А. Б. ШУР

Метод структурных схем – средство усиления способности воспринимать и перерабатывать информацию

Алчевск, 2006

Сокращения:

МСС – метод структурных схем

ИТ – информационная технология

ТАУ – теория автоматического управления

ДСНФ – дифференцирование сложных и неявно заданных функций

КПЧС – коэффициенты передачи частных связей (частные производные)

РКП – результирующий коэффициент передачи (полная производная)

НОТ – научная организация труда

МСС – безмашинная информационная технология. Возникла задолго до появления термина ИТ и современной техники.

Средство расчета систем управления в ТАУ .

Общие с ИТ атрибуты – структуризация, визуализация и унификация.

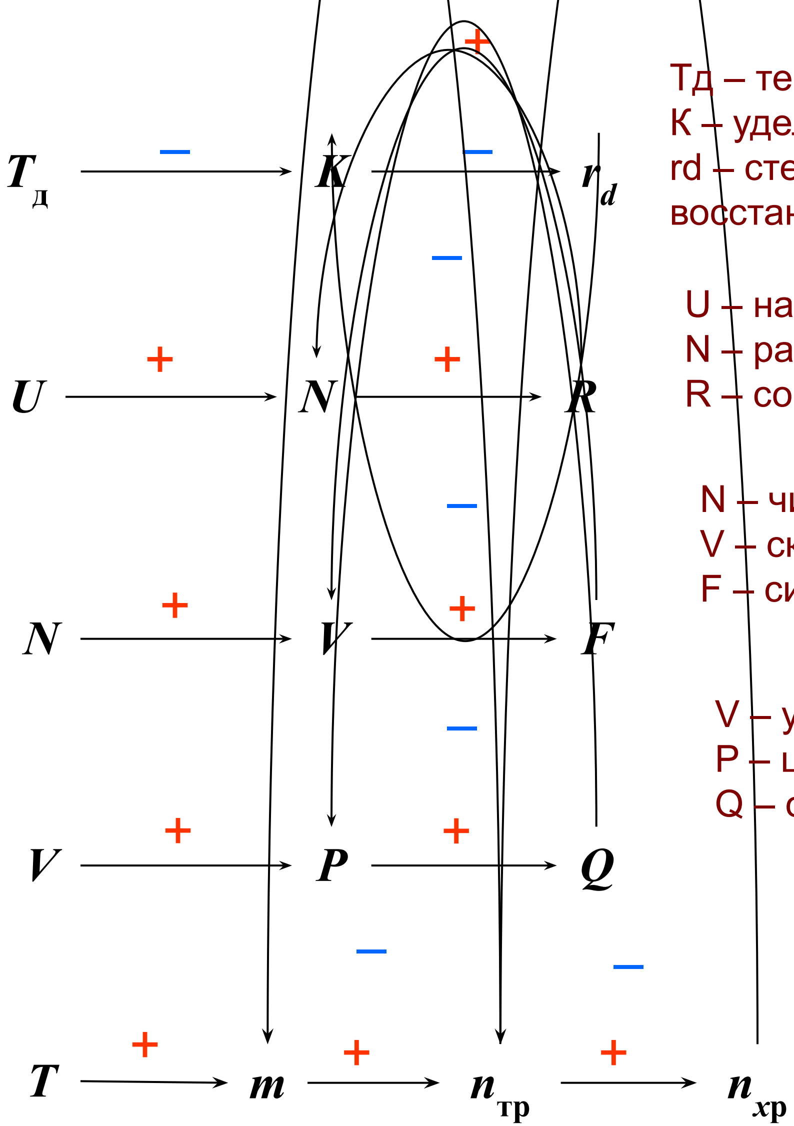
Его восприятие, как исключительной принадлежности ТАУ – анахронизм.

Это – универсальный аппарат для решения математических, инженерных и педагогических задач.

Это показано на примере теории доменного процесса, но не меньшие возможности имеются, например, в экономике.

Структуризация знаний и унификация подходов в прикладных науках: *фрагменты структурных схем из разных областей знания.*

(отрицательные обратные связи)



Тд – температура дутья
К – удельный расход кокса
rd – степень прямого восстановления

Доменная плавка

U – напряжение сети
N – развиваемая мощность
R – сопротивление

Режим работы электронагревателя

N – число оборотов винта
V – скорость движения
F – сила сопротивления

Движение лодки по воде

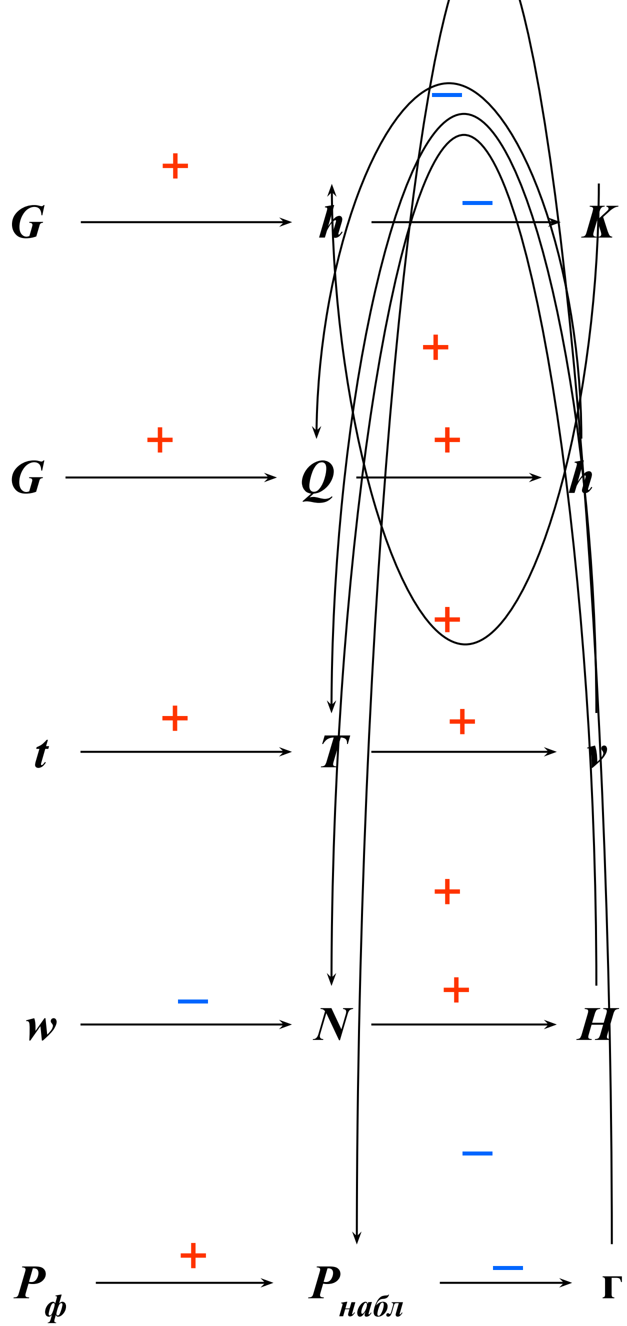
V – уровень зарплаты
P – цена товара
Q – объем производства

Рыночное пространство

T – температура воды
m – масса водорослей
$n_{тр}$ – число травоядных рыб
$n_{хр}$ – Число хищных рыб

Экологическая система озера

(положительные обратные связи).



G – нагрузка
h – боковой прогиб
K – коэффициент сопротивления

Продольное сжатие упругого стержня

G – груз
Q – равнодействующая сил
h – глубина погружения

Равновесие сжимаемого поплавка

t – температура воздуха
T – температура кусков топлива
v – скорость тепловыделения

Воспламенение топлива

w – влажность топлива
N – тепловая мощность
H – тяга

Создание тяги в дымовой трубе

$P_ф$ – фактический уровень производства
$P_{набл}$ – наблюдаемая обеспеченность товаром
г - коэффициент запаса при покупках

Вспышка дефицита

Пример: нужно описать зависимости силы тока и мощности от напряжения для лампы накаливания.

1

Одна прикладная задача – четыре фундаментальных закона:

(1) Закон Ома

$$I = \frac{U}{R}$$

(2) Закон электрической мощности

$$N = U \cdot I$$

(3) Закон теплового излучения

$$N = b \cdot T^4$$

(4) Температурная зависимость сопротивления

$$R = R_0 + a \cdot T$$

В большинстве случаев с этой задачей *неправомерно связывают только закон Ома,* и тогда она кажется совсем простой.

