

# ЛЕКЦИЯ № 10

## План лекции:

- 1. Основные формы динамического проявления горного давления.
- 2. Прогнозирование напряженного состояния пород:
  - 2.1. визуальные:
  - 2.2. по толщине дисков выбуриваемого керна;
  - 2.3. по выходу буровой мелочи;
  - 2.4. по деформируемости пород (с помощью контурных и глубинных реперов, метод разгрузки и др.).

# ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ И ФОРМЫ ГОРНЫХ УДАРОВ

- *Горный удар* - внезапное быстропротекающее разрушение предельно напряженной части массива, прилегающей к подземной горной выработке, вследствие мгновенного превращения потенциальной энергии в кинетическую.

Горные удары незначительных масштабов называют *микроударами*.

- *Толчки* - разрушение горных пород в глубине массива (образование трещин), сопровождающееся звуком и сейсмическими волнами, но без отброса угля (руды) и породы.

*Стреляние горных пород* - разрушение породы в обнажениях выработок с образованием пластин линзообразной формы, сопровождающееся отбросом кусков с сильным звуковым эффектом.

*Шелушение пород* - разрушение обнажений в горных выработках с образованием пластин толщиной до 10 мм с рваными концами разных размеров по длине и ширине.

*Заколообразование* - непрерывный процесс разрушения стенок и кровли выработок с образованием плит толщиной до 10 см, сопровождающийся звуком. Образующиеся заколы не связаны с естественной трещиноватостью.

*Условия, необходимые для проявления горного удара:*

- высокое горное давление;
- способность пород к накоплению потенциальной энергии (СУБР, Таштагольский рудник, Норильск).

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОРОД

*По поведению пород в процессе проведения  
и эксплуатации выработок:*

- **1. Визуальные**

Признаки высокого горного давления:

- – раскрытие трещин;
- – отслоение пород, обрушение пород, реакция крепи.
- Изображая места проявления горного давления по перечисленным признакам на маркшейдерских планах и геологических разрезах, можно с долей приближения судить о направлениях проявления максимальных напряжений.

## 2. По толщине дисков выбуриваемого керна

- Толщина диска до 1 – 2 см (СУБР)
- $t = f(\sigma_{сж}; \sigma_z; d)$ ,
- где  $\sigma_{сж}$  – предел прочности на одноосное сжатие;  $\sigma_z$  – вертикальное напряжение в массиве;  $d$  – диаметр диска.
- *Примеры. СУБР.* Когда вертикальные ( $\sigma_z$ ) и горизонтальные ( $\sigma_x$  и  $\sigma_y$ ) напряжения находятся в соотношении:  $\sigma_x = \sigma_y = (0,1 \div 0,3) \sigma_z$ ,

$$\sigma_z = \sqrt{\frac{d}{t}} \cdot \sigma_{сж} \cdot (1,32 + 0,1 \cdot d + 0,165\sqrt{d})^{-1}$$

*Таштагольское месторождение.*

$$\sigma_{сж} = 80 \div 120 \text{ МПа}; \sigma_z = 185/t; 12\text{мм} \leq t \leq 60 \text{ мм}.$$

*Талнахское местоождение.*

$$\sigma_{сж} = 30 \div 140 \text{ МПа}; \sigma_z = k \cdot \sigma_{сж} / t,$$

$$\text{где } k = 0,14 \cdot d^2 / dt,$$

здесь  $d$  – диаметр керна, мм;  $dt$  – тарировочный диаметр керна,  $dt = 21$  мм.

### 3. По выходу буровой мелочи

$$\sigma_z = \left(4 \frac{V_{\phi}}{V_H} - 2,3\right)$$

где  $V_{\phi}$  – фактический выход (объем) буровой мелочи;  $V_H$  – номинальный выход буровой мелочи.

