

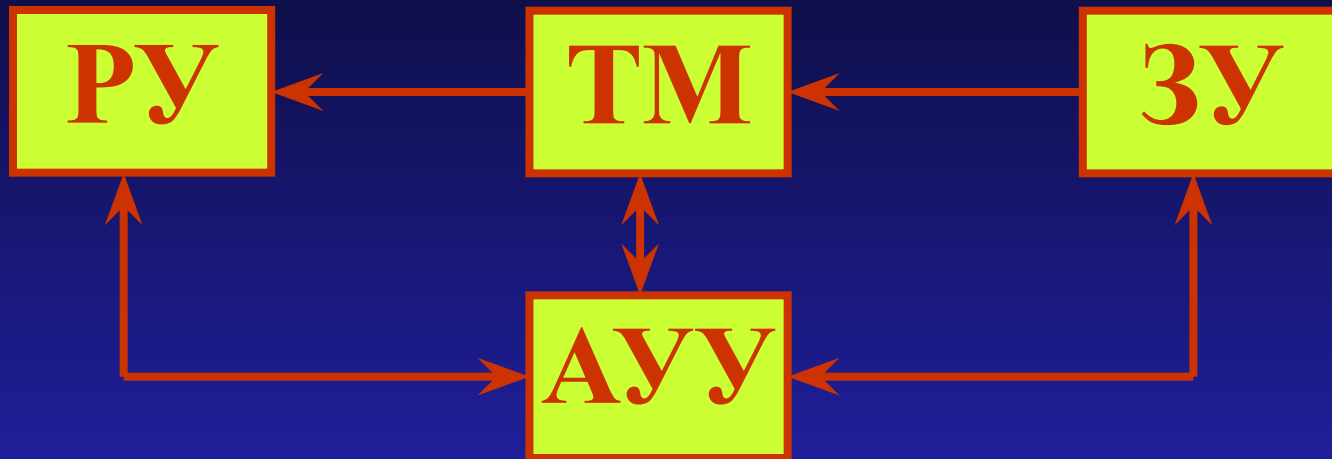
ТЕМА 3

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И НАДЁЖНОСТЬ МАШИН

ЦЕЛИ АВТОМАТИЗАЦИИ

- *сокращение трудовых затрат*
- *улучшение условий производства*
- *повышение объёмов выпуска*
- *повышение качества продукции*

