

ТЕМА 2

ПОРЯДОК ВЫБОРА ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Порядок автоматизации:

- выбор объектов автоматизации**
- разработка вариантов автоматизации**
- выбор рационального варианта**

ОБЪЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

(метод выбора)

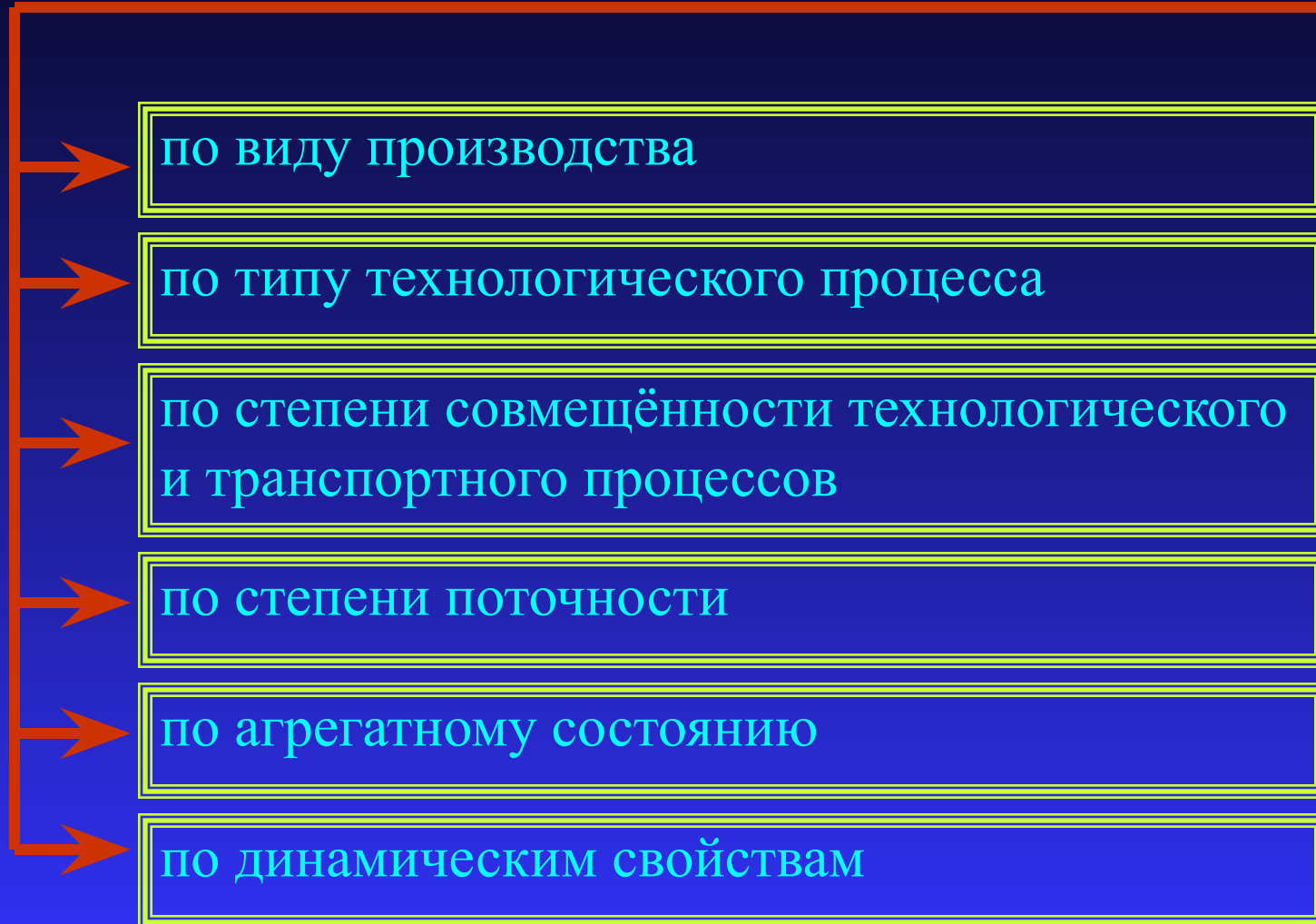
Под объектом автоматизации понимают

- машину,
- систему машин,
- рабочее место специалиста,
- производственный процесс или его составную часть, связанные в первую очередь с монотонным, тяжёлым, опасным или вредным трудом (очистка, обмывка, сварка, транспортировка, сборка и т.п.).