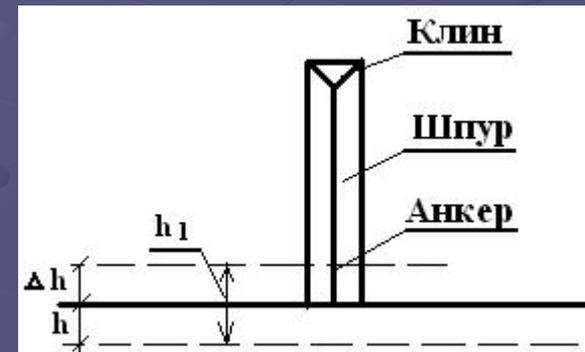
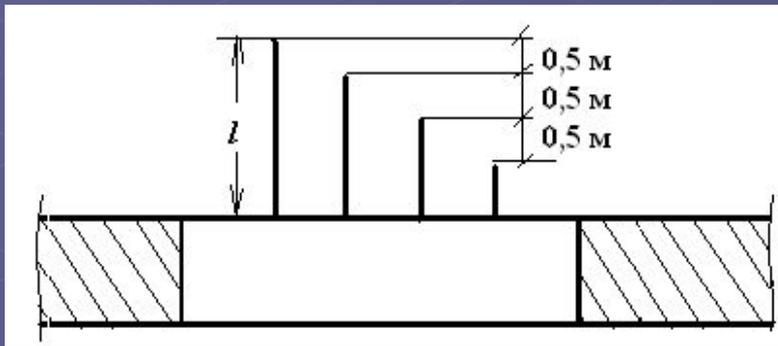
Формула справедлива при:

$$1 < \frac{V_{\phi}}{V_H} < 1,3;$$

$$\sigma_z = (1,7 \div 3,5) \sigma_{сж}.$$

# По деформируемости пород

- 1. С помощью контурных и глубинных реперов
- *Контурные реперы*



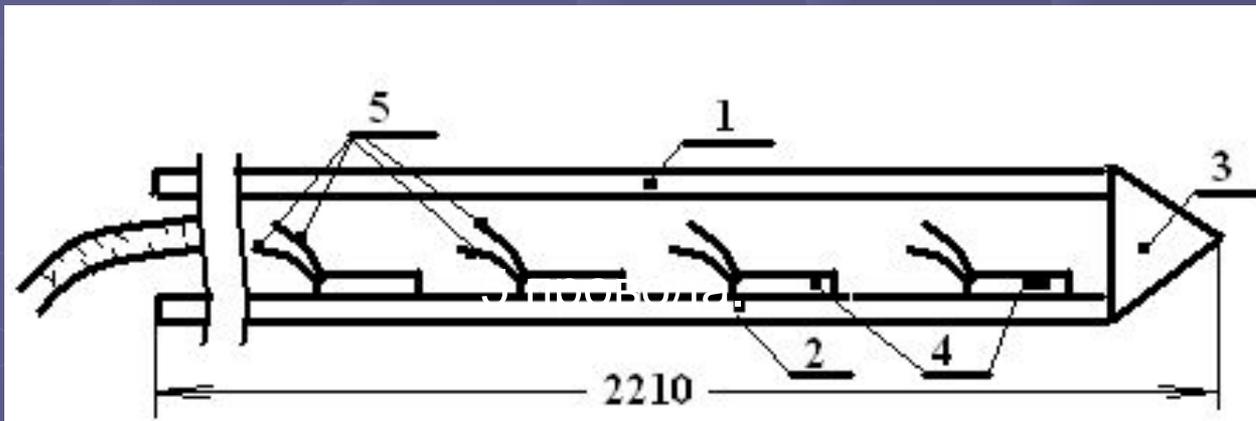
$\Delta h$  – деформация кровли по результатам маркшейдерской съемки;

$h$  – замер после съемки;

