

УДК 691.981

**В.С. ГУСАРЕВ**, канд. техн. наук, Одесса, Україна

## ГПС И АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Структурні схеми ГПС організовані за принципом предметних ділянок, які реалізують модульні принципи. Алгоритми функціонування ГПС утворюють систему виразів за аналогією з алгоритмами функціонування РТК.

**Ключові слова:** структурні схеми ГПС, модульний принцип, алгоритм функціонування

Структурные схемы ГПС организованы по принципу предметных участков, которые реализуют модульные принципы. Алгоритмы функционирования ГПС образуют систему выражений по аналогии с алгоритмами функционирования РТК.

**Ключевые слова:** структурные схемы ГПС, модульный принцип, алгоритм функционирования

Structural diagram of GPS [1], organized on the principle of substantive plots that implement modular principles. Algorithms of functioning, they form a system of expressions similar to RTK.

**Keywords:** structural diagram of GPS, modular principle, algorithms of functioning

Структурные схемы ГПС[1] организованы по принципу предметных участков, которые реализуют модульные принципы. Алгоритмы функционирования ГПС образуют систему выражений по аналогии с алгоритмами функционирования РТК. В обоих случаях отдельные станки (обрабатывающие центры) связаны между собой действиями робота, поэтому объединяющим действием является алгоритм его работы.

Алгоритм функционирования ПР содержит операции действия, которые обеспечивают связь «магазин - накопитель - обрабатывающий станок».

Типовые структуры ГПУ-РТК содержат, чаще всего, один магазин-накопитель и несколько технологических модулей-станков, связь между ними осуществляет ПР.

В ГПС для обработки технологических объектов (ТО) типа корпусных деталей применяют в качестве связующего и перегружающего средства робот - тележку (РК). Для ТО типа тел вращения применяются ПР подвесные к эстакаде, или, если ТО перемещаются в таре, то используется робот-тележка(РК). ПР и РК могут быть одноместными и двухместными, поэтому при одинаковой структуре ГПУ-РТК могут значительно различаться алгоритмом функционирования из-за различий в обслуживании ПР технологической системы. В технологической системе ГПС-РТК наблюдается поточность прохождения ТО по ТС, но каждый раз перед тем, как ТО попадет в ТС, он извлекается из магазина накопителя, где ТО постоянно сохраняется. Существуют разные причины организации такой структуры.

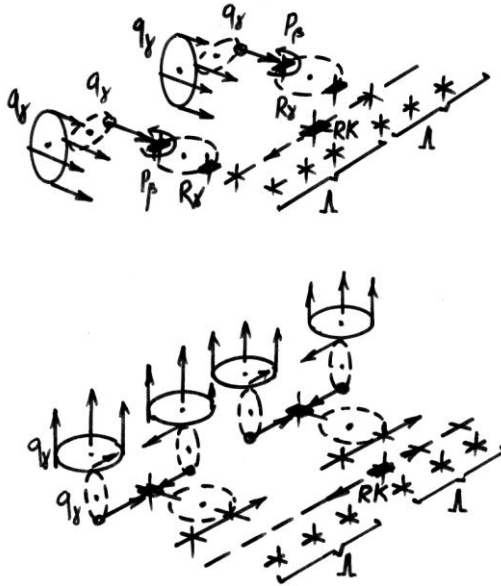


Рисунок 1 – ГПС – РТК

Первая, наиболее часто встречается при обработке корпусных деталей, связана с изменением базирования ТО и необходимости переустановки ТО с одного спутника на другой, в связи с этим, производится изменение несущего ТО спутника ПР.

Вторая, наиболее часто встречаемая причина, возникает при транспортировке мелких ТО в таре. В этом случае на обработку поступает партия ТО после обработки, она в таре возвращается в магазин-накопитель.

