

## УДК 621.981



**В.С. Гусарев,**

доцент,  
Одеський  
національний  
політехнічний  
університет

### КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ (ТП) И СТРУКТУР МАШИН (СМ)

*В.С. Гусарев. Критерії оцінки моделей технологічних процесів (ТП) і структур машин (СМ).* Розглянуто критерії оцінки різних структур процесів і структур машин. Узагальненим критерієм є кількість рухів.

*V.S Gusarev. Criteria otsenki models tehnolohycheskyh processes (TP) structures and machines (SM).* The criteria of evaluation of various structures of processes and structures of machines. Generalized criterion is the number of movements.

**Введение.** Для поиска решения задачи по оценке моделей технологических процессов рассмотрим терминологию:

**1. Критерий** — (греч. criterion) - признак, на основании которого формируется оценка объекта, процесса, мера оценки, создает базис (основание, правило) для принятия решения о соответствии предъявленным требованиям

**2. Показатель** — обобщённая характеристика какого-либо объекта, системы, процесса или его результата.

**3. Модель** (лат. modulus —аналог,образец») — это абстрактное представление реальности в какой-либо форме (математической, физической, **символической**, **графической** или дескриптивной), предназначенное для представления определенных аспектов этой реальности и позволяющее получить ответы на изучаемые вопросы.

Для оценки ТП и СМ использованы такие показатели:

**E** - число ячеек (позиций),

**F**- число потоков,

**G**- число операторов (механизмов),

**H** - число операционных действий (движений),

**$\tau_c$** - цикл выпуска.

Приведенные критерии, как показатели, характеризуют модели технологического процесса обработки или сборки и их (схемную) реализацию в структуре технологической машины. В зависимости от необходимого выпуска изделий, сложности и количества технологических операций может быть предложено *конечное множество*, хотя и достаточно большое, вариантов решений. Существуют пределы, в которые укладываются варианты решения. Нижний предел состоит из структуры с одной ячейкой, в которой должны выполняться все технологические операции (концентрация операций по Ф.С. Демьянюку) и все сопутствующие вспомогательные операции. Верхний предел определяется числом ячеек равным количеству технологических операций (дифференциация операций по А.П. Соколовскому) и им сопутствующим вспомогательных операций. В случае автоматизированной системы структура машины с одной ячейкой представляется многооперационным станком типа «обрабатывающий центр». Многоячеистые системы - это автоматические линии (АЛ), робототехнические комплексы (РТК), гибридные производственные системы (ГПС), в том числе автоматические роторные системы Л.Н.Кошкина. Оценка принятых модельных решений по предложенным критериям является объективным измерителем их эффективности. Ниже представлены варианты некоторых ТП и СМ для реализации на модельном уровне.

1. Модель, с одной ячейкой  $E = 1$ , которая соответствует единичной матрице технологических операций (ТОП), содержащей одну технологическую операцию ( $A_1$ ), представляет собой структуру однооперационной машины. Для реализации процесса требуется единственный рабочий механизм  $G = 1$ . Этот механизм, выполняет одно рабочее действие  $H = 1$ . Общее число действий в ячейке с учетом ввода и вывода технологического объекта (ТО) в ячейку:  $H = 1 + 2$ .

2. Модель с одной ячейкой  $E = 1$  и матрицей-столбцом ТОП, представляет собой машину с набором из ( $m$ ) инструментов для последовательной обработки одноименных поверхностей. В этой машине реализация процесса обеспечивается двумя механизмами  $G = 2$ : рабочим  $A_1$  и транспортным  $q$ . Последний представляет собой револьверную головку, производящую замену инструмента. В этой модели число действий  $H$  зависит от количества технологических ( $m$ ) и транспортных ( $m-1$ ) операций, а также двух операций ввода и вывода ТО, определяется по формуле:  $H = m + (m-1) + 2$ .

В примере  $m = 3$ .