$h_1$  – деформация пород в точке заделки анкера;

$$h_1 = \Delta h + h .$$

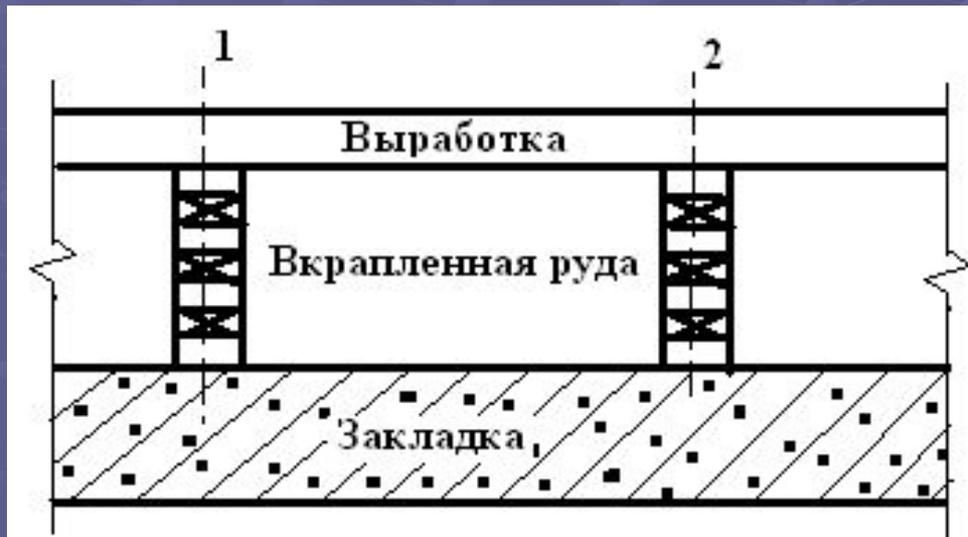
Для исследования зон деформаций применяются также *индикаторные штанги*. Стальная труба, разрезанная на 2 половинки (1 и 2), соединенные точечной сваркой между собой и наконечником (3). Внутри трубы через 6 – 25 см наклеиваются тензодатчики сопротивления (4). Заделка штанги в шпуре – цементно-песчаным раствором.



Длина штанг должна превышать высоту свода обрушения пород для данной выработки.

# Глубинные реперы

Длина от десятков до сотен метров.

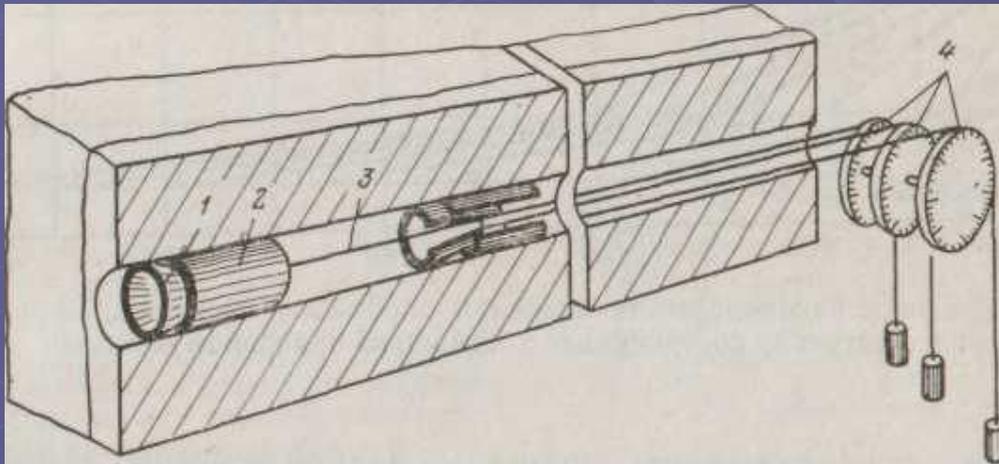


Использование контурных реперов позволяет определить деформации пород, окружающих выработку и по ним прогнозировать величину горного давления, тип крепи, длину штанг.

При использовании глубинных реперов оценивают развитие деформаций в налегающей толще пород.

Глубинные реперы по типу связи подразделяются на реперы с жесткими штоками и проволоочной связью.