На самом деле она достаточно трудно разрешима элементарными средствами.

Обычный способ решения.

Сократив подстановками число неизвестных до одного, получаем уравнение пятой степени:

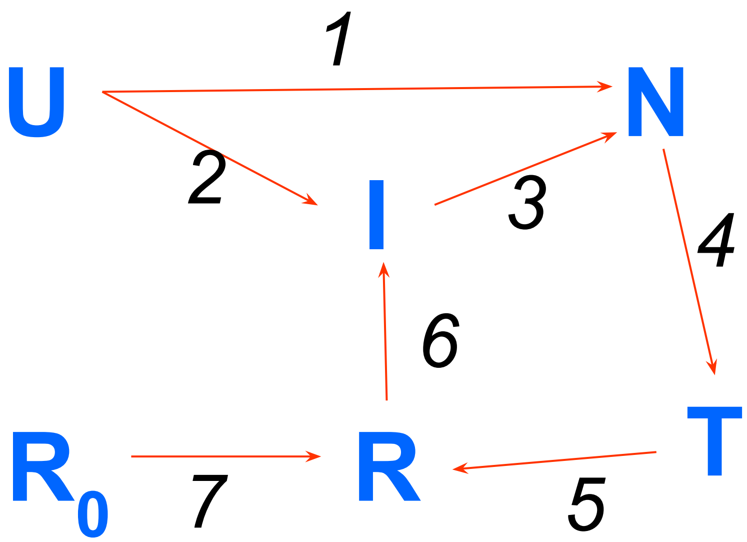
$$T = \sqrt[4]{\frac{U^2}{b \cdot \left(R_0 + a \cdot T\right)}}$$

Температуру из него можно определить лишь численно, например, итерациями.

Подставив ее значение в формулу для сопротивления, можно вычислить остальные неизвестные.

Исследование с помощью МСС

1) Составим структурную схему:

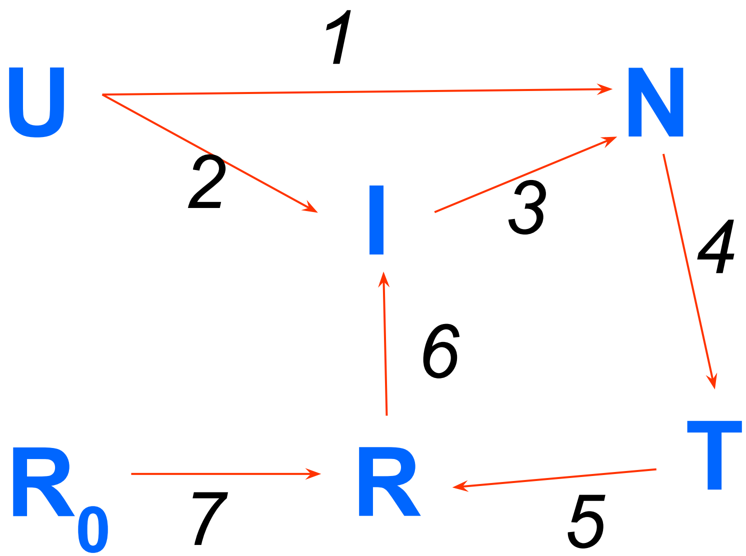


Это – функциональная структурная схема.

Видим, что формула (3) не соответствует направлению стрелки 4, поэтому перепишем ее с учетом характера причинно-следственных связей (ПСС) :

$$T = \left(\frac{N}{b}\right)^{\frac{1}{4}}.$$

(Остальные формулы соответствуют направлениям стрелок на схеме).



2) Определим коэффициенты передачи частных связей (КПЧС), дифференцируя исходные формулы (индексы – номера стрелок):

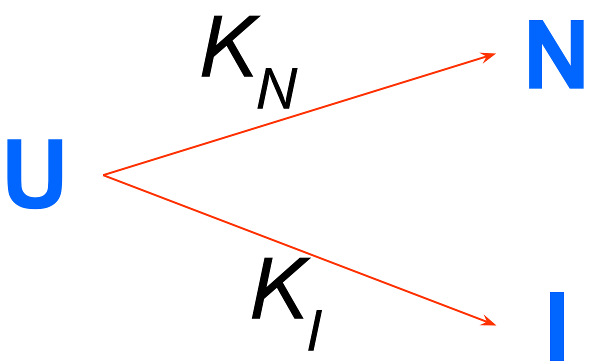
$$k_1 = I \qquad k_2 = \frac{1}{R} \qquad k_3 = U$$

$$k_4 = \frac{T}{4 \cdot N} \qquad k_5 = a \qquad k_6 = -\frac{I}{R} \qquad k_7 = 1$$

Замечание: при отсутствии теоретических формул можно принимать эмпирические или предполагаемые значения КПЧС.

3) Свернем схему, определив при этом полные производные, они же – результирующие коэффициенты передачи (РКП), через КПЧС:

Вид свернутой схемы:



$$K_N = \frac{dN}{dU} = \frac{k_1 + k_2 \cdot k_3}{1 - k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6}$$

$$K_I = \frac{dI}{dU} = \frac{k_2 + k_1 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6}{1 - k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6}$$

РКП – полные производные выходов по входам схемы.

Правила свертывания: в числителе – сумма КП прямых путей, в знаменателе – единица минус КП обратной связи.

Коэффициент передачи каждого пути – произведение КП всех его последовательных стрелок.

Расчет числовых значений

Справочные данные:

$a = 0.0039 \qquad t = 2700°\mathrm{C}$

Номинальный режим: $N = 200$

$$I = \frac{N}{U} = \frac{200}{220} = 0.909 \qquad R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.909} = 242$$

КПЧС:

$$k_1 = I = 0.909 \qquad k_2 = \frac{1}{R} = \frac{1}{242} = 0.00413$$

$$k_3 = U = 220 \qquad T = 2700 + 273 = 2973 \qquad k_4 = \frac{T}{4 \cdot N} = \frac{2973}{4 \cdot 200} = 3.716$$

$$k_5 = a = 0.0039 \qquad k_6 = -\frac{I}{R} = -\frac{0.909}{242} = -0.00376 \qquad k_7 = 1$$

РКП:

$$K_N = \frac{dN}{dU} = \frac{k_1 + k_2 \cdot k_3}{1 - k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6} = \frac{0.909 + 0.00413 \cdot 220}{1.012} = 1.796$$

$$K_I = \frac{dI}{dU} = \frac{k_2 + k_1 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6}{1 - k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6} = \frac{0.00413 - 0.909 \cdot 220 \cdot 0.0039 \cdot 0.00376}{1 + 220 \cdot 3.716 \cdot 0.0039 \cdot 0.00376} = 0.001183$$

Линеаризованная модель:

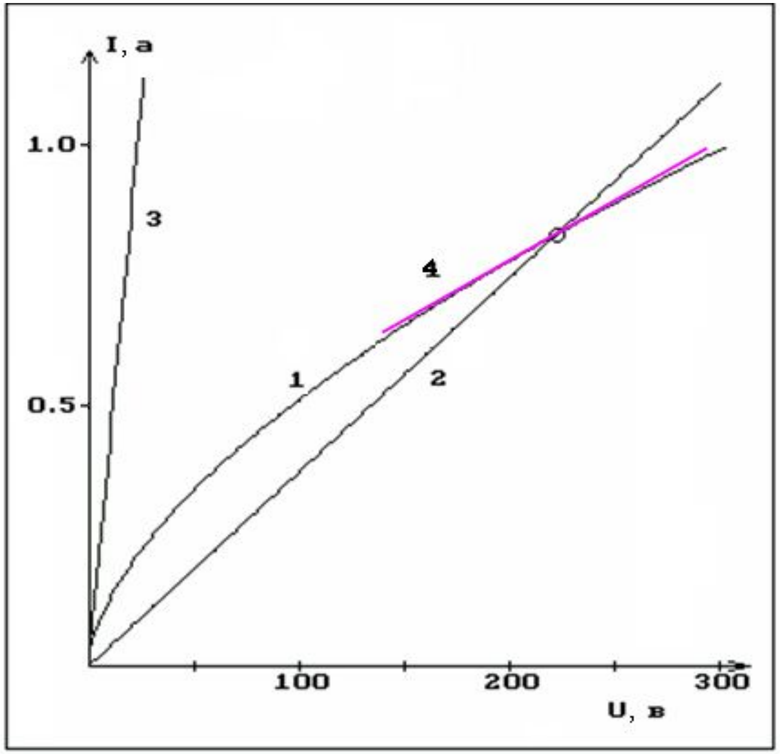
$$N = 200 + 1.796 \cdot (U - 220)$$

$$I = 0.909 + 0.001183 \cdot (U - 220)$$

Вольтамперные характеристики (ВАХ) лампы накаливания

1 - реальная
2 - номинал (242 ом)
3 - холодная (17 ом)
4 – линеаризованная

$$\Delta I = K_I \cdot \Delta U$$



Сравнение ВАХ, полученных разными способами, показывает, что закон Ома совершенно недостаточен для описания поведения системы (линии 2 и 3).

