



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

# Информационно-энергетические схемы в изобретательской практике

Бушуев А.Б, Тюрин А. И.

Кафедра систем управления и информатики

## Цели работы

- 1. Научная – получить новые результаты в ТРИЗ в области схемотехнических задач, касающиеся физического принципа действия устройств**
- 2. Учебная – научить студентов получать формализованные модели в виде структурных схем, пригодных для дальнейшего патентования**

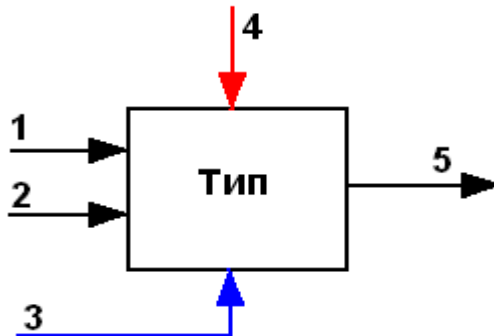
# Уровень техники, аналоги

1. Законы развития ТС и вепольный анализ ( Г.С. Альтшуллер, В.М.Петров)
2. Потоково –функциональные схемы (А.И. Половинкин)
3. Энерго-информационный метод научно-технического творчества (М.Ф. Зарипов и его школа)
4. Вещественно-полевые структурные схемы (Голдовский Б. И., Вайнерман М. И. Рациональное творчество)
5. Использование размерностей физических величин (Глазунов В.Н.)
6. Система кинематических величин Р.О. Бартини

# Постановка задачи и анализ схемных ресурсов

1. Задан прототип в виде описания к патенту на изобретение, включающий либо чертёж конструкции, либо структурную схему с блоками и связями, и принцип работы устройства.

2. Необходимо по законам развития ТС синтезировать новую структуру, с удалением старых и добавлением новых блоков и связей, возможно, с новой функцией и минимальными затратами ресурсов схемы. Если схема в прототипе не задана, необходимо её составить.



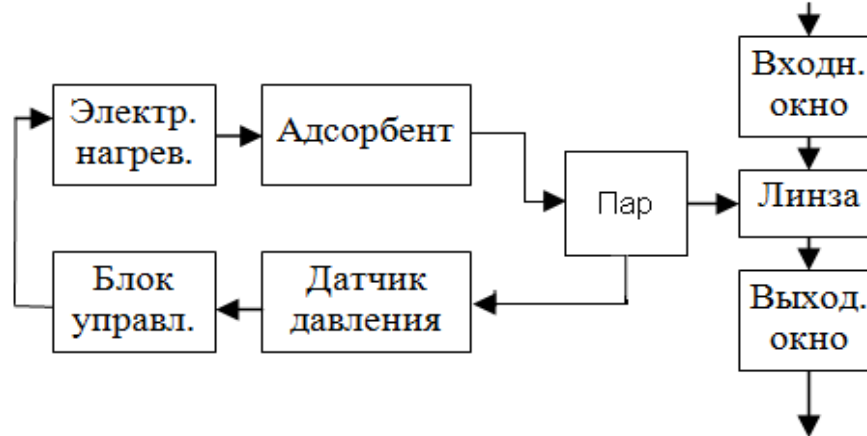
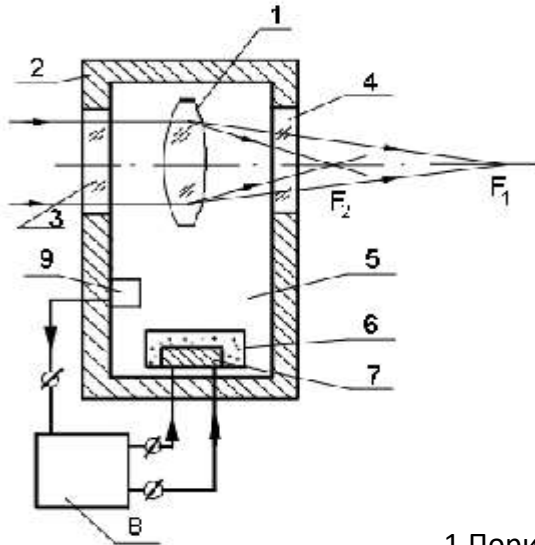
## Ресурсы блоков