### Репер конструкции ВНИМИ



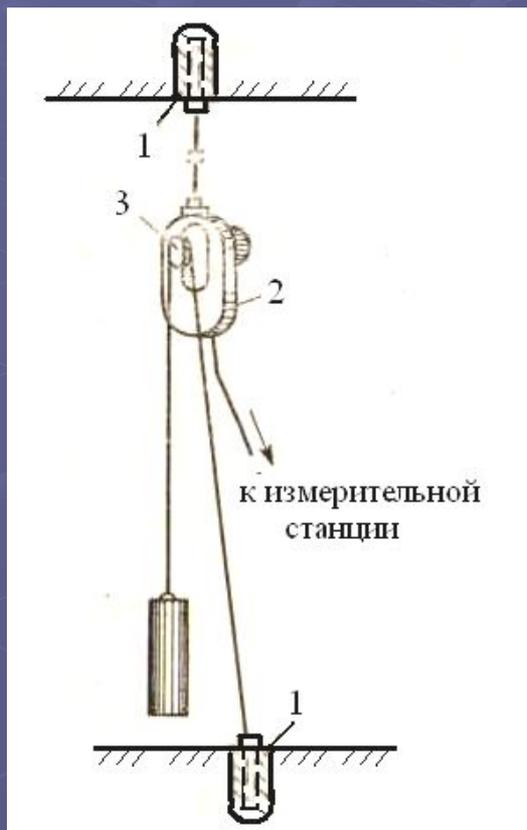
- 1-металлический клин
- 2-деревянная пробка с отверстием вдоль оси
- 3-проволка
- 4-отчетный круг

Регистрация деформаций в глубине массива - с помощью реостатных датчиков или отчетных кругов. Если применяются реперы с жесткими штангами, то деформации измеряют штангенциркулем и индикаторами часового типа.

# Измерение относительных смещений кровли, почвы и стенок

## Реостатные установки (конструкция ВНИИМ)

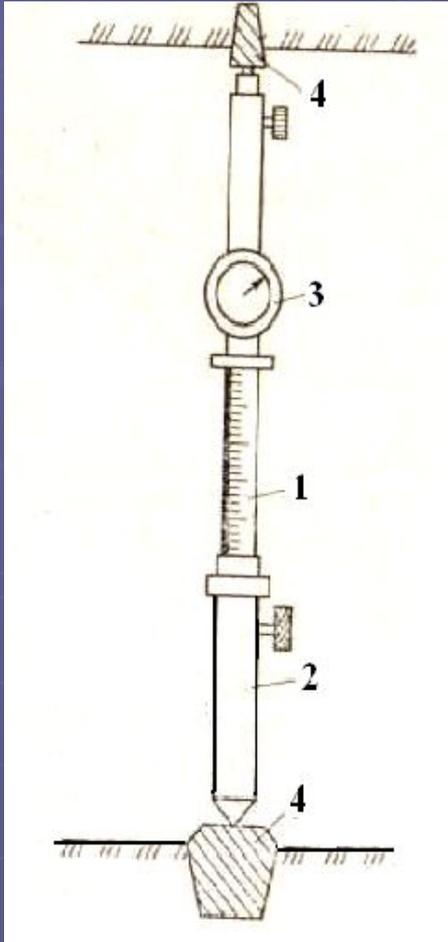
## выработок



- 1-репера
- 2-датчик
- 3-шкив датчика

При сближении кровли и почвы вращается шкив датчика, и изменяется его электрическое сопротивление.