ЦЕЛИ АВТОМАТИЗАЦИИ

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

ОБЪЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗЛИЧАЮТ (КЛАССИФИЦИРУЮТ)



по виду производства

- вагоностроительные
 - вагоноремонтные (сложнее из-за непредсказуемости объёмов работ и инвариантности методов ремонта)
-

по типу технологического процесса

- механические (сортировка, резка, ковка, транспортировка, механическая обработка)
 - тепловые (охлаждение, нагрев, холодильные установки)
 - электрические (электроснабжение, осветительные объекты)
 - гидравлические (гидравлическая обработка, шлюзовые камеры, моечные машины)
-

по степени совмещенности технологического и транспортного процессов

- несовмещённые
 - совмещённые (более эффективны, например, роторные автоматы самые производительные)
-

по степени поточности

- поточные (можно автоматизировать с высокой эффективностью)
 - непоточные (сложно автоматизировать)
-

по агрегатному состоянию

- твердые, жидкие, газообразные
(влияют на выбор контрольных и управляющих устройств, легче автоматизировать жидкие и газообразные)
-

ПО ДИНАМИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ

- безинерционные (усилитель, компрессоры, насосы)
 - инерционные (генераторы, распределители)
 - колебательные (электромагниты, мембранные камеры)
 - дифференцирующие (трансформаторы, тахогенераторы)
 - интегрирующие (конденсаторы, гидравлические цилиндры, пневмоцилиндры)
-

ВСЕ ОБЪЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

ОБЪЕКТЫ С ПОСТУПАТЕЛЬНЫМ ВИДОМ ДВИЖЕНИЯ

$$m \frac{dv}{dt} = Q$$

m – масса

dv/dt – ускорение

Q – результирующая всех сил

ОБЪЕКТЫ С ВРАЩАТЕЛЬНЫМ ВИДОМ ДВИЖЕНИЯ

$$J \frac{d\omega}{dt} = M$$

J – момент инерции

$d\omega/dt$ – угловое ускорение

M – результирующий момент

ВСЕ ОБЪЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СОСТОЯТ ИЗ ТИПОВЫХ ОБЪЕКТОВ:

ОБЪЕКТЫ С ТЕПЛОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ

$$cm \frac{dT^0}{dt} = \Delta E$$

c — удельная теплоёмкость

m — масса тела

T^0 — абсолютная температура тела

ΔE — разность притока и оттока тепла

ВСЕ ОБЪЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СОСТОЯТ ИЗ ТИПОВЫХ ОБЪЕКТОВ:

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

$$\rho S \frac{dH}{dt} = \Delta G$$

ρ — плотность жидкости

S — площадь поверхности жидкости

H — уровень жидкости

ΔG — разность притока и оттока жидкости

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

$$\frac{V}{RT^0} \frac{dP}{dt} = \Delta G_v$$

V — объём газа R — универсальная газовая постоянная

T^0 — абсолютная температура газа

P — давление газа

ΔG_v — разность притока и оттока газа

ВСЕ ТИПОВЫЕ ОБЪЕКТЫ

можно описать дифференциальным уравнением

$$L \frac{dy}{dt} = x$$

y – выходной параметр

x – входной параметр

L – параметр, учитывающий специфику объекта – инерционность

ВЫБОР ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ

осуществляется в два этапа

I ЭТАП - предварительный

II ЭТАП - окончательный

I ЭТАП (предварительный)

Группа экспертов анализирует все элементы производственного процесса:

 потребность в повышении
 производительности участка;
 соответствие условий труда нормативам.

Возможны четыре случая:

- | | | | |
|----|------------------------|-------------|---|
| 1. | $Q_T \leq 1,25 Q_\Phi$ | $UT = N$ | АВТОМАТИЗАЦИЯ НЕЦЕЛЕСООБРАЗНА |
| 2. | $Q_T \leq 1,25 Q_\Phi$ | $UT \neq N$ | АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОПУСТИМА
(для вредного производства) |
| 3. | $Q_T > 1,25 Q_\Phi$ | $UT = N$ | АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОПУСТИМА
(не исключены другие способы повышения производит.) |
| 4. | $Q_T > 1,25 Q_\Phi$ | $UT \neq N$ | АВТОМАТИЗАЦИЯ НЕОБХОДИМА |

I ЭТАП (предварительный)

И отбирают те процессы, которые требуют автоматизации.

$Q_T \leq 1,25 Q_\Phi$ $UT \neq N$ АВТОМАТИЗАЦИЯ
ДОПУСТИМА (для вредного производства)

$Q_T > 1,25 Q_\Phi$ $UT = N$ АВТОМАТИЗАЦИЯ
ДОПУСТИМА (не исключены другие способы повышения производит.)
ЦЕЛЕСООБРАЗНА (в случае, когда $Q_T \gg Q_\Phi$)

$Q_T > 1,25 Q_\Phi$ $UT \neq N$ АВТОМАТИЗАЦИЯ
НЕОБХОДИМА

ПРИМЕР: I ЭТАП

Принимаем параметры для существующего производства
ПУСТЬ:

программа ремонта депо составляет 5 грузовых вагонов в смену

(можно принять от 4 для пассажирских депо до 8 для грузовых)

число смен в сутках 2 смены

(можно принять 1, 2 смены)

продолжительность смены 8 часов

(может быть 8 или 12 часов)

количество рабочих дней в году 260 рабочих дней в году

(число дней в году зависит от попаданий праздников на выходные, в среднем – 260)