1. Тип, название, функция, выполняемая блоком
2. Входы / выходы: информационные, энергетические, синхронизирующие
3. Физические величины на входах и выходах блоков

## Ресурсы связей:

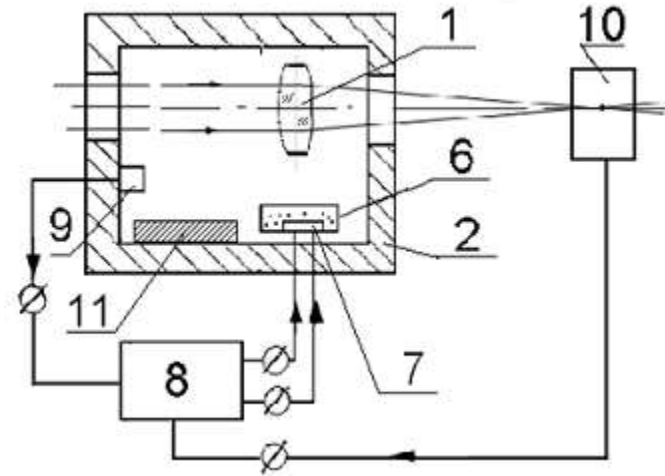
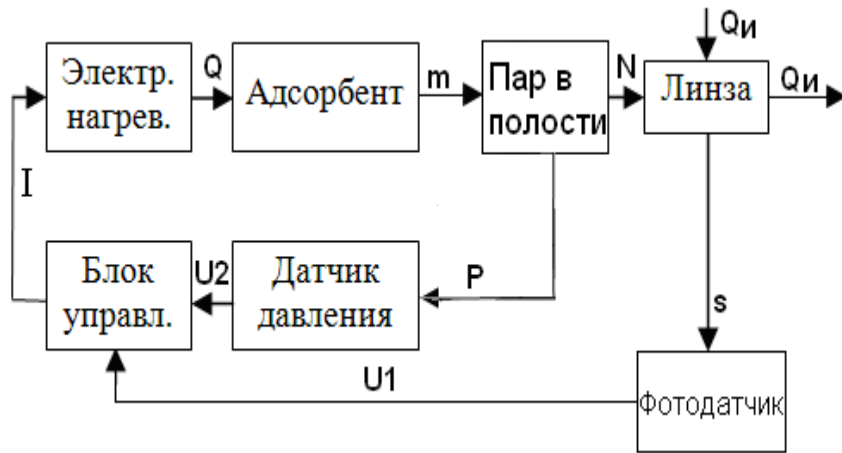
1. Последовательные
2. Параллельные
3. Обратная связь

# Пример составления информационно-энергетической схемы перестраиваемой оптической системы

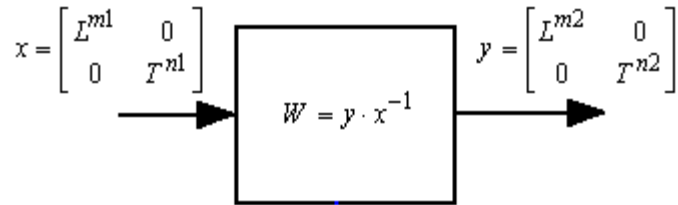


- 1.Пористая линза, 2. корпус, 3.,4 . окна,  
 5. полость с парами жидкости 6.адсорбент  
 7.нагреватель 8.блок управления 9. датчик  
 давления

# Информационно-энергетическая схема замкнутой системы. Конструкция системы регулирования концентрации паров.



# Численная оценка ресурсоёмкости схемы



Передаточная матрица блока

$$W = y \cdot x^{-1} = \begin{bmatrix} L^{m2} & 0 \\ 0 & T^{n2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} L^{-m1} & 0 \\ 0 & T^{-n1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L^{m2-m1} & 0 \\ 0 & T^{n2-n1} \end{bmatrix}$$