Так организованная система становится независимой по структуре и по алгоритму функционирования. В такой системе необходим второй ПР, который производит извлечение ТО из тары и ввод его в станок, а после обработки возвращение обратно в тару. Обычно ПР, выполняющий эту функцию, встраивается в ТС, образуя с ним модульную подсистему РТК [2].

Рассмотрим некоторые технические решения упомянутых видов ГПС.

Пусть ГПУ-РТК состоит из магазина-накопителя и двух станков (рис.1). На первом выполняются операции  $A_1 A_i$ , на втором –  $B_1 B_i$ . Магазин содержит ячейки: с заготовками ( $U$ ), полуобработанными деталями ( $A$ ) и свободными ( $V$ ) для готовых деталей. Работа ГПУ-РТК заключается, например, в обработке следующей серии ТО:  $a_1, \dots, a_1 a_2, \dots, b_1, \dots, b_1 b_2, \dots, a_1 b_1, \dots, a_1 a_2 b_1, \dots, a_1 b_1 b_2, \dots, a_1 a_2 b_1 b_2$ .

Состав ГПС в операторном представлении прост, сложность представляет алгоритм действия промышленного робота.

$$(U))\downarrow R,$$

$$S_1 = (A_1qqA_2qq)\downarrow R,$$

$$(A))\downarrow R,$$

$$S_2 = (B_1qqB_2qq)\downarrow R,$$

$$(V))\downarrow R.$$

Рассмотрим его функционирование. ПР забирает (1) обработанную деталь со станка ( $S_2$ ), переносит (2) в ячейку ( $V$ ) и оставляет там (3), перемещается (4) к ячейке ( $A$ ), берет (5) полуобработанную деталь и переносит (6) в станок ( $S_2$ ), загружает (7) его, далее перемещается (8) к станку ( $S_1$ ), забирает (9) деталь и переносит (10) ее в ячейку ( $A$ ), загружает (11) ее, затем перемещается (12) к ячейке ( $U$ ), берет (13) заготовку, переносит (14) в станок ( $S_1$ ) и загружает (15) его, далее возвращается (16) к станку ( $S_2$ ), конец цикла.

Схема алгоритма функционирования ПР приведена на рис. 2.

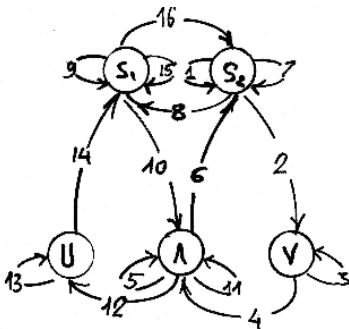


Рисунок 2 – Граф-схема алгоритма функционирования ПР в ГПУ-РТК

Матрицы связи и смежности, и длительности действий ПР имеют вид:

$U$	$A_i$	$A$	$B_i$	$V$	$U$	$A_i$	$A$	$B_i$	$V$	$U$	$A_i$	$A$	$B_i$	$V$
$U$	13	14	0	0	$U$	1	1	0	0	$U$	$\tau_3$	$\tau_2$	0	0
$A_i$	0	9,15	10	16	$A_i$	0	11	1	1	$A_i$	0	$\tau_3\tau_3$	$\tau_2$	$\tau_1$
$A$	12	0	5,11	6	$A$	1	0	11	1	$A$	$\tau_1$	0	$\tau_3\tau_3$	$\tau_2$
$B_i$	0	8	0	1,7	$B_i$	0	1	0	11	$B_i$	0	$\tau_1$	0	$\tau_3\tau_3$
$V$	0	0	4	0	$V$	0	0	1	0	$V$	0	0	$\tau_1$	0

Подставляя в матрицу смежности вместо булевых единиц значения длительности действия ПР(в нашем случае это робот - кар)  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$  и суммируя, получим следующее выражение длительности работы ПР:

$$\tau R = 4\tau_1 + 4\tau_2 + 8\tau_3,$$

или в общем виде

$$\tau R = 2S(\tau_1 + \tau_2 + 2\tau_3),$$

где  $S$  – число обслуживаемых станков,

$\tau_3$  – время загрузки (выгрузки),

$\tau_2$  – время перемещения ПР с деталью.