Точный расчет (линия 1) чрезмерно громоздок для повседневного пользования.

Линеаризованная модель (линия 4) в рабочем диапазоне дает практическое совпадение с точным результатом, и хорошо объясняет его происхождение (схема).

Погрешность от неполноты учета (2 или 3) намного превосходит погрешность линеаризации (4).

Чтобы понять технику метода, нужны простые задачи, легко решаемые и без него – тогда решение прозрачно, а ответ очевиден.

Для оценки преимуществ, наоборот, нужны сложные задачи, плохо решаемые «обычными» способами.

Невозможность одновременно понять технику метода и оценить его достоинства – одна из причин достойной сожаления его недооценки .

метод структурных схем :

ита:

1- расчет в отклонениях

инеаризация

3- структурная схема

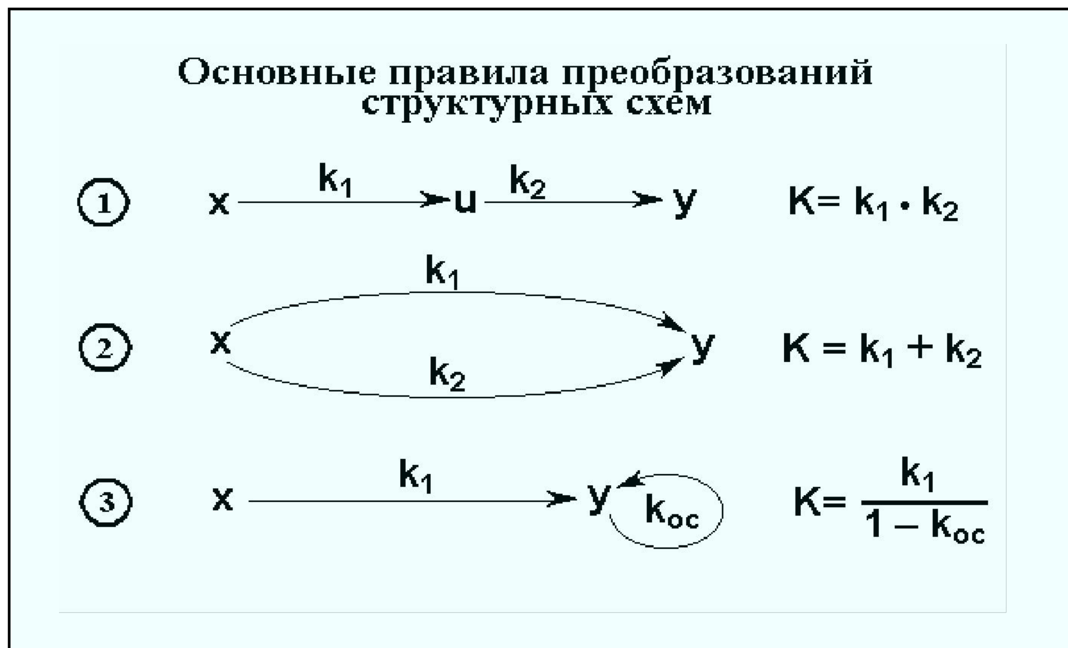
3 этапа:

1)составление схемы

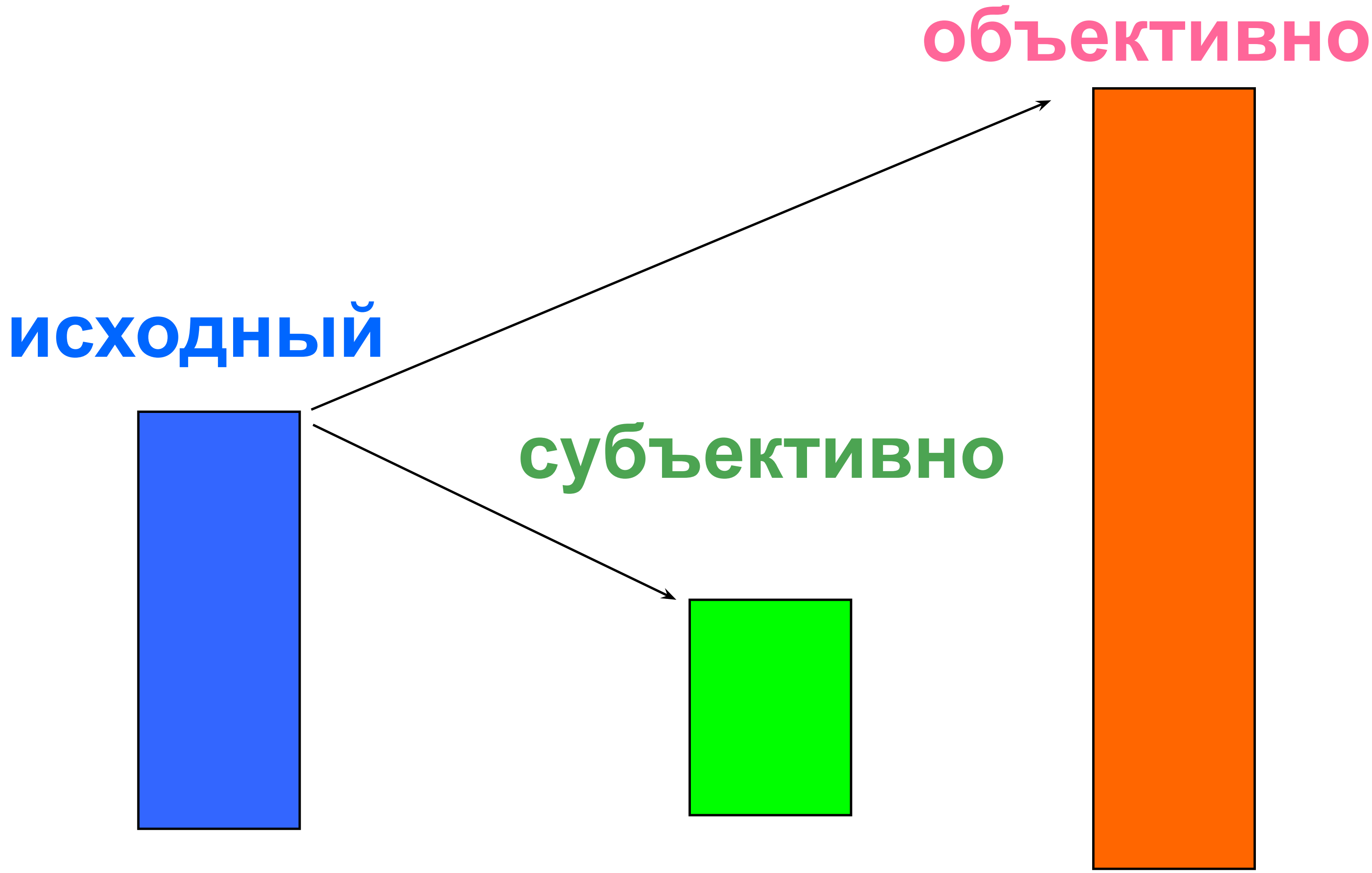
2) определение КПЧС

3) свертывание - определение РКП

3 правила:



Изменение уровня сложности при переходе к МСС



МСС снижает субъективную трудность решения, повышая допустимый уровень сложности изучаемого материала

Введение метода элементарными средствами для учащихся, не знакомых с дифференциальным исчислением

