить производство на выпуск нового вида продукции с автоматизацией технологических операций, которые исключают необходимость непосредственного участия людей в производственном процессе.

В свое время автор предлагал термин маневренность, как способность менять технологическую стратегию для обеспечения эффективной перестройки системы на выпуск разных, но близких по структуре изделий [1]. Такое ГАП, требующее участия минимального количества людей для осуществления функций контроля, наладки, устранения неожиданных помех, стало возможным на базе применения станков с ЧПУ, обрабатывающих центров, особого вида автоматических линий (АЛ), робототехнических комплексов (РТК) промышленных роботов с их способностью к быстрому и легко осуществимому

программированию, или переобучению. Обеспечение перечисленных свойств и возможностей ГПС приводит к появлению определенной структурной избыточности, как в технологических средствах, так и в элементах автоматизации. Сотни ГПС, созданных к настоящему времени в разных странах весьма разнообразны, как по своей масштабности, так и уровню автоматизации. При проектировании таких систем возникают определенные трудности в представлении взаимодействия станков, роботов, транспортной и складской систем. Разрешению этих сложностей, по мнению автора, позволит метод структурных схем. В основу схем положены структурные элементы (рис.1).

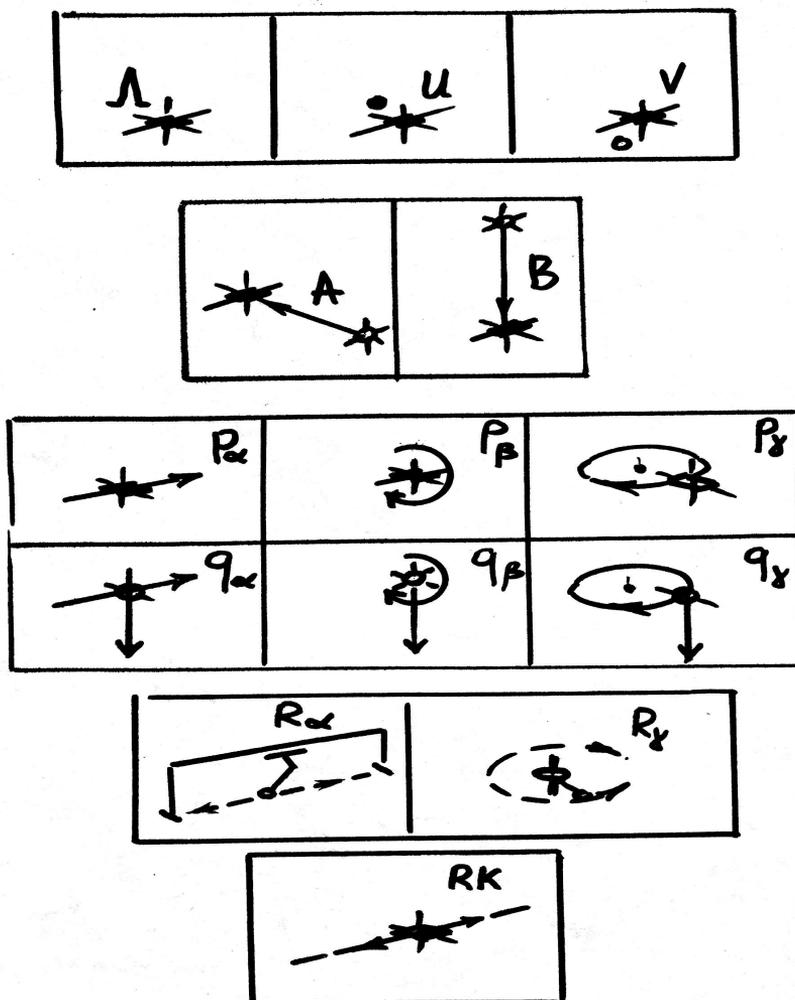


Рис.1 Структурные элементы схем ГПС (АЛ, РТК)

Первые три элемента – «ячейки» позиции станков, складов, транспортеров. Следующие две ячейки с технологическими операторами

(А) и (В) – это обрабатывающие устройства; затем три транспортных элемента для деталей, ячеек (спутников) с механизмами: линейного ( $P\alpha$ ), кругового ( $P\beta$ ) и орбитального ( $P\gamma$ ) перемещения, и три – для манипуляции инструментами-операторами ( $q\alpha$ ), ( $q\beta$ ), ( $q\gamma$ ), последние три элемента – роботы: линейного ( $R\alpha$ ), орбитального ( $R\gamma$ ) и общего (робот-кар) – ( $Rk$ ) транспортирования.

