

**СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЗАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВА и РЕМОНТА
ВАГОНОВ**

Литература

Системы автоматизации производства и ремонта вагонов

1. Болотин М.М. Системы автоматизации производства и ремонта вагонов. Методические указания по выполнению лабораторных работ в среде электронных таблиц Excel. М.: МИИТ, 2001. – 60 с.
2. Болотин М.М. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Системы автоматизации производства и ремонта вагонов» для студентов специальности «ВАГОНЫ». М.: МИИТ, 2002. – 51 с.
3. Технология производства и ремонта вагонов: Учебник для вузов ж.-д. трансп./К.В. Мотовилов, В.С. Лукашук, В.Ф. Криворудченко, А.А. Петров; Под ред. К.В. Мотовилова. – М.: Маршрут, 2003.-382 с.
4. Болотин М.М. Системы автоматизации производства и ремонта вагонов. Учебное пособие. М.: МИИТ, 2002. – 132 с.
5. Болотин М.М., Иванов А.А. Системы автоматизации производства и ремонта вагонов: Учебник для вузов ж.-д. трансп. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ФГБУ УМЦ на ж.-д. транспорте, 2014. – 310 с.
6. Зенков Р. Л. и др. Машины непрерывного транспорта: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование»/Р.Л. Зенков, И.И. Ивашков, Л.Н. Колобов, - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 432 с.
7. Чернега В.И., Мазуренко И.Я. Краткий справочник по грузоподъемным машинам. – К.: Техника, 1981. – 360 с.
8. Муха Т.И., Януш Б.В., Цупиков А.П. Приводы машин. Справочник. Под ред. В.В. Длоугого. Л., «Машиностроение», 1975. 344 с.
9. Бояршинов С.В. Основы строительной механики машин. Учебное пособие для студентов вузов, «Машиностроение», 456 с.
10. Болотин М.М. Устройство и расчет гидравлических поглощающих аппаратов автосцепки. М.: МИИТ, 1976. 38 с.
11. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник/А.Э. Кравчик и др. –М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ

**Принципы, проблемы и этапы
автоматизации**

Необходимые условия автоматизации

Автоматизация производства (процесса) возможна, только когда большинство технологических операций (процесс) выполняются машинным способом, т.е. для механизированного производства.

Суть *механизации* заключается в применении энергии неживой природы для выполнения технологических процессов (операций).

МЕХАНИЗИРОВАННОЕ ПРОИЗВОДСТВО:

$МП \in [M \wedge РУУ] \exists ПРИМЕН. \Rightarrow ЦЕЛЬ$

МП -механизированное производство

\in - множество

М - механизированных машин

\wedge - с

РУУ - ручными управляющими устройствами

\exists - так, что

\Rightarrow - даёт

Цели механизации

- сокращение трудовых затрат
- улучшение условий производства
- повышение объёма выпуска продукции
- улучшение качества продукции

Под механизированной машиной
понимают техническое
устройство, которое имеет
три механизма (три звена):

1 механизм: машина-двигатель

2 механизм: машина-орудие

3 механизм: передаточный (преобразователь)

