

*Декабрьские чтения  
в Томске*

11-16 декабря 2018 г.


**Модели и алгоритмы  
композиционного анализа  
поведения систем и обработки данных**


**Гузев М.А., Цициашвили Г.Ш.**

Институт прикладной математики Дальневосточного  
отделения РАН,  
Владивосток, Россия




# Путин о беспилотных подводных аппаратах


A semi-transparent image of Vladimir Putin in a dark suit and red tie, standing behind a white podium with the Russian coat of arms. He is looking down at papers on the podium. The background is a solid blue color.

A photograph of Vladimir Putin, the President of Russia, standing at a grey podium. He is wearing a dark blue suit, a white shirt, and a maroon tie. He is looking down at the podium. The background is a solid blue wall. The podium has a small Russian coat of arms on the front. The text is overlaid on the bottom part of the image.

Могу сказать, что в России разработаны  
беспилотные подводные аппараты,



способные двигаться на большой глубине  
(знаете, я бы сказал, на очень большой глубине)

A yellow autonomous underwater vehicle (AUV) is being lowered into the water by a crane on a ship's deck. The AUV is cylindrical with a conical nose and a tail section. It is suspended by a red crane structure. The background shows the ship's deck and the ocean.

способные двигаться на большой глубине  
(знаете, я бы сказал, на очень большой глубине)

## Глубоководный обзорно-поисковый робототехнический комплекс «Лортодромия». АНПА «Л-2»

Институт проблем морских технологий  
Дальневосточного отделения  
Российской академии наук

<http://imtp.febras.ru/podvodnaya-robototexnika.html?start=2>

«Л-2» во время  
испытаний  
в Филиппинском море (1980).



В 1982-1983 г.г. в использовался в работах по обследованию района катастрофы АПЛ «К-8» и северной Атлантике, района гибели южнокорейского пассажирского самолета вблизи о.Сахалин, АПЛ «К-219», потерпевшей аварию в Саргассовом море вблизи Бермудских островов. Весной 1989 года глубоководный комплекс, включая аппарат «Л-2», использовался для обследования АПЛ «Комсомолец», затонувшей в Норвежском море.

## Автономный необитаемый подводный аппарат "Клавесин-1Р"

### Назначение

- обзорная гидролокационная съемка с полосой обзора 800 м и 200 м;
- поиск и обследование донных точечных и протяженных объектов;
- акустическое зондирование грунта;
- батиметрические измерения;
- видеосъемка морского дна.

### Характеристики

масса, кг	2500
длина, м	5,8
диаметр, м	0,9
рабочая глубина, м	до 6000
дальность хода, км	до 300
скорость, м/с	до 1,5





## Автономный необитаемый подводный аппарат ММТ-3000

<http://www.imtp.febras.ru/razrabotki/69.html?task=view>



### Назначение

1. Съёмка рельефа дна и поддонной структуры с целью планирования прокладки трубопроводов, кабелей, строительства донных сооружений.
2. Обследование донных сооружений, магистральных трубопроводов, подводных кабелей, портовых акваторий и т.д.
3. Оценка запасов на дне и в толще воды флоры и фауны, экологические исследования.
4. Участие в подводных поисково-спасательных операциях.

### Характеристики

- максимальная рабочая глубина - 3000 м;
- вес ~ 180 кг;
- габариты -  $\varnothing$  0.45 x 2.27 м;
- максимальная скорость - 3 м/с;
- автономность (при  $v = 1.5$  м/с) 34 часа
- (пробег 184 км);

## Робототехнический комплекс «МТ-2012» (Галтель)

<http://imtp.febras.ru/podvodnaya-robototexnika.html?start=13>

### Назначение

Выполнения поисково-обследовательских работ, охрана подводных акваторий, инспекция и контроль инженерных инфраструктур на глубинах до 300 м.

Комплекс содержит два автономных аппарата, один телеуправляемый аппарат и комплект навигационного, вспомогательного и обеспечивающего оборудования.



## Схема организации охраны со стороны акватории плавучей нефтегазовой платформы



## **Объекты охраны**

[1] плавучая нефтегазовая платформа и обслуживающий персонал

### **Вероятная модель нарушителя (диверсионного средства)**

[2] диверсионно - террористическая группа боевых пловцов (одиночный пловец)

[2] диверсионно - террористическая группа подводных пловцов использующих одиночные (групповые) подводные средства движения

[2] мини - подводная лодка с диверсионно - террористической группой боевых пловцов

[2] сплавляемые (самоходные управляемые) подводные минно-взрывные устройства

### **Подразделения охраны**

[3] водолазная (поисковая) группа подразделения охраны вооруженная специальным подводным оружием

[4] быстроходный катер подразделения охраны с бортовым специальным вооружением

[5] маломерный быстроходный катер (жестко-надутая или надувная мотолодка) с водолазной группой

[6] мобильная погружная гидроакустическая станция (гидролокатор) кругового обзора

[7] малогабаритный переносной гидролокатор

[8] мобильная гидроакустическая станция (гидролокатор) направленного действия (секторного обзора)

[9] погружная якорная гидроакустическая станция кругового обзора

[10] подводный телеуправляемый аппарат нелетального воздействия на подводных пловцов

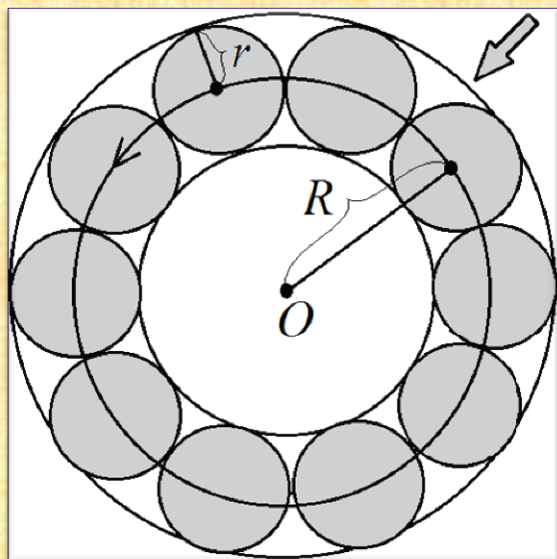
[11] судовой комплекс оборудованный радиолокационной станцией наблюдения за надводной обстановкой, аппаратурой визуального наблюдения, и экранами отображения информации гидроакустических станций (гидролокаторов)

[12] подводный многоцелевой телеуправляемый аппарат с поисковым гидролокатором, манипулятором, аппаратурой видеоотображения и гидроакустической станцией нелетального воздействия (комплектуется по требованиям заказчика)

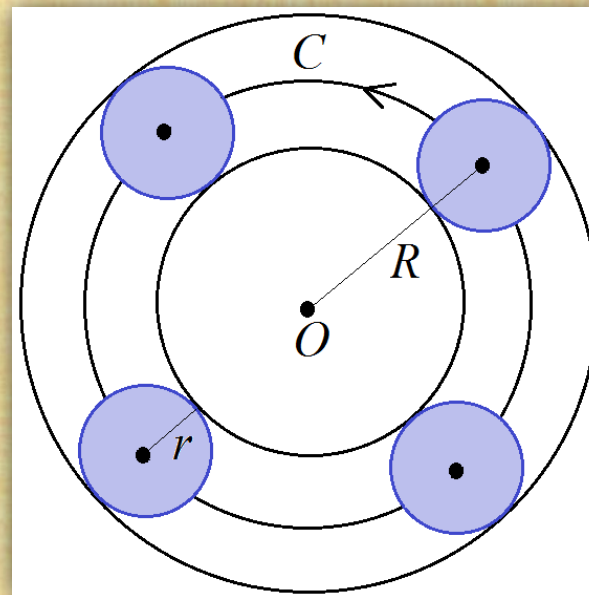
[13] комплект водолазного оборудования со спуско-подъемным устройством для проведения глубоководных водолазных работ.

**Обнаружение  
постороннего мобильного  
объекта необитаемыми  
подводными аппаратами**

## Обнаружение осторожного объекта локаторами, установленных на подводных аппаратах



Расположение гидролокаторов по окружности

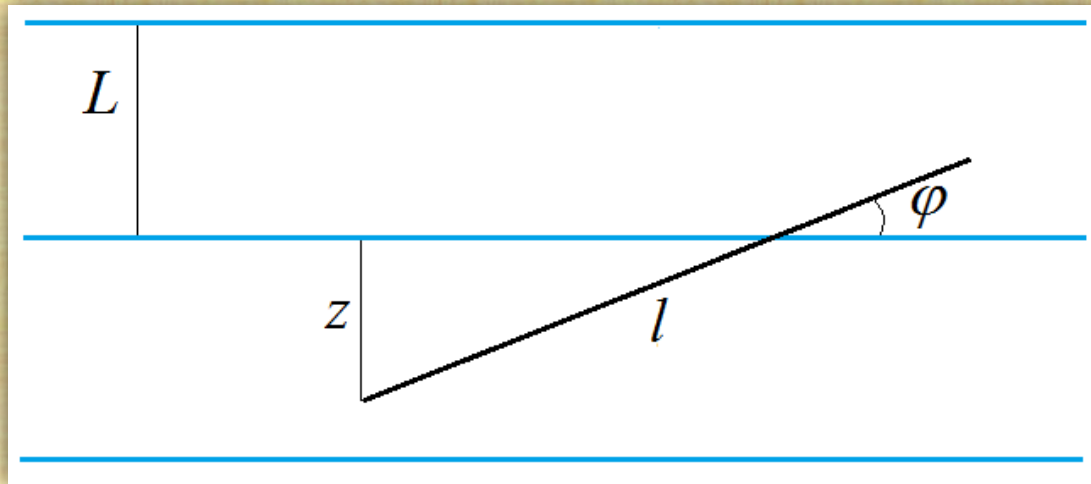


Движение аппаратов по окружности в неподвижной системе координат.

Число аппаратов равно  $n$ . Они движутся по окружности радиуса  $R$  с фиксированной линейной скоростью  $v$ . Расстояния между соседними вдоль окружности аппаратами одинаковы. Каждый аппарат снабжен локатором кругового обзора с радиусом обзора  $r$ . Объект движется по радиусу окружности с центром  $O$  (осторожный объект) со скоростью  $u$ .

# Задача Бюффона

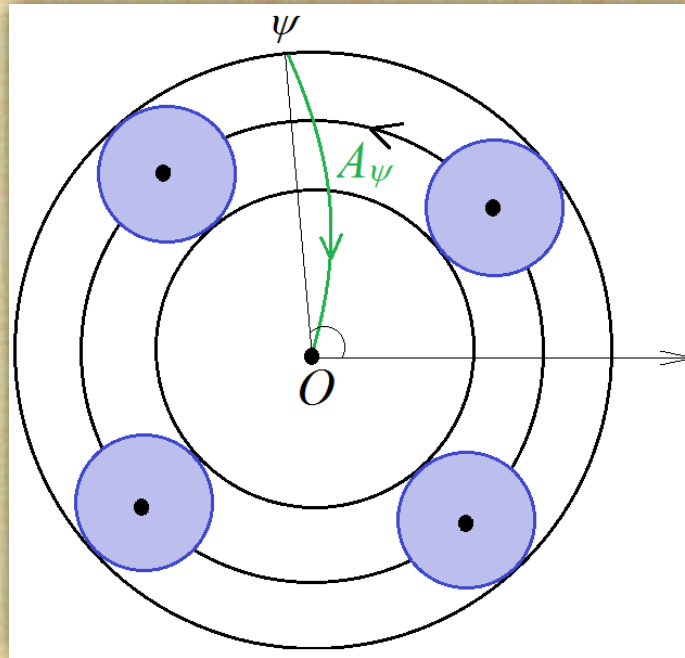
Задача Бюффона состоит в определении вероятности пересечения иглы длины  $l$ , бросаемой случайным образом на плоскость, разлинованную равноотстоящими (на расстоянии  $L$ ) параллельными прямыми, с какой-либо из этих прямых.



$$P = \frac{2l}{\pi L}$$



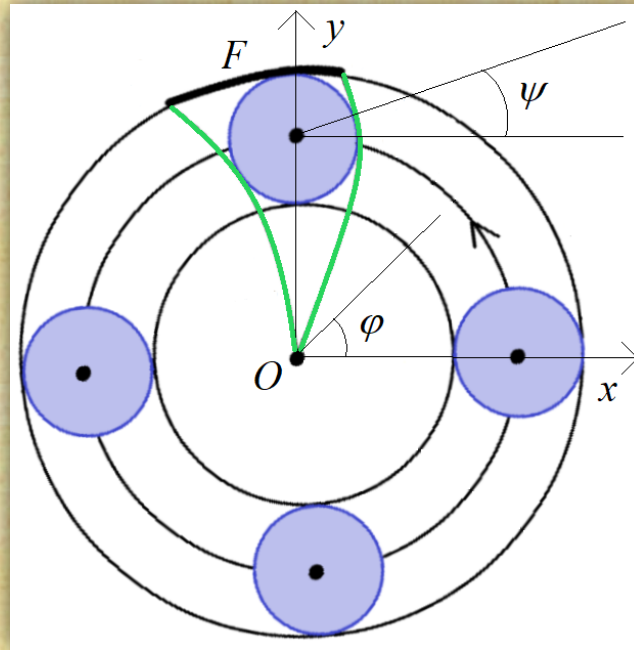
## Задача Бюффона в системе координат, связанной с движущимися по окружности аппаратами



Траектория движения объекта (выделена зеленым цветом) в декартовой системе координат, связанной с движущимися по окружности аппаратами.



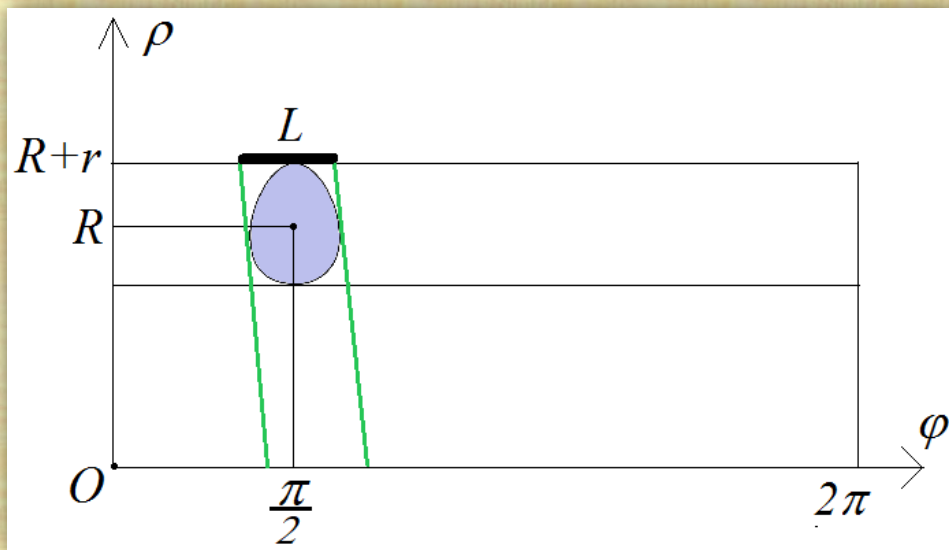
## Задача Бюффона в полярной системе координат



Область контроля одного круга обзора в декартовой системе координат  $(x,y)$ , связанной с движущимися аппаратами.

$$x = r\cos(\psi) + R\cos(\varphi), y = r\sin(\psi) + R\sin(\varphi)$$

## Область контроля одним кругом обзора в полярной системе координат, связанной с движущимися аппаратами



$\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$  - вертикальная координата;

$\varphi = \text{arctg } x/y$  - горизонтальная координата;

$x = x(\psi) = r \cos(\psi), y = y(\psi) = R + r \sin(\psi), 0 \leq \psi \leq 2\pi, \varphi = \pi/2$

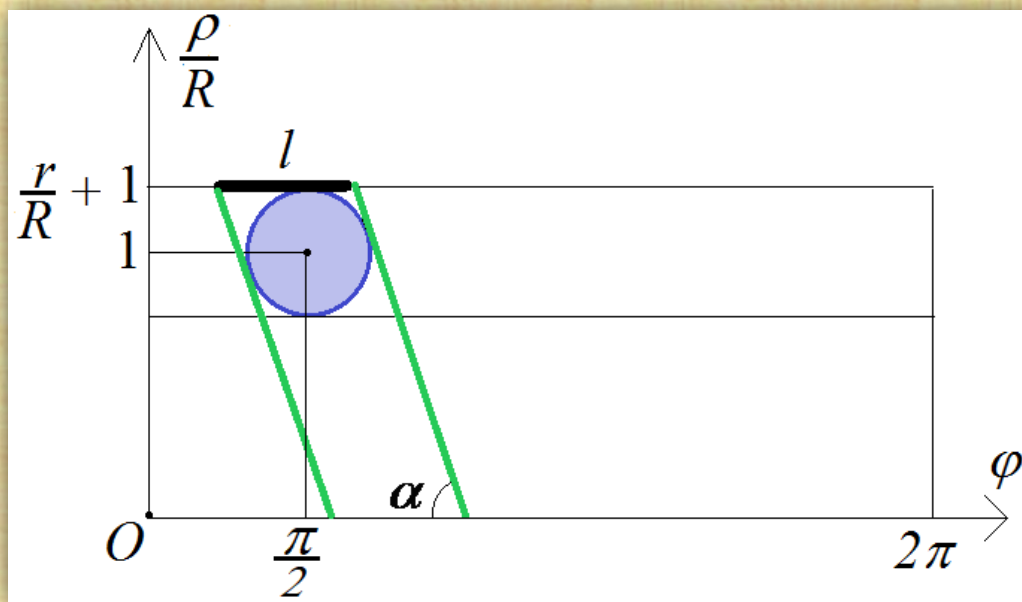
$$\frac{\rho}{R} = \left( \frac{r^2}{R^2} \cos^2(\psi) + \left( 1 + \frac{r}{R} \sin(\psi) \right)^2 \right)^{1/2}$$

## Область контроля одним кругом обзора в нормированной полярной системе координат, связанной с движущимися аппаратами

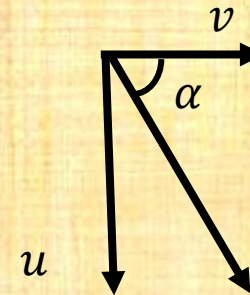
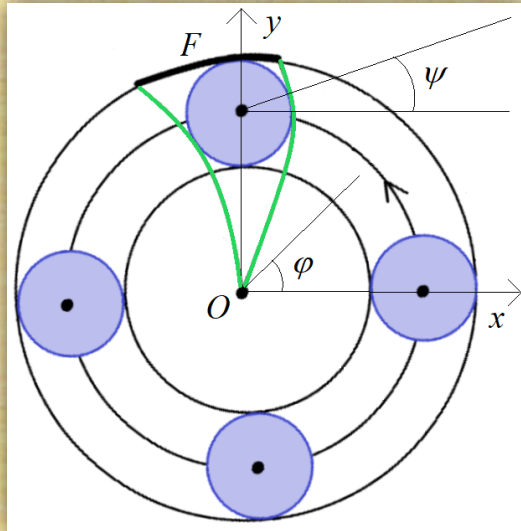
$$\frac{\rho}{R} = \left( \frac{r^2}{R^2} \cos^2(\psi) + \left( 1 + \frac{r}{R} \sin(\psi) \right)^2 \right)^{1/2}$$