# Универсальная телескопная стойка СИУ-2



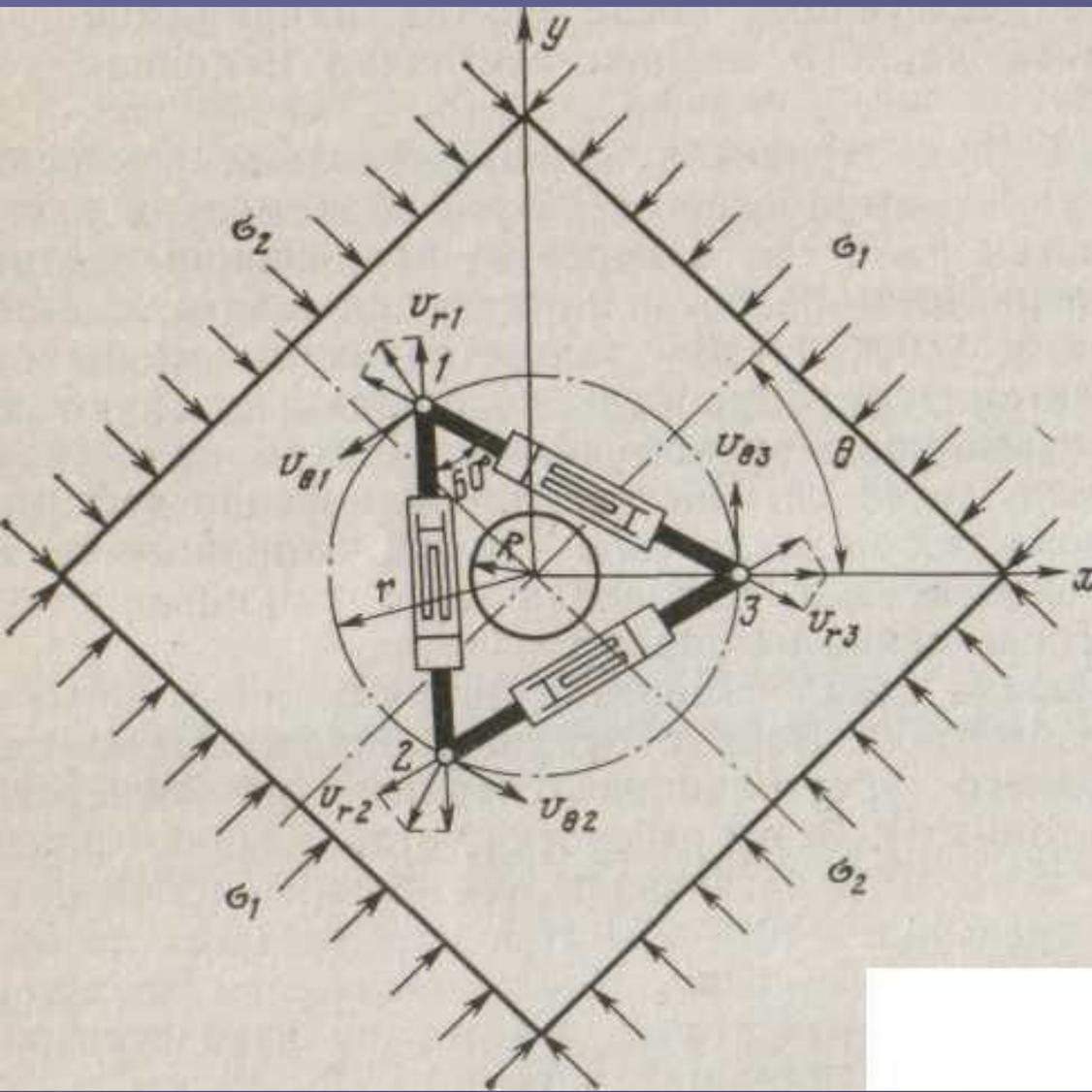
Телескопические трубы:  
1- подвижная (верхняя);  
2- неподвижная (нижняя);  
3- индикатор часового типа с точностью  
измерения 0,01 или 0,002мм;  
4 -пробки с металлическими штырями.

## 2. Метод разгрузки

- Основан на свойстве горных пород восстанавливать упругие деформации после снятия напряжений.
- **Варианты метода:**
  - – *частичная разгрузка;*
  - – *полная разгрузка.*

# Частичная разгрузка

- Для измерения напряжений на стенках выработки и элементах крепи.
- *Подготовка:* на стенке выработки изготавливают площадку, касательную к контуру выработки с размерами не менее 10 x 10 см. Площадку шлифуют (алмазной коронкой с помощью ручной дрели).
- Используются съемочные тензометры или тензодатчики, наклеиваемые на породу.
- Вокруг будущей скважины по вершинам равностороннего треугольника сверлят три отверстия ( $d$  до 8 мм), устанавливают анкерные болты, между которыми натягиваются тензометры. Берется начальный отсчет.
- Затем производится разгрузка – выбуривается шпур диаметром 40 ÷ 45 мм и глубиной 95 ÷ 100 мм.