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ МАШИНЫ



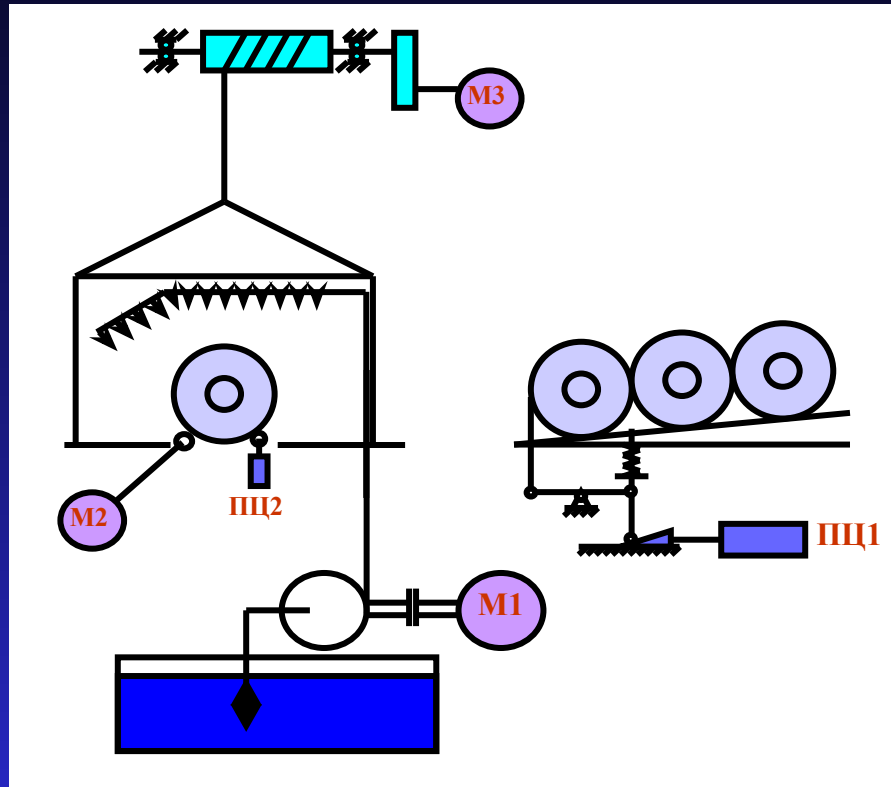
ЗУ – загрузочное устройство

ТМ – технологическая машина

РУ – разгрузочное устройство

АУУ – автоматическое устройство управления

КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ МОЕЧНОЙ МАШИНЫ



Конструктивная схема позволяет рассчитать параметры приводов, строить циклограмму, алгоритм управления, определять производительность и строить математическую модель

ЦИКЛОГРАММА РАБОТЫ

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ МЕХАНИЗМОВ

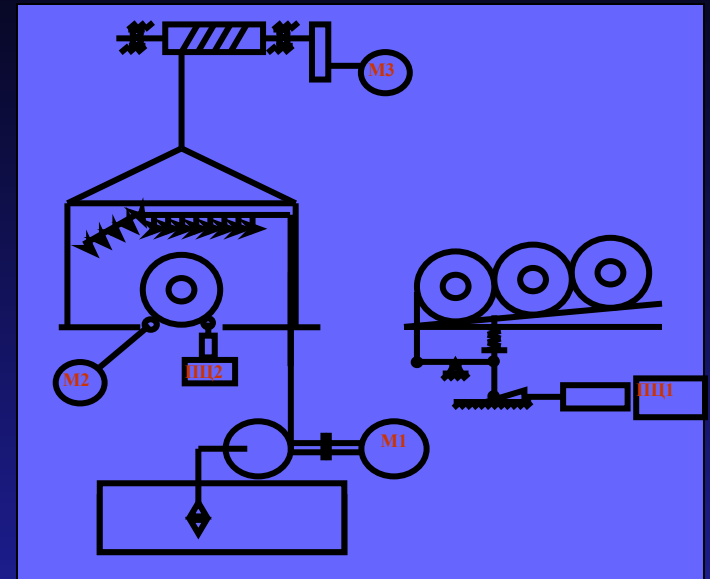
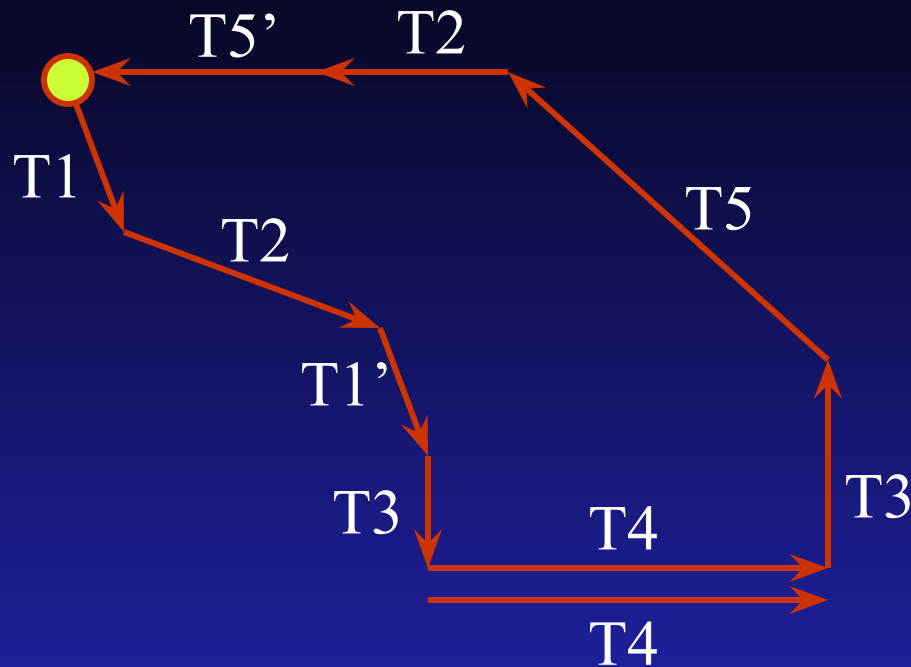
Действие	привод	Z	включений	время
Опустить питатель	ПЦ1	3	1	T1
Загрузить/выгрузить -	-	2	2	2*T2
Поднять питатель	ПЦ1	3	-	T1'
Опуст./подн.кожух	M3	3	2	2*T3
Обмывка	M1	3	1	T4
Вращать КП	M2	3	1	T4
Поднять кожух	M3	3	1	T3
Толкнуть КП	ПЦ2	3	1	T5
Выгрузить КП	-	-	1	T2
Опустить толкатель	ПЦ2	3	-	T5'