При  $r/R \ll 1$

$$\frac{\rho}{R} \approx 1 + \frac{r}{R} \sin(\psi), \quad \varphi \approx \frac{r}{R} \cos(\psi)$$



## Вероятность обнаружения объекта $n$ аппаратами



$$\alpha = \arctg u/v, \quad l = \frac{2r}{R \sin \alpha},$$

Вероятность обнаружения  $P$  – отношение суммарной длины отрезков  $l$  контроля  $n$  аппаратов к  $2\pi$

$$P = \min \left( \frac{nl}{2\pi}, 1 \right) = \min \left( \frac{nr}{\pi R} \sqrt{1 + \frac{v^2}{u^2}}, 1 \right)$$

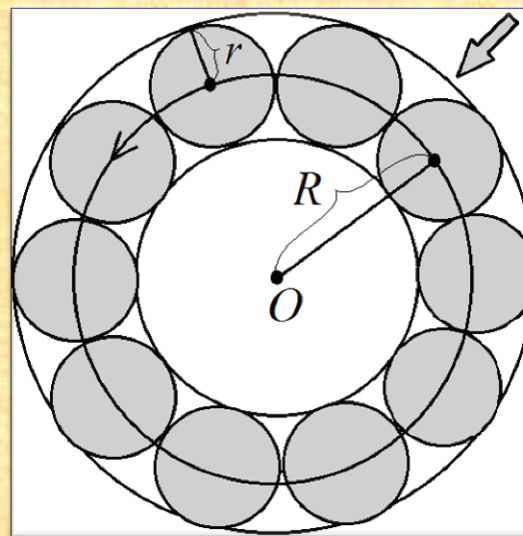
## Минимальное число аппаратов для обнаружения объекта с вероятностью единица

$$M = \min \left( n: \frac{nl}{2\pi} \geq 1 \right), \frac{\pi R}{r \sqrt{1 + \frac{v^2}{u^2}}} \leq M \leq \frac{\pi R}{r \sqrt{1 + \frac{v^2}{u^2}}} + 1$$

$\frac{\pi R}{r}$  Число аппаратов  
в статическом случае

$$\frac{v}{u} \sim 1, \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.71$$

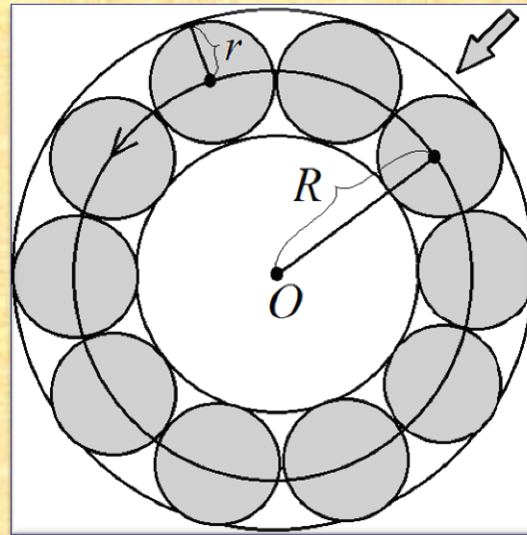
Динамика уменьшает  
число требуемых аппаратов



# **Защита сетевой структуры автономными аппаратами**

## Базовая модель защиты одного тела

Тело в точке  $O$  защищено от объекта, движущегося по произвольной траектории, если круги обзора соседних мониторов пересекаются.



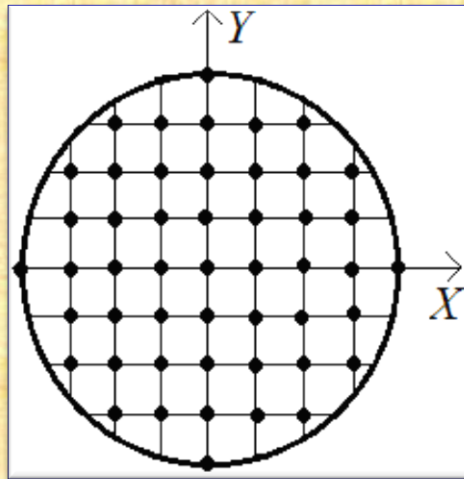
Минимальное число аппаратов  $M$ , обеспечивающих единичную вероятность обнаружения объекта, удовлетворяет соотношениям:

$$\frac{\pi R}{r} \leq M \leq \frac{\pi R}{r} + 1.$$

## Расположение тел в узлах квадратной решетки

Сетевая структура состоит из тел, расположенных в узлах квадратной решетки внутри окружности радиусом  $2n(R + r)$  и длиной шага решетки  $2(R + r)$ .

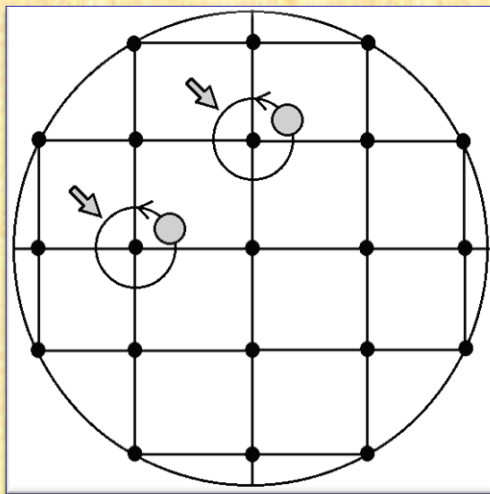
$N(n) \sim \pi n^2$  – число тел в круге радиусом  $2(n + 1)(r + R)$ .



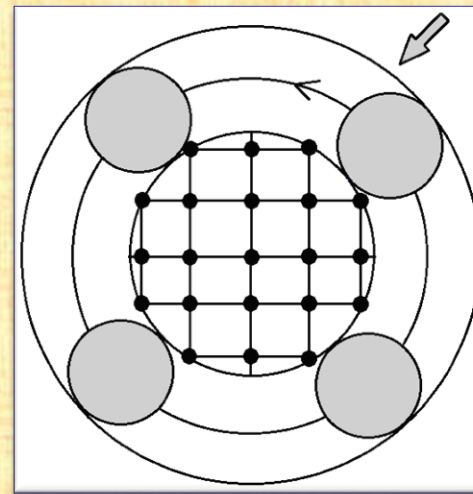


## Альтернативные модели защиты сетевой структуры тел автономными аппаратами

В модели I аппараты движутся по окружностям вокруг защищаемых тел.. В модели II предлагается альтернативная система защиты  $N(n)$  тел, в которой аппараты движутся по окружности радиусом  $2(n + 1)(r + R)$ .



Модель I



Модель II

$$N(n) \sim \pi n^2$$

## Сравнительный анализ моделей защиты

$M_1(n)$  минимальное число аппаратов в модели I

$M_2(n)$  минимального число аппаратов в модели II

для обнаружения объекта с единичной вероятностью:

$$\frac{M_1(n)}{M_2(n)} \sim \frac{N(n)}{n} \sim n.$$

**ПРЕДСТАВЛЕНИЕ  
ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ЗОН  
В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД  
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ  
СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОГО  
МОНИТОРИНГА**

# 1 Экспериментальные предпосылки и мотивация

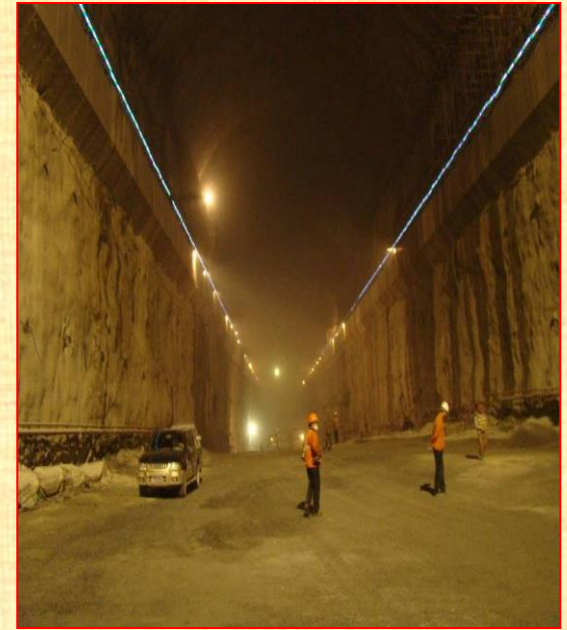
➤ Подземное строительство пользуется большим спросом во многих гражданских и инфраструктурных проектах по всему миру. В последнее десятилетие строительство туннелей придало мощный импульс быстрому экономическому развитию. Большое количество туннелей построено в глубоком массиве горных пород с высоким напряжением, что приводит к возникновению горных ударов.



Глубокая выработка

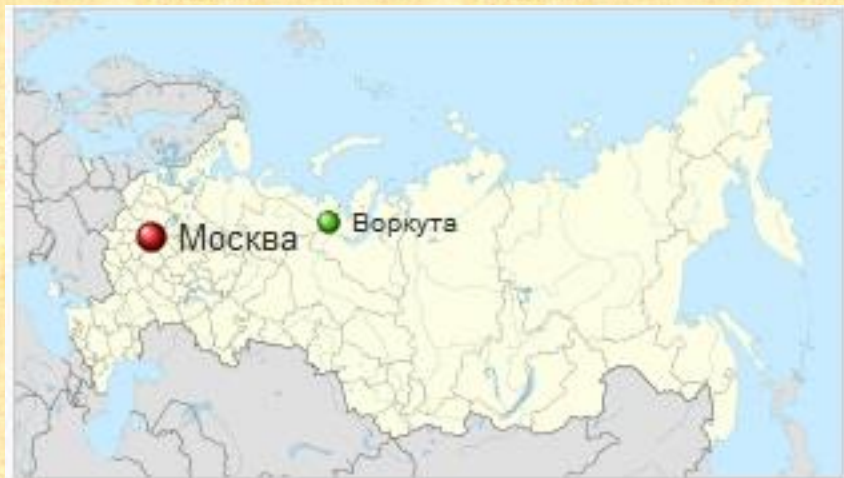


Глубокие туннели



Глубокая гидроэнергетика

➤ Горный удар в шахте "Северная" , Воркута, 2016, февраль.



- 6 июля 2010 года в Праге, Чешская Республика, произошло обрушение туннеля. Разрушение около Министерства культуры оставило кратер шириной около 20 м и длиной около 30 м.



- 23 августа 2012 года вода, поступившая в метро, вызвала хаос в Варшаве, Польша. Это привело к значительным транспортным проблемам.

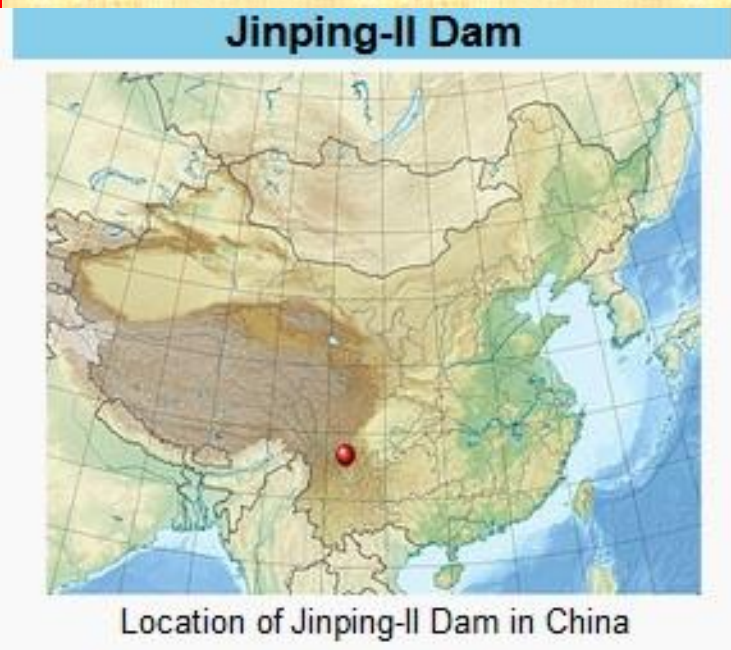


- Горный удар произошел на золотом руднике Карлтоне в 150 км к югу от Таунсвилла, Квинсленд, Австралия.





- Горный удар произошел во вспомогательном тоннеле гидроэлектростанции Цзиньпин II, глубина которого составляет 2250м.



➤ **Вспомогательный тоннель на гидроэлектростанции Цзиньпин II**



# 2 Прогресс в исследовании горных ударов

Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering 8 (2016) 423–442



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Journal of Rock Mechanics and  
Geotechnical Engineering

journal homepage: [www.rockgeotech.org](http://www.rockgeotech.org)



Review

Safety risk management of underground engineering in China:  
Progress, challenges and strategies



Qihu Qian<sup>a,\*</sup>, Peng Lin<sup>b</sup>

<sup>a</sup>PIA University of Science and Technology, Nanjing, 210014, China

<sup>b</sup>State Key Laboratory of Hydrosience and Engineering, Tsinghua University, Beijing, 100084, China

***The new strategies of safety risk management in underground construction are proposed in six aspects:***

***the management system and policy,***

***the legal,***

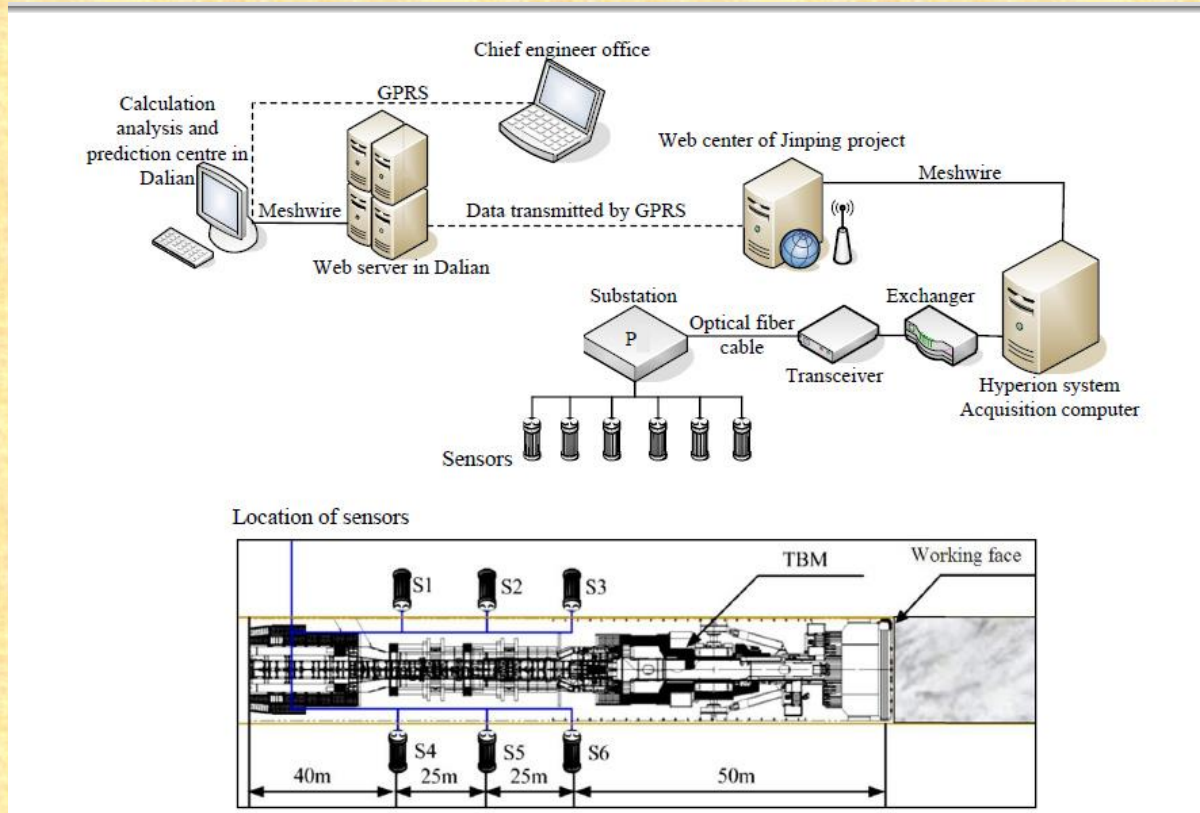
***administrative,***

***economic,***

***educational and technical countermeasures.***

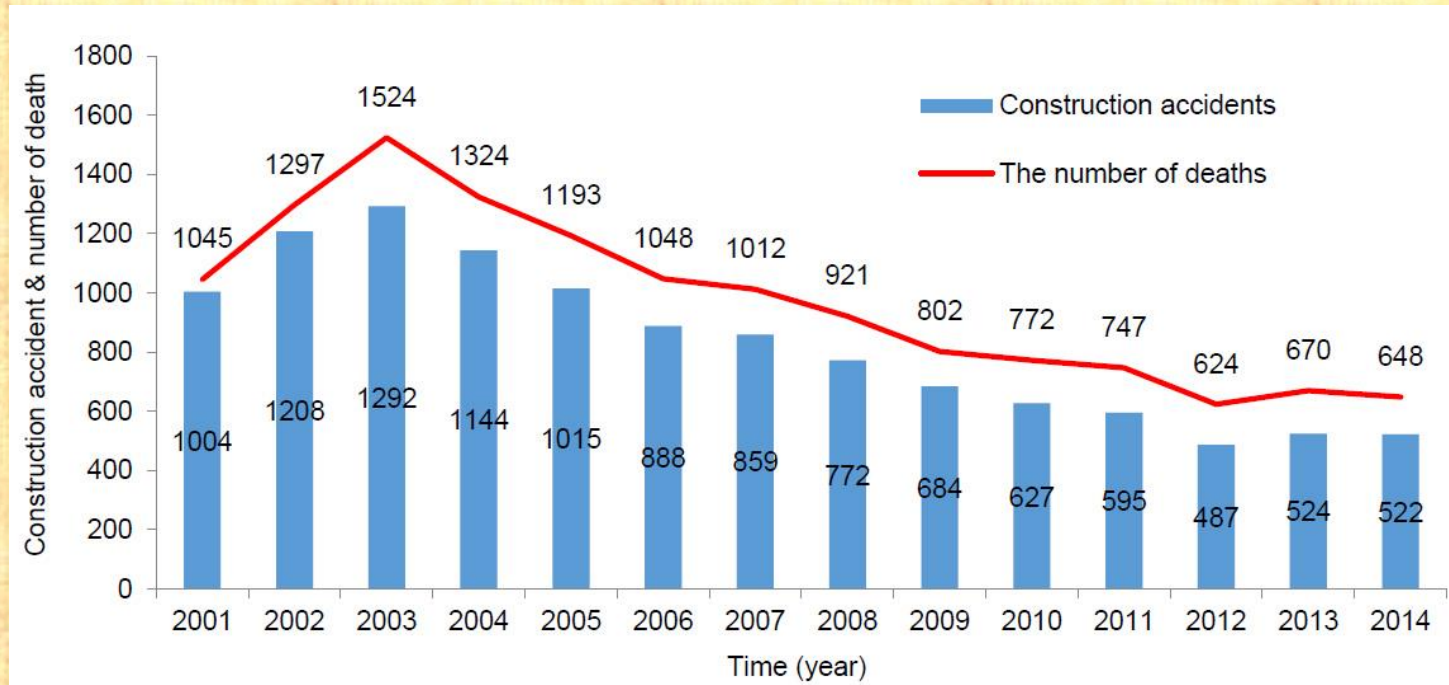
***The structure flowchart of this study is illustrated in Fig.***

- The research team led by Professor Tang carried out microseismic monitoring of rockbursts in the headrace tunnels at Jinping II hydropower station. Rockburst monitoring was performed at 10 working faces. The layout of the microseismic monitoring system is shown. The monitoring data showed that the accuracy of rockburst forecasting was high as 85.5%.