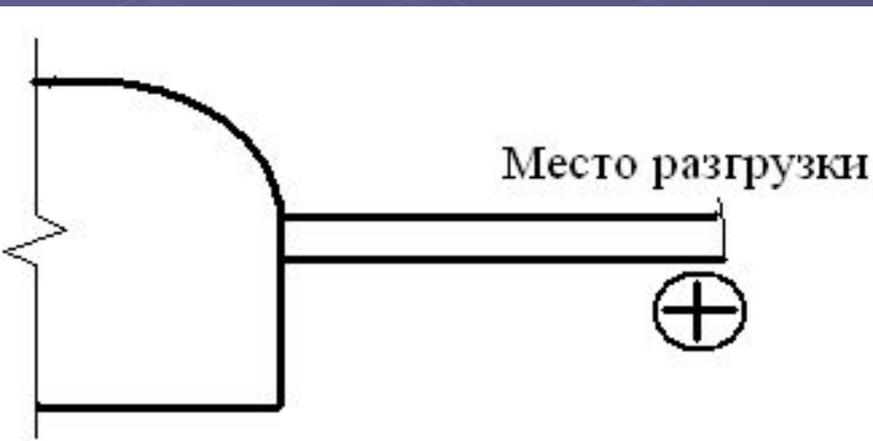


Породы упруго деформируются. Тензодатчиками фиксируются перемещения: радиальные ( $V_{r1}$ ;  $V_{r2}$ ;  $V_{r3}$ ) и тангенциальные ( $V_{\theta 1}$ ,  $V_{\theta 2}$ ,  $V_{\theta 3}$ ).

# Метод полной разгрузки

## Схема ВНИМИ

- На забой скважины, отшлифованный алмазной коронкой, наклеивают тензометрические датчики. Затем вырубают керн. Измеряют радиальные деформации  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$ .



1-тензометрический датчик;  
2-керн

При расположении датчиков  
крестом (+).

Главные нормальные  
напряжения  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$

$$\sigma_1 = \frac{E(\varepsilon_1 + \mu\varepsilon_2)}{1 - \mu^2}$$

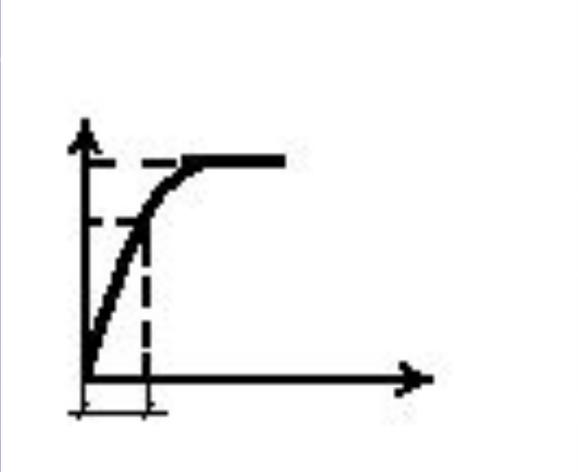
$$\sigma_2 = \frac{E(\varepsilon_2 + \mu\varepsilon_1)}{1 - \mu^2}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta l_1}{l} \quad \text{- продольные}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta l_2}{l} \quad \text{- поперечные}$$

$E$  и  $\mu$  - определяются при испытании выбуриваемого  
кернa.

$\sigma$   
раз  
 $\sigma$



В крепких породах  $E$  и  $\mu$  определяются для прямолинейного участка кривой.