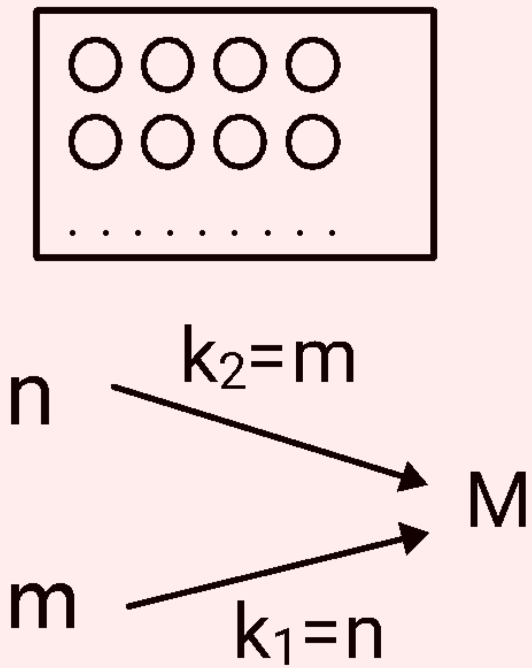


Рис.1. Структурная схема и коэффициенты передачи

n - число яблок в ящике

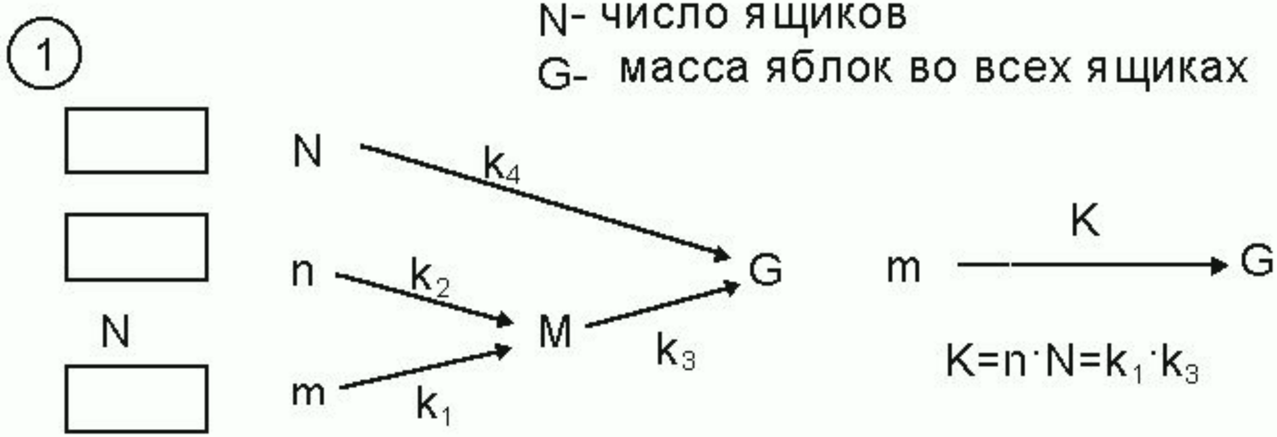
m - масса одного яблока

M - масса яблок в ящике

Вывод формул эквивалентных преобразований

N- число ящиков

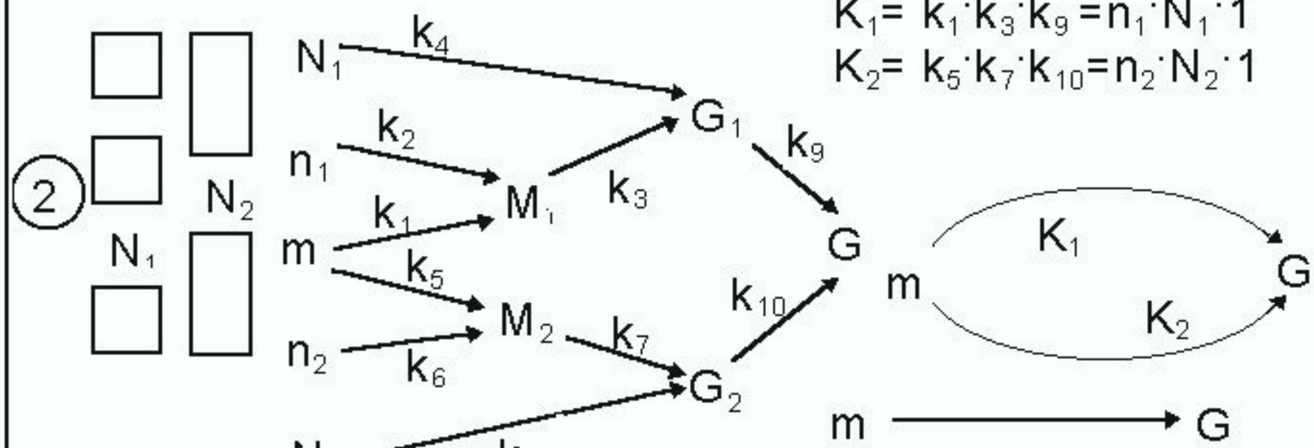
G- масса яблок во всех ящиках



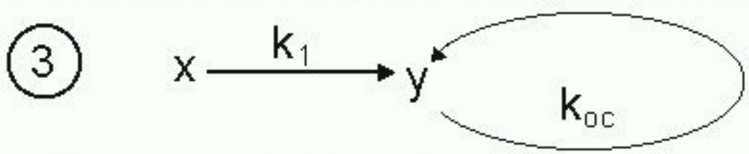
$K = n \cdot N = k_1 \cdot k_3$

$K_1 = k_1 \cdot k_3 \cdot k_9 = n_1 \cdot N_1 \cdot 1$

$K_2 = k_5 \cdot k_7 \cdot k_{10} = n_2 \cdot N_2 \cdot 1$



$K = K_1 + K_2$



$\Delta y = k_1 \cdot \Delta x + k_{oc} \cdot \Delta y$

$\Delta y - k_{oc} \cdot \Delta y = k_1 \cdot \Delta x;$

$$\Delta y = \frac{k_1}{1 - k_{oc}} \cdot \Delta x = K \cdot \Delta x; \qquad K = \frac{k_1}{1 - k_{oc}}.$$

Наличие петель – признак того, что в задаче присутствуют уравнения.

Если петель нет, задача решается последовательными подстановками

Важнейшее условие правильности анализа системы взаимосвязей с помощью графа.

Дифференцирование переменной, куда приходит стрелка из узла-аргумента, следует вести при постоянных значениях всех параметров, откуда приходят остальные стрелки в тот же узел. Чтобы это правило было обеспечено, все указанные переменные должны входить в состав выражения для дифференцирования явно, а не через посредство других переменных.

(Слова Узел, Переменная, Параметр здесь условно используются как синонимы).

Несоблюдение этого правила, и непонимание того, при каких постоянных параметрах в действительности ведется дифференцирование - наиболее распространенный источник ошибок в науке, технике, политике, экономике, и даже в повседневной жизни, когда слово производная не произносится и действующие лица не знают, что они занимаются дифференцированием.

**Пример: при движении по окружности радиус влияет на центробежную силу. При постоянстве *угловой* скорости эта сила с ростом радиуса растет, а при постоянстве *линейной* скорости – уменьшается.
Поэтому камень, вращаемый на веревке (праща) длинную веревку натягивает сильнее, а поезд на повороте тем сильнее давит вбок на рельсы, чем меньше радиус закругления.**

Задача 1. У мальчика в двух карманах имеется N орешков, в левом кармане на d больше, чем в правом. Сколько орешков в каждом кармане?

Схема с двумя входами: $n1 = n2 + d$; $n2 = N - n1$;

$$\begin{tikzcd}
d \arrow[r, "k_1"'] & n_1 \arrow[d, shift right, "k_4"'] \\
N \arrow[r, "k_3"] & n_2 \arrow[u, shift right, "k_2"']
\end{tikzcd}$$

КП: $k_1 = 1$, $k_2 = 1$, $k_3 = 1$, $k_4 = -1$.