годовой фонд рабочего времени депо $8 \cdot 2 \cdot 260 = 4160$ часов в год

*(определяется: продолжительность смены * число смен * рабочих дней в году)*

РАССМОТРИМ РАБОТУ КОЛЕСНОГО УЧАСТКА ДЕПО

объём ремонта колесных пар $5 \cdot 4 \cdot 2 = 40$ колесных пар в сутки

существующая производительность $40/16 = 2,5$ (3) колесные пары в час

программа ремонта $3 \cdot 4160 = 12480$ кол. пар в год

РАССМОТРИМ ОТДЕЛЕНИЕ ОБМЫВКИ КОЛЕСНЫХ ПАР

ПРИМЕР: I ЭТАП

**ТРЕБУЕМУЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ОПРЕДЕЛИТЬ ИСХОДЯ ИЗ РАСЧЕТА
НЕОБХОДИМОСТИ ВЫПУСКА 10 ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ В СУТКИ
ИЛИ 8 ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ**

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА

ВРЕДНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОБМЫВКИ КОЛЕСНЫХ ПАР:

- применение растворов каустической соды в опасных для человека концентрациях (1,5..2%), - горячая вода и содовый раствор (температура 80...90 ° С),
- высокое давление жидкости (10...40МПа);
- наличие паров жидкостей, содержащих вредные вещества,
- повышенная влажность,
- грязь, пыль.

ОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОЕЧНЫХ МАШИН:

- использование электрооборудования насосов, пневмо- и электроприводов механизмов подъема дверей (кожухов), электрооборудования конвейеров;
- возможность травм рабочих при их падении, столкновении с поднимающимися дверями (кожухами), при взаимодействии с растворами вредных и горячих жидкостей.

ОПАСНОСТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ КОЛЕСНЫХ ПАР:

- травмы рабочих при перемещении грузов с помощью несамоходных тележек массой более 60 кг (для женщин) и 100 кг (для мужчин);
- травмы рабочих при падении;
- травмы рабочих из-за неисправности подъемно-транспортного оборудования;
- поражения электрическим током.

ПРИМЕР: I ЭТАП

ТРЕБУЕМАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СОСТАВИТ
80 КП В СУТКИ (5 ШТУК В ЧАС)

УСЛОВИЯ ТРУДА ТРЕБУЕТСЯ УЛУЧШАТЬ, т.е.

$$UT \neq N$$

УСЛОВИЕ ПО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ:

$$Q_T = 5 \text{ час}^{-1} \quad 1,25 Q_\Phi = 1,25 \cdot 3 = 3,75 \text{ час}^{-1}$$

$$Q_T > 1,25 Q_\Phi$$

**вывод: АВТОМАТИЗАЦИЯ
НЕОБХОДИМА**

II ЭТАП (окончательный)

Для объектов, требующих автоматизации:

1. определяют оптимальный уровень автоматизации K_a^{opt}
2. комплект автоматических машин, исходя из условий
$$\overline{K}_a \approx K_a^{opt}; \quad K_2 \leq \frac{(C_1 - C_2) + E_H K_1}{E_H}.$$
3. определяют годовой экономический эффект и составляют приоритетный список объектов
4. для вариантов с наибольшими эффектами определяют основные технические требования (потребную производительность, уровень автоматизации, критическую стоимость)

ОПТИМАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ АВТОМАТИЗАЦИИ

ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ
АВТОМАТИЗАЦИИ НЕОБХОДИМО **СОСТАВИТЬ**
МАТЕМАТИЧЕСКУЮ МОДЕЛЬ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА,
Т.Е. **СВЯЗАТЬ** КАКОЙ-ЛИБО
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ
С ПАРАМЕТРОМ (ПАРАМЕТРАМИ) ЭТОГО
ПРОЦЕССА.

Примем в качестве модели
уравнение приведённых затрат:

$$Z = 1/N (A_0 P_y + A_1 Ч_c + A_2 C_0) \rightarrow \min$$

$A_0 A_1 A_2$ - коэффициенты приведения

$N=Q\Phi$ - годовой объём выпуска продукции

P_y - мощность установленного электрооборудования

$Ч_c$ - численность персонала

C_0 - стоимость машины

Q - производительность машины

Коэффициенты приближенно:

$$A_0 = (0,0028\Phi + 6,17)$$

$$A_1 = (1,14\Phi + 547)$$

$$A_2 = 0,22$$

Φ – годовой фонд времени работы машины, час.

ПРИНЯТАЯ МОДЕЛЬ, ИМЕЕТ ВИД

$$Z = \frac{1}{Q \cdot \Phi} \left[(0,0028\Phi + 6,17)P_y + q_c(1,14\Phi + 547) + 0,22C_0 \right]$$

в выражении четыре величины связаны с
уровнем автоматизации машины

$$Q=f_1(K_a), \quad P_y=f_2(K_a), \quad q_c=f_3(K_a), \quad C_0=f_4(K_a),$$

таким образом

$$Z=F(K_a) \rightarrow \min$$

ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

требуется определить зависимость (связь)
мощности электрооборудования,
численности персонала, производительности
и стоимости машины
от уровня автоматизации машины.