$\tau_1$  – время перемещения ПР без детали.

Далее, если последнее аддитивное выражение заменить на мультипликативное и подставить значения вероятности срабатывания  $r_1, r_2, r_3$ , то получим:

$$rR = (r_1 \cdot r_2 \cdot r_3^2)^S.$$

Естественно, число действий будет:  $HR = H_0 + (S - 1)H + 1$ ,

где  $H_0 = 7; H = 8$ .

Если структура ГПУ-РТК содержит один магазин накопитель, в котором через одну объединенную ячейку входят и выходят заготовки полуфабрикаты и готовые изделия при том же числе станков  $S = 2$ , состав ГПУ-РТК станет проще.

$$\begin{aligned} &(V) \downarrow R(U) \downarrow R, \\ S_1 &= (A_1 q q A_2 q q) \downarrow R, \\ S_2 &= (B_1 q q B_2 q q) \downarrow R. \end{aligned}$$

Работа ПР строится по простому алгоритму аналогично рассмотренному выше.

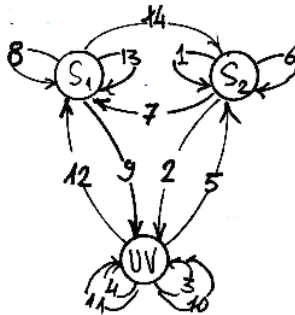


Рисунок 3 – Граф - схемы алгоритмов функционирования ПР в ГПУ-РТК с объединенной ячейкой (VU)

Матрицы связи и смежности, и длительности действий ПР имеют вид:

	<i>VU</i>	<i>A<sub>i</sub></i>	<i>B<sub>i</sub></i>		<i>VU</i>	<i>A<sub>i</sub></i>	<i>B<sub>i</sub></i>		<i>VU</i>	<i>A<sub>i</sub></i>	<i>B<sub>i</sub></i>
<i>VU</i>	3,4,10,11	12	5	<i>VU</i>	1111	1	1	<i>VU</i>	$\tau_3\tau_3\tau_3\tau_3$	$\tau_2$	$\tau_2$
<i>A<sub>i</sub></i>	9	8,13	14	<i>A<sub>i</sub></i>	1	11	1	<i>A<sub>i</sub></i>	$\tau_2$	$\tau_3\tau_3$	$\tau_1$
<i>B<sub>i</sub></i>	2	7	1,6	<i>B<sub>i</sub></i>	1	1	11	<i>B<sub>i</sub></i>	$\tau_2$	$\tau_1$	$\tau_3\tau_3$

Следовательно:

длительности цикла работы ПР –  $\tau R = 2 S(\tau_1 + 2\tau_2 + 4\tau_3)$ ,

надежности функционирования –  $rR = (r_1 \cdot r_2^2 \cdot r_3^4)^{2S}$ ,

во всех этих формулах *S* – число станков в системе.

Получим следующие формулы для расчетов: числа движений:

$$HR = H_0 + (S - 1)H + I,$$

где  $H = 6$ ;  $H = 7$ ,

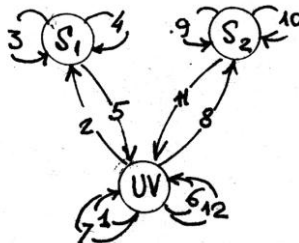
Наиболее простое решение ГПУ-РТК с точки зрения алгоритма функционирования ПР (или РТ) получается при использовании двурукого ПР (или двуместного РТ) и технологическом оборудовании, допускающем многостороннюю обработку (рис. 3).

$$(V)\downarrow R(U)\downarrow R,$$

$$S_1 = (A_1qqA_2qq)\downarrow R,$$

$$S_2 = (B_1qqB_2qq)\downarrow R,$$

Алгоритм функционирования в этом случае не содержит перемещений ПР без детали, как это было в раннее.