3. Модель с одной ячейкой  $E = 1$ , представлена матрицей-строкой ( $n$ ), то число операторов будет три  $G = 3$ . В этой машине реализация процесса обеспечивается тремя механизмами  $G = 3$ : одним - рабочим  $A_1$

и двумя - транспортными  $q$  и  $p$ . Первый ( $q$ ) -представляет собой револьверную головку, производящую замену инструмента, а второй ( $p$ )-механизм ориентации технологического объекта относительно рабочего механизма (инструмента).

Эти операторы выполняют рабочее действие  $A_1$  - ( $n$ - раз), действие по замене инструментов  $q$  ( $n-1$ ) - раз и изменению положения  $p$  ( $n-1$ ) – раз, а с учетом действий по вводу и выводу технологического объекта из системы число действий  $H$  будет определяться следующей формулой:

$$H = n + (n-1) + (n-1) + 2 = n + 2(n-1) + 2.$$

Более сложным является вариант, если модель с одной ячейкой  $E=1$  и тремя механизмами  $G = 3$ , должны реализовать процесс, описываемый матрицей-таблицей ( $mn$ ). Здесь возможны два предельных варианта технологической реализации процесса, тогда с учетом этого число действий  $H$  будет определяться по формуле:

$$H = mn + (mn-1) + (n-1) + 2, \text{ в первом варианте.}$$

или по формуле:

$$H = mn + 2(mn-1) + 2 \text{ во втором.}$$

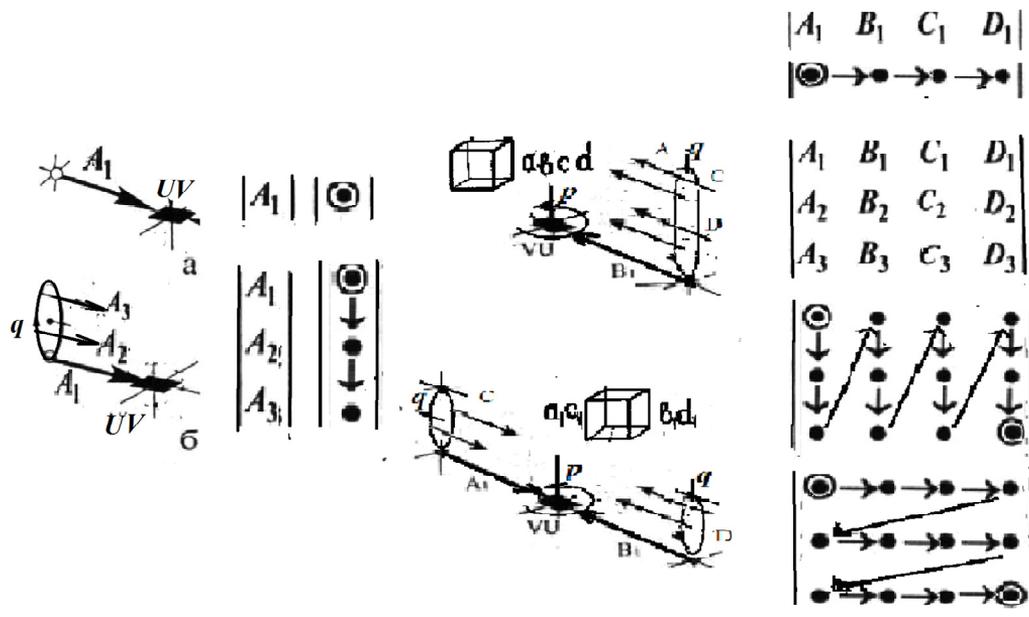


Рис. 1 Структурные модели машин с одной ячейкой и процесса с различными матрицами ТОП

Особенностью машин с однопячейной структурой является последовательное выполнение всех операций. Машин с такой структурой в производстве носят название обрабатывающий центр (ОЦ).