Для этого собирают статистические данные

Показатель	Значения для существующих машин			
	1	2	3	...
K_a				
P_y				
q_c				
C_0				

ПРИМЕР определения СВЯЗИ (зависимости)

мощности и уровня автоматизации

1. Зададим модель связи:

пусть связь будет линейной

$$P_y(K_a) = a + a_1 K_a$$

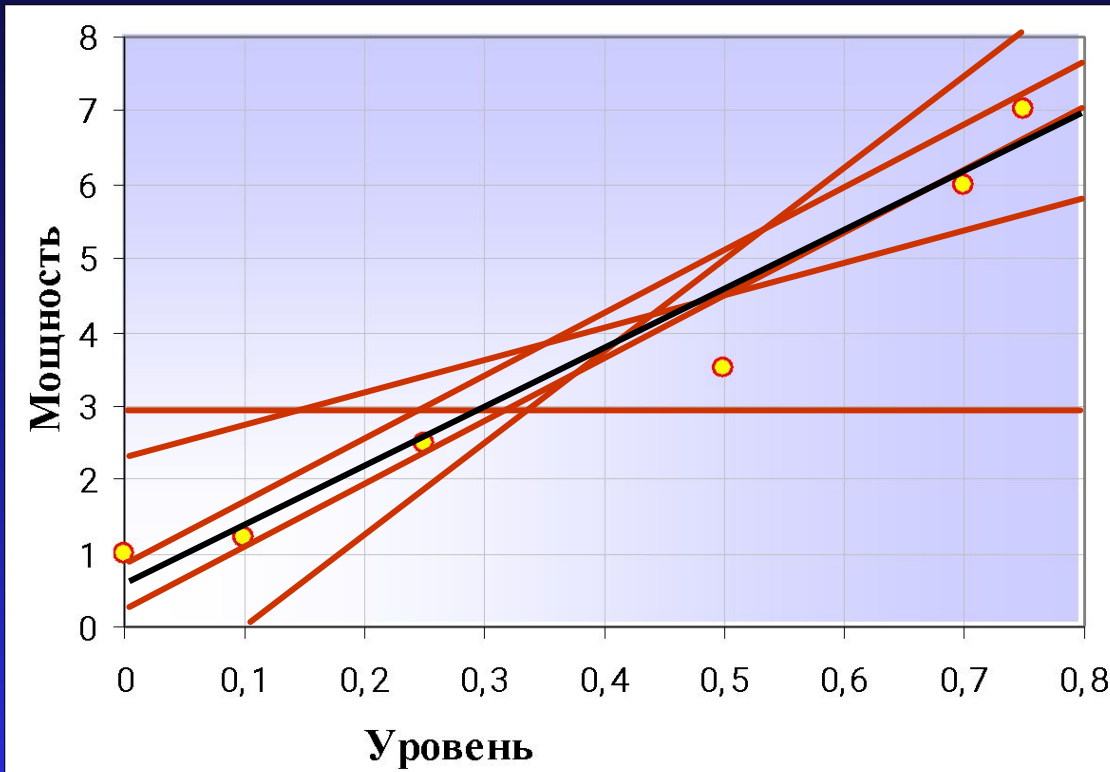
a и a_1 – оценки коэффициентов регрессии, которые нужно получить

2. Собрать статистику по существующим машинам:

Статистика по машинам							
Показатель	Размерность	Номер машины					
		1	2	3	4	5	6
Уровень автоматизации	-	0	0,1	0,25	0,5	0,7	0,75
Мощность	кВт	1	1,2	2,5	3,5	6	7
Численность	-	2	2	2	1	0,5	0,5
Стоимость	тыс. руб.	5	6	11	17	27	29