$\sigma_{\text{раз}}$  разрушающее напряжение (предел прочности);

$$\sigma = (0,4 - 0,6)\sigma_{\text{раз}}$$

$\epsilon_y$  относительная упругая деформация

$$E = \frac{(0,4 \div 0,6)\sigma_{\text{раз}}}{\epsilon_{y1}}$$

$$\mu = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}$$

По результатам разгрузки строят эпюры распределения напряжений.



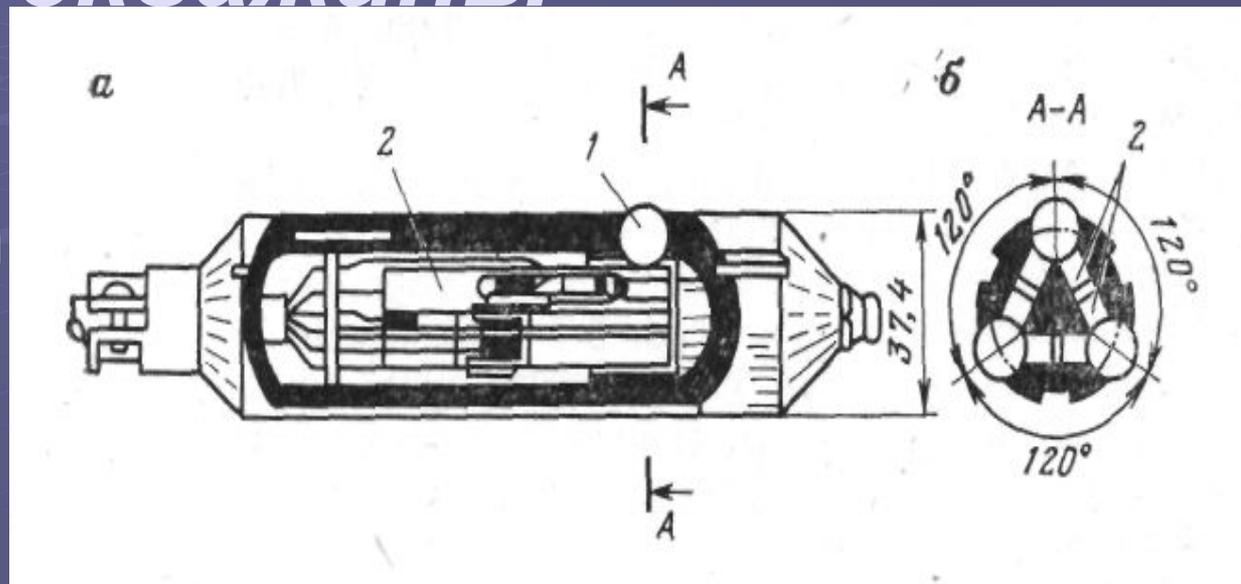
# По деформируемости стенок скважины

Используют разгрузочные скважины, в которые вставляют деформометры различной конструкции.

По измеренным деформациям рассчитывают напряжения.

Корректируя первоначальную эпюру напряжений полученными данными можно определить изменения напряжений во времени.

Деформометр горного бюро США



Контакт со стенками скважины осуществляется с помощью трех шариков диаметром 12,7 мм. Деформации стенок скважин передаются через каждый шарик (1) на две пружины (2), с установленными на них датчиками.

# *По усилиям вдавливания индентора в забой*

- Прибор МГД (многоточечный гидравлический датчик) с самописцем.
- Склонность пород к хрупкому разрушению под действием предельных сжимающих напряжений определяется по диаграммам вдавливания индентора в стенки скважины, записываемым автоматически в координатах «нагрузка – деформация».

# Контрольные вопросы

- 1. Дайте характеристику основным формам проявления горного давления.
- 2. Охарактеризуйте методы прогнозирования напряженного состояния по поведению пород в процессе проведения и эксплуатации выработок
- 3. Охарактеризуйте методы прогнозирования напряженного состояния по деформируемости пород.
- 4. Какая связь между толщиной выбуриваемого керна и напряжениями в массиве пород?
- 5. Какие приборы и оборудование применяется для определения деформируемости пород?
- 6. В чем отличие методов частичной и полной разгрузки пород?