$$K_a^M = \frac{\sum_{i=1}^k q_i Z_i}{5 \sum_{i=1}^k q_i} 100\% = 0\%$$

Z_i - звенность i -го механизма, имеющего полуавтоматическое или автоматическое управление ($Z_i > 3$)

ЦИКЛОГРАММА РАБОТЫ



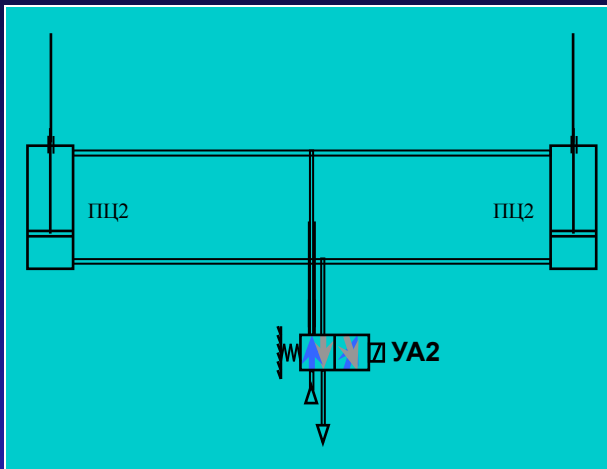
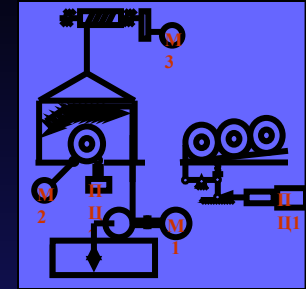
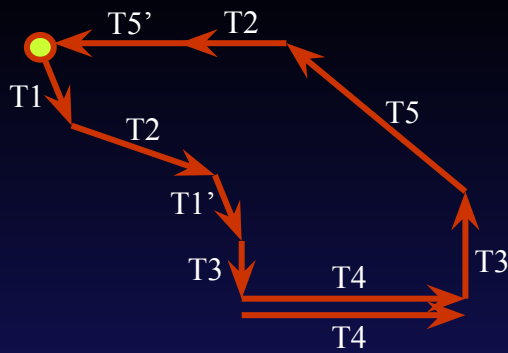
МАШИННОЕ ВРЕМЯ, ПРИХОДЯЩЕЕСЯ
НА ОДНУ КОЛЁСНУЮ ПАРУ

$$T = T1 + 2 \cdot T2 + T1' + 2 \cdot T3 + T4 + T5 + T5'$$

*ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ЦИКЛ – ЭТО ВРЕМЯ МЕЖДУ
СЪЁМОМ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ С ЛИНИИ*