ТРЕБУЕТСЯ

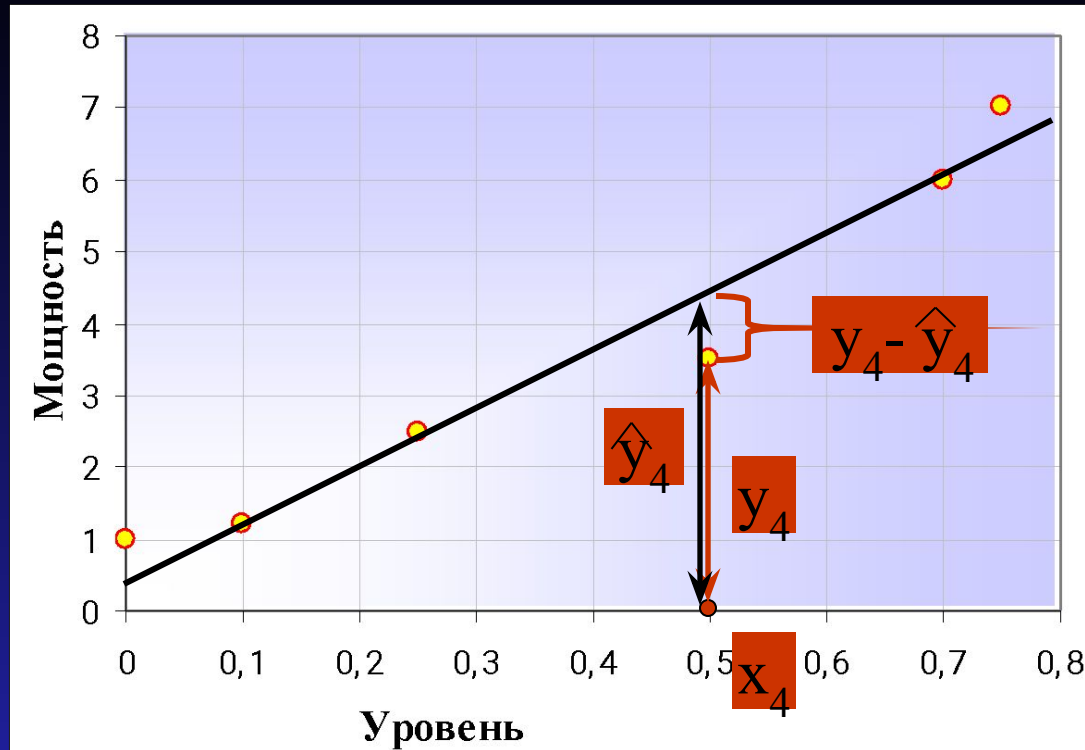
подобрать положение на плоскости кривой заданного вида



$$P_y(K_a) = a + a_1 K_a$$

Т.е. подобрать коэффициенты регрессии таким образом, чтобы «кривая» проходила как можно ближе к статистическим значениям

ПРИМЕР



Лучшей будет та кривая, для которой сумма квадратов отклонений графика от статистических значений имеет наименьшее значение, т.е. минимальна:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \rightarrow \min$$

ЦЕЛЕВАЯ ФУНКЦИЯ
МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ
КВАДРАТОВ

ПРИМЕР

ЗАМЕНИМ:

$$\sum_{i=1}^m ((y_i - \hat{y}_i)^2 + \hat{a}_1 x_i) \rightarrow \min$$

имеем функцию с двумя неизвестными:

- это коэффициенты регрессии a и a_1

y_i — статистическое значение мощности
электрооборудования P_y для i -ой машины

x_i — значение уровня автоматизации Ka
для i -ой машины

ПРИМЕР

Для нахождения a и a_1 , дающих наименьшее значение целевой функции, требуется найти выражения в частных производных, приравнять их к нулю и решить систему уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial ЦФ}{\partial a} = 0 : & na + a_1 \sum_{i=1}^n K_{ai} = \sum_{i=1}^n P_{yi} \\ \frac{\partial ЦФ}{\partial a_1} = 0 : & a \sum_{i=1}^n K_{ai} + a_1 \sum_{i=1}^n K_{ai}^2 = \sum_{i=1}^n K_{ai} P_{yi} \end{cases}$$

В МАТРИЧНОЙ
ФОРМЕ
СИСТЕМА
УРАВНЕНИЙ

$$\begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n K_{ai} \\ \sum_{i=1}^n K_{ai} & \sum_{i=1}^n K_{ai}^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a \\ a_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n P_{yi} \\ \sum_{i=1}^n K_{ai} P_{yi} \end{bmatrix}$$

ПРИМЕР

Решение системы в матричной форме имеет вид:

$$\begin{bmatrix} a \\ a_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n K_{ai} \\ \sum_{i=1}^n K_{ai} & \sum_{i=1}^n K_{ai}^2 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n P_{yi} \\ \sum_{i=1}^n K_{ai} P_{yi} \end{bmatrix}$$

т.е. ОБРАТНУЮ МАТРИЦУ ТРЕБУЕТСЯ УМНОЖИТЬ НА
ВЕКТОР ПРАВОЙ ЧАСТИ СИСТЕМЫ

РЕАЛИЗУЕМ ЭТОТ АЛГОРИТМ В *EXCEL*

ПРИМЕР

Статистика по машинам							Суммы			
Показатель	Номер машины									
	1	2	3	4	5	6				
Уровень автоматизации	0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,8	ΣKa	2,3	ΣKa2	1,375
Мощность	1	1,2	2,5	3,5	6	7				
Численность	2	2	2	1	0,5	0,5	ΣP	3	ΣKaP	11,95
Стоимость	5	6	11	17	27	29				

=МОБР

(A10:B10) Система уравнений

6	2,3
2,3	1,375

=МУМНОЖ(A14:B15;C14:

C15))

21,2
11,95

=СУММ(B6:G6*B4:G4)