Определитель передаточной матрицы

$$\det = L^{m2-m1} \cdot T^{n2-n1}$$

Ресурсоёмкость блока

$$R = \sqrt{(m2-m1)^2 + (n2-n1)^2}$$

Суммарная ресурсоёмкость  
схемы

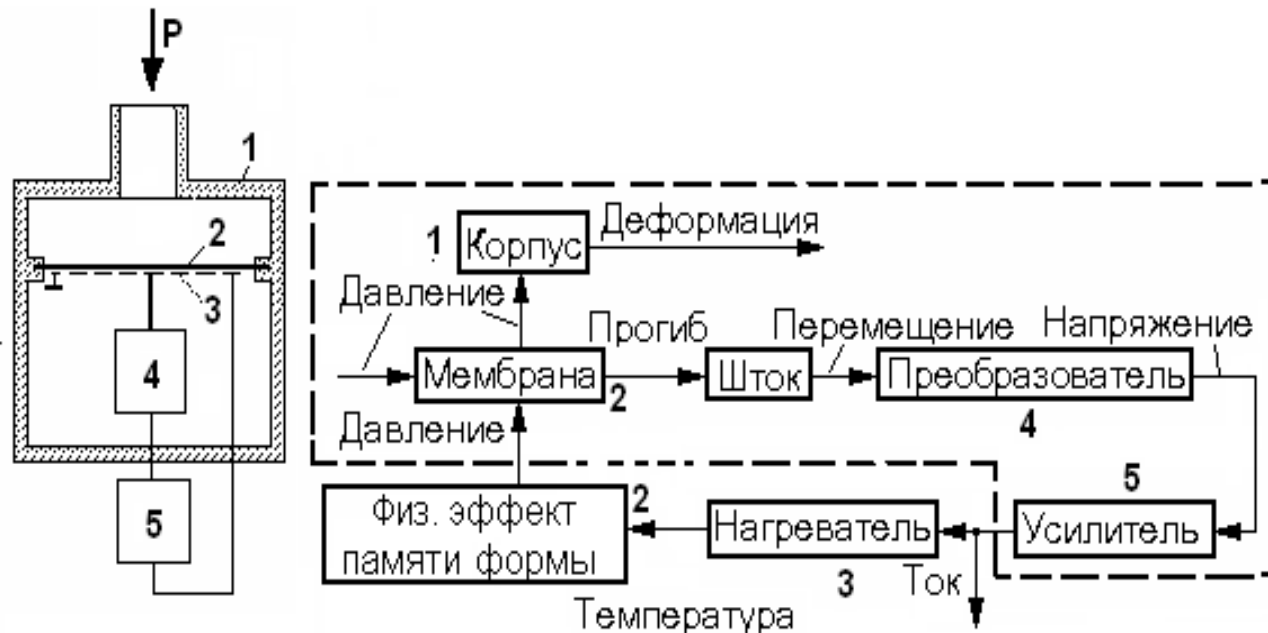
$$R_{\Sigma} = \sum_{i=1}^k R_i$$

# Система кинематических величин Бартини

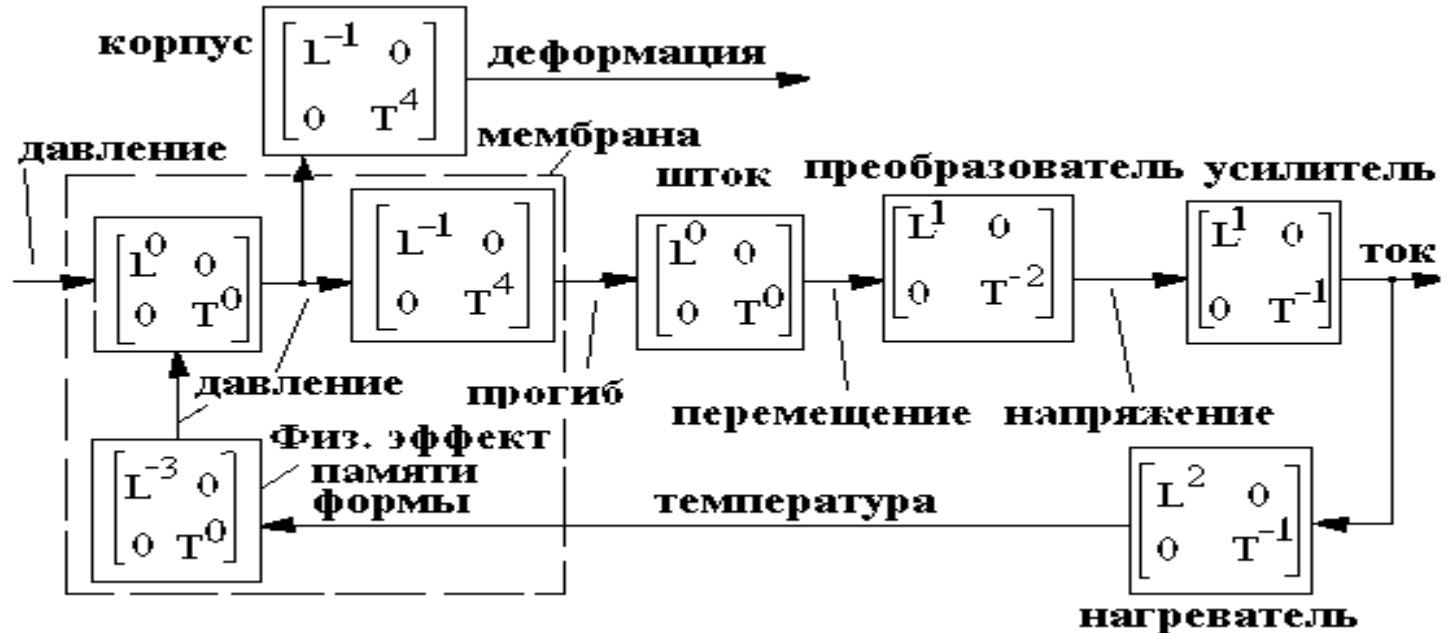
		$L^{-3}$	$L^{-2}$	$L^{-1}$	$L^0$	$L^1$	$L^2$	$L^3$	$L^4$	$L^5$	$L^6$	
$T^{-6}$								$L^3 T^{-6}$	$L^4 T^{-6}$	Изменение мощности	Скорость передачи мощности	0
$T^{-5}$	-9						Изменение давления	Поверхностная мощность	Скорость изменения силы	Мощность	Скорость передачи энергии	1
$T^{-4}$	-8				Изменение плотности тока	Давление	Угловое ускорение	Сила	Момент силы	Энергия	Скорость передачи действия	2
$T^{-3}$	-1			Изменение углового ускорения	Плотность тока	Напряженность эл-маг. поля	Ток	Скорость сдвигания заряда	Момент количества движения	Импульс	Момент действия	3
$T^{-2}$	-6		Изменение объемной плотности	Массовая плотность	Угловое ускорение	Ускорение	Разность потенциалов	Масса	Момент инерции			4
$T^{-1}$	-5				Частота	Скорость	Объемность 2-х мерная	Расход объемный	Скорость смещения объема			5