Составляющие

T1 – время опускания питателя



$$T1 = t_1 + t_2 + t_3$$

t_1 - время срабатывания воздухораспределителя (зависит от типа управления)

t_2 - время распространения воздушной волны

t_3 - время перемещения поршня (прямого хода)

t_1

$t_1 = 2,625$ с. для ручного включения

$t_1 = 0,175$ с. для включения автоматического

$$t_2 = l / V_{36}$$

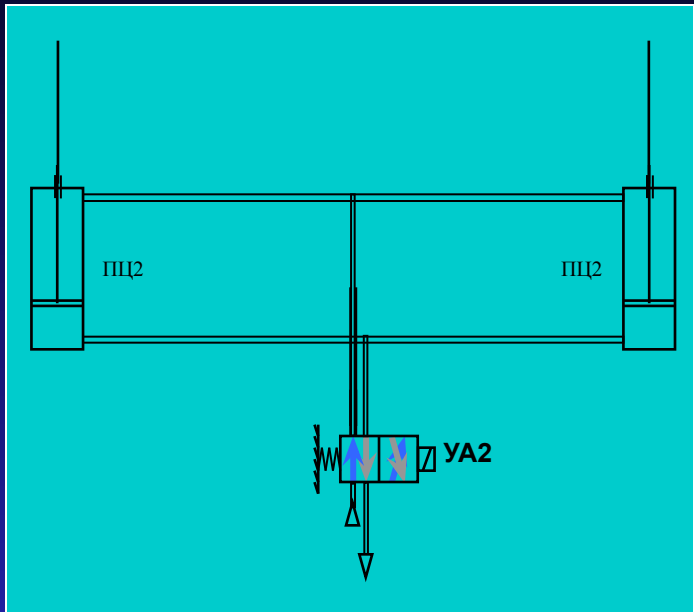
l – длина трубопровода от воздухораспределителя до пневмоцилиндра

V_{36} – скорость распространения звукового потока (звуковой волны) 341 м/с

$t_2 = 0,006$ с

ЗАМЕЧАНИЕ!

Цикл работы пневмоцилиндра



$$T_{\text{Ц}} = 2t_1 + 2t_2 + t_3 + t_3'$$

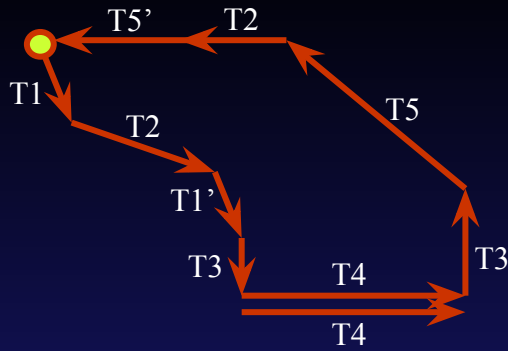
t_1 - время срабатывания воздухораспределителя
(зависит от типа управления)

t_2 - время распространения воздушной волны

t_3 - время поднятия поршня (прямого хода)

t_3' - время опускания поршня (обратного хода)