Обратная матрица

0,465	-0,78
-0,78	2,027

Решени

a	=	0,50639
a ₁	=	7,73986

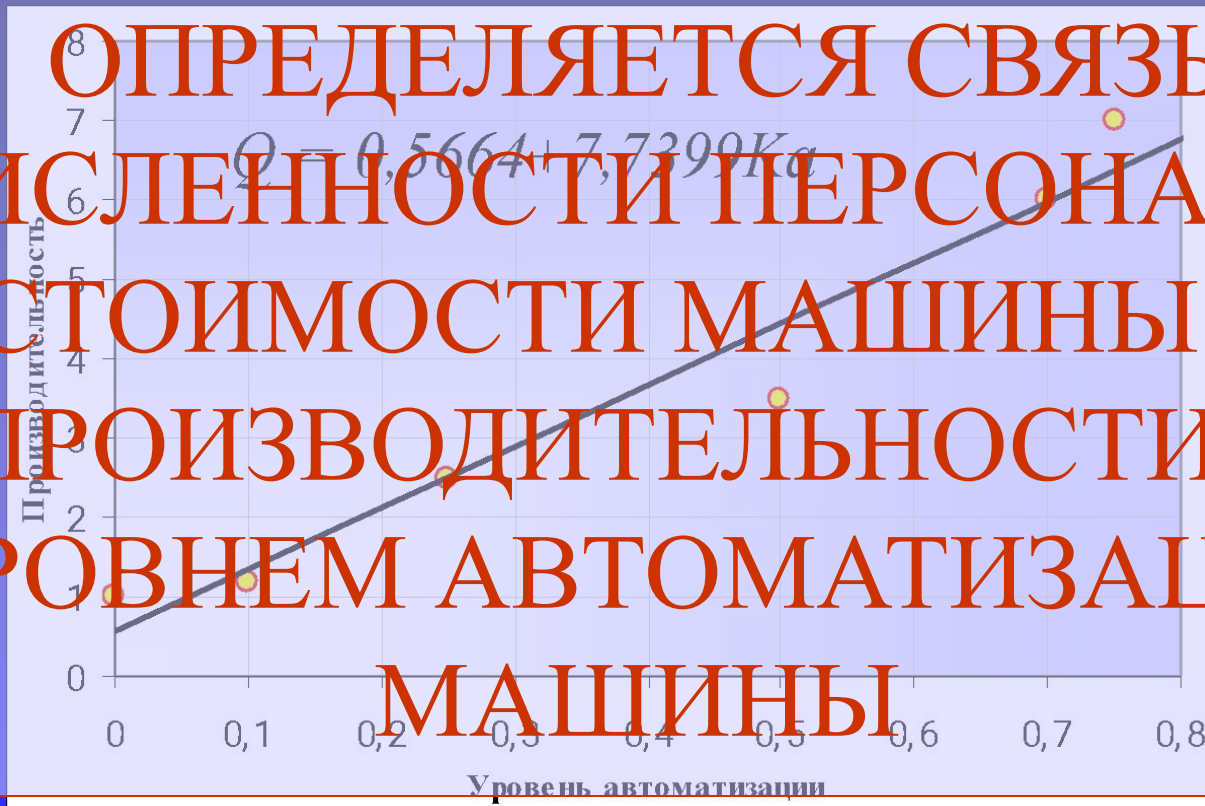
ПРИМЕР

Решение:

АНАЛОГИЧНО

СВЯЗЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ С УРОВНЕМ
АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ МАШИН КОНКРЕТНОГО
ТИПА ИМЕЕТ ВИД:

ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ СВЯЗЬ
ЧИСЛЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА,
СТОИМОСТИ МАШИНЫ И
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ С
УРОВНЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ
МАШИНЫ



РЕКОМЕНДАЦИИ:

принять:

линейную модель зависимости численности персонала от уровня

автоматизации $Ч_c = b + b_1 K_a$

$$\begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n K_{ai} \\ \sum_{i=1}^n K_{ai} & \sum_{i=1}^n K_{ai}^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n P_{yi} \\ \sum_{i=1}^n P_{yi} K_{ai} \end{bmatrix}$$

и квадратичную зависимость стоимости машины от уровня

автоматизации $C_0 = c + c_1 K_a - c_2 K_a^2$

$$\begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n K_{ai} & -\sum_{i=1}^n K_{ai}^2 \\ \sum_{i=1}^n K_{ai} & \sum_{i=1}^n K_{ai}^2 & -\sum_{i=1}^n K_{ai}^3 \\ -\sum_{i=1}^n K_{ai}^2 & -\sum_{i=1}^n K_{ai}^3 & \sum_{i=1}^n K_{ai}^4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} c \\ c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n C_{0i} \\ \sum_{i=1}^n C_{0i} K_{ai} \\ \sum_{i=1}^n C_{0i} K_{ai}^2 \end{bmatrix}$$

Правила проектирования машин и их математические модели

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.

ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

При построении математических моделей полагают, что независимо от своего назначения они имеют единые правила проектирования:

1. правило идентичности

1.1 по принципам автоматизации

(принцип достижения конечного результата, принцип комплексности, принцип экономической целесообразности)

1.2 по принципам управления

(разомкнутого управления, замкнутого управления, принцип компенсации)

1.3 по принципам конструирования

(повышения: производительности, уровня автоматизации, долговечности, безотказности и снижения: масс, удельных энергозатрат, затрат на техническое обслуживание и ремонт машины)

2 правило компонования

означает, что при проектировании машины применяют метод дедукции (от общего к частному):

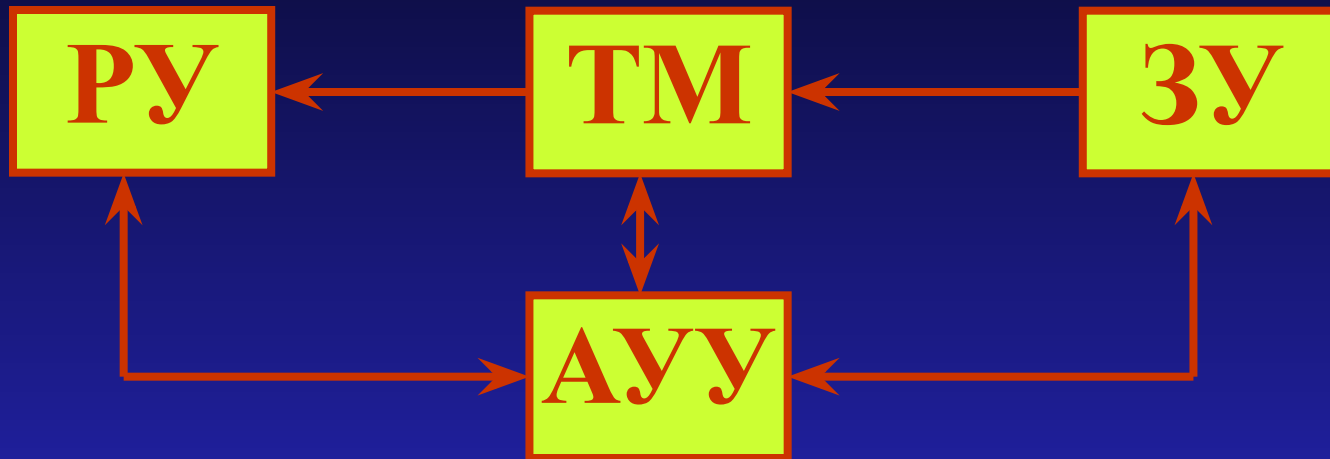
ИДЕЯ - СТРУКТУРНАЯ СХЕМА -
КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА - ОБЩИЙ ВИД - УЗЕЛ -
КОНЕЧНАЯ ДЕТАЛЬ

Создание конструктивной схемы

Структурная схема – графическое изображение машины в условных обозначениях с указанием наиболее важных связей между функциональными блоками машины

Конструктивная схема получается на основе структурной схемы путем замены её функциональных блоков типовыми конструктивными модулями автоматов (машин), выполняющими соответствующие функции.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ МАШИНЫ