Матрицы связи и смежности, и длительности действия имеют вид:

	<i>UV</i>	<i>S<sub>1</sub></i>	<i>S<sub>2</sub></i>		<i>UV</i>	<i>S<sub>1</sub></i>	<i>S<sub>2</sub></i>		<i>UV</i>	<i>S<sub>1</sub></i>	<i>S<sub>2</sub></i>
<i>UV</i>	1,6,7,12	2	8	<i>UV</i>	1111	1	1	<i>UV</i>	$\tau_3\tau_3\tau_3\tau_3$	$\tau_2$	$\tau_2$
<i>S<sub>1</sub></i>	5	3,4	0	<i>S<sub>1</sub></i>	1	11	0	<i>S<sub>1</sub></i>	$\tau_2$	$\tau_3\tau_3$	0
<i>S<sub>2</sub></i>	11	0	9,10	<i>S<sub>2</sub></i>	1	0	11	<i>S<sub>2</sub></i>	$\tau_2$	0	$\tau_3\tau_3$

Отсюда следует: длительность цикла действия ПР -  $\tau R = 2S(\tau_2 + 2\tau_3)$ ,  
надежность функционирования -  $rR = (r_2 \cdot r_3^2)^{2S}$ .

число действий  $HR = H_0 + (S - 1)H + 4$ , при  $H_0 = 2$ ;  $H = 6$ .

Получим  $HR = 2 + (S - 1)6 + 4$ .

В рассматриваемой ГПС отсутствует ожидание ПР. Исследование надежности функционирования ГПС ( $\tau_0$ ) и действия, связанные с перемещениями ПР без изделия ( $\tau_1$ ), допустимое время его работы составит  $[\tau S] = 10$  ЕВ, при этом надежность функционирования, если  $r_2 = 0,995$ ;  $r_3 = 0,99$ , будет  $rR = (0,995 \cdot 0,99^2)^4 = 0,817$ , т.е. из  $10^4$  циклов вероятность отказами будут всего 183 цикла.

Исследования надежности функционирования ГПС, проводимые в разных странах, указывают на единственный фактор, приводящий к некоторым потерям надежности - это операции перегрузки технологического объекта со станка на станок, которые выполняет ПР.

Поэтому японские специалисты считают, что оптимальное число станков обслуживаемое одним ПР два, при одном магазине-накопителе заготовок и спутников, являющейся многоразовой, используемой тарой.

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.

**Список использованных источников:** 1. Гусарев В.С. Маневренные и самоорганизующиеся (технологические) машины-автоматы./ Отделение механики и процессов управления. АН СССР. Теория машин автоматического действия. –М. Наука.1970. с.63-74. 2. Структуры гибких производственных систем. / Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. //Зб. Наукових праць. Вип.. 3(8).2015.с.143-150. 3. Гибкая сервисная система Тошиба для гибких производственных систем.// Японская техника и промышленность. Станкостроение и роботостроение Вип.1. «Промтех». 1982 .с.98-100.

**Bibliography (transliterated):** 1. Gusarev V.S. Manevrennye i samoorganizujushiesja (tehnologicheskie) mashiny-avtomaty./ Otdelenie mehaniki i processov upravlenija. AN SSSR. Teorija mashin avtomaticheskogo dejstvija. –M. Nauka.1970. s.63-74. 2. Struktury gibkih proizvodstvennyh sistem. / Informacijni tehnologii v osviti, nauci ta virobnictvi. //Zb. Naukovih prac'. Vip.. 3(8).2015.s.143-150. 3. Gibkaja servisnaja sistema Toshiba dlja gibkih proizvodstvennyh sistem.// Japonskaja tehnika i promyshlennost'. Stankostroenie i robotostroenie Vyp.1. «Promteh». 1982 .s.98-100.