РКП (для выхода n_1 от обоих входов):

для d □ n_1: $K_1 = k_1/(1 - k_2 \cdot k_4) = 1/(1+1) = 1/2$

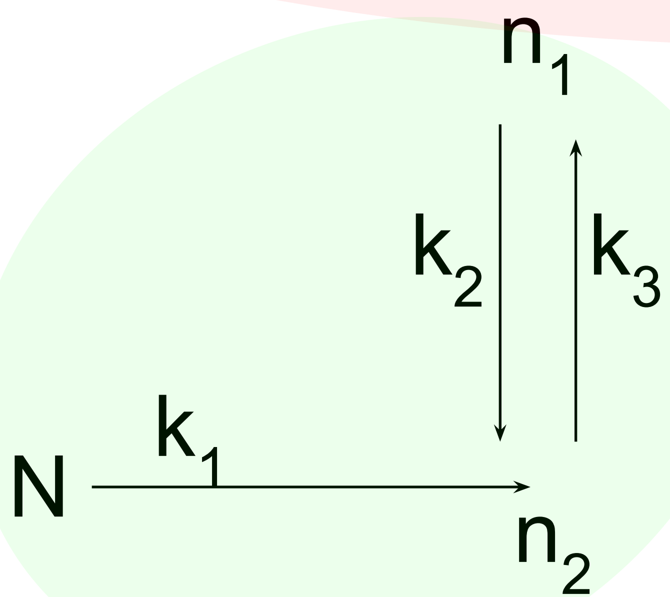
для N □ n_1: $K_2 = k_3 \cdot k_2/(1 - k_2 \cdot k_4) = 1/(1+1) = 1/2$

Поскольку задача линейная, базовые значения аргументов можно принимать любыми. Удобнее всего – равными нулю.

$$n_1 = K_1 \cdot (d - 0) + K_2 \cdot (N - 0) = d/2 + N/2 = (N + d)/2;$$

$$n_2 = N - n_1 = N/2 - d/2 = (N - d)/2 .$$

Задача 2. У мальчика в двух карманах имеется N орешков, в левом кармане в m раз больше, чем в правом. Сколько орешков в каждом кармане?



$n_1 = n_2 \cdot m$; $n_2 = N - n_1$;

$k_1 = 1$, $k_2 = -1$, $k_3 = m$

$K = k_1 \cdot k_3/(1 - k_2 \cdot k_3) = m/(1+m)$;

ответы:

$n_1 = K \cdot N = m \cdot N/(1+m)$;

$n_2 = n_1/m = N/(1+m)$.

Здесь потребовался только один вход N: вторая заданная величина m используется, как коэффициент передачи от n_2 к n_1.

Задачи повышенной сложности являются таковыми из-за объединения нескольких разнородных зависимостей.

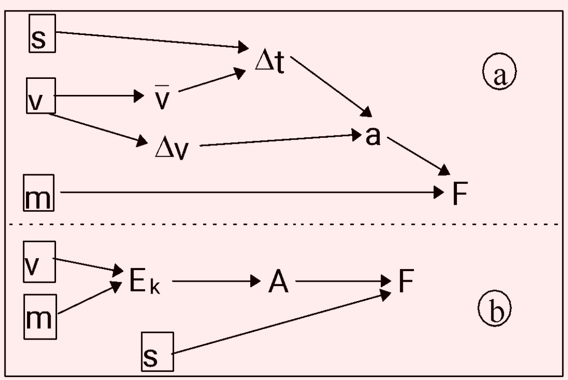
Структурирование снимает сложность, разбивая задачу на простые элементы.

Но то же самое относится к любому знанию.

Дифференцирование сложных и неявно заданных функций – универсальный пример такого подхода.

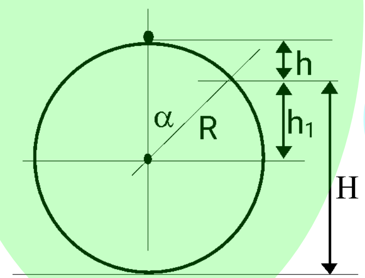
Использование МСС «только» для наведения на мысль (без вычисления коэффициентов передачи)

Структурные схемы к задаче о пуле, застрявшей в доске (два варианта решения).



Задачу можно решать либо через путь и ускорение (a), либо через энергию и работу (b). Схема позволяет еще до решения сравнить варианты и убедиться в преимуществах (b).

Схемы к задаче о падении с макушки шара (найти точку отрыва).



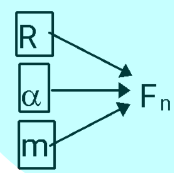


Схема для нормальной составляющей веса падающего шарика

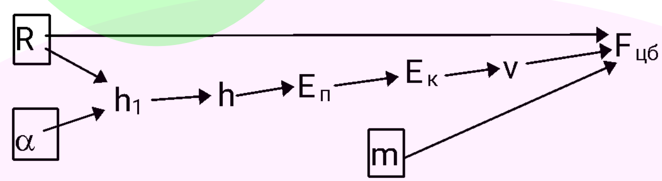
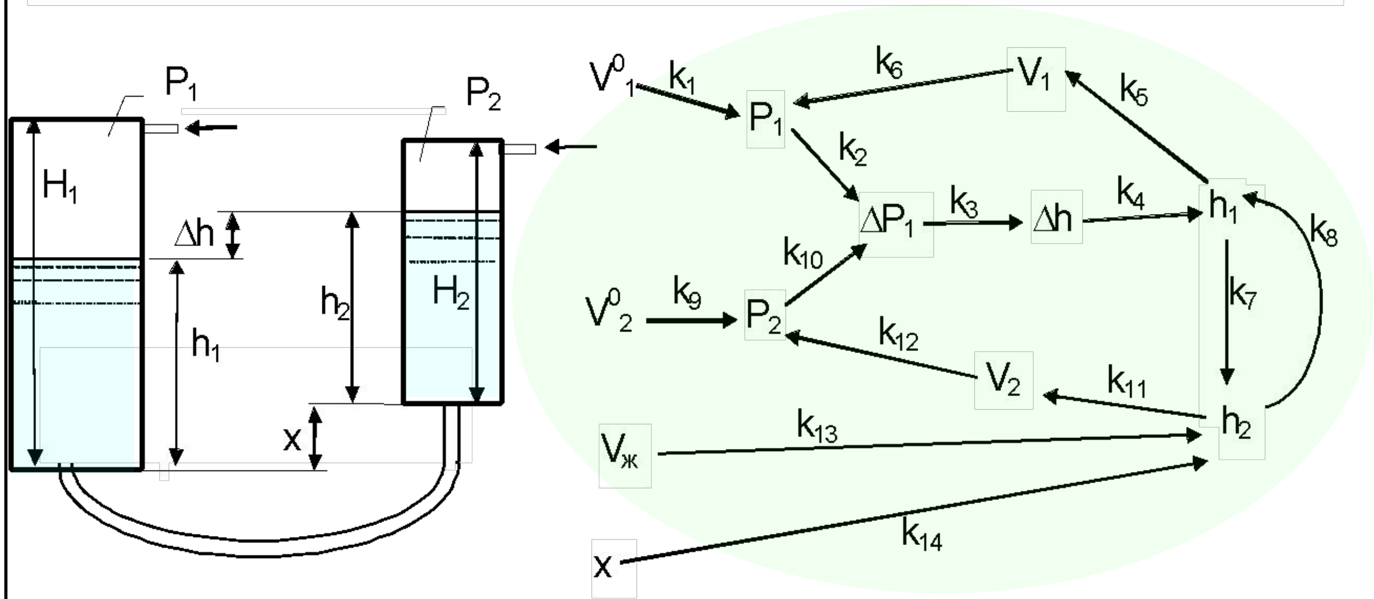
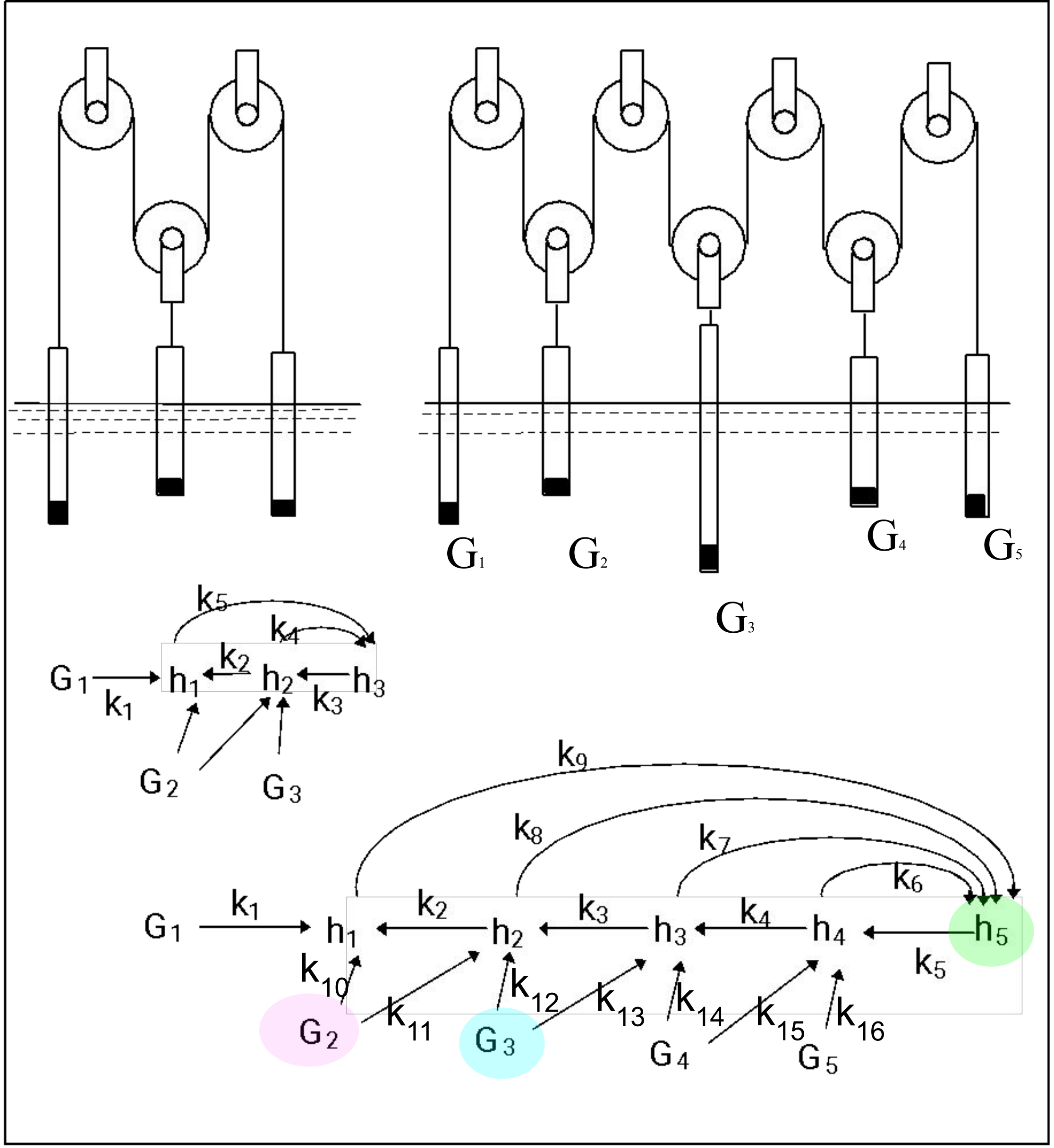