Возможны модели с одной ячейкой, но одновременным инструментальным воздействием на разные элементы ТО. По упомянутому принципу возможно осуществить как (subtraction-вычитание) обрабатывающие, так и аддитивные (addetivction- сложение) сборочно-монтажные технологические процессы. Совершенно не технический пример: - медицинская операционная практика – одновременное воздействие (subtraction) на «объект» по нескольким его элементам. Возможно и выполнение нескольких сборочных (addetivction) операций на стапеле с помощью промышленных роботов. Принципиально сборочно-монтажный стапель - это одна ячейка в модели с многосторонним, одновременным воздействием (установкой деталей) на разные элементы объекта (базовой детали).

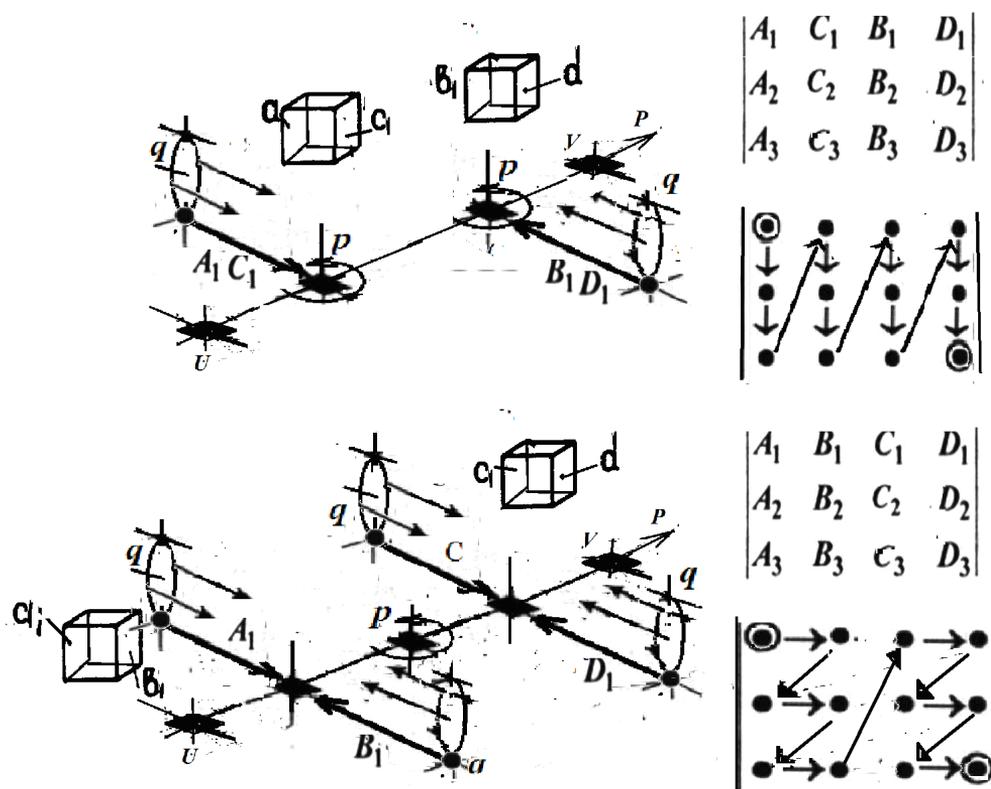


Рис. 2 Структурная модель машины (АЛ) с несколькими ячейками и револьверными головками для полной матрицы ТОП

Структурные решения с числом ячеек больше единицы  $E > 1$  представляют собой варианты многопозиционных машин, которые имеет

либо «жесткие связи» между собой с помощью транспортеров, либо «мягкие связи» с помощью роботов. Первые из них – это автоматические линии той или другой сложности, вторые - «гибридные робототехнические (гибкие) технологические системы». Для оценки первых достаточны критерии *E, F, G, H*, то для вторых, в дополнении к упомянутым, показатели «гибкости» первого  $\Gamma(N)$  и второго  $\Gamma(M)$  рода. В остальном нахождение критериальных показателей аналогично приведенному выше. В целом можно сделать дополнительный вывод о том, что изменение числа ячеек (позиций) в структурах приводит к изменению длительности цикла выпуска ( $\tau_c$ ).