$$t_3' = 0,98 t_3$$

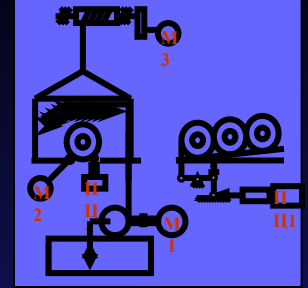


Составляющие

T_2 – время скатывания детали

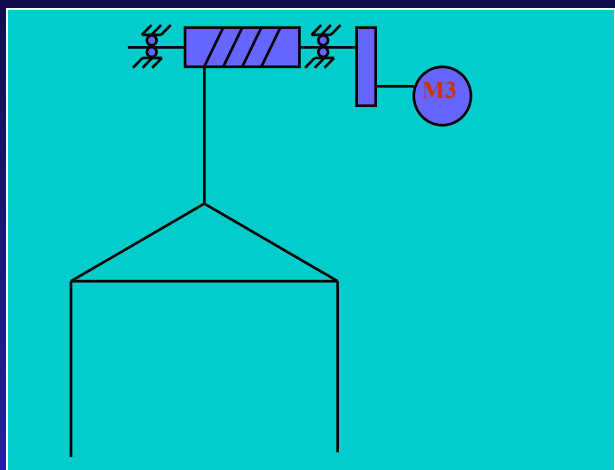
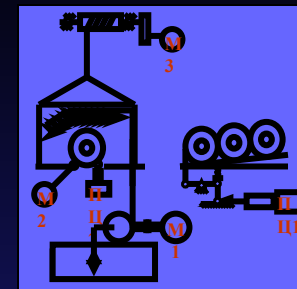
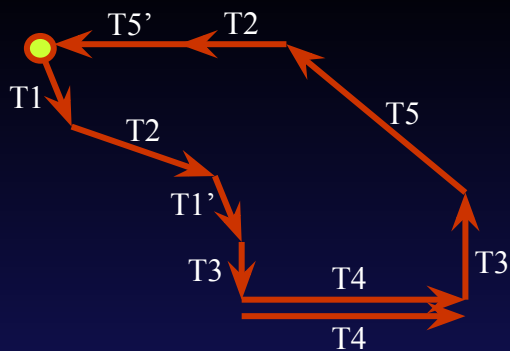
$$T_2 = 2,06\sqrt{l}$$

l – расстояние перемещения (скатывания)



Составляющие

T_3 – время опускания кожуха



$$T_3 = t_1 + t_2 + t_3$$

t_1 - время запуска двигателя
(зависит от типа управления)

t_2 - время остановки двигателя

t_3 - время перемещения кожуха (прямого хода)

t_1

$t_1 = 1,62$ с. для ручного включения

$t_1 = 0,12$ с. для включения автоматического

t_2

$t_2 = 1,62$ с. для ручного выключения

$t_2 = 0,12$ с. для выключения автоматического

Производительность

Под производительностью рабочей машины понимают количество продукции, выпускаемой в единицу времени.

Различают 3 вида производительности:

- технологическую
- цикловую
- фактическую

Технологическая производительность

Это производительность, вычисляемая без учета времени на вспомогательные и холостые движения:

$$Q_T = \frac{1}{t_p} \left[\frac{\text{шт.}}{\text{час}} \right] \text{ или } \left[\text{час}^{-1} \right]$$

t_p – длительность рабочего хода машины
Характеризует прогрессивность применяемой технологии выбранных режимов обработки изделия, является максимальной из существующих трёх видов, является идеальной производительностью, для роторных автоматов существует только технологическая

Цикловая производительность

Цикловую производительность определяют в машинах (автоматах дискретного действия), где существуют потери времени на подачу, закрепление изделий, подвод/отвод инструмента и т.п.

$$t_{\text{ц}} = t_p + t_x$$

$$Q_{\text{ц}} = \frac{1}{t_{\text{ц}}} = \frac{1}{t_p + t_x} \left[\frac{\text{шт.}}{\text{час}} \right] \text{ или } \left[\text{час}^{-1} \right]$$

$t_{\text{ц}}$ – длительность цикла

t_x – длительность холостого движения

Характеризует конструктивное совершенство машины. Чем меньше время холостого хода, тем прогрессивнее техническое решение машины

Фактическая производительность

В эксплуатации периоды работы машины чередуются с простоями из-за отказов элементов машины или профилактическими работами по её обслуживанию (чистка, смазка и т.п.).

Эти потери времени называют внецикловыми $t_{внц}$

Производительность, определяемую с учётом внецикловых потерь времени называют фактической

$$Q_{\Phi} = \frac{1}{t_{ц} + t_{внц}} \left[\frac{\text{шт.}}{\text{час}} \right] \text{ или } \left[\text{час}^{-1} \right]$$

Характеризует техническое совершенство машины, правильность её проектирования и связана со свойством надёжности.