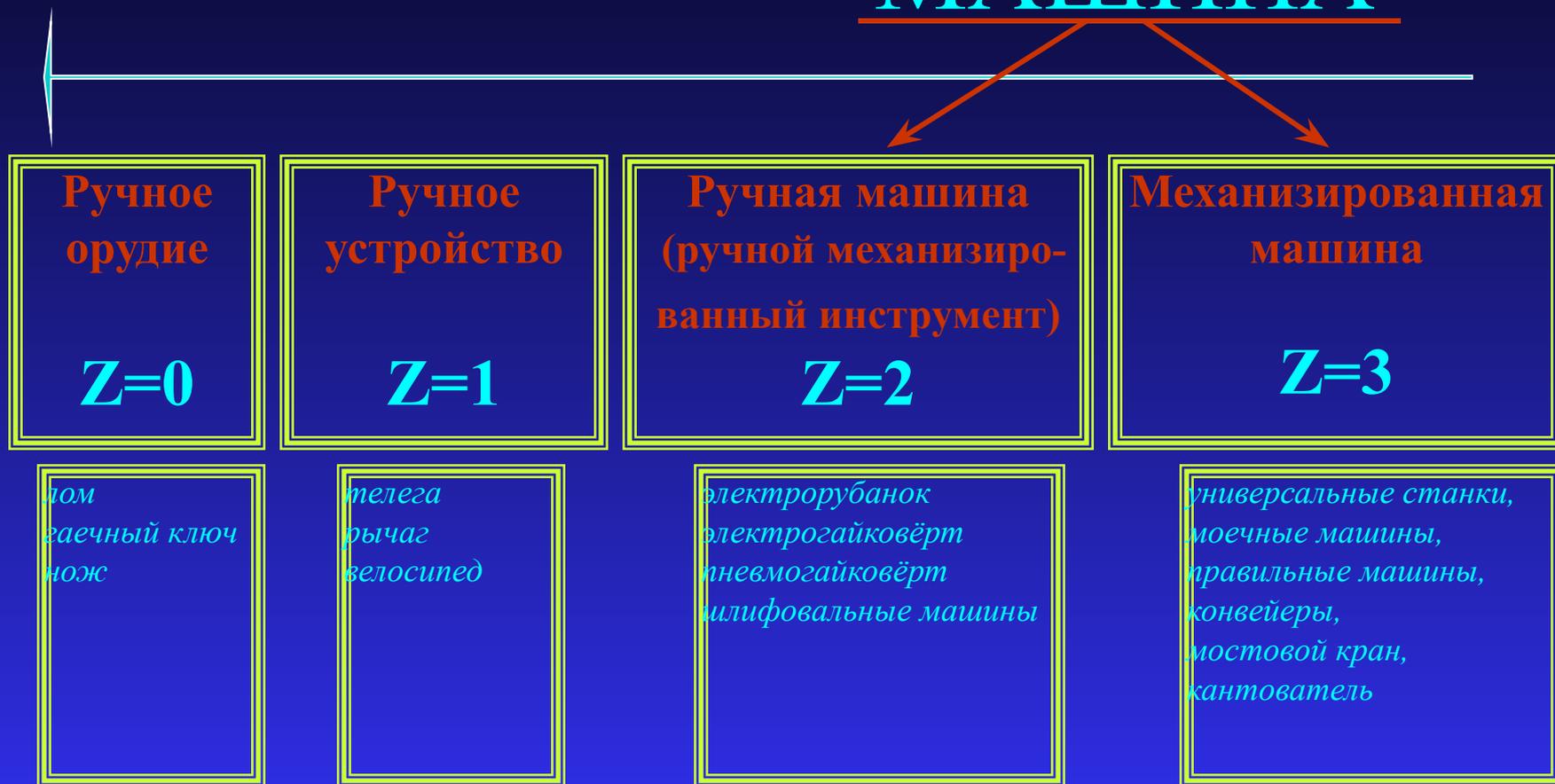
$$Z=3$$

Понятие механизированной машины применяется для классификации типовых механизмов и машин.

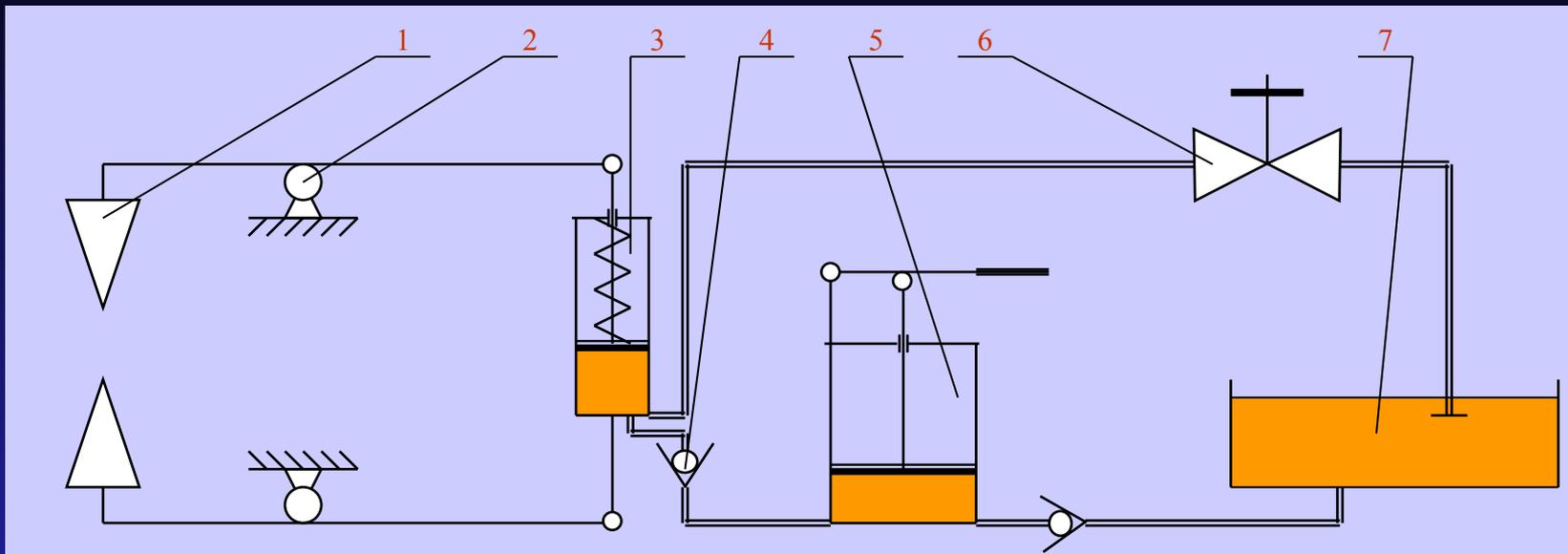
Машины более низкого уровня имеют меньшую звенность