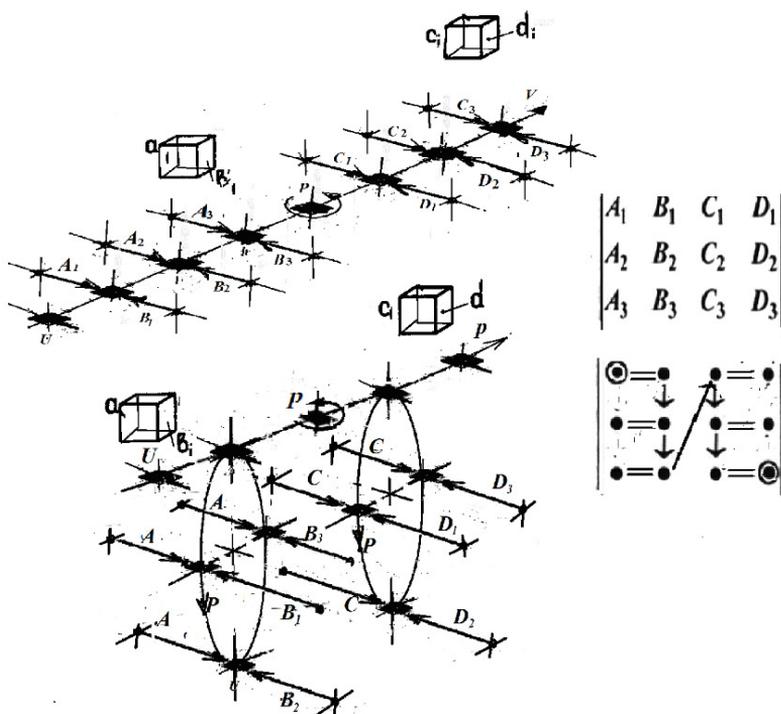


Рис. .3 Структурные модели технологических машин (автоматических линий) с устройствами без револьверных головок.

Общая формула для определения числа действий (движений) в структуре ОЦ, РТК и ГПС, с некоторой корректировкой, будет:

$$H = H(X) + H(q) + H(p) + H(UV) + H^{\circledast} + H(A),$$

где  $H(X) = n$ , или  $= m$ , или  $= mn$  - число действий рабочих операторов обработки или сборки определяется матрицей ТОП,

$H(q) = (m-1)n$ , - число действий револьверной головки или манипулятора замены (рабочего оператора) инструмента,

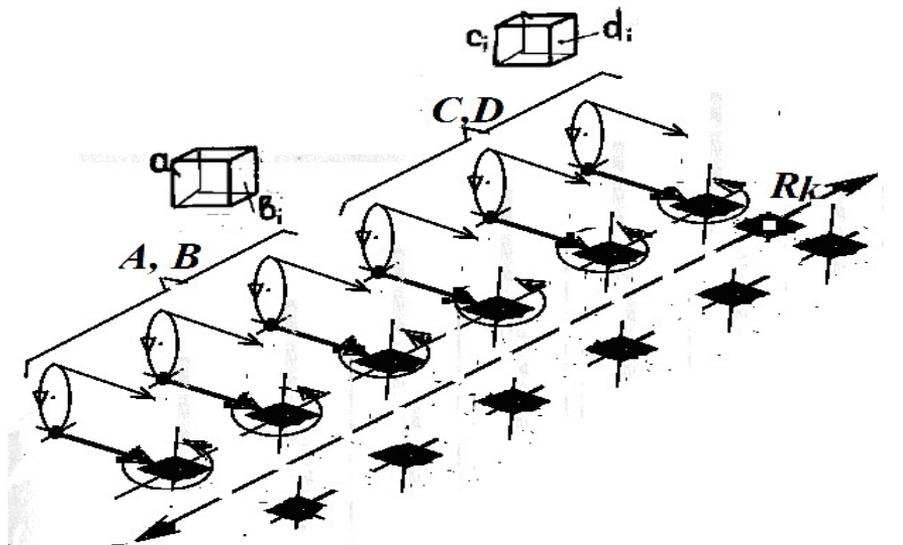


Рис. 4 Структурная модель «гибридная робототехническая (гибкая) технологическая система». – станки  $A, B, C, D$  с револьверными головками  $q$  и транспортным обслуживанием с помощью промышленного робота-тележки  $Rk$ .