$T^0$	-4	$L^{-3} T^0$	$L^{-2} T^0$	Изменение проводимости	Безразмерные константы	Длина	Поверхность	Объем пространственный				6
$T^1$	-3	$L^{-3} T^1$	Изменение магнитной проницаемости	Проводимость	Период	Длительность расстояния	$L^2 T^1$					7
$T^2$	-2	$L^{-3} T^2$	Магнитная проницаемость	$L^{-1} T^2$	Поверхность времени	$L^1 T^2$						8
$T^3$	-1	$L^{-3} T^3$	$L^{-2} T^3$	$L^{-1} T^3$	Объем времени							9
$T^4$		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10



# Оценка ресурсоёмкости датчика давления



# Имитационная модель датчика давления



# Анализ ресурсоёмкости схемы

$$R1 = \sqrt{(-1)^2 + 4^2} = \sqrt{17}, R2 = \sqrt{0^2 + 0^2} = 0, R3 = \sqrt{1^2 + (-2)^2} = \sqrt{5},$$

$$R4 = \sqrt{1^2 + (-1)^2} = \sqrt{2}, R5 = \sqrt{2^2 + (-1)^2} = \sqrt{5}, R6 = \sqrt{(-3)^2 + (0)^2} = 3,$$

$$R7 = \sqrt{(-1)^2 + 4^2} = \sqrt{17}$$

где  $R1$  - ресурсоёмкость мембраны,  $R2$  - штока,  $R3$  - преобразователя,  $R4$  - усилителя,  $R5$  - нагревателя,  $R6$  – физ. эффекта памяти формы,  $R7$ - корпуса. Общая ресурсоёмкость схемы  $R=18.55$ .