Первоначально структура гибких систем строилась на базе АЛ, в которых выпуск разных технологических объектов – деталей обеспечивался наличием некоторого избыточного запаса инструментов ( $A_i, B_i, C_i$ ) в головках револьверного типа ( $q\gamma$ ), общая связь станков обеспечивает транспортер ( $P\alpha$ ). Такие АЛ позволяли обрабатывать ТО с незначительными различием в структуре. Например, производить обработку корпусов двух-четырёх-шести-цилиндровых компрессоров. Обычно на таких АЛ обработка ведётся с применением спутников, поэтому в схеме предусматривается их транспортный возврат ( $P\alpha_2, P\alpha_3, P\alpha_4$ ) в исходное положение. Недостатком таких схем является возможность пропустить один из станков, не прерывая его работы. Для обеспечения такого варианта работы используют транспортные перегружатели, при необходимости пропускающие ТО мимо станка.

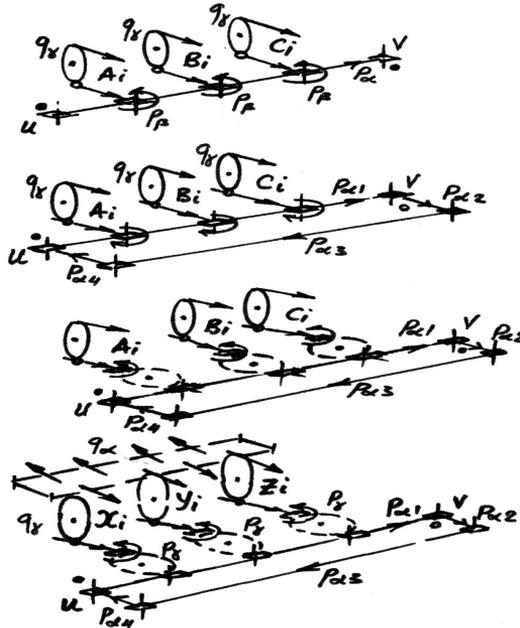


Рис.2 Структуры и эволюция ГПС на базе автоматических линий (АЛ)

Уровень гибкости повышается, если между станками производится обмен инструментами, что обеспечивает общий их магазин (рис. 2). В

этих системах реализуются идеи проф. С.П. Митрофанова о групповой обработке деталей. Отметим, что если комплексная деталь состоит из  $i = n$  элементов, то общее число деталей, обрабатываемых системой, будет определяться по формуле  $N = 2^n - 1$ , например, при  $n = 4$ , получим  $N = 15$ .

Второй этап развития ГПС - это так называемые модульные структуры. В них модуль «станок – робот» являются локальной структурой. В качестве перегружателей использованы подвесные роботы. Эта схема была реализована в проекте СКБ-3, для обработки валов. Дальнейшим развитием является схема, в которой использованы два модульных потока, объединенных с помощью общего магазина для технологических объектов разной конфигурации (рис.3)

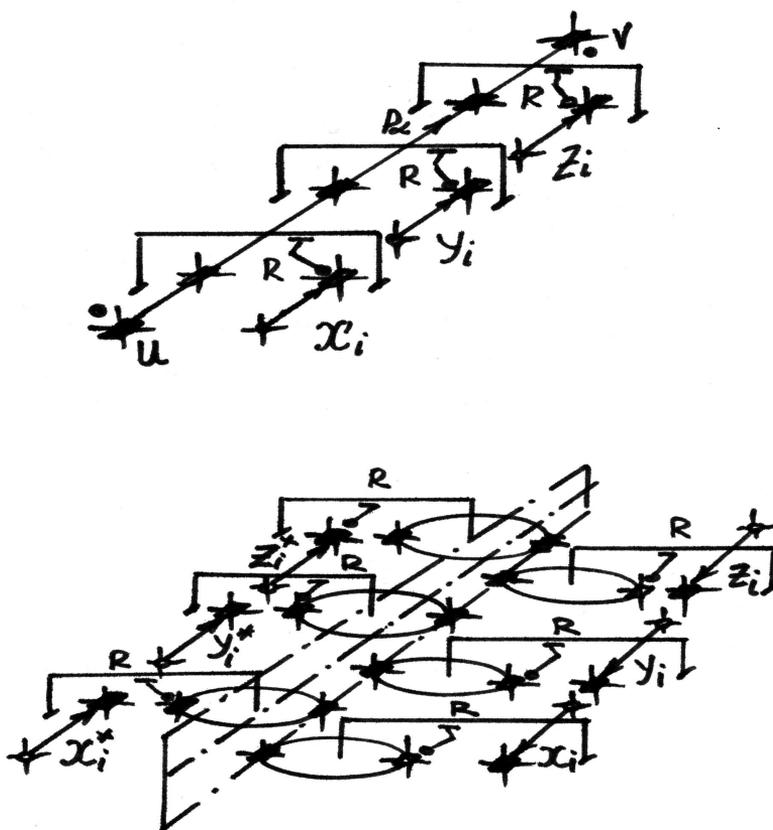


Рис. 3 Модульная схема СКБ-3 и её развитие в ГПС второго уровня.