Понятие звенности

МАШИНА



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗВЕННОСТИ



1-рабочий орган

2-подшипник

3-гидроцилиндр

4-обратный клапан

5-ручной насос

6-сбрасывающий вентиль

7-резервуар

ПРЯМОЙ ХОД:

~~МД~~ - ~~МО~~ - ПМ

$Z_{пх}=1$

ОБРАТНЫЙ ХОД:

~~МД~~ - ~~МО~~ - ~~ПМ~~

$Z_{ох}=1$

ЗВЕННОСТЬ МАШИНЫ

$$Z_M = \frac{Z_{пх} + Z_{ох}}{2} = \frac{1 + 1}{2} = 1$$

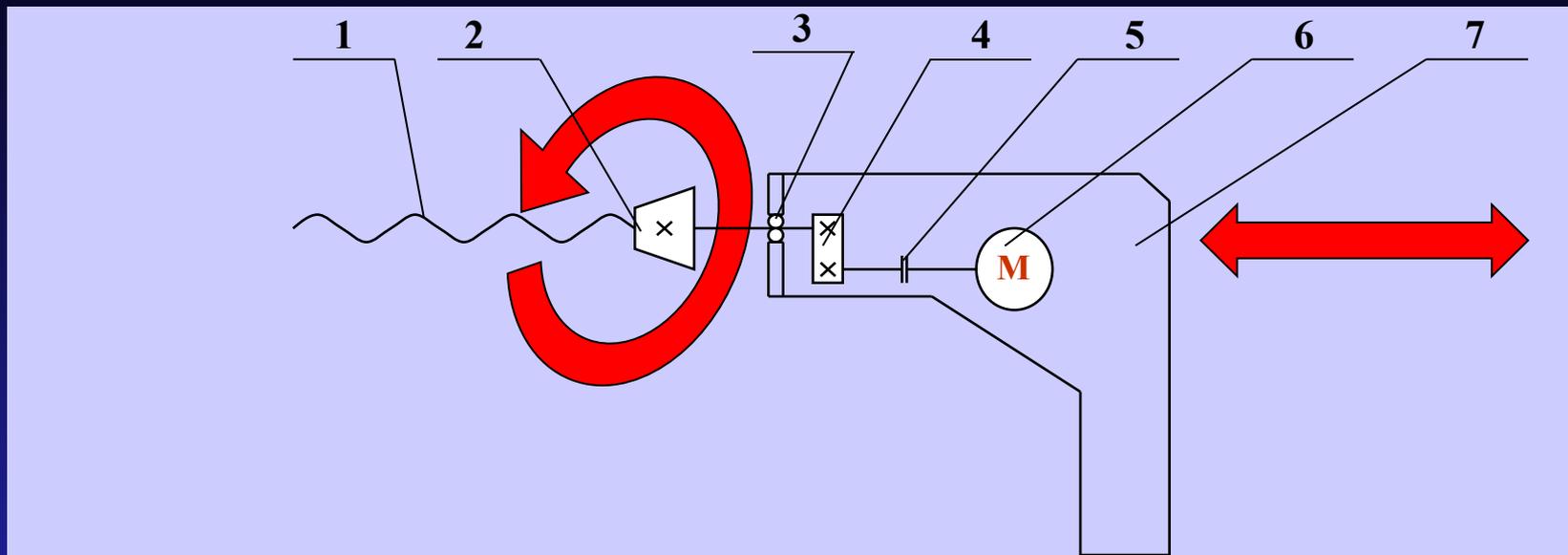
ДЛЯ БОЛЕЕ СЛОЖНЫХ МАШИН ИХ РАЗБИВАЮТ
НА ТИПОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ (МАШИНЫ)
И ВЫЧИСЛЯЮТ
СРЕДНЮЮ ЗВЕННОСТЬ
МАШИНЫ