Надёжность машины

Допущения:

Машина работает в период нормальной эксплуатации, когда постепенные отказы ещё не появились и надёжность характеризуется внезапными отказами, возникающими из-за чрезмерной нагрузки. В этом случае интенсивность отказов λ можно считать постоянной, а ВБР – подчиняется экспоненциальному закону.

$$ВБР(t) = p(t) = e^{-\lambda \cdot t}$$

Все элементы машины в смысле надёжности соединены последовательно.

$$ВБР_m(t) = p_m(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t)$$

p_i – ВБР i -го элемента

n – число элементов в машине

Внецикловые потери

Внецикловые потери на единицу продукции:

$$t_{\text{внц}} = \frac{t_{\text{нм}}}{z}$$

$t_{\text{нм}}$ – суммарные потери времени в процессе эксплуатации
 z – объём выпуска продукции

$$t_{\text{нм}} = \Phi \cdot \bar{p}_i \quad \begin{array}{l} \Phi - \text{годовой фонд рабочего времени} \\ p_i - \text{ВБР машины, } \bar{p}_i - \text{вероятность отказа} \end{array}$$

$$z = \frac{t_0}{t_{\text{ц}}} \quad \begin{array}{l} t_0 - \text{время безотказной работы машины} \\ t_{\text{ц}} - \text{длительность цикла работы машины} \end{array} \quad t_0 = \Phi \cdot p_i$$

$$t_{\text{внц}} = \frac{\Phi \cdot \bar{p}_i}{\frac{\Phi \cdot p_i}{t_{\text{ц}}}} = \frac{t_{\text{ц}} \cdot \bar{p}_i}{p_i} = \frac{t_{\text{ц}}(1 - p_i)}{p_i}$$

$$Q_{\phi} = \frac{1}{t_{\text{ц}} + t_{\text{внц}}} = \frac{p_i}{t_{\text{ц}}}$$

Пример

Дано: $t_{ц} = 0,1$ часа

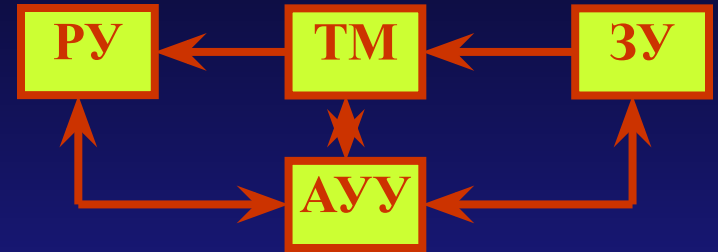
схема блоков машины см. рисунок

ВБР ЗУ $p_1 = 0,9$

ТМ $p_2 = 0,95$

РУ $p_3 = 0,8$

АУУ $p_4 = 0,95$



Определить: $Q_{ф}$

$$p_m = p_1 p_2 p_3 p_4 = 0,9 \cdot 0,95 \cdot 0,8 \cdot 0,95 = 0,65$$

$$Q_{ф} = p_m / t_{ф} = 0,65 / 0,1 = 6,5 \text{ шт./час}$$

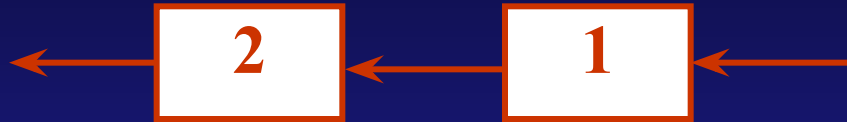
А каково время простоев $t_{внц}$ - ?

Виды компоновки машин для автоматических линий

1. - жёсткая связь станков
2. - гибкая связь станков (с промежуточным накопителем)
3. - комбинированная связь станков