$H(p) = 2(n-1)$ , или  $=2(mn-1)$ ; - число действий транспортного оператора по перемещению или ориентации технологического объекта,

$H(UV) = 2$  – число действия по вводу и выводу технологического объекта в систему,

$H(R)$  - число действий робота по обслуживанию системы,

$H(A)$  – число действий в магазине –накопителе.

Общая формула для определения числа действий (движений) в структуре АС, АЛ будет

$H = H(X) + H(q) + H(p) + H(UV)$ , где  $H(X) = mn$  -число действий рабочих операторов обработки или сборки,  $H(q) = (m-1)n$  - число действий револьверной головки или манипулятора замены рабочего оператора (инструмента),

$H(p) = (mn/k-1)$  или  $=2(mn-1)$  - число действий транспортного оператора по перемещению или ориентации технологического объекта,

$H(UV) = 2$  – число действия по вводу и выводу технологического объекта в систему,

Общая формула для определения числа действий (движений) в структуре роторных АЛ и роторно-конвейерных систем будет:

$$H = H(X) + H(q) + H(p) + H(UV),$$

где  $H(X) = mn$  - число действий рабочих операторов обработки или сборки,

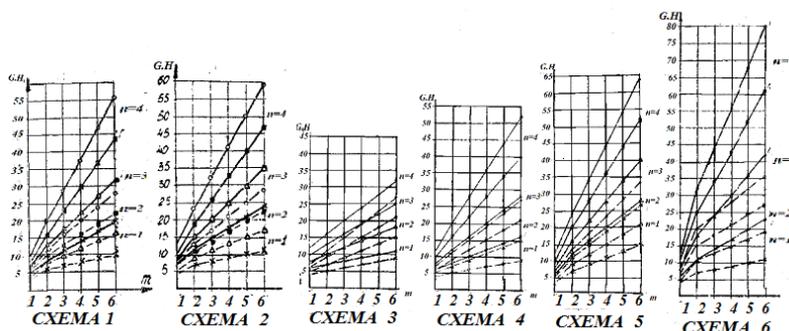
$H(q) = mn/k$  - число действий перемещения рабочего оператора (инструмента) совместно с ротором или конвейером,

$H(p) = (mn/k + n - 1)$  - число действий транспортного оператора по перемещению и ориентации технологического объекта в РАЛ, РКС,

$H(UV) = 2$  - число действия по вводу и выводу технологического объекта в систему.

Ниже приведены критерии  $G, H$  для некоторых структурных схем с различным числом технологических операций  $m$  и  $n$ .

Схема 1 соответствует «обрабатывающему центру с одной рабочей позицией, схема 2 - система из агрегатных станков с револьверными головками, схема 3 - автоматические линии с глубокой концентрацией операций в позициях, схема 4 - гибкая производственная система из многооперационных станков, схема 5 - гибридная производственная система с роботами, схема 6 - интегрированная система с роботами-перегрузчиками, манипуляторами и автоматическими складами, с многим многооперационным и многопозиционным оборудованием.



## Литература

1. Гусарев В.С. О структурных схемах автоматов и их некоторых показателях.// Научные записки. Том 47. «Вопросы технологии изготовления деталей машин». Одесса.ОПИ.1962. с.19-30
2. Гусарев В.С. , Ковальчук Е.Н. Модульное построение сборочно-монтажного оборудования для машиностроения. 17 –я Международная научно-техническая конференция «Физические и компьютерные технологии», Харьков, 2012.-с. 34-39