**Monitoring and analysis system for rockbursts tunnel boring machine (TBM) tunneling for Jinping II hydropower station.**

- The number of casualties in construction industry in China generally has declined over the past decade.

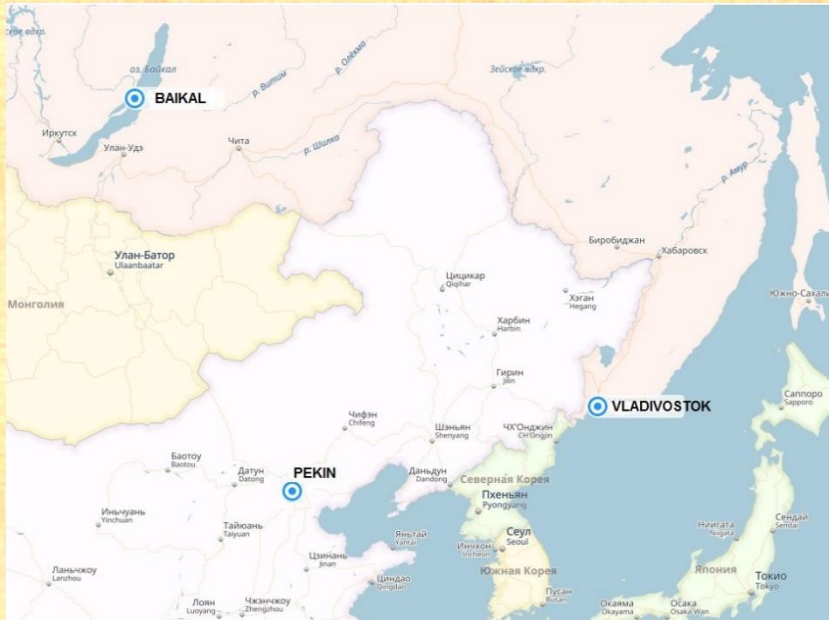


### Statistics of construction accidents and deaths in China from 2011 to 2014

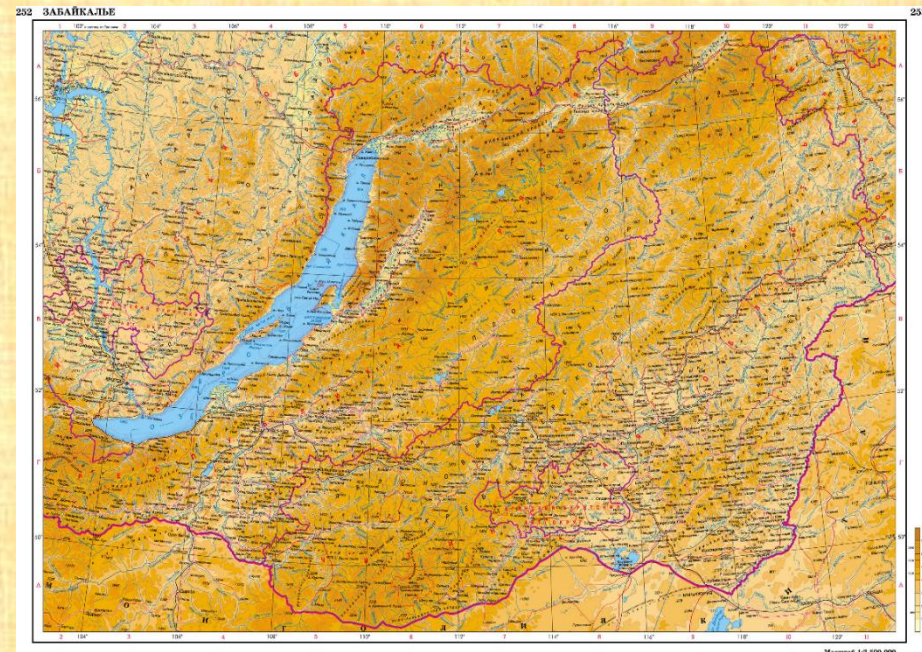
- Establishment of decision support system for risk management and early-warning based on information technology and strengthening the study on safety risk management, prediction and prevention.

# 3 Рассматриваемая проблема

Урановый рудник "Антей" расположен в Юго-Восточном Забайкалье России и характеризуется сложными горно-геологическими и геомеханическими условиями, предопределившими опасные проявления горного давления при проведении горных работ.



Map of Far East



Map of Transbaikalia

# Основные элементы геоакустической системы контроля давления горных пород "Прогноз-АДС» 12

*a*



*b*



*c*



**a – digital receiving transducers; b – united in one block: a power supply, a retransmitter, SHDSL modem, the underground computer; c – underground equipment room**

# Окно регистрации и обработки геоакустической информации

GeoAcoustics

Импорт данных События Оценка удароопасности Утилиты Настройки Окна О программе Выход

События и решения

of 1605

Вкл. Время  
От 01.01.2012 00:00:00  
До 01.02.2012 00:00:00

Диапазон по  
Время события  
Время ввода  
Время расчета

Алгоритм  
Все события  
Состояние  
Зоны

Мониторинг активности  
От 01.01.2012 00:00:00  
До 17.01.2012 14:04:54

Для зоны контроля [20-200-] Для типа события 10 - А3\_событие  
Размер домена x 5 y 5 z 5 Состояние события б: -Обработанные

Энергия, Дж.  
Суммарная энергия АЗ: 15066.91  
Средняя энергия АЗ: 25.711  
АЗ: 586  
Импульсов в АЗ: 2619

Время между АЗ зоны контроля  
Формат времени hh:mm:ss  
Мин: 0.00:00:00  
Средняя: 0:40:02:215.48  
Макс: 9:57:29:967.08

Порог импульсов в АЗ  
Мин: 3489  
Средняя: 5358  
Макс: 236469

Дисперсия импульсов в АЗ  
Мин: 32  
Средняя: 245  
Макс: 255

Амплитуда импульсов в АЗ, квант  
Мин: 195  
Средняя: 1148  
Макс: 524256

Площадь импульсов в АЗ  
Мин: 4160  
Средняя: 2183201  
Макс: 417897961

Дата	ID сигнала	Амплитуда	Дисперс	Длительнос
		220	255	65
		460	255	222
		556	255	202
		309	255	65
		464	255	220
		1209	255	944
		275	255	220
		374	255	185
		1168	255	241
		2399	255	611
		637	255	232
		514	255	216
		773	255	252

Импульс\_ID импульса = 32734590, ID сигнала = 2898720

01.01.2012 1:27:55.436

Автор	Время расчета	X [м]	Y [м]	Z [м]	Скорость [м/сек]	Энергия [Дж]	Невязка [мкс]	Невязка [м]
ЧИО	20.01.2012 13:37:40	77 189.175	110 899.460	112.112	5300	5.25	0.00	0.00
ЧИО	20.01.2012 13:37:40	77 189.112	110 899.319	112.077	5300	5.25	9.00	0.00

Остановка Настройки Просмотр База данных

003.012 20 мВ

14:11 => { Старт пересчета и сохранения данных  
14:11 => } Завершение пересчета и сохранения данных  
13:14:11 => { Старт получения данных  
13:14:11 => } Завершение получения данных  
13:14:11 => // на порт COM1 на адрес FE получена команда 05 (без данных)  
13:14:11 => опрос датчика 003.001 на канале 0  
13:14:11 => // на порт COM1 на адрес 04 отправлена команда 05  
13:14:11 => // на порт COM1 на адрес FE получена команда 05 (без данных)  
13:14:11 => // на порт COM2 на адрес FE получена команда 05 (без данных)  
13:14:11 => опрос датчика 003.008 на канале 1  
13:14:11 => // на порт COM2 на адрес 04 отправлена команда 05  
13:14:11 => // на порт COM2 на адрес FE получена команда 05 (без данных)  
13:14:11 => // на порт COM3 на адрес FE получена команда 05 (без данных)  
13:14:11 => // на порт COM4 на адрес FE получена команда 05 (без данных)

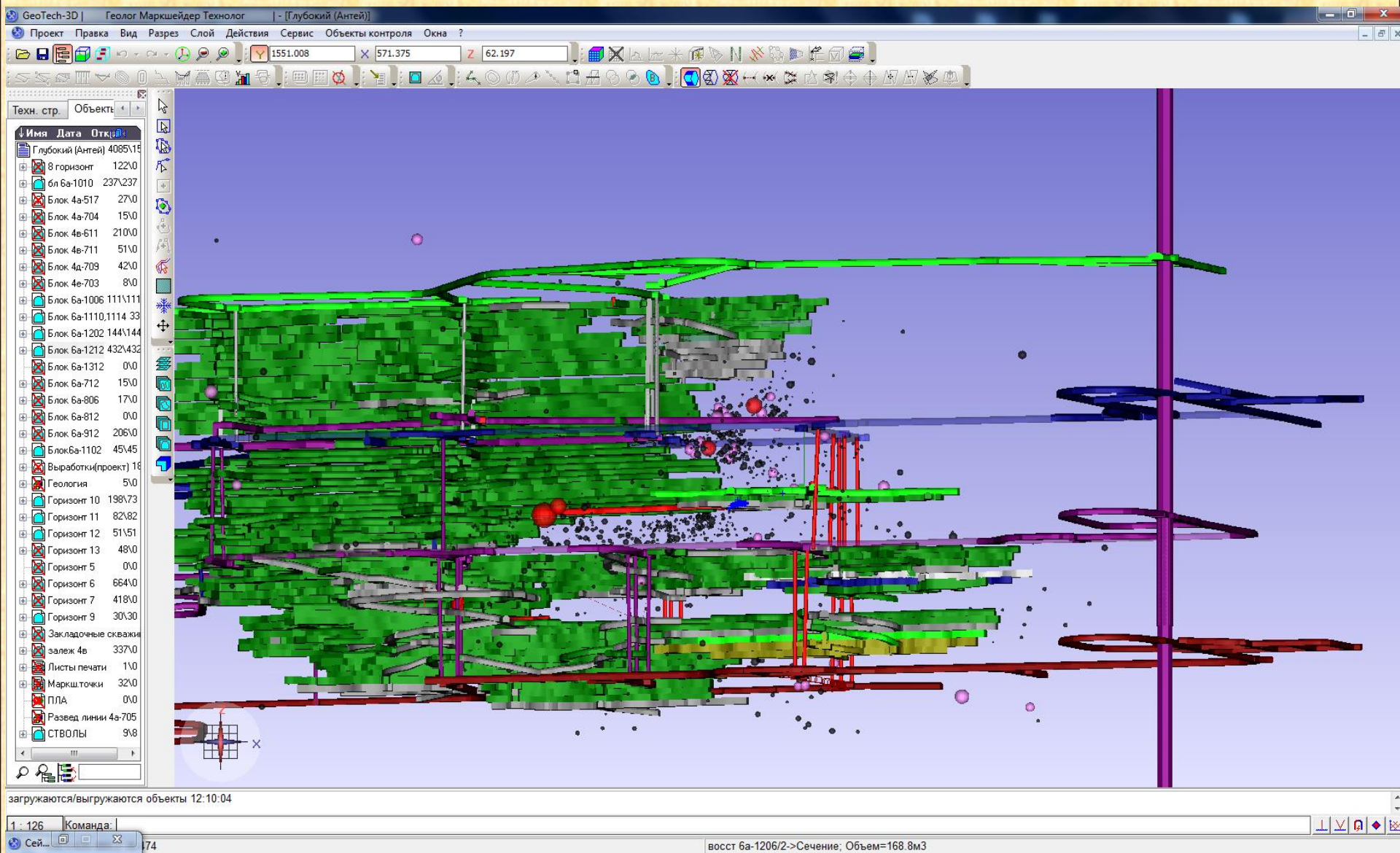
Новых событий = 0

Все датчики Линия 0 Линия 1 Линия 2 Линия 3

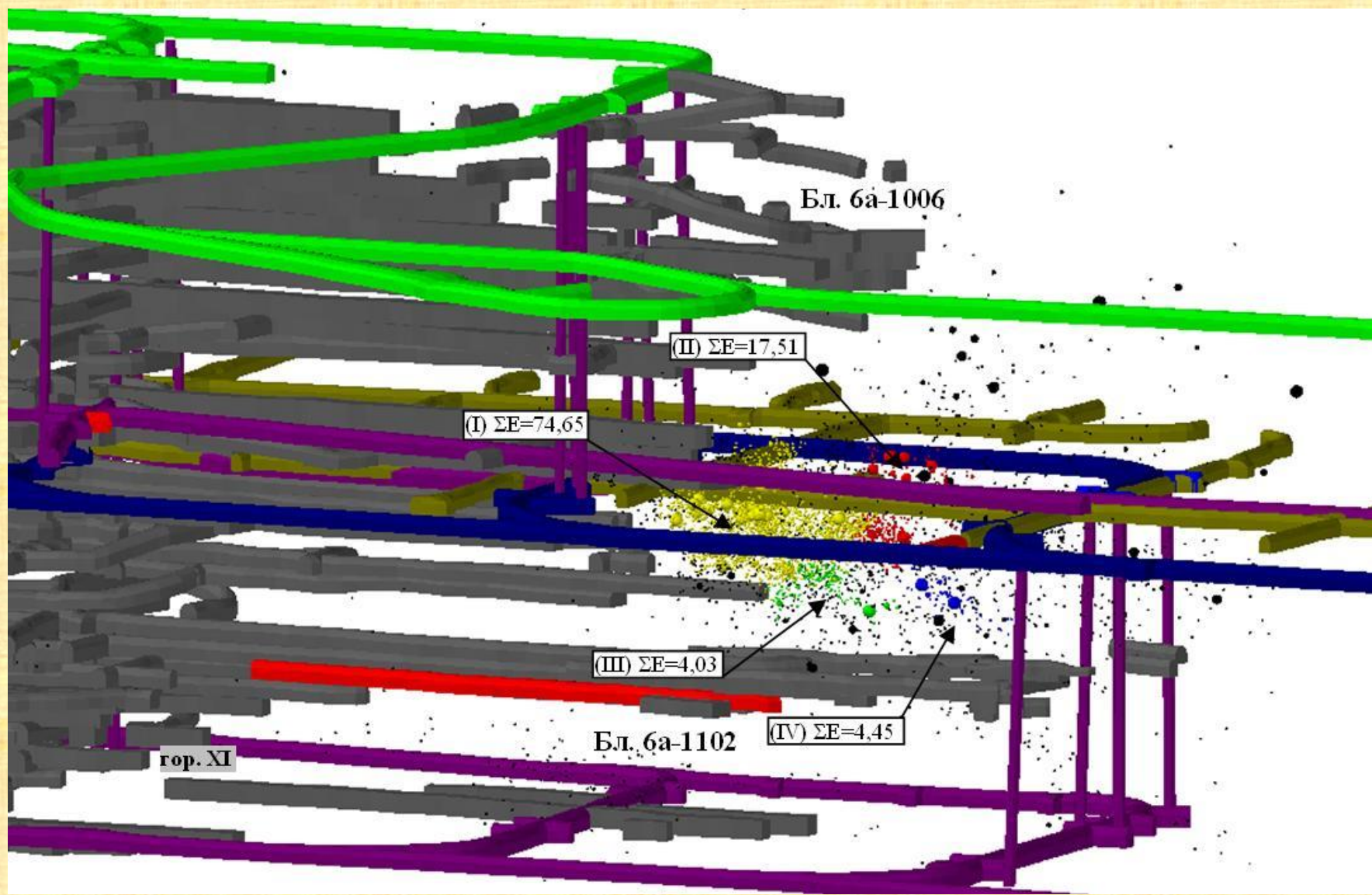
003.003	003.002	003.004	003.001	003.005	003.006	003.007
11:42:22.232 A = 1678	12:20:43.290 A = 1854	12:29:33.781 A = 521	11:22:56.318 A = 403	11:58:48.519 A = 1250	12:31:35.805 A = 1444	11:29:04.462 A = 1249
003.008	003.009	003.010	003.011	003.014	003.012	003.015
12:37:30.615 A = 660	13:13:36.170 A = 473	12:52:01.164 A = 349	00:00:00.000 A = 0	13:05:30.399 A = 413	11:08:27.489 A = 1752	13:03:05.668 A = 1708



# Трехмерная горно-геологическая модель месторождения Антей в 17 разрезе блока ба-1110 с результатами сейсмоакустического мониторинга



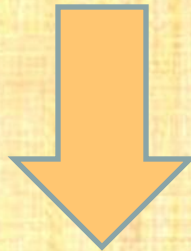
# Пространственное распределение сейсмоакустических событий внутри массива раздел (месторождение Антей, 2012-2014)



I-IV – the fracture nuclei zones (allocated by results of data processing);  
 $\Sigma E$  – total seismic energy, KJ

➤ **Мониторинг информации о звуках в шахте**

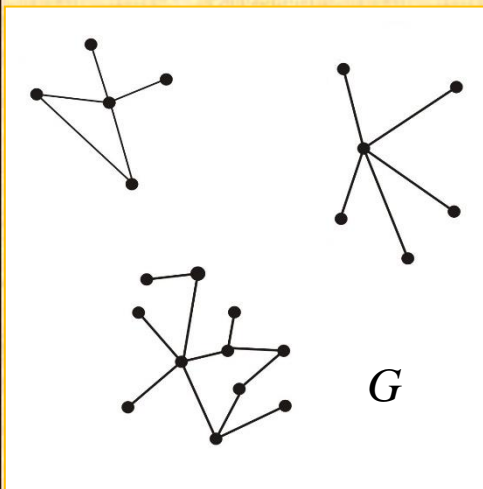
- *Координаты источников звука*
- *Время прихода сигнала от источников звука*
- *Энергии источников звука*



➤ **Рассчитанные суточные физические параметры горных выработок:**

- *суммарная суточная энергия в активной зоне*
- *среднее расстояние между последовательными (акустическими) событиями*
- *среднее время между последовательными событиями*
- *скорость миграции центра акустической зоны*

## ➤ Алгоритм определения акустически активной зоны



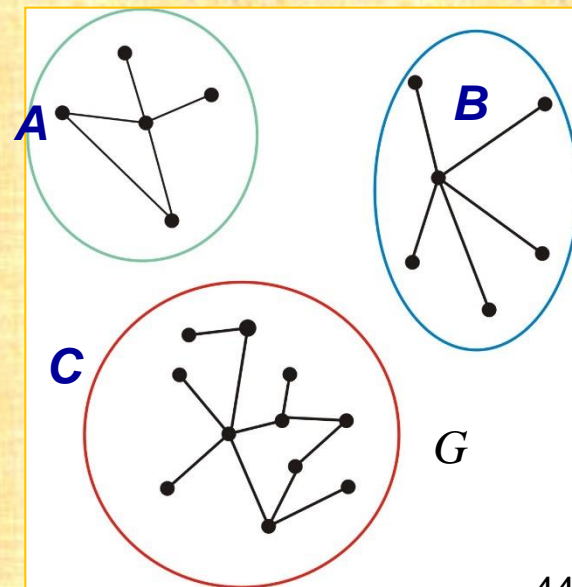
Построим граф  $G$  по координатам источников звука. Источники соединяются ребром, если расстояние между ними меньше заданного экспертом параметра  $R$ .