Жёсткая связь станков

Наиболее дешёвая и простая схема, но и наименее надёжная



p_1 – ВБР машины 1

p_2 – ВБР машины 2

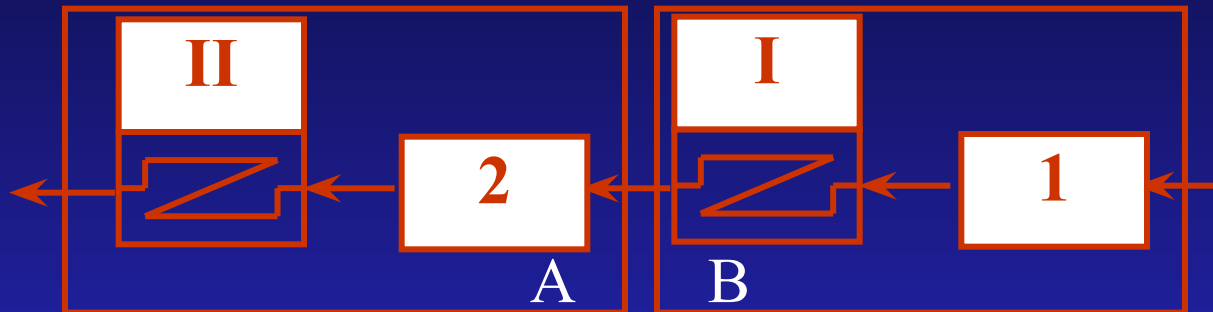
$$p_{\text{ДЛ}} = p_1 \cdot p_2$$

Гибкая связь станков (с промежуточным накопителем)

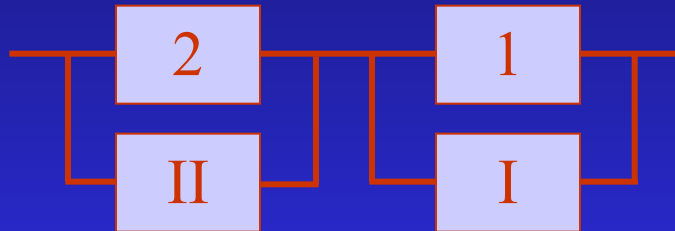
межоперационные накопители бывают:

магазинного типа штабельного типа бункерного и др.

Наиболее надёжная и производительная, но имеет высокую стоимость, большие габариты, сложна в управлении



- p_1 – ВБР машины 1
- p_I – ВБР накопителя I
- p_2 – ВБР машины 2
- p_{II} – ВБР накопителя II

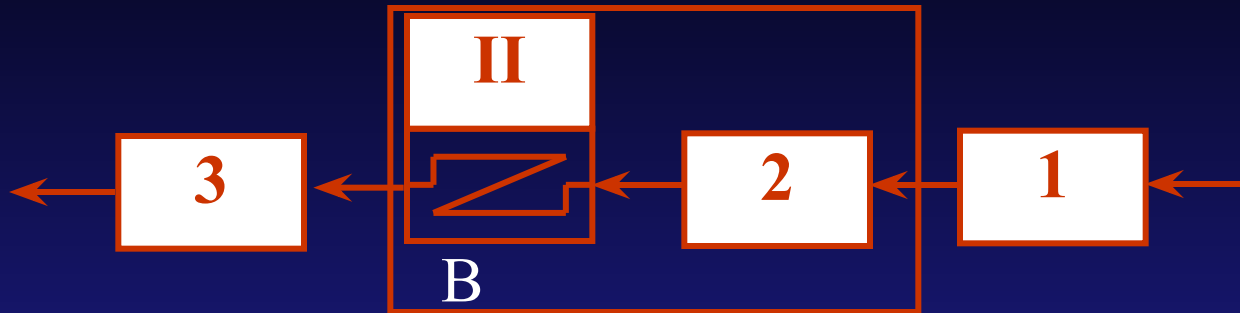


$$P_{АЛ} = P_A \cdot P_B$$

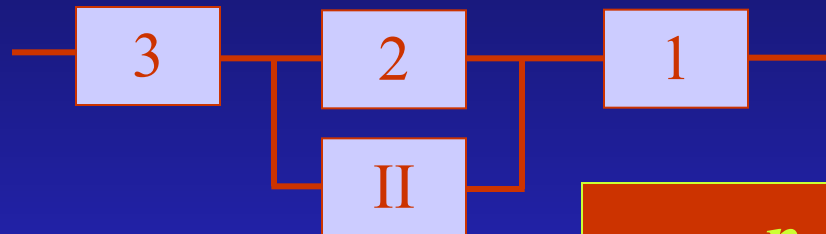
$$P_B = 1 - (1 - p_1) \cdot (1 - p_I)$$

$$P_A = 1 - (1 - p_2) \cdot (1 - p_{II})$$

Комбинированная связь станков



- p_1 – ВБР машины 1
- p_2 – ВБР машины 2
- p_{II} – ВБР накопителя II
- p_3 – ВБР машины 3