Следующий этап развития ГПС - это модули, объединенные в локальные участки. Они состоят из двух, трех модулей, содержащих в своей структуре магазин ( $\Lambda$ ) для ТО. Общее обслуживание модулей

обеспечивается применением робота - кара ( $R_k$ ). Такие гибкие участки применяют для обработки корпусных деталей (Рис.4). В их используют обрабатывающие центры различной конфигурации, которые имеют индивидуальные роботы - перегружатели ( $R_\gamma$ ), кантователи деталей ( $P_\beta$ ), магазины инструментальные ( $q_\gamma$ ) и манипуляторы для смены инструментов ( $q_\gamma$ ).

Представленные ниже участки различаются примененными в них станками. Во второй структуре используется станки, допускающие возможность обработки с двух сторон одновременно (рис. 4).

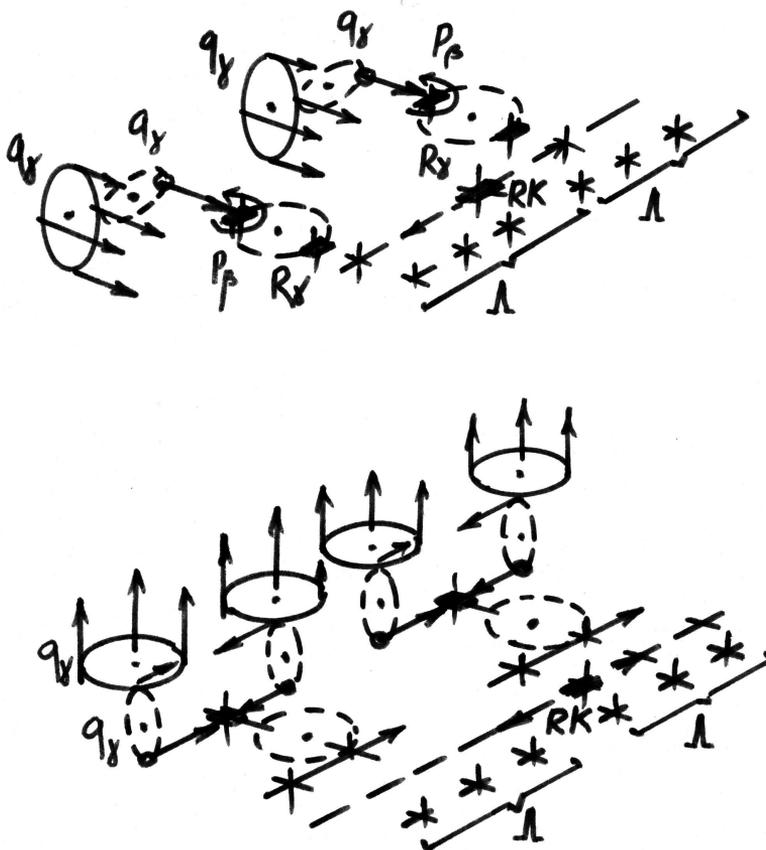


Рис. 4. Участки ГПС из модулей для обработки корпусных деталей.

Именно в гибком автоматизированном производстве (ГАП) обеспечивается одновременно высокая гибкость, степень автоматизации и производительность. По этим важнейшим показателям ГАП являются наиболее современными и перспективными типами производства. Сложность ГПС определять следует по трем показателям гибкости [2]:

- числом возможных поверхностей обработки и количеством сформированных из них комбинаций деталей,
- числом технологических операций и количеством маршрутов обработки, сформированных на их массиве,
- числом станков и количеством инструментов размещенных в них.

Кроме указанных показателей, следует учитывать длительность: цикла технологического и цикла выпуска, а так же длительность переходного процесса при обработке разнообразных деталей, Не малое значение имеет организация очереди деталей, как объекта обслуживания станками, как субъектами системы обслуживания, которой и является ГПС.

### **Литература**

1. Гусарев В.С. Маневренные и самоорганизующиеся (технологические)машины-автоматы. АН СССР, Отделение механики и процессов управления./сб. Теория машин автоматического действия. - М. Наука , 1970. с.63-74.
2. Якимов О.В. Гусарев В.С. и др. Технологія автоматизованого машинобудування. – Одеса: ОНПУ, 2008.- 410 с.

*Надійшла до редакції 22.01.2015*