1.  $\|r_{ij}\|_{i,j=1}^n$  матрица попарных расстояний между источниками звука
2.  $\|d_{ij}\|_{i,j=1}^n$  - ноль-един матрица:  $d_{ij} = 1, r_{ij} \leq R$  иначе  $d_{ij} = 0$
3.  $G$  – граф с вершинами  $1, \dots, n$ , в котором  $i, j$  связаны ребром, если и только если  $d_{ij} = 1$

В графе  $G$  мы определяем компоненты связности, в которых любые два узла каким-то образом связаны.

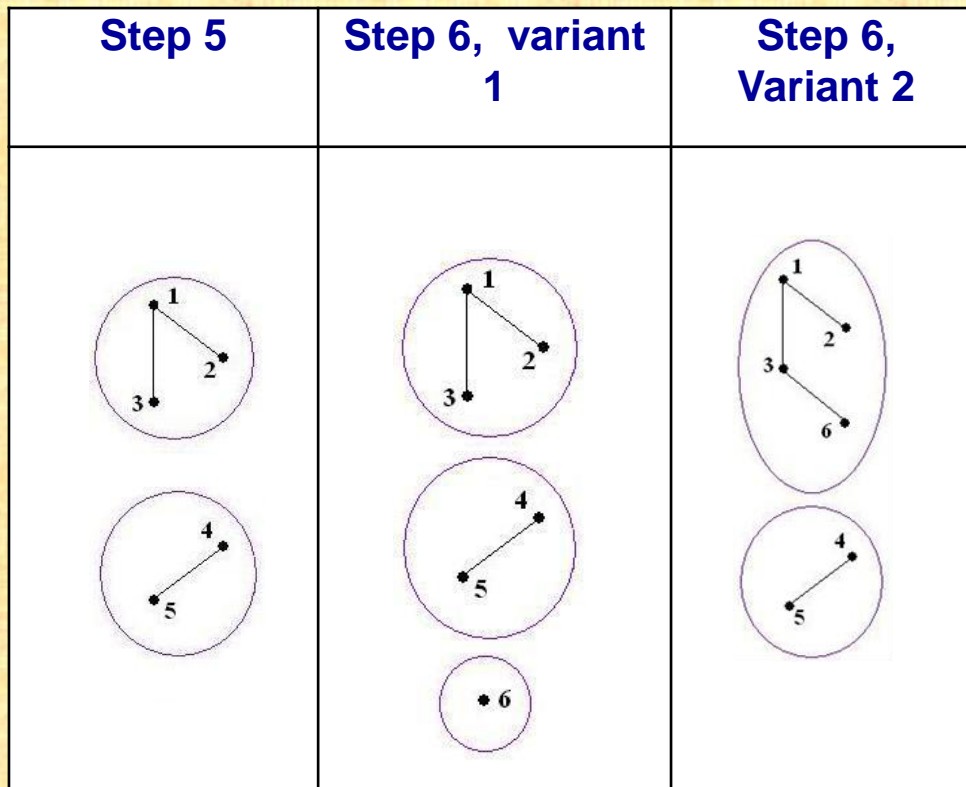
$A, B, C$  - компоненты связности графа  $G$ .

Акустически активная зона-компонент связности графа  $G$  с максимальным числом узлов (в данном примере -  $C$ ).

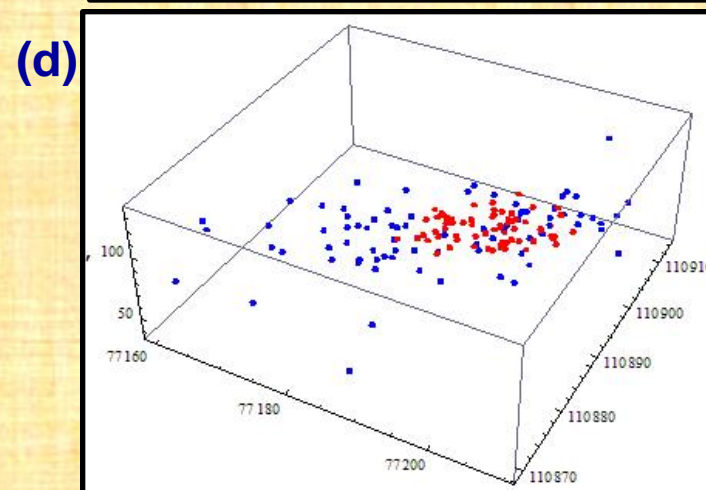
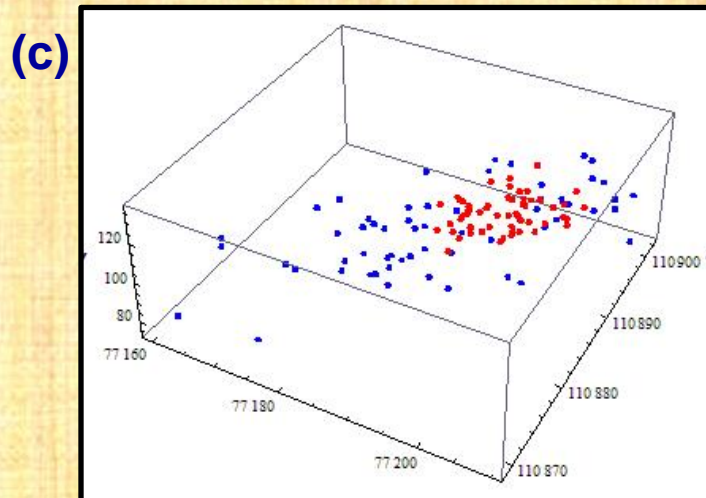
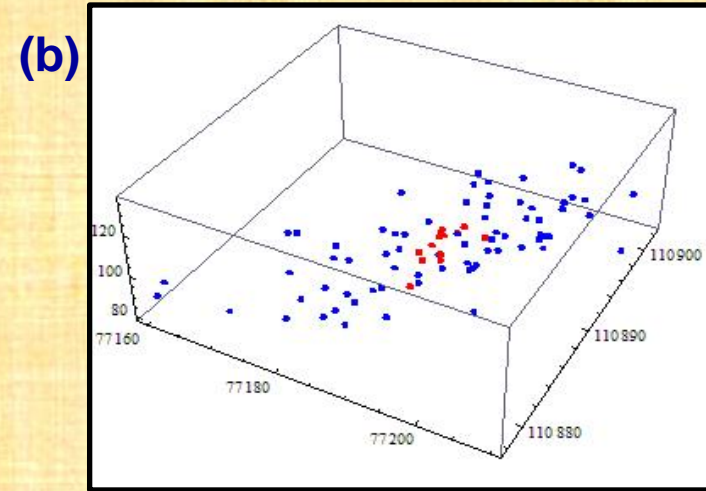
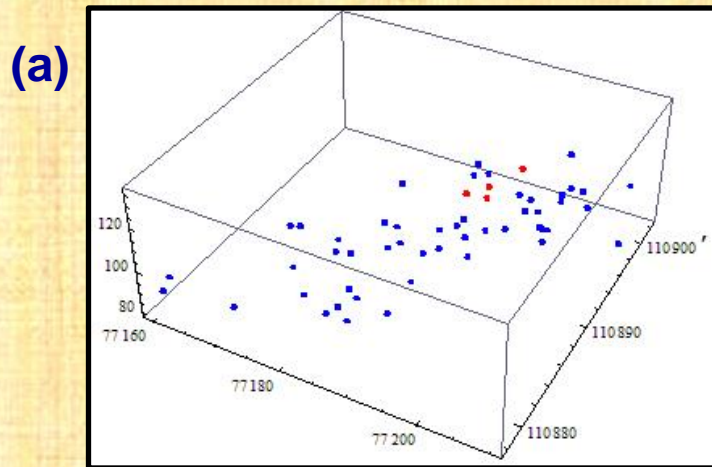


## ➤ Последовательный алгоритм определения КОМПОНЕНТЫ СВЯЗНОСТИ

Каждая вершина связана с несколькими ранее определенными компонентами связности.



# Численные результаты определения акустически активной зоны



Гео-акустический мониторинг горного массива с урановой рудой «Антей» при  $r = 4$  м. Результаты получены в периоды: (a) 01.02.10-31.03.10; (b) 01.02.10-30.04.10; (c) 01.02.10-31.05.10; (d) 01.02.10-30.06.10.

## Информация мониторинга – параметры источников звука:

- Координаты
- Моменты времени
- Энергия

Данные мониторинга преобразуются в безразмерный коэффициент  $KUD$ , характеризующий опасность обвала.

$$KUD = \frac{E_{az} N_{az}}{R_{cpp} t_{cpp} v_{az}}$$

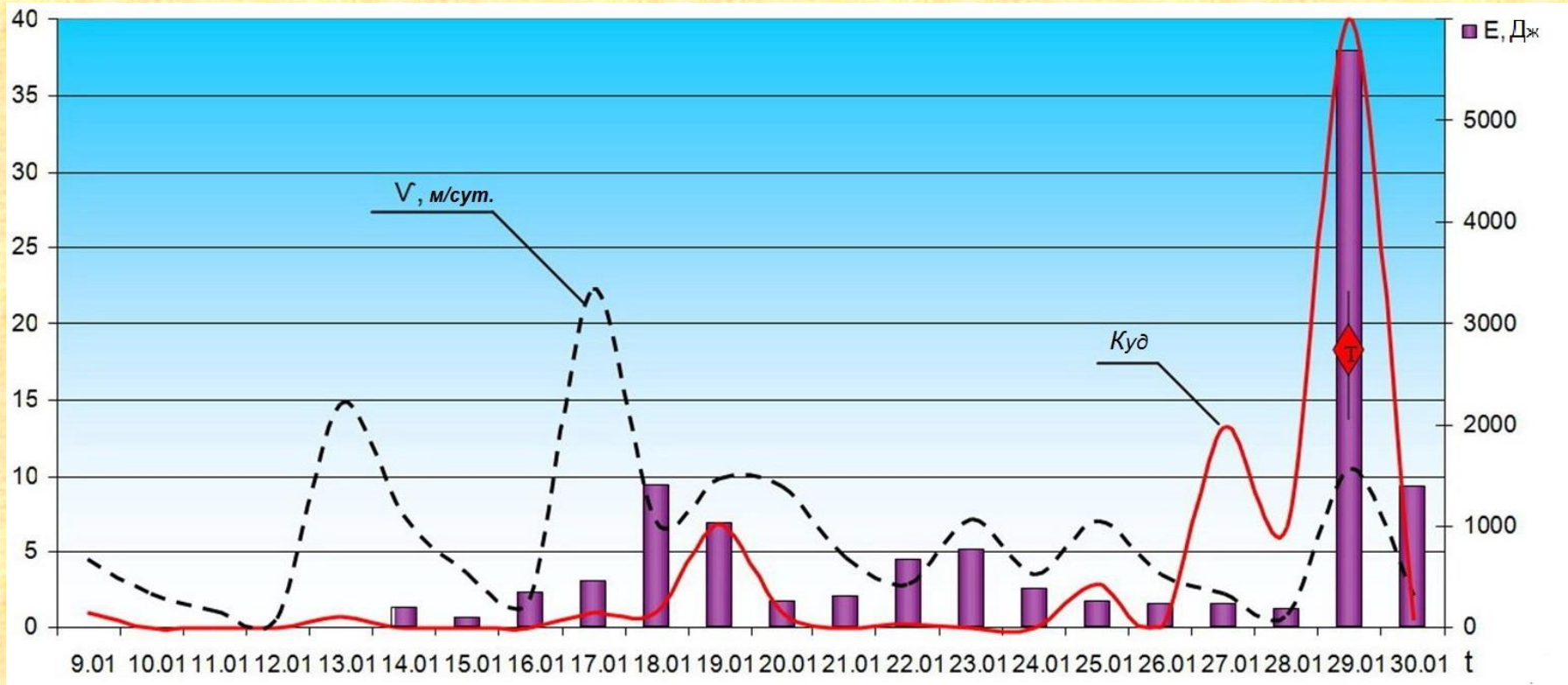
$E_{az}$  - Полная дневная энергия, выделенная в активной зоне

$N_{az}$  - Дневное число событий в активной зоне

$R_{cpp}$  - Среднее расстояние между соседними акустическими событиями

$t_{cpp}$  - Среднее время между соседними событиями

$v_{az}$  - Скорость движения центра акустической зоны

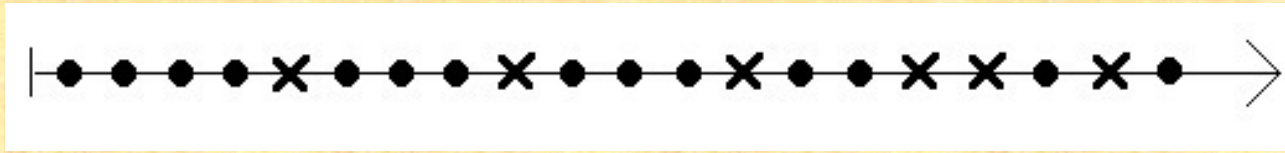


$$K_{уд} = \frac{\bar{E}_{аз} \bar{N}_{аз}}{\bar{R}_{срп} \bar{t}_{срп} \bar{v}_{аз}}; \quad \text{при } K_{уд} \geq 5,1 \text{ (Опасно)}$$

**Основная задача:** на месторождении «Антей» только в 4% случаев (13 of 310 наблюдений) происходят критические события.

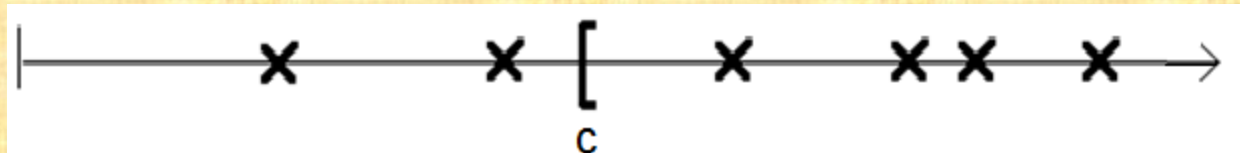


# Алгоритм прогнозирования обвалов в горной выработке на основе параметра KUD



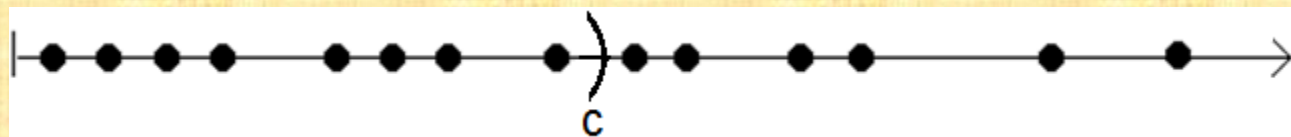
*Пример распределения KUD*

Следующая процедура прогнозирования критических событий основана на неравенстве  $KUD \geq c$ . Критический уровень  $c$  определяет относительную частоту  $\rho_1(c)$  правильных прогнозов появления критического события и



*Distribution of emergences KUDs*

относительную частоту  $\rho_0(c)$  правильных прогнозов отсутствия этих событий



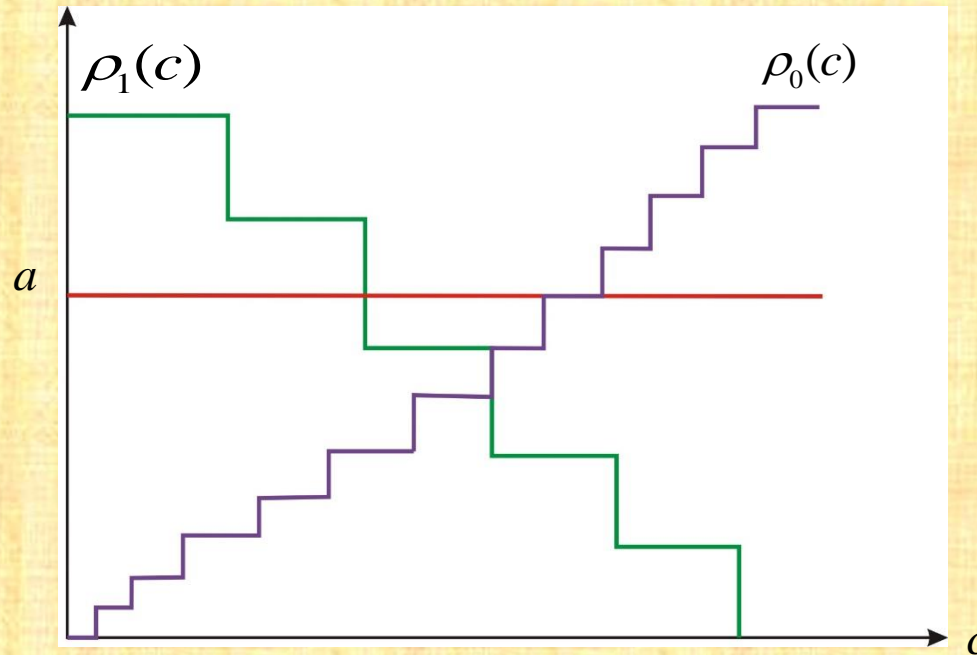
*Distribution of non emergences KUDs*

$\rho_1(c)$  - Индекс безопасности убывает по  $c$

$\rho_0(c)$  - Индекс экономичности возрастает по  $c$

} показатели качества прогноза

Оптимизационная задача превышения  $\rho_1$  уровня  $a$

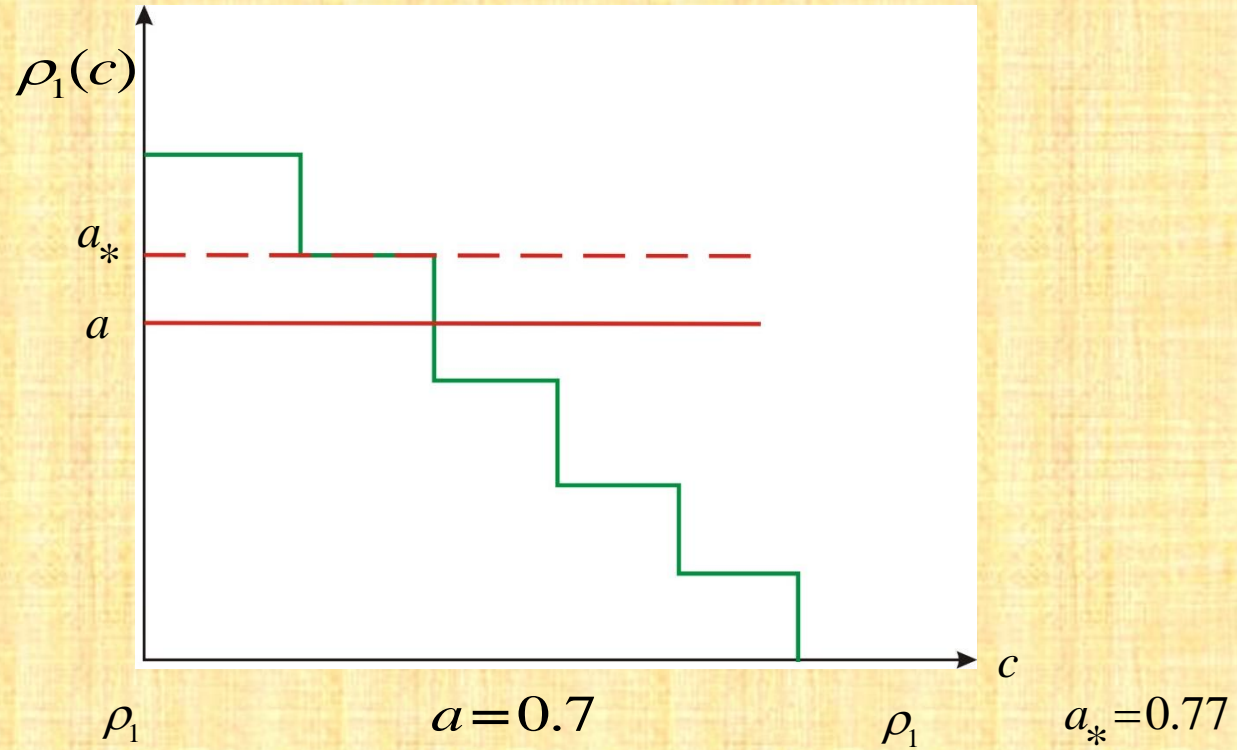


$$\rho_0(c_*) = \max(\rho_0(c) : \rho_1(c) \geq a) \iff c_* = \max(c : \rho_1(c) \geq a), \quad \rho_1(c_*) = a_*$$

Найти  $c_*$  - оптимальный уровень прогноза  $\rho_1$  по  $a_*$ , - значит отсортировать выборку из 13 элементов по крайней мере в 20 раз меньшую, чем выборка из 297 элементов, когда отсутствует критическое событие.