Схема для центробежной силы; задача решается через приравнивание сил Fп и Fцб .

Рис. 7.5. Сообщающиеся сосуды с жидкостью и газом под давлением





Семейство однотипных задач для демонстрации эффективности метода при переходе от простого к сложному

Формулы для коэффициентов передачи к схемам предыдущего слайда

$$K_{oc} = k_5 \cdot (k_6 + k_4 \cdot (k_7 + k_3 \cdot (k_8 + k_2 \cdot k_9)))$$

$$K_{11} = \frac{dh_1}{dG_1} = k_1 + K_{51} \cdot k_5 \cdot k_4 \cdot k_3 \cdot k_2$$

$$K_{21} = \frac{dh_2}{dG_1} = K_{51} \cdot k_5 \cdot k_4 \cdot k_3$$

$$K_{31} = \frac{dh_3}{dG_1} = K_{51} \cdot k_5 \cdot k_4$$

$$K_{41} = \frac{dh_4}{dG_1} = K_{51} \cdot k_5$$

$$K_{51} = \frac{dh_5}{dG_1} = \frac{k_1 \cdot k_9}{1 - k_{oc}}$$

$$K_{12} = \frac{dh_1}{dG_2} = k_{10} + K_{52} \cdot k_5 \cdot k_4 \cdot k_3 \cdot k_2$$

$$K_{52} = \frac{dh_5}{dG_2} = \frac{(k_{10} + k_{11} \cdot k_2) \cdot k_9 + k_{11} \cdot k_8}{1 - k_{oc}}$$

$$K_{53} = \frac{dh_5}{dG_3} = \frac{(k_{12} + k_{13} \cdot k_3) \cdot (k_8 + k_2 \cdot k_9) + k_{13} \cdot k_7}{1 - k_{oc}}$$

Составление схем для дифференцирования сложных функций (в двух вариантах)

Дано: $y = e^{(b\cdot x+c)} \cdot \sin(1/x^2)$; определить $y' = dy/dx$.

вариант 1

$x_1 = e^{(b\cdot x+c)}$

$x_2 = \sin(1/x^2)$; $y = x_1 \cdot x_2$

$$\begin{tikzcd}
& x_1 \arrow[dr, "k_2"] & \\
x \arrow[ur, "k_1"] \arrow[dr, "k_3"'] & & y \\
& x_2 \arrow[ur, "k_4"'] &
\end{tikzcd}$$

$k_1 = b\cdot e^{(b\cdot x+c)} = b\cdot x_1$

$k_2 = \sin(1/x^2) = x_2$

$k_3 = -(2/x^3)\cdot \cos(1/x^2)$

$k_4 = e^{(b\cdot x+c)} = x_1$

$k_1 \cdot k_2 = b\cdot e^{(b\cdot x+c)} \cdot \sin(1/x^2)$

$k_3 \cdot k_4 = -(2/x^3)\cdot \cos(1/x^2)\cdot e^{(b\cdot x+c)}$

вариант 2

$z_1 = b\cdot x+c$, $z_2 = e^{z_1}$,

$z_3 = 1/x^2$, $z_4 = \sin z_3$, $y = z_2 \cdot z_4$.

$$\begin{tikzcd}
& z_1 \arrow[r, "k_2"] & z_2 \arrow[dr, "k_3"] & \\
x \arrow[ur, "k_1"] \arrow[dr, "k_4"'] & & & y \\
& z_3 \arrow[r, "k_5"'] & z_4 \arrow[ur, "k_6"'] &
\end{tikzcd}$$

$k_1 = b$

$k_2 = e^{z_1} = z_2$

$k_3 = z_4$

$k_4 = -2/x^3$

$k_5 = \cos z_3$

$k_6 = z_2$

$k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = b\cdot z_2 \cdot z_4 = b\cdot e^{(b\cdot x+c)} \cdot \sin(1/x^2)$

$k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 = -(2/x^3)\cdot \cos(1/x^2)\cdot e^{(b\cdot x+c)}$

Сопоставление задач

из разных областей знания

К задаче о движении лодки по воде

$$\begin{tikzcd} f \arrow[r, "k_1"] & F \arrow[d, bend left, "k_3"] \\ N \arrow[r, "k_2"] & v \arrow[u, bend left, "k_4"] \end{tikzcd}$$

$$k_1 = \frac{\partial F}{\partial f} = v^2 \qquad K_{F,f} = \frac{dF}{df} = \frac{k_1}{1 - k_3 \cdot k_4}$$

$$k_2 = \frac{\partial v}{\partial N} = 1/F \qquad K_{v,f} = \frac{dv}{df} = \frac{k_1 \cdot k_3}{1 - k_3 \cdot k_4}$$

$$k_3 = \frac{\partial v}{\partial F} = -v/F \qquad K_{F,N} = \frac{dF}{dN} = \frac{k_2 \cdot k_4}{1 - k_3 \cdot k_4}$$

$$k_4 = \frac{\partial F}{\partial v} = 2 \cdot f \cdot v = 2 \cdot F/v \qquad K_{v,N} = \frac{dv}{dN} = \frac{k_2}{1 - k_3 \cdot k_4}$$

$$k_{oc} = k_3 \cdot k_4 = -2, \qquad 1 - k_{oc} = 3$$

К задаче о связях доменного процесса

$$\begin{tikzcd} Ra \arrow[r, "k_1"] & r_d \arrow[d, bend left, "k_3"] \\ t_d \arrow[r, "k_2"] & K \arrow[u, bend left, "k_4"] \end{tikzcd}$$

$$k_1 = \frac{\partial r_d}{\partial Ra} \qquad K_{r_d,Ra} = \frac{dr_d}{dRa} = \frac{k_1}{1 - k_3 \cdot k_4}$$

$$k_2 = \frac{\partial K}{\partial t_d} \qquad K_{K,Ra} = \frac{dK}{d_{Ra}} = \frac{k_1 \cdot k_3}{1 - k_3 \cdot k_4}$$

$$k_3 = \frac{\partial K}{\partial r_d} \qquad K_{r_d,t_d} = \frac{dr_d}{dt_d} = \frac{k_2 \cdot k_4}{1 - k_3 \cdot k_4}$$

$$k_4 = \frac{\partial r_d}{\partial K} \qquad K_{K,t_d} = \frac{dK}{dt_d} = \frac{k_2}{1 - k_3 \cdot k_4}$$

Сравнение двух способов дифференцирования сложной неявной функции

Функция **y** аргумента **x** задана неявно с помощью системы уравнений :