$$\bar{Z} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{n}$$

Z_i - звенность i -го механизма машины (для i -го действия)

n - количество механизмов в машине (количество движений)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗВЕННОСТИ



- 1-сверло
- 2-головка
- 3-подшипник
- 4-редуктор
- 5-муфта
- 6-электродвигатель
- 7-корпус

ВРАЩЕНИЕ:

МД - МО - ПМ $Z_B=3$

ПРОДОЛЬНАЯ ПОДАЧА:

~~МД~~ - ~~МО~~ - ~~ПМ~~ $Z_{\Pi}=1$

ЗВЕННОСТЬ МАШИНЫ

$$\bar{Z}_M = \frac{Z_B + Z_{\Pi}}{2} = \frac{3 + 1}{2} = 2$$

Под автоматизацией

производства понимают

применение энергии неживой природы

для выполнения и управления

технологическими процессами с целью:

- сокращения трудовых затрат*
- улучшения условий производства*
- повышения объёмов выпуска*
- повышения качества продукции*

АВТОМАТИЗИРВОАННОЕ ПРОИЗВОДСТВО:

$АП \in [АМ \wedge АУУ] \ni ПРИМЕН. \Rightarrow ЦЕЛЬ$

АП - автоматизированное производство

\in - множество

АМ - автоматических машин

\wedge - с

АУУ - автоматическими управляющими устройствами

\ni - так, что

\Rightarrow - дает

АВТОМАТИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

машины с жёстким циклом работы
(неперепрограммируемыми
устройствами управления)



машины с гибким циклом работы
(имеют звено - суперуправления)



Системы автоматизации производства и ремонта вагонов

Полуавтомат	выполняет один рабочий цикл, функционирует дискретно, управляется с частичным использованием энергии человека
Автомат	выполняет два рабочих цикла, функционирует непрерывно и управляется по заданному алгоритму без участия человека
Автооператор	ПТУ, ПТМ, состоит из исполнительного устройства в виде манипулятора и неперепрограммируемого устройства управления
Автоматическая линия	система машин –автоматов, связанных автоматическим транспортом, и выполняет весь тех. процесс без участия человека
Станки с ЧПУ	станки с числовым программным управлением, управляемые с помощью вычислительных устройств
Промышленные роботы	автоматическая машина, состоящая из исполнительного устройства и программируемого устройства управления
Робототехнический комплекс	совокупность промышленных роботов и средств оснащения, функционирующая автономно, выполняя многократные циклы
Гибкая автоматическая линия	технологическое оборудование размещено в принятой последовательности технологических операций
Гибкий автоматический участок	гибкая автоматическая линия, которая функционирует по технологическому маршруту, в котором возможно изменение последовательности выполнения технологических операций

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ОСНОВАНА НА ТРЁХ **ПРИНЦИПАХ**

1 ПРИНЦИП - *достижения конечного результата*

т.е. автоматическая машина должна выполнять работу быстрее и лучше

2 ПРИНЦИП - *комплексности*

т.е. улучшение условий производства должно охватывать все аспекты производства от подачи заготовок до утилизации отходов

3 ПРИНЦИП - *экономической необходимости*

т.е. внедрение и использование автоматов должно быть экономически обосновано и целесообразно

Экономическая целесообразность

- Минимум приведённых затрат

$$Z = \frac{1}{A} (C + E_H K) \rightarrow \min$$

A-годовой объём выпуска продукции

C-годовые расходы на выпуск продукции

K-дополнительные капиталовложения

E_H-нормативный коэффициент окупаемости

E_H=0,1-0,15 [1/год]

- Годовой экономический эффект

$$\mathcal{E}_Г = A(Z_1 - Z_2)$$

- Расчётный коэффициент эффективности

$$E_P = \frac{1}{T_{OK}} = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1} \geq E_H$$