При  $a=0.75$  имеем

$$c_* = 5.116, \rho_1(c_*) = a_* = \frac{10}{13} \approx 0.77, \rho_0(c_*) = \frac{255}{297} \approx 0.86.$$



Увеличение  $\rho_1(c)$  до уровня 0.84 приводит к уменьшению  $\rho_0(c)$  до уровня 0.76

**МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ  
СМЕНИ БАЗ ПРИ  
ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ**



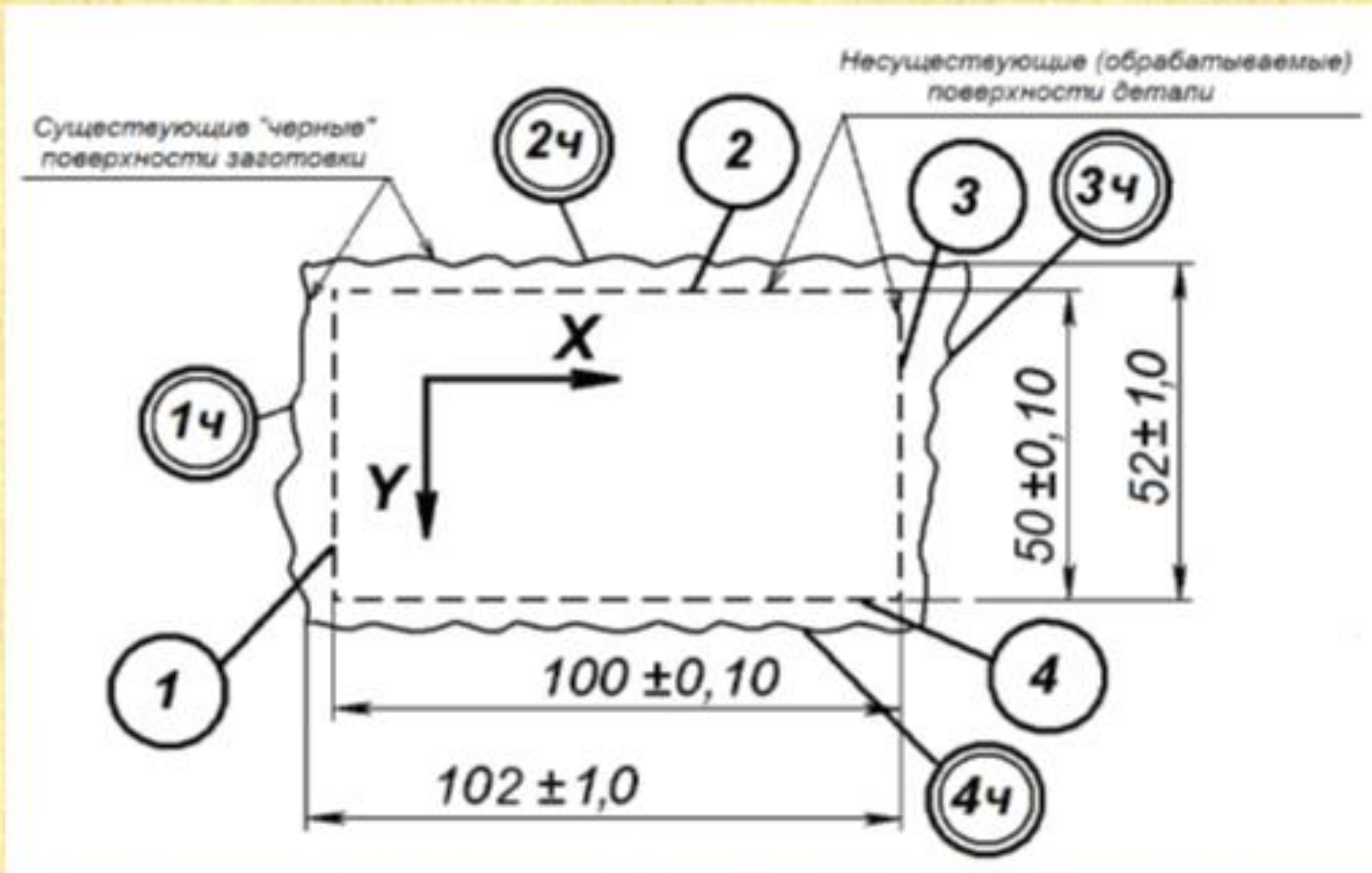
*В. Г. Старостин*  
*В. Е. Лелюхин*

**ФОРМАЛИЗАЦИЯ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ПРОЦЕССОВ  
ОБРАБОТКИ  
РЕЗАНИЕМ**

МОСКВА «МАШИНОСТРОЕНИЕ» 1986

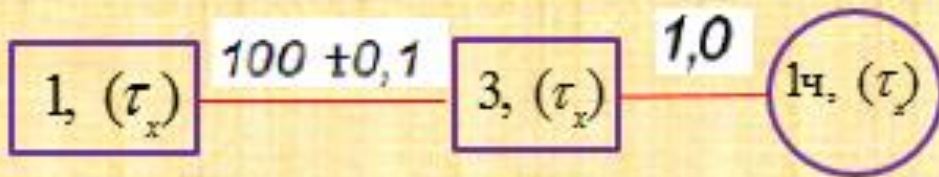
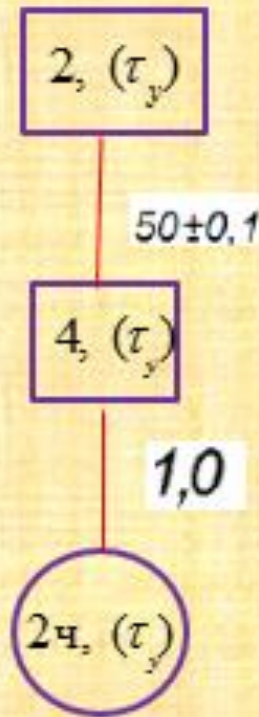
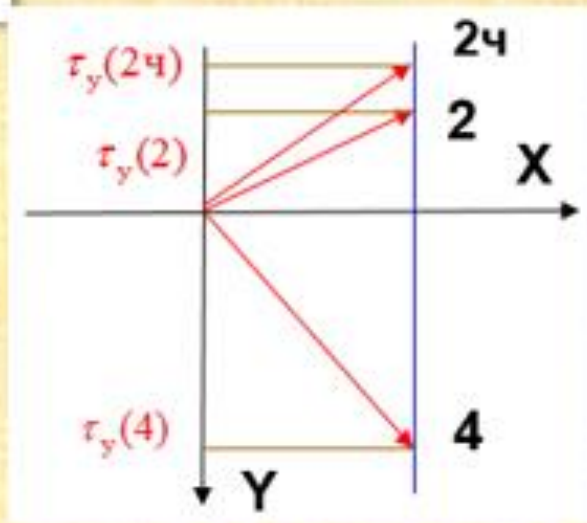
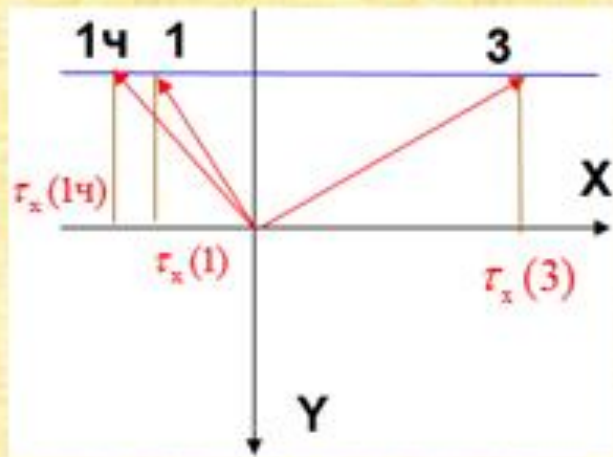
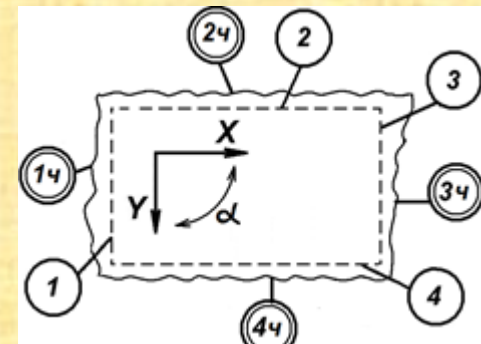
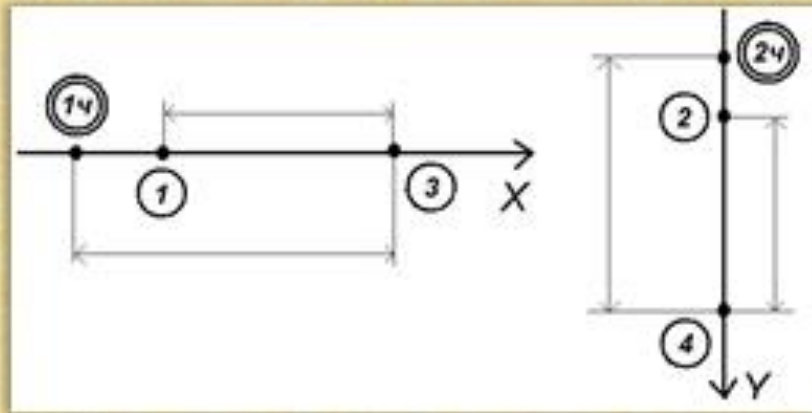


## Пронумерованные поверхности детали

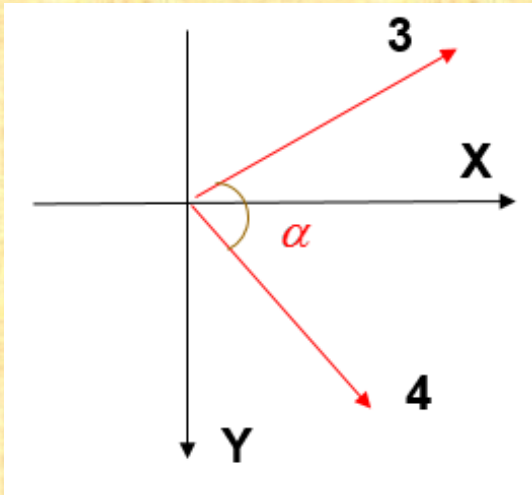


**Задача:** моделирование процесса обработки с помощью алгоритма направленного поиска реально существующих сторон, которые могут быть использованы в качестве баз для ориентации детали при обработке сторон.