1) $y = x^z$, **2)** $z = e^{y\cdot w}$, **3)** $v = \dfrac{z^2}{x}$, **4)** $w = \sin v$. Требуется определить ее полную производную: $y' = \dfrac{dy}{dx} = ?$

(a) Решение "обычным" способом

(нумерация пунктов – продолжение нумерации исходных уравнений)

5) $y' = z\cdot x^{z-1} + x^z \cdot \ln x \cdot z' = \dfrac{z\cdot y}{x} + y\cdot \ln x \cdot z'$ (из 1)

6) $z' = e^{y\cdot w}\cdot\left(y'\cdot w + w'\cdot y\right) = z\cdot\left(y'\cdot w + w'\cdot y\right)$ (из 2)

7) $y' = \dfrac{\dfrac{z'}{z} - w'\cdot y}{w}$ (из 6)

8) $v' = \dfrac{2\cdot z\cdot z'}{x} - \dfrac{z^2}{x^2}$ (из 3)

9) $w' = \cos v \cdot v' = \cos v\cdot\left(\dfrac{2\cdot z\cdot z'}{x} - \dfrac{z^2}{x^2}\right)$ (из 4, 8)

10) $y' = \dfrac{\left[\dfrac{z'}{z} - y\cdot\cos v\cdot\left(\dfrac{2\cdot z\cdot z'}{x} - \dfrac{z^2}{x^2}\right)\right]}{w}$ (из 7, 9)

11) $\dfrac{\left[\dfrac{z'}{z} - y\cdot\cos v\cdot\left(\dfrac{2\cdot z\cdot z'}{x} - \dfrac{z^2}{x^2}\right)\right]}{w} = \dfrac{z\cdot y}{x} + y\cdot\ln x\cdot z'$ (из 5, 10)

12) $z' = \dfrac{\dfrac{z\cdot y}{x} - y\cdot\cos v\cdot\dfrac{z^2}{x^2\cdot w}}{\dfrac{1}{z\cdot w} - y\cdot\ln x - y\cdot\cos v\cdot\dfrac{2\cdot z}{x\cdot w}}$ (из 11)

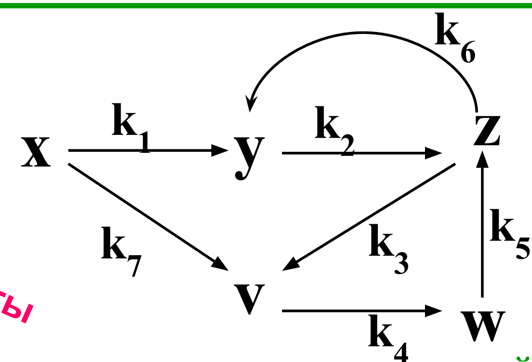
Долго и нудно

13)
$$y' = \frac{z\cdot y}{x} + y\cdot\ln x\cdot\frac{\dfrac{z\cdot y}{x} - y\cdot\cos v\cdot\dfrac{z^2}{x^2\cdot w}}{\dfrac{1}{z\cdot w} - y\cdot\ln x - y\cdot\cos v\cdot\dfrac{2\cdot z}{x\cdot w}} =$$
$$\frac{z\cdot y}{x} + y\cdot\ln x\cdot\frac{\dfrac{z^2\cdot y\cdot w}{x}\cdot\left(1-\cos v\cdot\dfrac{z}{x\cdot w}\right)}{1 - z\cdot w\cdot y\cdot\ln x - \cos v\cdot\dfrac{2\cdot z^2\cdot y}{x}} =$$
$$= \frac{\dfrac{z\cdot y}{x}\left(1 - z\cdot w\cdot y\cdot\ln x - \cos v\cdot\dfrac{2\cdot z^2\cdot y}{x}\right) + y\cdot\ln x\cdot\dfrac{z^2\cdot y\cdot w}{x}\cdot\left(1-\cos v\cdot\dfrac{z}{x\cdot w}\right)}{1 - z\cdot w\cdot y\cdot\ln x - \cos v\cdot\dfrac{2\cdot z^2\cdot y}{x}} =$$
$$\frac{\dfrac{z\cdot y}{x}\left(1-\cos v\cdot\dfrac{2\cdot z^2\cdot y}{x}\right) - \dfrac{y^2\cdot z^3\cdot\ln x\cdot\cos v}{x^2}}{1 - z\cdot w\cdot y\cdot\ln x - \cos v\cdot\dfrac{2\cdot z^2\cdot y}{x}}$$
(из 5, 12)

(b) Решение с помощью МСС

1) Составим структурную схему

и главная часть умственной работы уже выполнена!



2) определим коэффициенты передачи частных связей:

1) $k_1 = z\cdot x^{z-1} = \dfrac{z\cdot y}{x}$

2) $k_2 = w\cdot e^{y\cdot w} = w\cdot z$

3) $k_3 = \dfrac{2\cdot z}{x}$

4) $k_4 = \cos v$

5) $k_5 = y\cdot z$

6) $k_6 = y\cdot\ln x$

7) $k_7 = -\dfrac{z^2}{x^2}$

3) Выразим РКП через КПЧС

$$\frac{dy}{dx} = K_y = \frac{k_1\cdot\left(1 - k_3\cdot k_4\cdot k_5\right) + k_7\cdot k_4\cdot k_5\cdot k_6}{1 - k_2\cdot k_6 - k_3\cdot k_4\cdot k_5}$$

и подставим значения этих коэффициентов:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{z\cdot\left(\dfrac{y}{x}\right)\cdot\left(1 - 2\cdot z^2\cdot\left(\dfrac{y}{x}\right)\cdot\cos v\right) - \left(\dfrac{z^3\cdot y^2}{x^2}\right)\cdot\cos v\cdot\ln x}{1 - w\cdot z\cdot y\cdot\ln x - 2\cdot z^2\cdot\left(\dfrac{y}{x}\right)\cdot\cos v}$$

МСС в процедуре дифференцирования

1. Традиционная организация ДСНФ **нарушает** основной принцип НОТ: **отделять** во времени и (или) пространстве **разнородные и объединять однородные операции**. Здесь р**азнородны:**
   (1) **собственно дифференцирование**,
   (2) **сопутствующие алгебраические преобразования.**

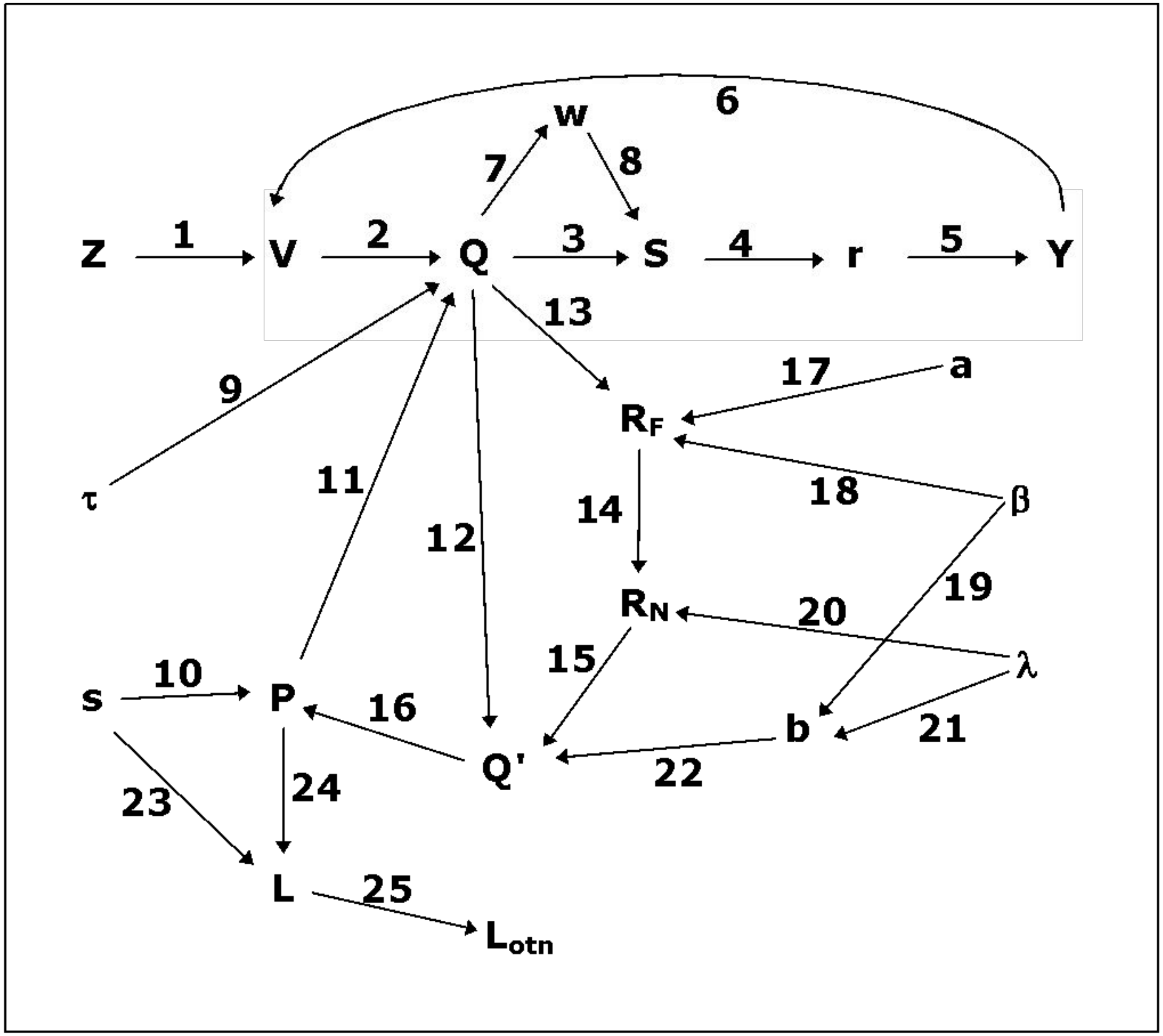
Именно их выполнение вперемешку делает процедуру утомительной и чреватой ошибками.