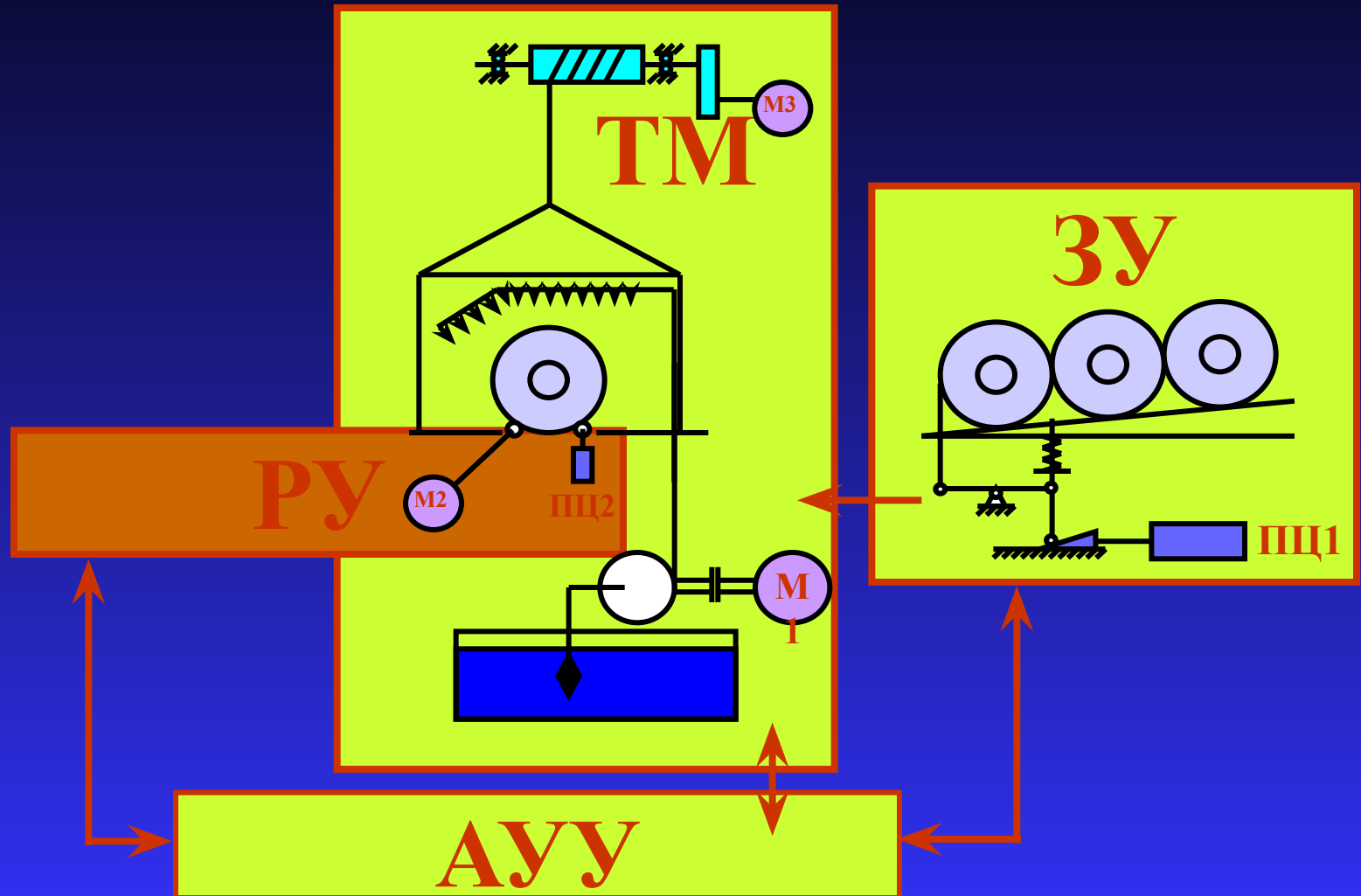
ЗУ – загрузочное устройство

ТМ – технологическая машина

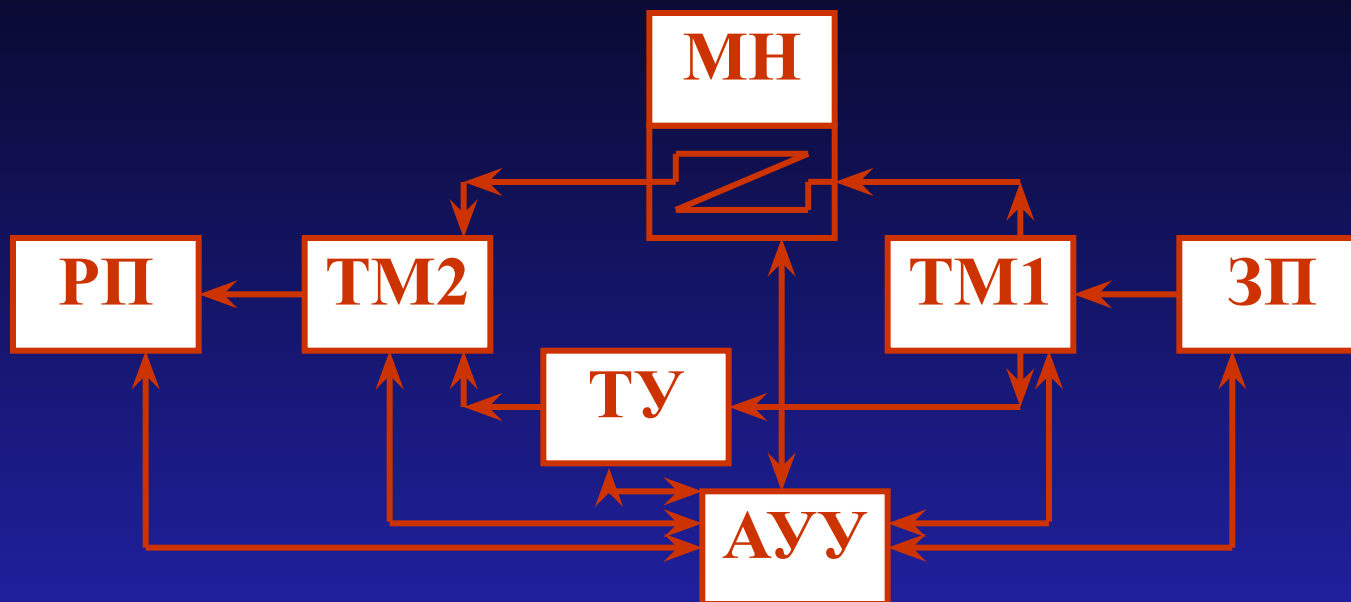
РУ – разгрузочное устройство

АУУ – автоматическое устройство управления

ПРИМЕР: КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ МОЕЧНОЙ МАШИНЫ



СТРУКТУРНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ



ЗП – загрузочная позиция

ТМ1- технологическая машина

ТУ – транспортировочное устройство

МН – межоперационный накопитель

РП – разгрузочная позиция

АУУ – автоматическое устройство управления