Найдём передаточную матрицу от давления (входной величины датчика) к его выходной величине – току на выходе усилителя как произведение последовательно соединенных блоков

$$W = \begin{bmatrix} L^0 & 0 \\ 0 & T^0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} L^{-1} & 0 \\ 0 & T^4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} L^0 & 0 \\ 0 & T^0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} L^{-1} & 0 \\ 0 & T^{-2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} L^{-1} & 0 \\ 0 & T^{-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L^1 & 0 \\ 0 & T^1 \end{bmatrix}$$

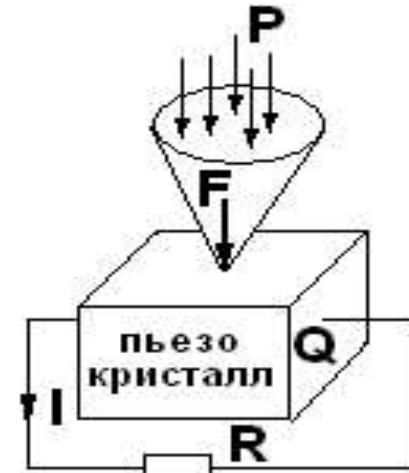
Теоретическая минимальная ресурсоемкость  $R_{\min}$  равна

$$R_{\min} = \sqrt{(1)^2 + 1^2} = 1.41$$

Реальная ресурсоемкость той же ветви равна сумме  $R=R1+R2+R3+R4=7.77$ , т.е. схема обладает избыточностью. Посмотрим, как происходит преобразование давления в электрический ток на таблице Бартини

# Синтез нового решения

	$L^1$	$L^2$	$L^3$	$L^4$
$T^5$		Изменение давления	Поверхностная мощность	Скорость изменений силы
$T^4$	Изменение плотности тока	Давление	Угловое ускорение массы	Сила
$T^3$	Плотность тока	Напряженность э-м-ог. поля Градиент	Ток Массовый расход	Скорость сдвигания заряда Импеданс
$T^2$	Ускорение	Емкость потенциалов	Масса Количество магнитного Количество электричества	Магнитный момент
$T^1$	Скорость	Сильность 2-х мерная	Расход объемный	Скорость сдвига объема
$T^0$	Длина Емкость Самодуция	Поверхность	Объем пространственный	



Ресурсоемкость  
 $R_{\text{пьезо}} = 5,236 < R_{\text{мембр}} = 7,77$

$$W = \begin{bmatrix} L^2 & 0 \\ 0 & T^0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} L^{-1} & 0 \\ 0 & T^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} L^0 & 0 \\ 0 & T^{-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L^1 & 0 \\ 0 & T^1 \end{bmatrix}$$

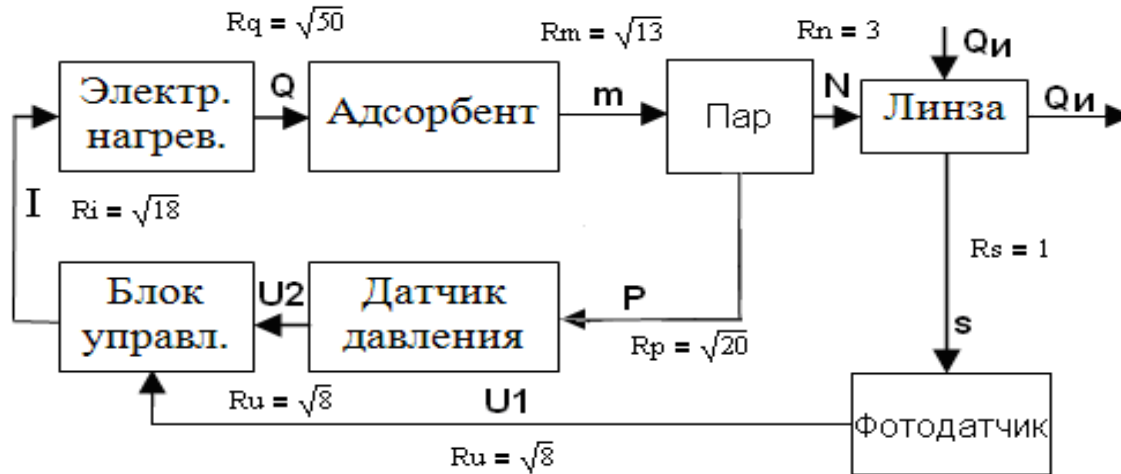
# Таблица Бартини как база физических эффектов