2. МСС, в согласии с НОТ, **разводит указанные компоненты,** резко упрощая обе. **После составления схемы главная часть умственной работы по ДСНФ уже выполнена**. Ее изображение заменяет написание уравнений, а простые правила свертывания реализуют решение.

Процедура сводится к элементарным действиям без громоздких, трудно проверяемых преобразований.

В постановочной части прикладных задач важны другие свойства метода: дисциплинирование мышления, структуризация знания.

Модель экономического равновесия по Кейнсу



Z - количество денег в обращении

V – в т.ч. операционный спрос

Y – в т.ч. Спекулятивный спрос

Q – объем производства

S – накопление

W - потребление

r - банковский процент

τ - рабочее время

R_F – занятость в смене

R_N – общая занятость

a – максимальный уровень производства при данной занятости

λ - обратная величина рабочего дня с поправками

β – технический уровень производства

b – он же, отнесенный к λ

Q' – производная производства по занятости

P – уровень цен

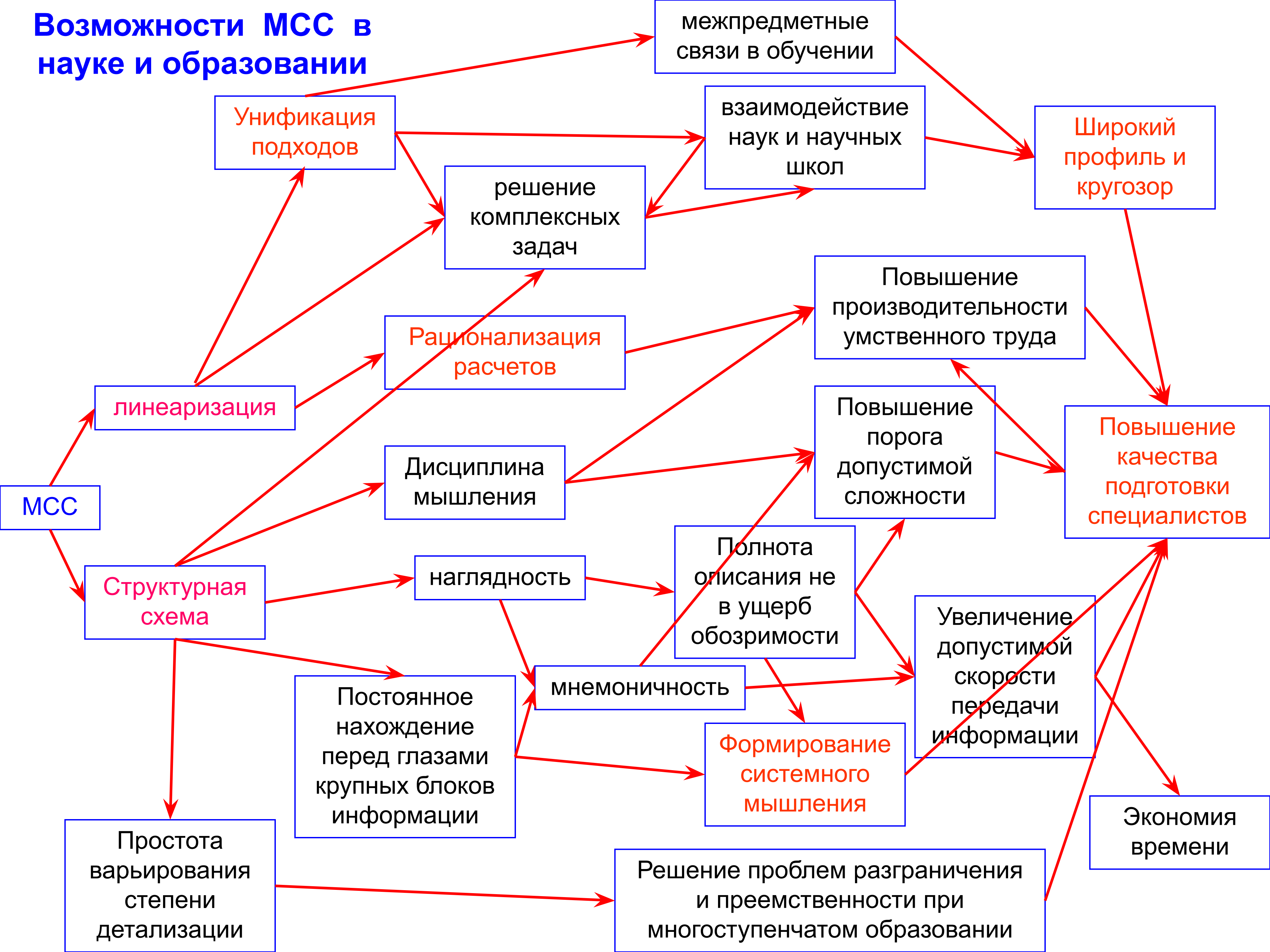
s – номинальная зарплата

L – реальная зарплата

L_{otn} – ее относительное значение

Разложение производной на аддитивные составляющие

Возможности МСС в науке и образовании



Математический аспект:

- Рационализация процедуры ДСНФ
- Решение систем нелинейных уравнений методом линеаризации

Научно-инженерный аспект

- Полнота описания не в ущерб обозримости
- Контроль правильности теоретических построений
- Комплексные задачи и системный анализ
- Взаимопонимание наук и научных школ
- Повышение культуры дискуссий

Педагогический аспект (в прикладных науках)

- Повышение допустимой сложности и скорости передачи информации, экономия времени при повышении качества усвоения
- Промежуточный этап, облегчающий усвоение понятия передаточных функций
- Технологический расчет, как системообразующий компонент учебного курса
- Формирование системного мышления

Хороший способ представления = переводу с иностранного языка на родной.

Открытие входит в жизнь не в момент появления, а когда общество созревает для его восприятия. Вот факт из истории науки.

Десятичная система возникла в Индии не позже 6 века, и стала известна в Европе в 9 веке из арабских источников. Входила в употребление с трудом, хотя ее пропагандировали папа римский Сильвестр (он же математик Герберт) и знаменитый Фибоначчи. Инквизиция самого папу обвинила в потворстве "сарацинской ереси".

На Руси ее назвали "католической ересью". Первая русская монета с десятичной записью отчеканена при царе Алексее Михайловиче, а последняя с древнеславянской - при Петре 1. **Итого – 800 лет.**

П. Лаплас специально изучал причины этого, и заключил, что простота идеи мешала оценить значимость нововведения. И трудна она была не для учеников, а для *учителей*. Именно на *ИХ* переучивание ушло 8 столетий. Хотя МСС гораздо моложе, просматривается определенная аналогия.

П. Л. Капица: самое главное – поставить в нужном месте большой восклицательный знак.

Именно его и не хватает, чтобы МСС был оценен по достоинству.