$$p_{АЛ} = p_1 \cdot p_B \cdot p_3$$

$$p_B = 1 - (1 - p_2) \cdot (1 - p_{II})$$

$$p_{АЛ} = p_1 \cdot (1 - (1 - p_2) \cdot (1 - p_{II})) \cdot p_3$$

Математические модели машин

В основе проектирования автоматических машин лежит теория производительности – это техническая теория, представляющая собой совокупность законов, понятий, идеальных объектов системно отображающих машины по производительности.

Теория позволяет установить количественное значение производительности и выбрать рациональные способы автоматизации с помощью математических моделей.

Математическая модель машины – это уравнение, связывающее производительность с важнейшими параметрами.

**МОДЕЛИ БЫВАЮТ
МНОГОФАКТОРНЫМИ И
ОДНОФАКТОРНЫМИ**

Многофакторные модели

позволяют одновременно установить связь всех основных характеристик машины с её производительностью (являются более сложными и трудоёмкими в применении)

Например модель производительности моечной машины:

$$Q = b_0 + b_1 K_a^M + b_2 q + b_3 n + b_4 V_k + b_5 V_3 + b_6 t + b_7 p$$

Производительность зависит от

K_a^M – уровня автоматизации машины,

q – подачи насоса,

n – скорости вращения колёсной пары в камере,

V_k – скорости перемещения кожуха,

V_3 – скорости загрузки,

t – температуры моющей жидкости,

p – давления жидкости перед соплом,

$b_1, b_2, b_3, \dots, b_7$ – оценки коэффициентов регрессии, определяются

экспериментально (опытным путём) и показывают степень влияния

соответствующего показателя машины на производительность.

Однофакторные модели

показывают влияние входного параметра (как правило, это уровень автоматизации или надёжность) на выходной параметр (производительность).
(используют более часто, поскольку достаточно просты в применении)

Например однофакторная модель моечной машины:

$$\hat{Q}(f) = \bar{Q} + r \frac{S_Q}{S_f} (f - \bar{f}) \quad (\text{модель корреляционного анализа})$$

f – входной параметр (уровень автоматизации или надёжность)

$$S_Q = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n Q_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n Q_i \right)^2 \right]}$$

$$S_f = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n f_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n f_i \right)^2 \right]}$$

S_Q – среднее квадратическое отклонение производительностей машин
 S_f – среднее квадратическое отклонение входного параметра машин

r – коэффициент корреляции статистической информации о машинах между Q и f

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i f_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i \sum_{i=1}^n f_i}{(n-1) S_Q S_f}$$

чем ближе r к 1, тем сильнее связь
 $0 \leq r \leq 1$

Однофакторные модели

Еще один хорошо знакомый пример однофакторных моделей:

$$Q(f) = a_0 + a_1 f$$

a_0, a_1 – оценки коэффициентов регрессии

или нелинейная модель регрессионного анализа:

$$Q(f) = c_0 + c_1 f + c_2 f^2$$

c_0, c_1, c_2 – оценки коэффициентов регрессии

f – входной параметр (в качестве которого можно взять любые характеристики машины: температура жидкости, давление, подача насоса, скорость подачи сварочной проволоки и т.п.)

Для определения значений коэффициентов регрессии, коэффициентов корреляции и среднеквадратических отклонений и т.д. необходима статистическая информация о параметрах и характеристиках существующих машин или экспериментальные данные.

СМОТРИ ЛЕКЦИЮ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