# Степени свободы плоской детали и графы размерных связей по направлениям X, Y



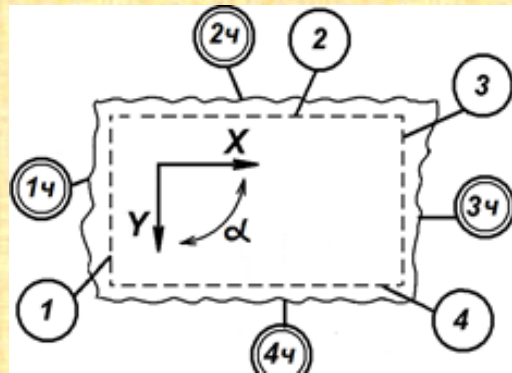
## Графы связей по углу



A:  $4 \rightarrow 3$

$3, (A, \tau_x)$

$4, (A, \tau_y)$



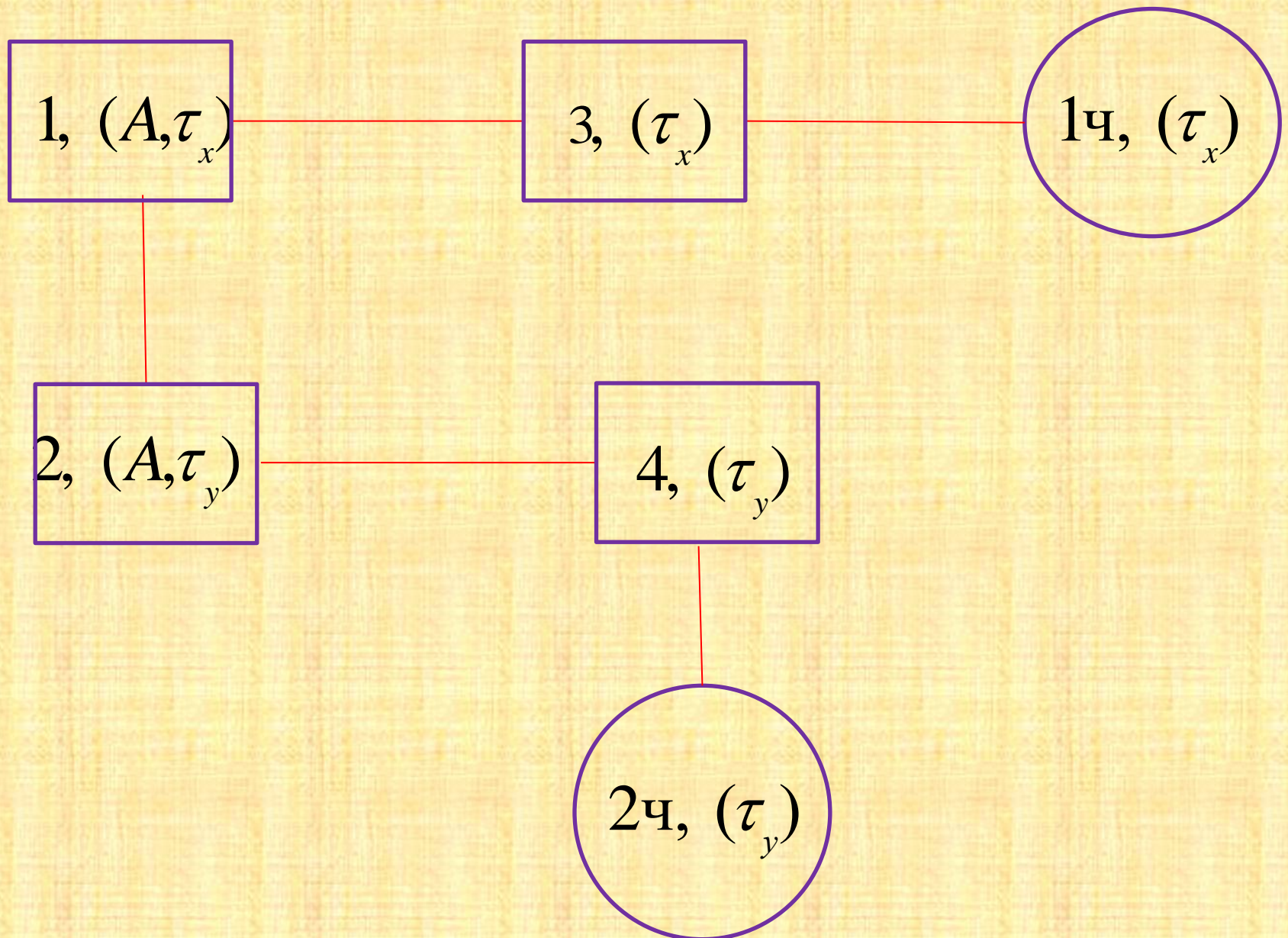
A:  $2 \rightarrow 3$

$3, (A, \tau_x)$

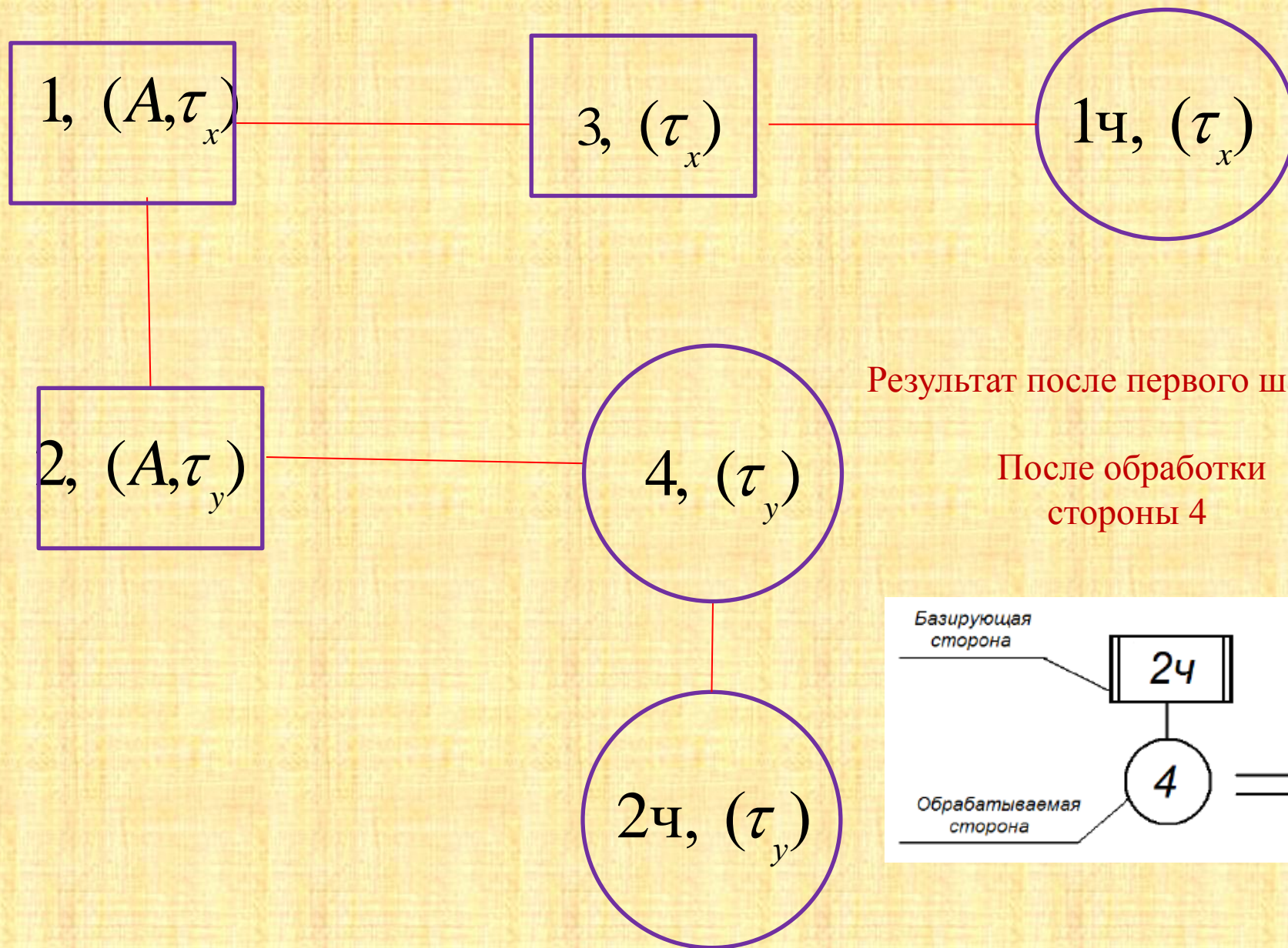
$2, (A, \tau_y)$



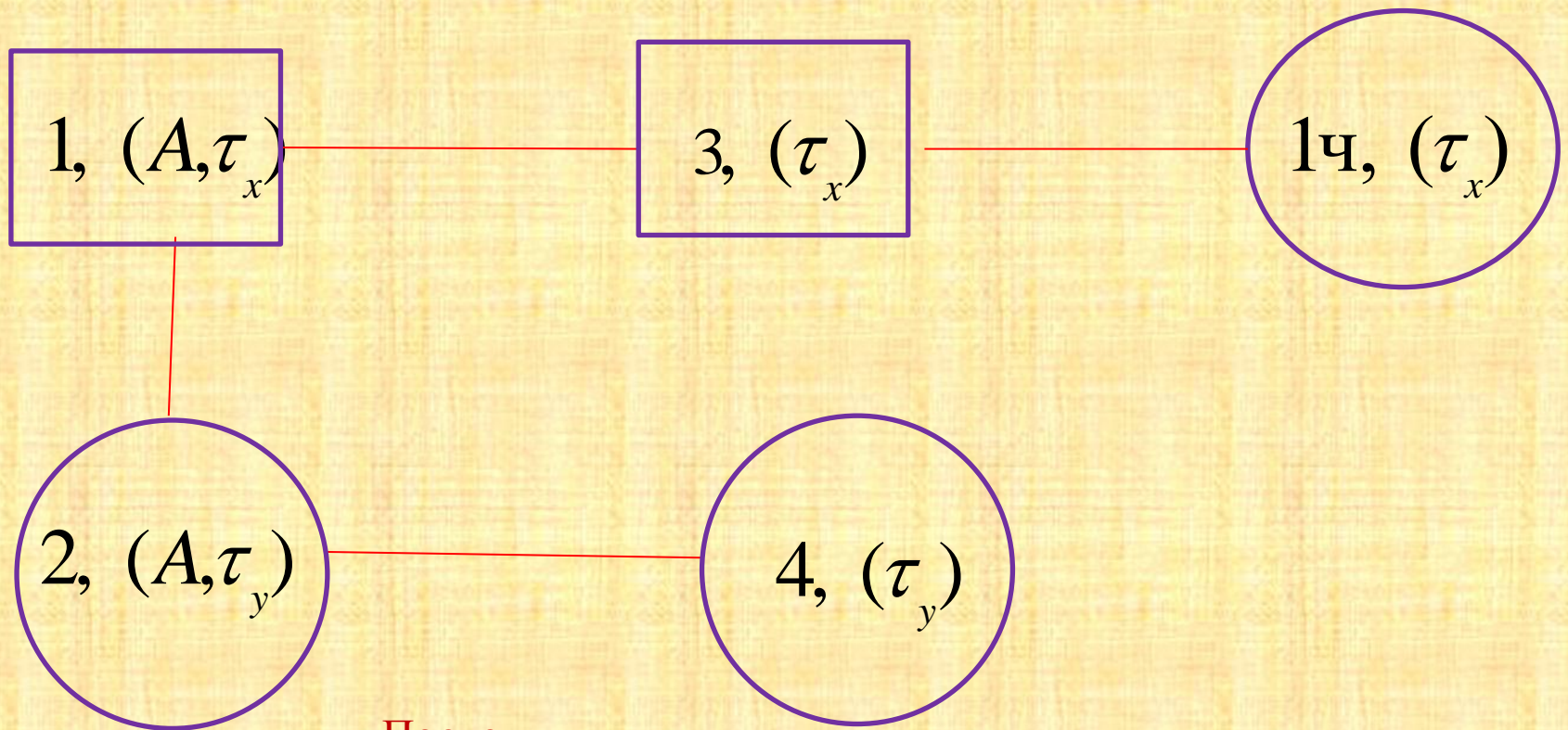
# 1 вариант моделирования смены баз



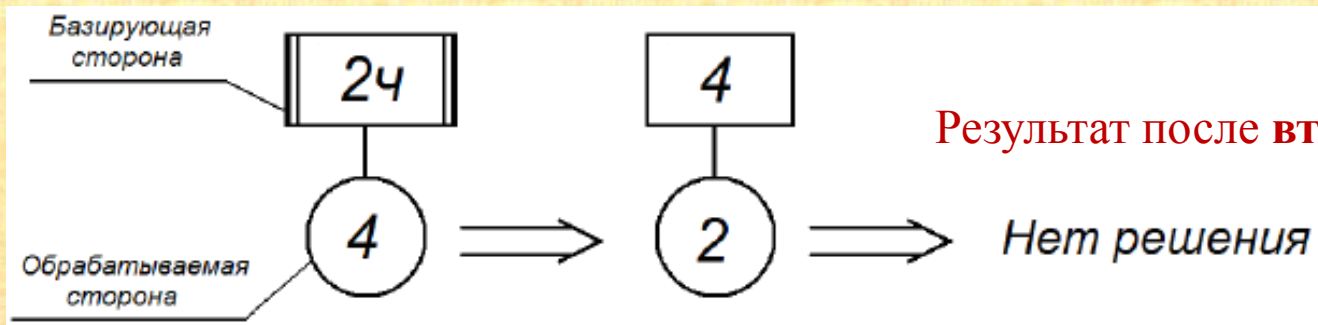
# Поиск решения: первый шаг



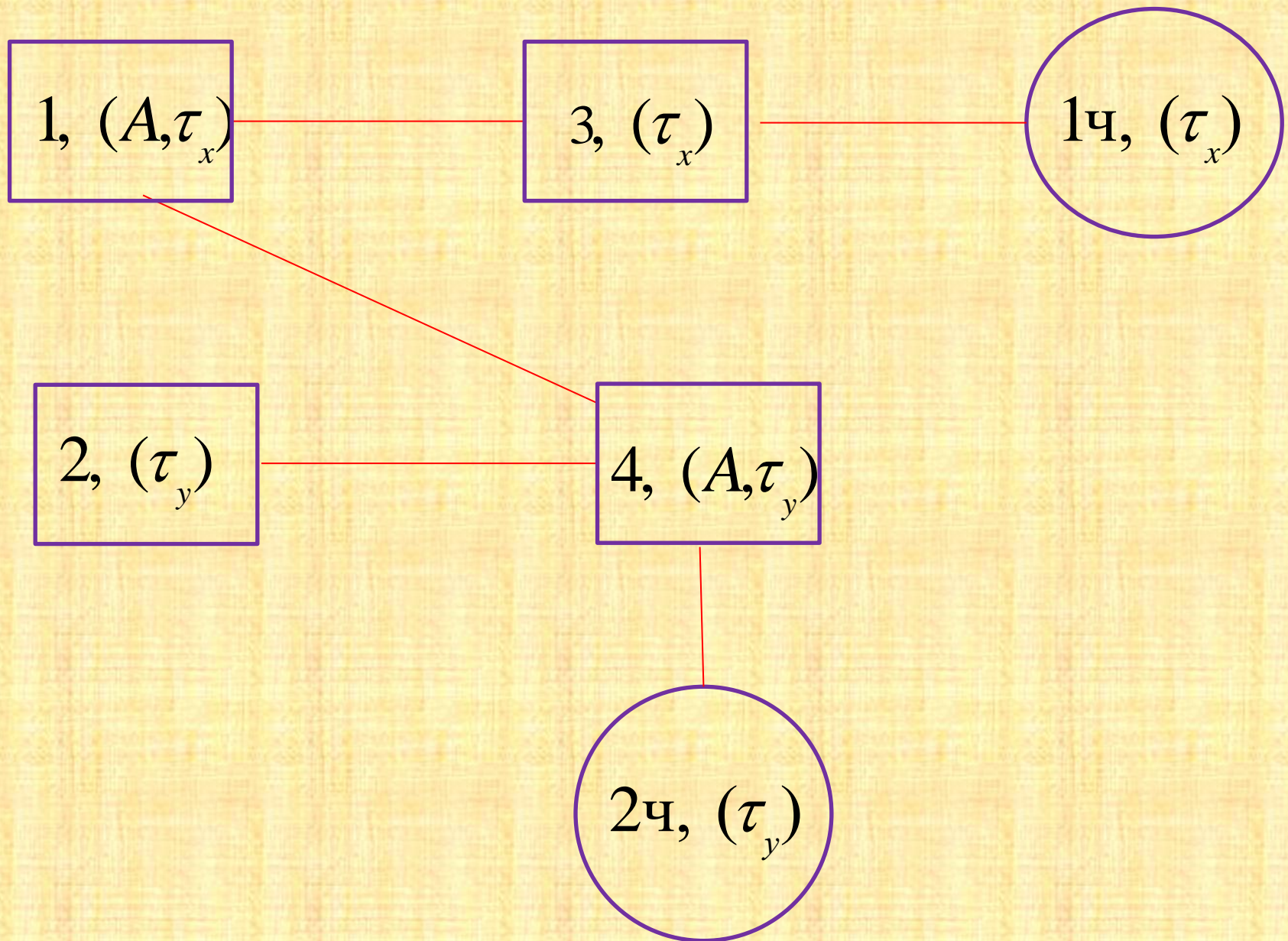
## Поиск решения: второй шаг



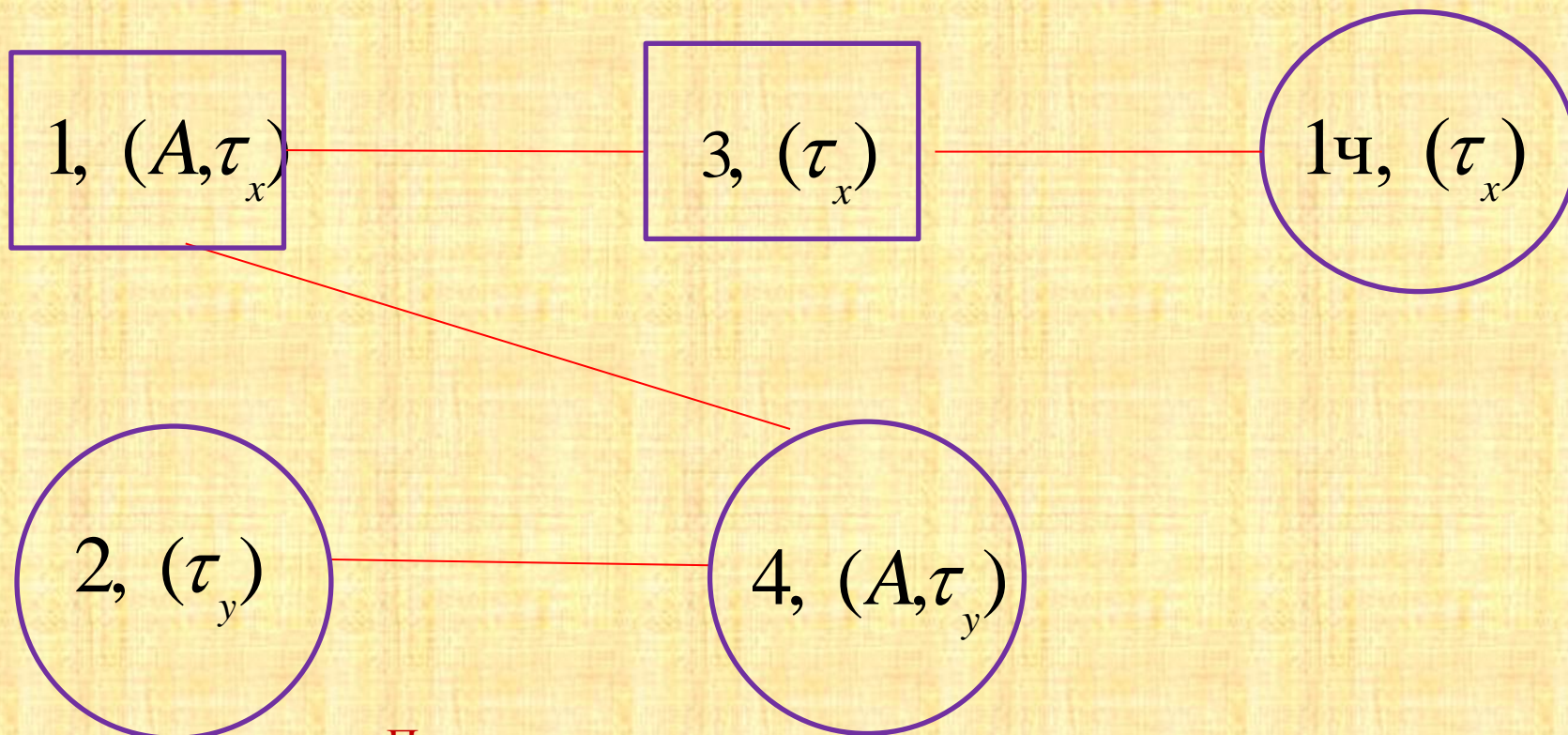
После  
обработки стороны 2



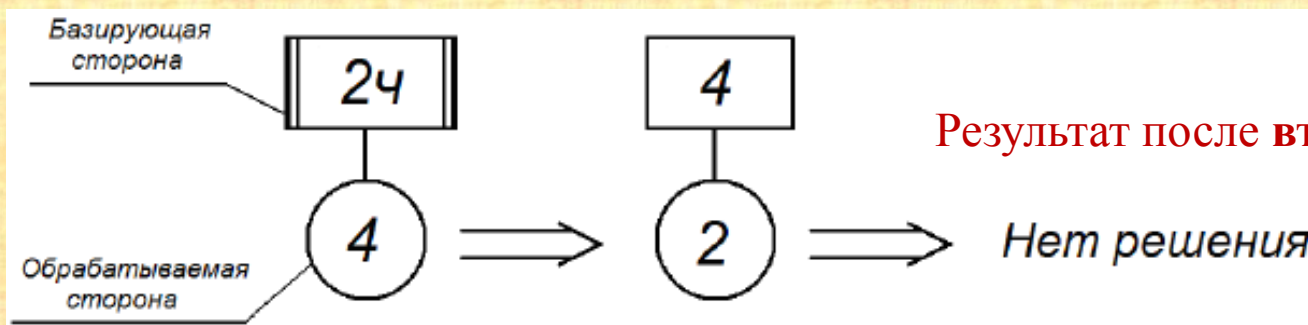
## 2 вариант моделирования смены баз



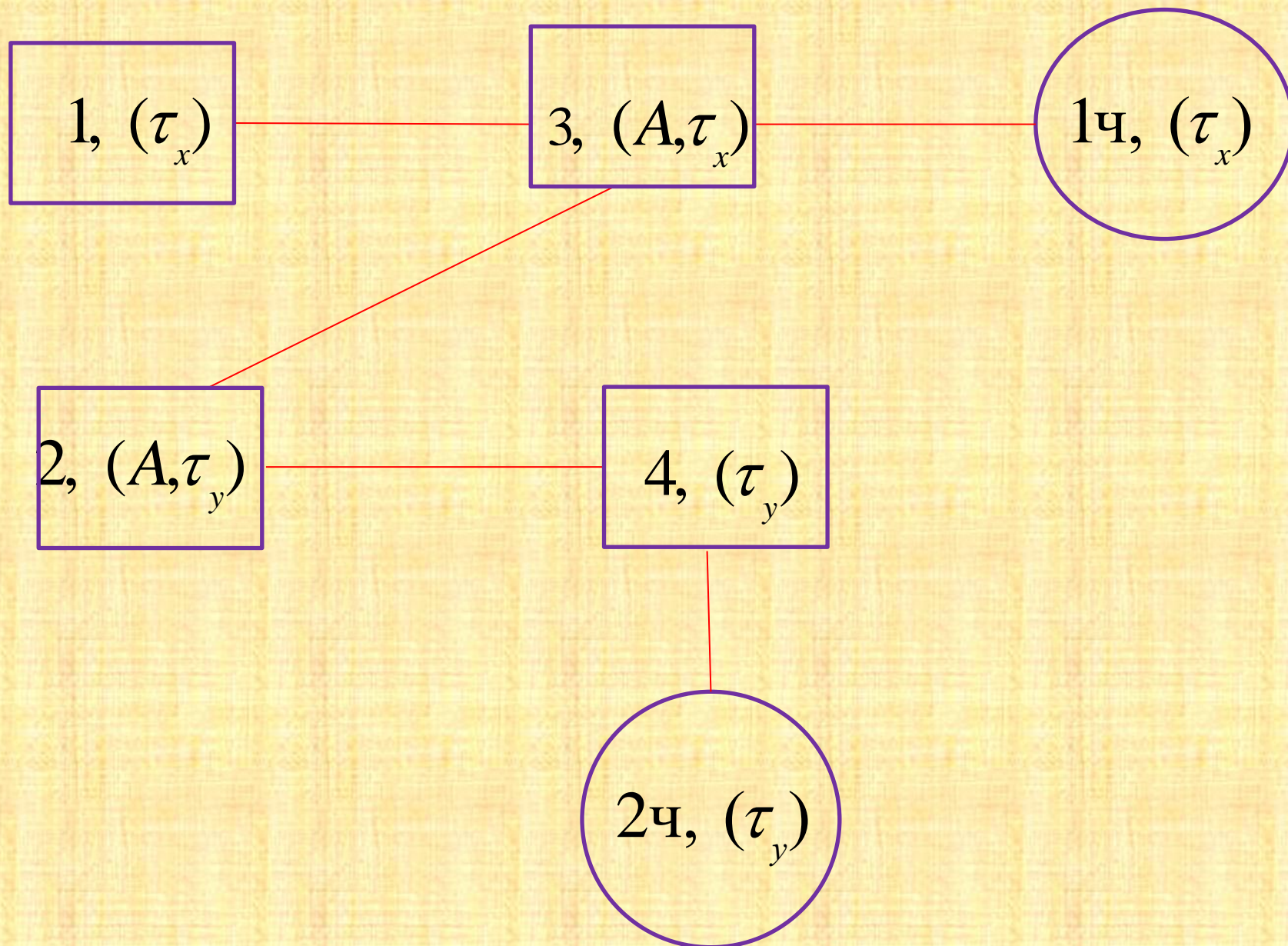
## Поиск решения: второй шаг



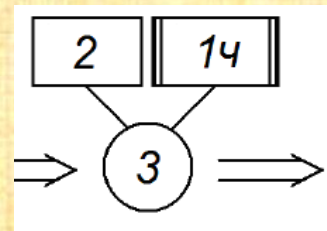
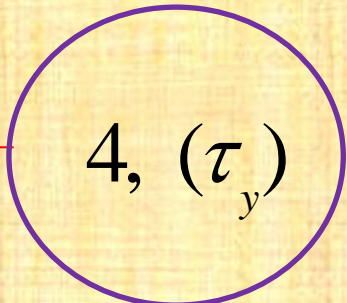
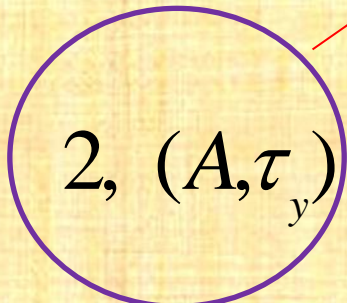
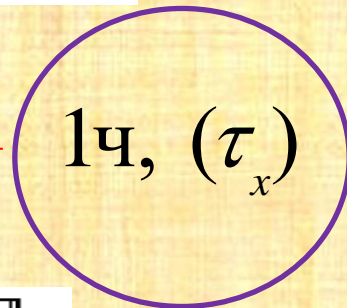
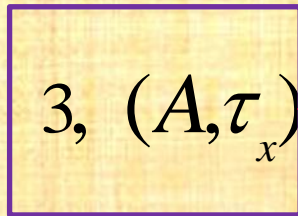
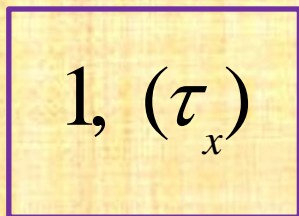
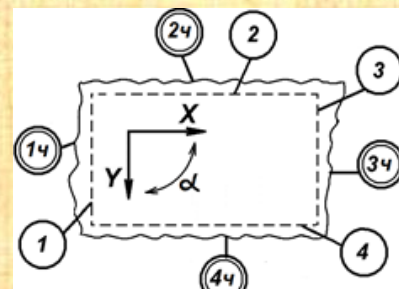
После  
обработки стороны 2