T_{OK}-ток-срок окупаемости

- Критическая стоимость автоматического оборудования

$$K_2 \leq \frac{(C_1 - C_2) + E_H K_1}{E_H}$$

- Индекс конкурентоспособности

$$ИК = \frac{T}{\mathcal{E}} = \frac{\frac{Q}{Q_{OЖ}}}{\frac{d}{d_{OЖ}}}$$

T-конкурентоспособность по технич. показателям

Э-конкурентоспособность по экономич. показателям

Q-производительность рассматриваемой машины

Q_{ОЖ}-условный норматив производительности

d-расчётная прибыль от применения машины

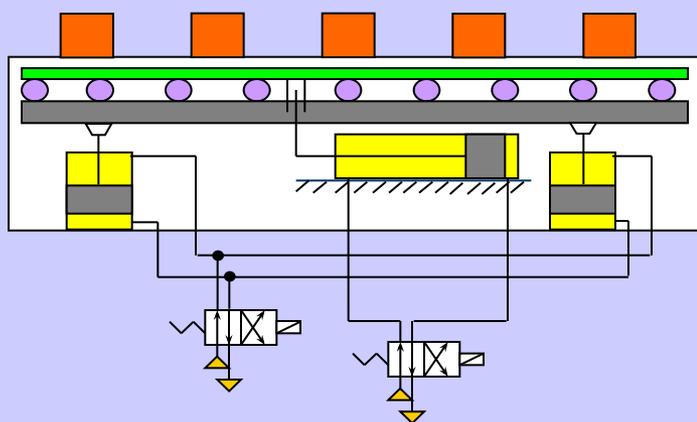
d_{ОЖ}-условный норматив прибыльности машины

$$Q_{OЖ} = \frac{Q_{\min} + 4Q_{cp} + Q_{\max}}{6}$$

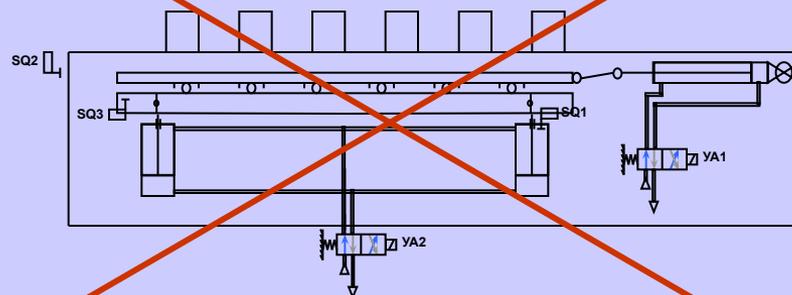
$$d_{OЖ} = \frac{d_{\min} + 4d_{cp} + d_{\max}}{6}$$

ПРИМЕР

БАЗОВЫЙ ВАРИАНТ



АВТОМАТ



Базовый вариант:

$K_1=500000$ руб.

$C_1=50000$ руб.

Автомат:

$K_2 > K_1$ на 10%

$C_2 < C_1$ на 5%

Т.О. $K_2=1,1K_1$

$C_2=0,95C_1$

КОЭФФИЦИЕНТ ЭФФЕКТИВНОСТИ:

$$E_P = \frac{C_1(1 - 0,95)}{K_1(1,1 - 1)} = \frac{C_1 0,05}{K_1 0,1} = 0,05$$

АВТОМАТИЗАЦИЯ

НЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНА

УРОВЕНЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ТРУДА, УРОВЕНЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И МАШИН

При создании автоматических машин или процессов необходимо проанализировать состояние производства:

- уровень механизации и автоматизации труда;
- уровень механизации и автоматизации производства;
- уровень автоматизации производства;
- уровень механизации машины;
- уровень технологии;
- оптимальный уровень автоматизации производства.

УРОВЕНЬ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ТРУДА

показывает— степень замены ручного труда машинным при выполнении технологических операций с учётом качества применяемых машин

$$K_{м.а}^T = \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{n} 100\%$$

n — количество работ в технологическом процессе

b_i — коэффициент прогрессивности выполнения i -ой работы

$$b_i = t_m / t_o$$

t_m — продолжительность выполнения i -ой работы с помощью машин (*машинное время*)

t_o — общая продолжительность выполнения i -ой работы

Например, для смены автосцепки вагона в депо при использовании различных технологических устройств коэффициенты прогрессивности машин:

№	Наименование работ	Наименование используемых устройств	b_i
1	Сменить автосцепку	Тележка-подъёмник и гайковёрт	0,31
2		Тележка-манипулятор и гайковёрт	0,25
3		Устройство на поворотной консоли, кран и гайковёрт	0,35
4		Кран мостовой и приспособление	0,45
5		Вручную с приспособлением	0

УРОВЕНЬ

МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

ПРОИЗВОДСТВА

ЭТО МЕРА ЗАМЕЩЕНИЯ МАШИНАМИ РУЧНОГО ТРУДА
И НЕКОТОРЫХ ФУНКЦИЙ УПРАВЛЕНИЯ

$$K_{\text{М.а}} = \frac{\sum_{z=2}^5 m_z Z}{5 \sum_{z=0}^5 m_z} 100\%$$

m_z — количество используемых механизированных машин, полуавтоматических и автоматических машин

$$m_z = k_3 m_y$$

m_y — количество установленных механизированных, полуавтом. и авт. машин

k_3 — коэффициент загрузки машины

$$k_3 = t_m / t_0$$

t_m — время работы машины в смену, t_0 — продолжительность смены

УРОВЕНЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

ЭТО МЕРА ЗАМЕЩЕНИЯ МАШИНАМИ
ФУНКЦИЙ УПРАВЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПРЕДМЕТОВ ТРУДА

$$K_a = \frac{\sum_{z=3,5}^5 m_z Z}{5 \sum_{z=0}^5 m_z} 100\%$$

m_z - количество используемых полуавтоматических и автоматических машин

5 – максимально возможная звенность машины (механизма) на производстве

УРОВЕНЬ АВТОМАТИЗАЦИИ МАШИНЫ

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

k - количество механизмов машины (действий, движений)

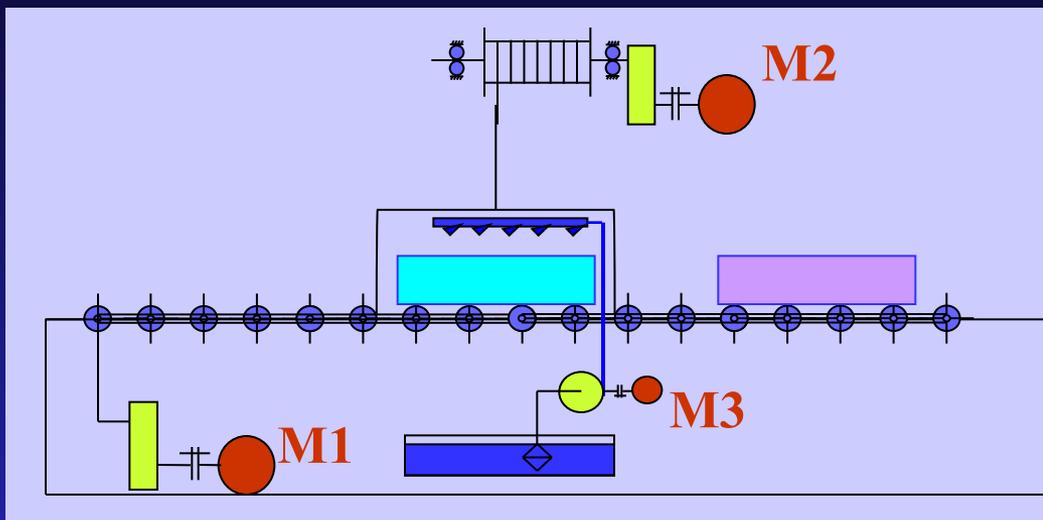
q_i - количество включений i -го механизма в цикле её работы

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

5 - максимально возможная звенность i -го механизма

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ И СРЕДНЕЙ ЗВЕННОСТИ МАШИНЫ

МОЕЧНАЯ МАШИНА ДЛЯ ОБМЫВКИ ДЕТАЛЕЙ В КАССЕТЕ



i	Действие	Машина	Z_i	Число включений в цикле, q_i
1	Двери открыть/закрыть	Подъёмник (M2)	3,5	2
2	Кассеты переместить	Рольганг (M1)	3	1
3	Детали обмыть	Моющая маш. (M3)	4	1

Средняя звенность: $\bar{Z} = (3,5 + 3 + 4) / 3 = 3,5$

Уровень автоматизации машины: $K_a^M = (3,5 \cdot 2 + 4 \cdot 1) / (5 \cdot 4) \cdot 100\% = 55\%$