Любой физический эффект задаём передаточной матрицей или отношением матриц размерностей выходной и входной физических величин преобразования. Например, нагреватель в схеме датчика давления имеет передаточную матрицу  $W_H$ , мембрана (без эффекта памяти формы) –  $W_M$ , а сам физический эффект памяти формы –  $W_\Pi$ , где

$$W_H = \begin{bmatrix} L^2 & 0 \\ 0 & T^{-1} \end{bmatrix}, W_M = \begin{bmatrix} L^{-1} & 0 \\ 0 & T^4 \end{bmatrix}, W_\Pi = \begin{bmatrix} L^{-3} & 0 \\ 0 & T^0 \end{bmatrix}$$

Нагреватель с входом «электрический ток» и выходом «энергия (статистическая температура)» по своей размерности занимает клетку  $L^2 T^{-1}$  таблицы Бартини, названную несколько непонятно - «обильность двумерная». С точки зрения базы физических эффектов обильность двумерная задаёт физический эффект преобразования эл. тока в тепловую энергию. Ультразвуковой капиллярный эффект, имеющий входной сигнал «частоту колебаний» и выходной сигнал - «высоту жидкости в капилляре», размещается в клетке  $L^1 T^1$  «длительность времени». Пьезомагнитный эффект, имеющий вход в виде «силы» и выход - в виде «ферромагнитного момента», помещается в клетке  $L^0 T^2$  с названием «поверхность времени».

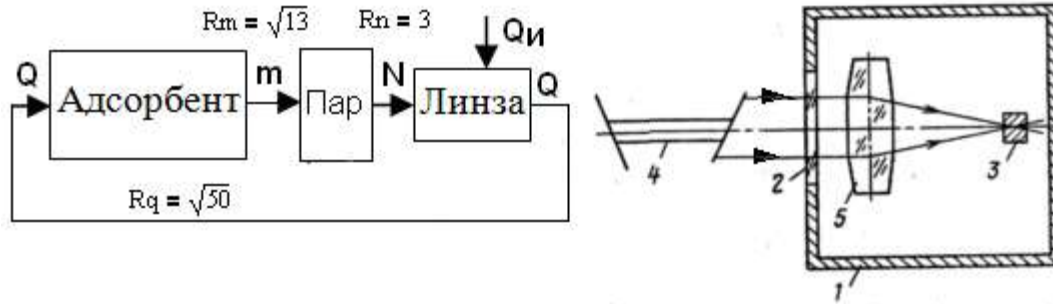
# Ресурсоёмкость связей схемы



$R_q$  - ресурсоёмкость теплового потока,  $R_m$  - массы,  $R_n$  - концентрации,  $R_s$  – фокусного расстояния,  $R_p$  - давления,  $R_u$  – электрического напряжения,  $R_i$ - тока. Общая ресурсоёмкость связей равна

$$R_c = \sqrt{50} + \sqrt{13} + 3 + 1 + \sqrt{20} + 2, \sqrt{8} + \sqrt{18} = 29.048$$

# Свёртка исходной структуры системы регулирования концентрации паров



Свёртка исходной структуры с целью снижения ресурсоёмкости связей с использованием ВПР связей., Ресурсоёмкость связей полученной схемы 13.677, прототип 29.048.

# Заключение

1. Особенность рассмотренной работы - не задано никаких количественных значений входных и выходных сигналов блоков, характера их изменения, диапазонов изменения, а также параметров самих блоков. Поэтому структуры с минимальной ресурсоемкостью могут рассматриваться в некотором смысле как идеальный конечный результат.
2. Однако, поскольку полученные структуры не противоречат законам физики, то они могут быть реализованы физически при ограничениях на входные сигналы и свойства блоков, а следовательно, патентоспособны.
3. Возможности учета ограничений в рамках предложенных математических ресурсных моделей являются направлением дальнейших исследований.
4. Полученные методы оценки ресурсоемкости легко компьютеризируются, в частности, в символьной математике Маткада.



**Спасибо за внимание!**

[www.ifmo.ru](http://www.ifmo.ru)

ITMO *re than a*  
UNIVERSITY