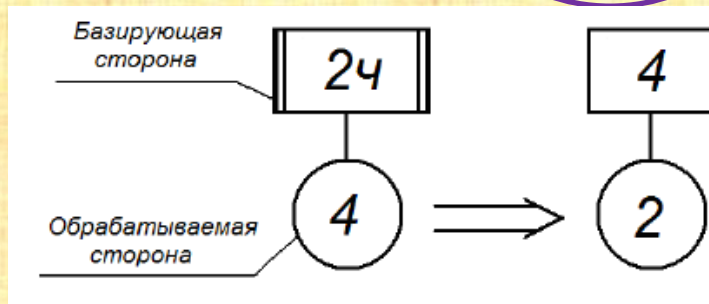
## 3 вариант моделирования смены баз



### 3 вариант: решение после двух шагов

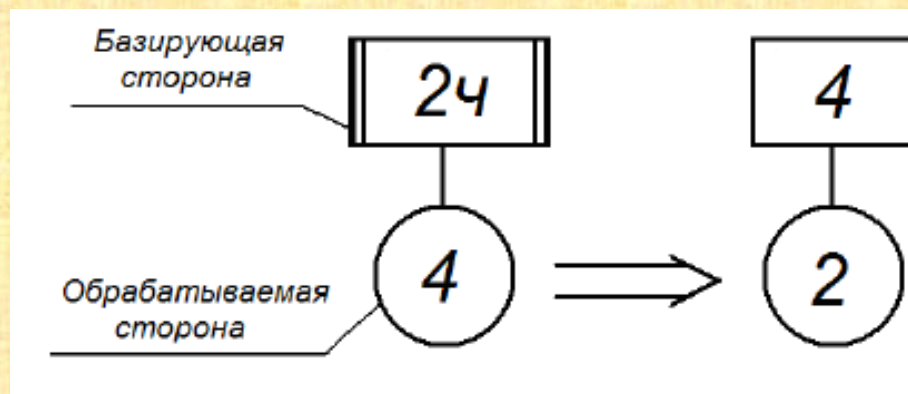
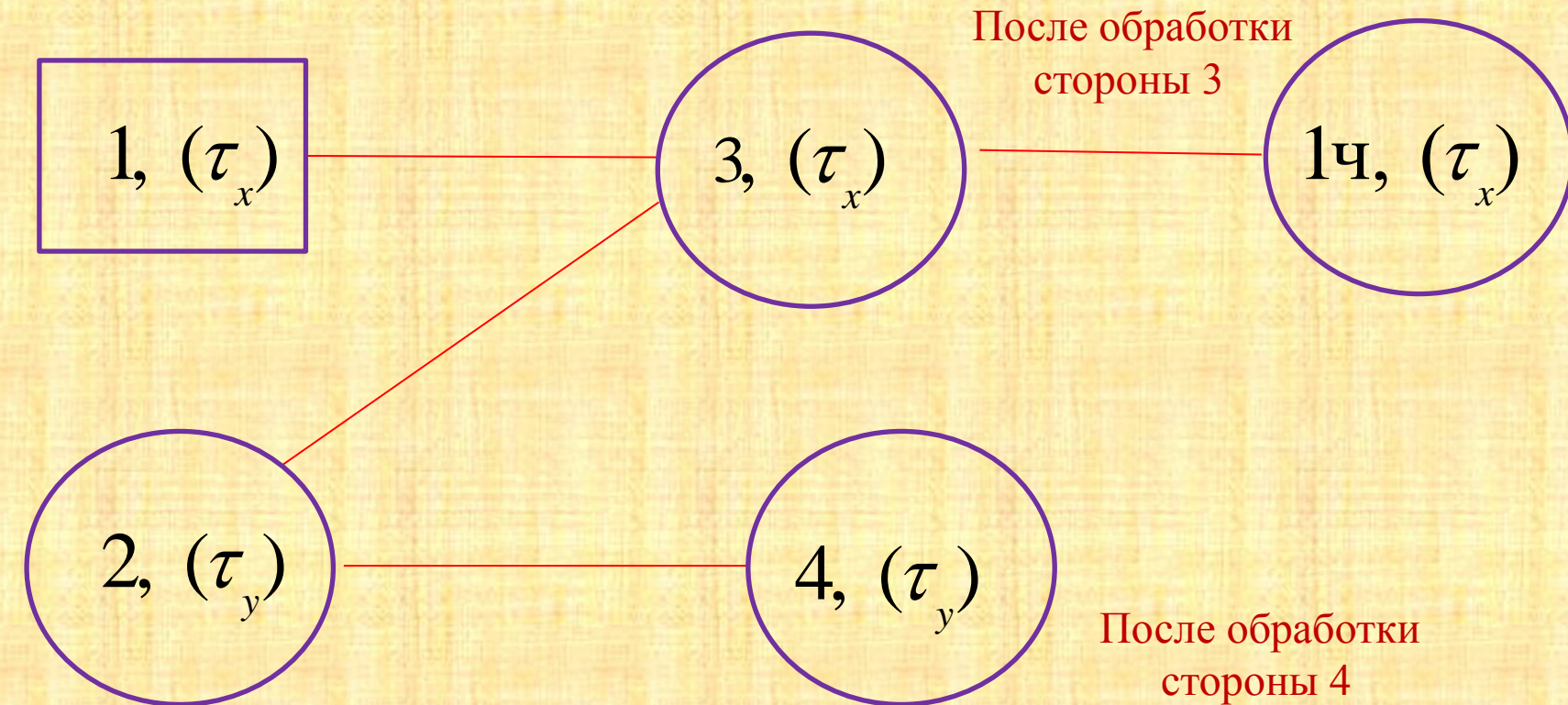


После обработки  
стороны 2



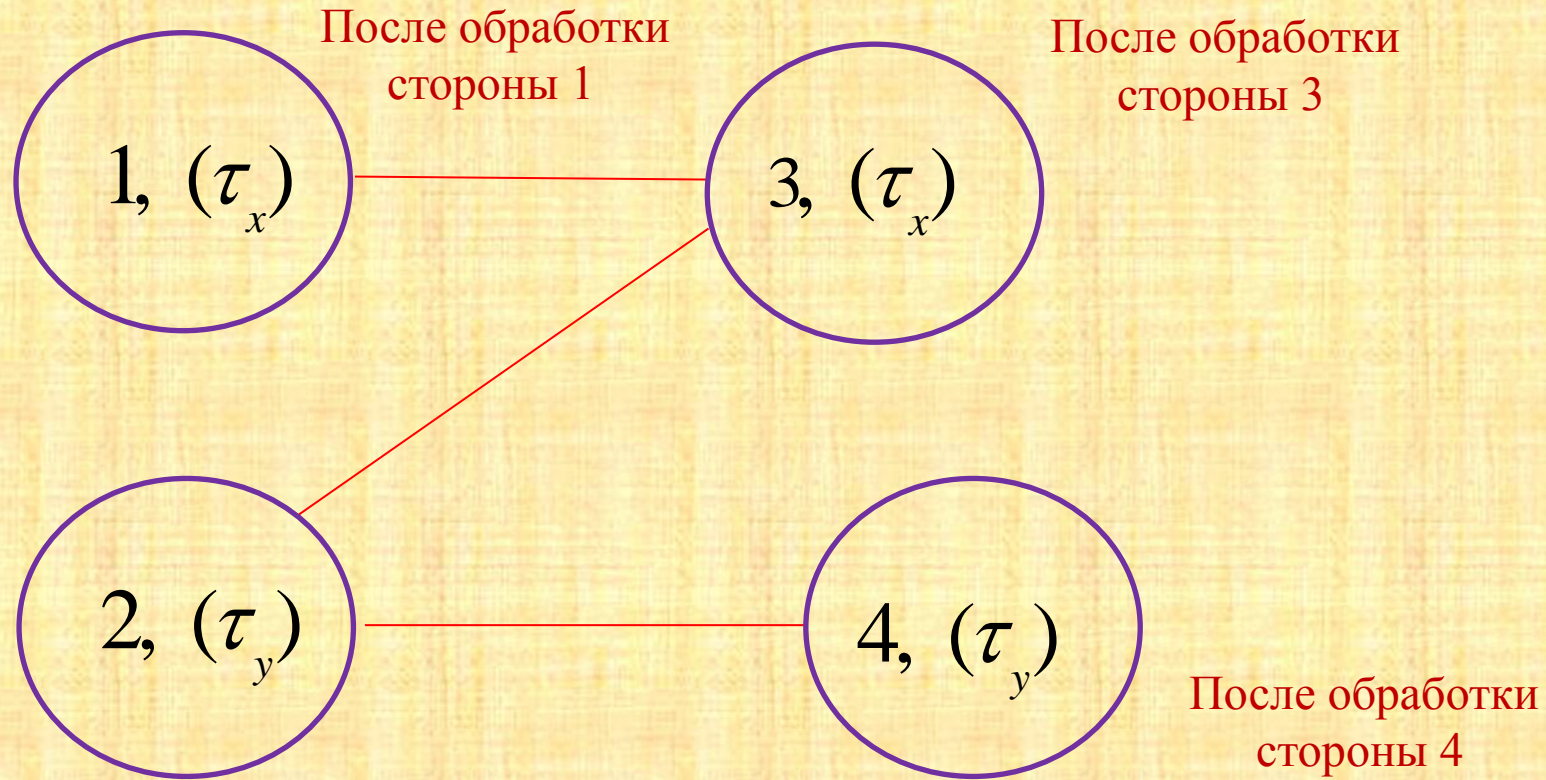
После обработки  
стороны 4

### 3 вариант: поиск решения на третьем шаге

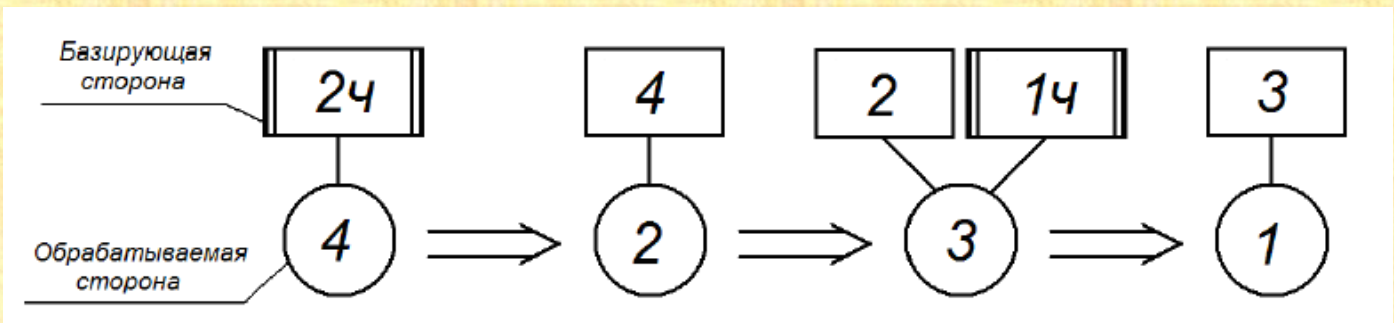




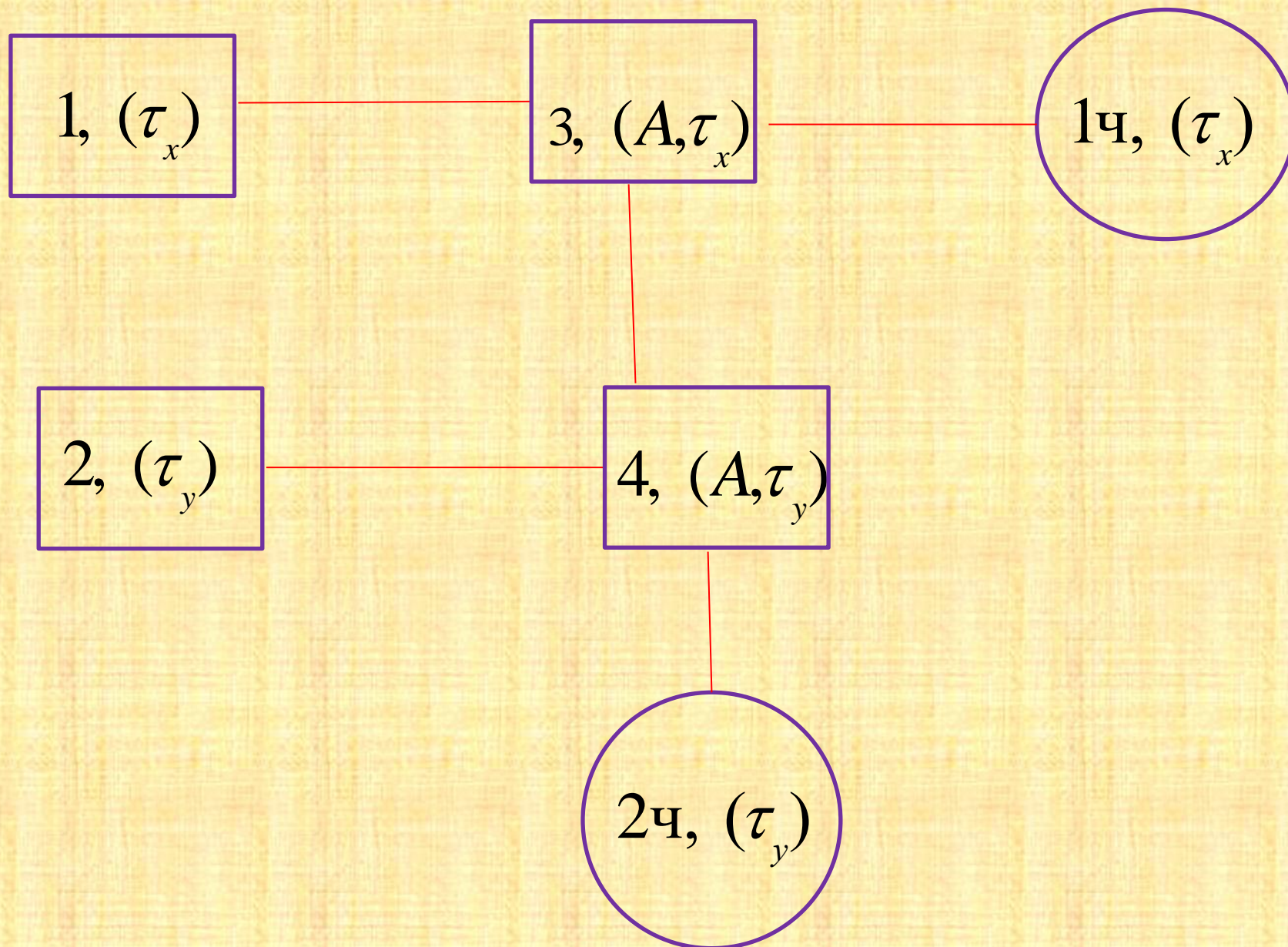
### 3 вариант: решение после четвертого шага



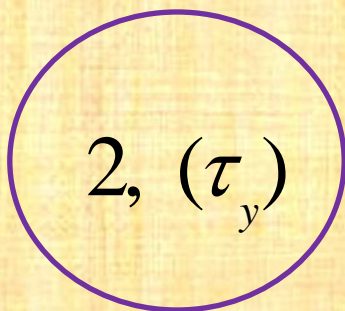
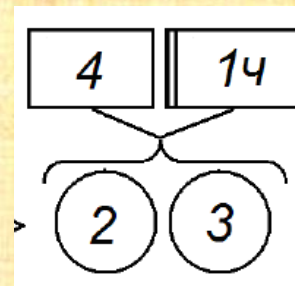
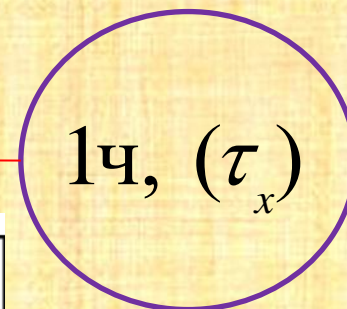
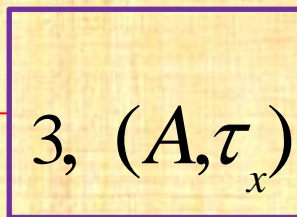
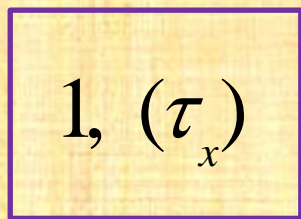
После обработки стороны 2



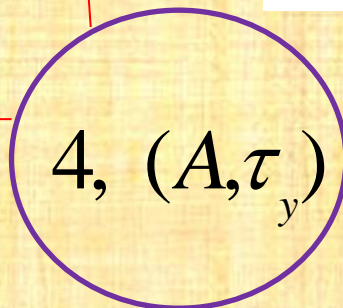
## 4 вариант моделирования смены баз



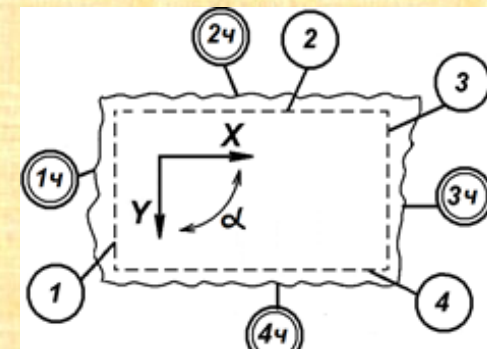
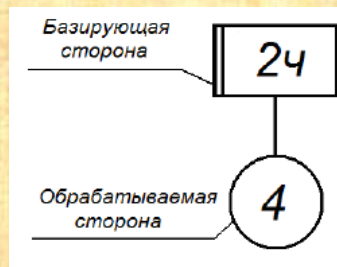
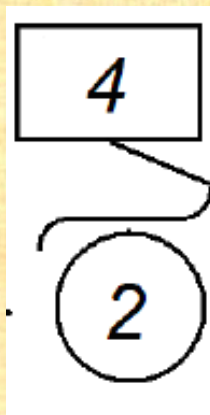
# 4 вариант: решение после двух шагов



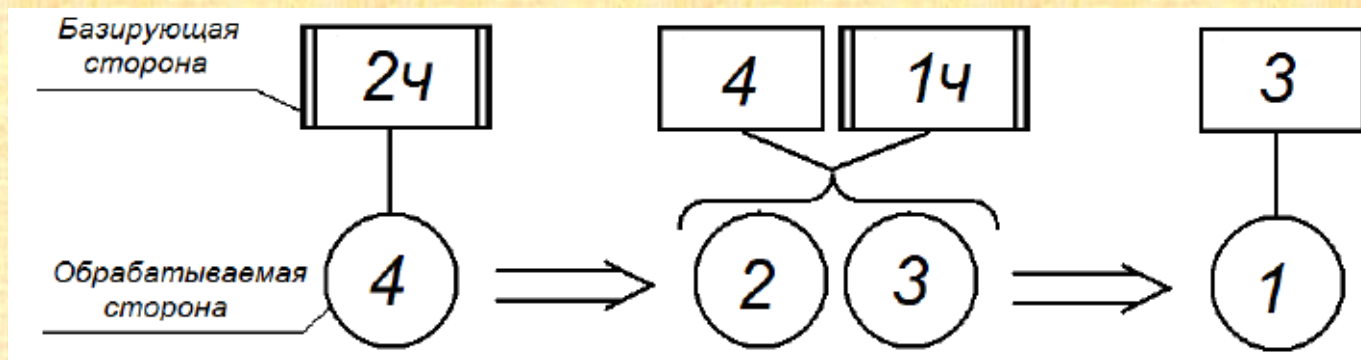
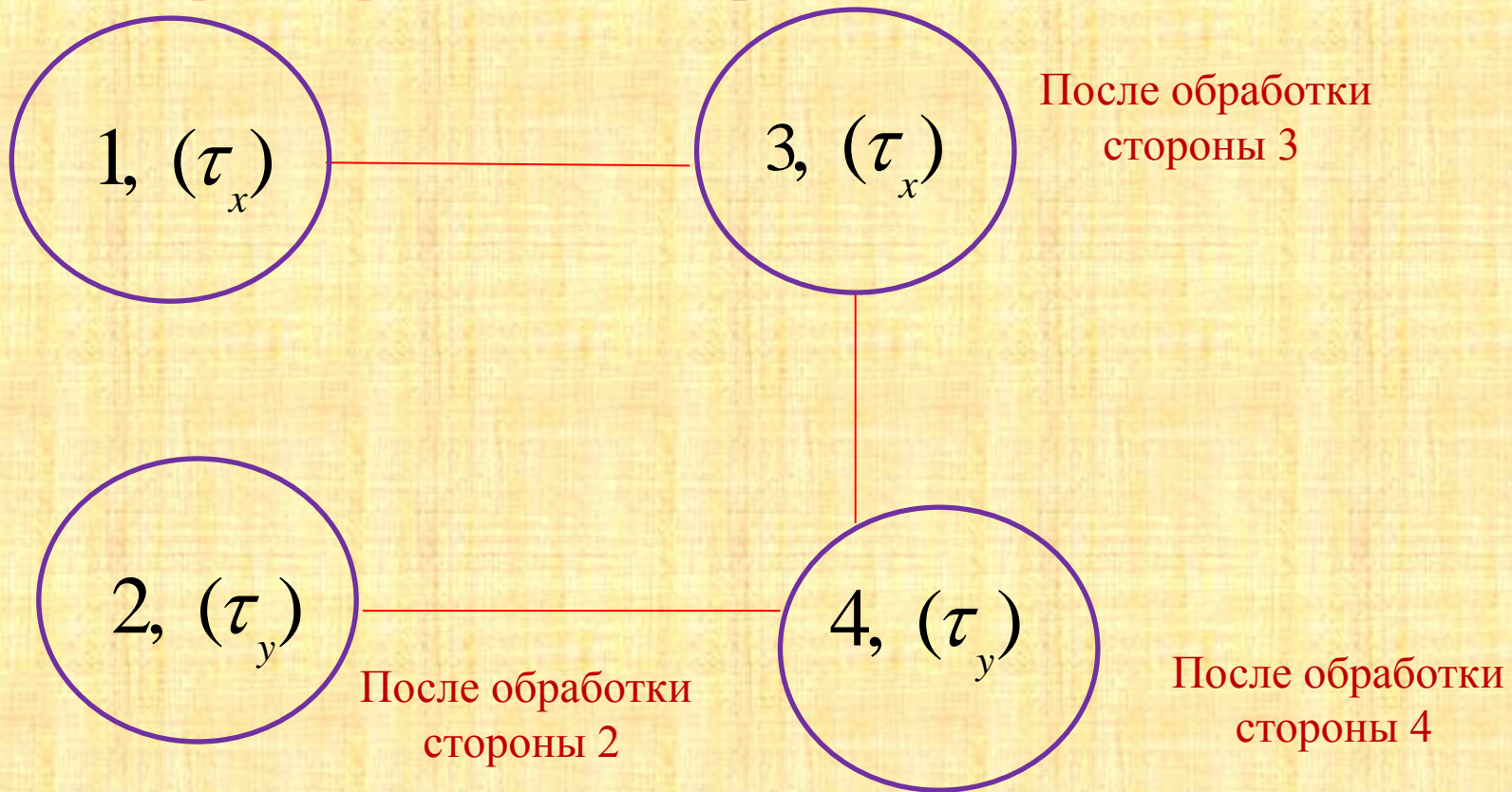
После обработки стороны 2



После обработки стороны 4

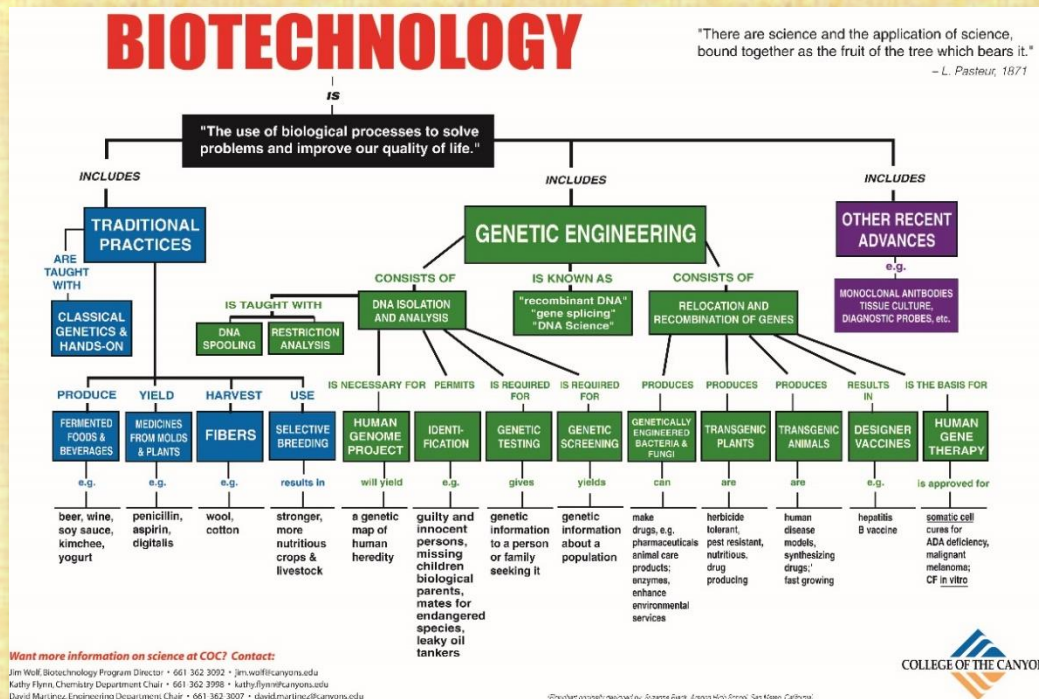


## 4 вариант: решение после третьего шага



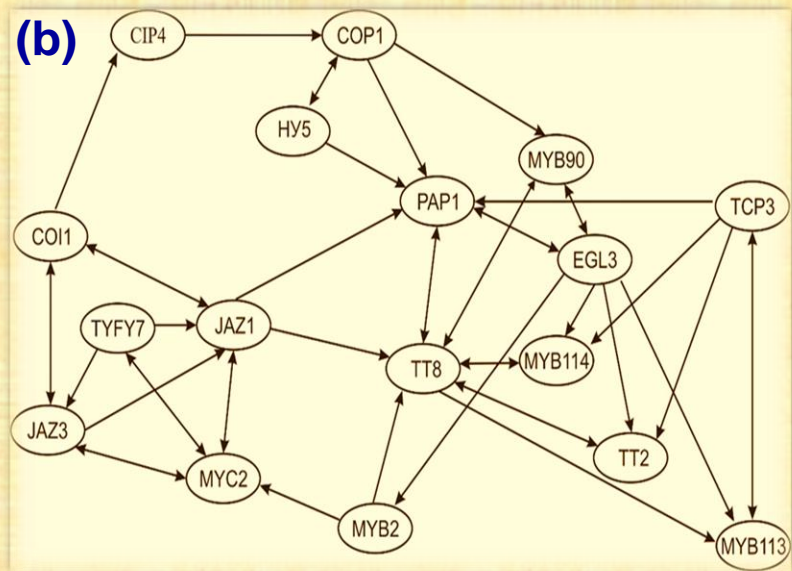
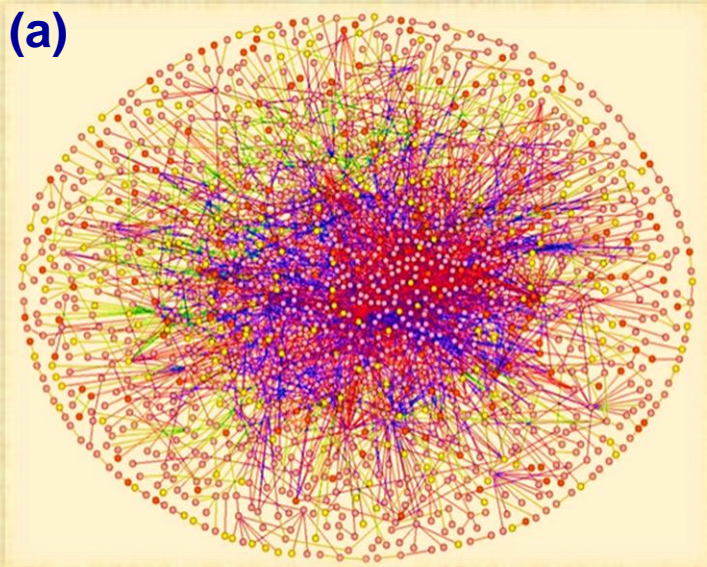
# Алгоритмы иерархической классификации в белковой сети

Алгоритм иерархической классификации растений по матрице близости (по наличию или отсутствию некоторых веществ в растениях) предложены и протестированы на данных института биоорганической химии ДВО РАН.

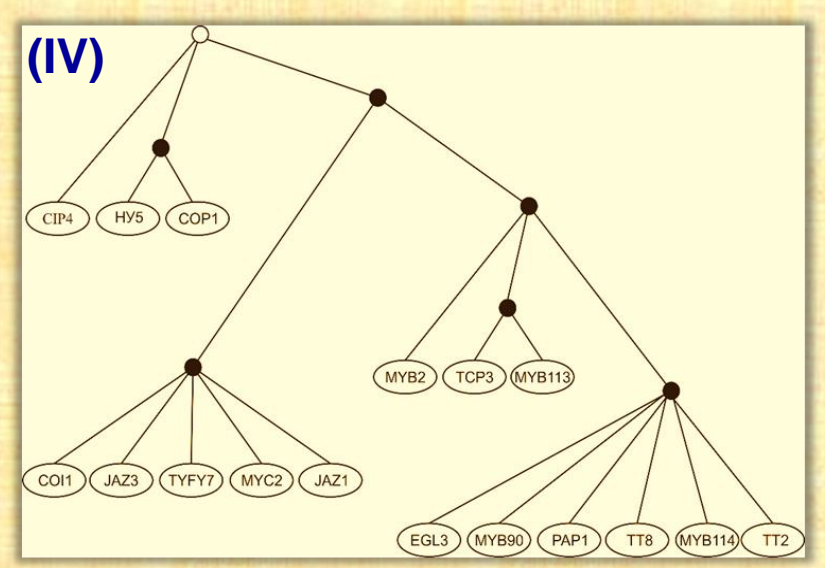
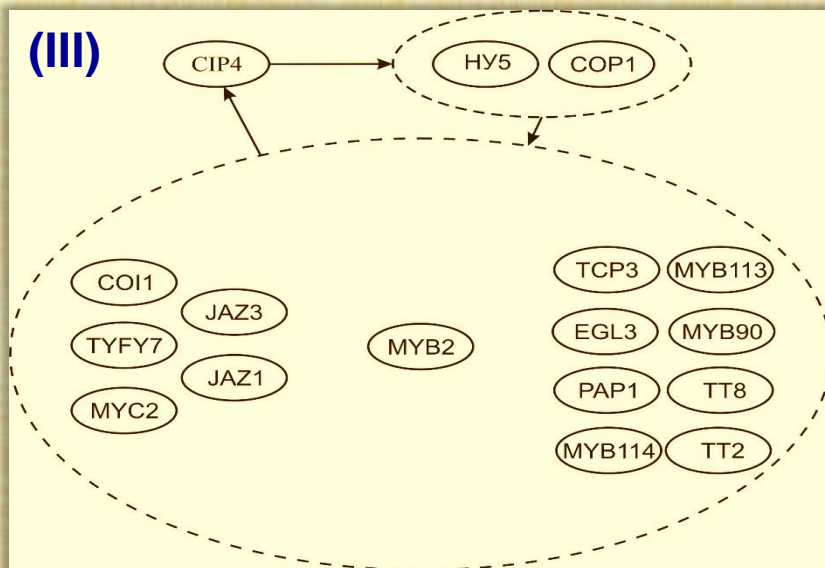
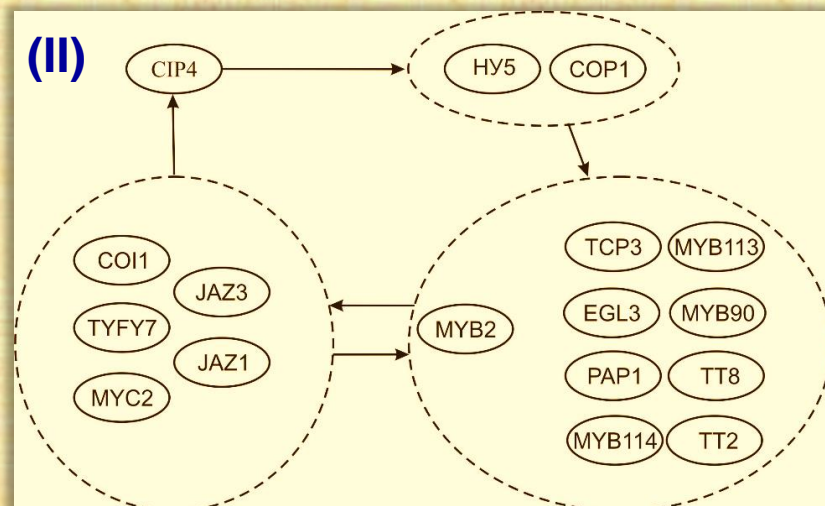
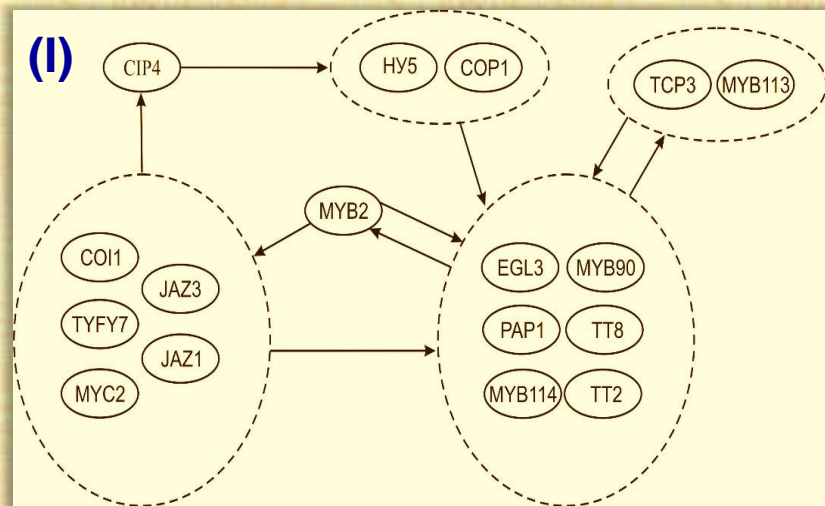


Этот алгоритм основан на последовательном увеличении параметра  $r$  и классификации объектов при каждом значении этого параметра.

Приложением этого алгоритма является иерархическая классификация вершин ориентированного графа, у которого любая пара вершин циклически эквивалентны. Если  $R = \| r_{ij} \|_{i,j=1}^n$  матрица длин кратчайших путей между вершинами графа, то тогда матрица  $L = \| l_{ij} \|_{i,j=1}^n$ ,  $l_{ij} = r_{ij} + r_{ji}$  состоит из минимальных длин циклов, содержащих пары вершин графа и может рассматриваться как матрица близости вершин орграфа с циклически эквивалентными вершинами. Это позволяет строить иерархическую классификацию этих вершин и применять классификацию к анализу термостабильности сети.



Белковая сеть (a) и ее подсеть (b) вторичного метаболизма



Иерархическая классификация вершин в подсети вторичного метаболизма



## Тематические ссылки

M.A. Guzev, G.Sh. Tsitsiashvili, M.A. Osipova, M.S. Sporyshev Probability of detection of an extraneous mobile object by autonomous unmanned underwater vehicles as a solution of the Buffon problem. ArXiv: 1801.10318 [cs.RO]. 2018.

M.A. Guzev, G.Sh. Tsitsiashvili, M.A. Osipova, M.S. Sporyshev Probability of detection of an extraneous mobile object by autonomous unmanned underwater vehicles. 2017. Proceedings of the 7-th All-Russian Scientific-Technical Conference "Technical Problems of World Ocean Exploration". 426–432. (In Russian).

М. А. Гузев, Г. Ш. Цициашвили, М. А. Осипова, М. С. Спорышев, “Вероятность обнаружения постороннего мобильного объекта автономными необитаемыми подводными аппаратами как решение задачи Бюффона”, Дальневост. матем. журн., 17:2 (2017), 191–200

M.A. Guzev, I.Yu. Rasskazov., Tsitsiashvili G.Sh. Algorithm of Potentially Burst-Hazard Zones Dynamics Representation in Massif of Rocks by Results of Seismic-Acoustic Monitoring// Procedia Engineering 191C. 2017. P. 36-42.

Tsitsiashvili G.Sh., Lelyukhin V.E., Kolesnikova O.V., Osipova M.A. Formal Design of Structure Process in Machining Parts// Applied Mathematical Sciences, Vol. 11, 2017, no. 32, 1573 – 1580

Bulgakov V.P., Avramenko T.V., Tsitsiashvili G.Sh. Critical analysis of protein signaling networks involved in the regulation of plant secondary metabolism: focus on anthocyanins// Critical Reviews in Biotechnology. 2017, vol. 37, issue 6, p. 685-700.



**Хороших идей  
каждому!**

**Не забывать  
старые идеи!**

Владивостокъ. — Vladivostok. № 2.  
Бухта „Золотой Рогъ“.

