



САМАРСКИЙ  
ПОЛИТЕХ  
Опорный университет

<http://gnibidin.umi.ru>

E-mail: [gnibidin@bk.ru](mailto:gnibidin@bk.ru)

Тел. +7 927 714 0523

## ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БУРЕНИЯ СКВАЖИН

Гнибидин Виктор Николаевич  
Доцент кафедры «Бурение нефтяных  
и газовых скважин»

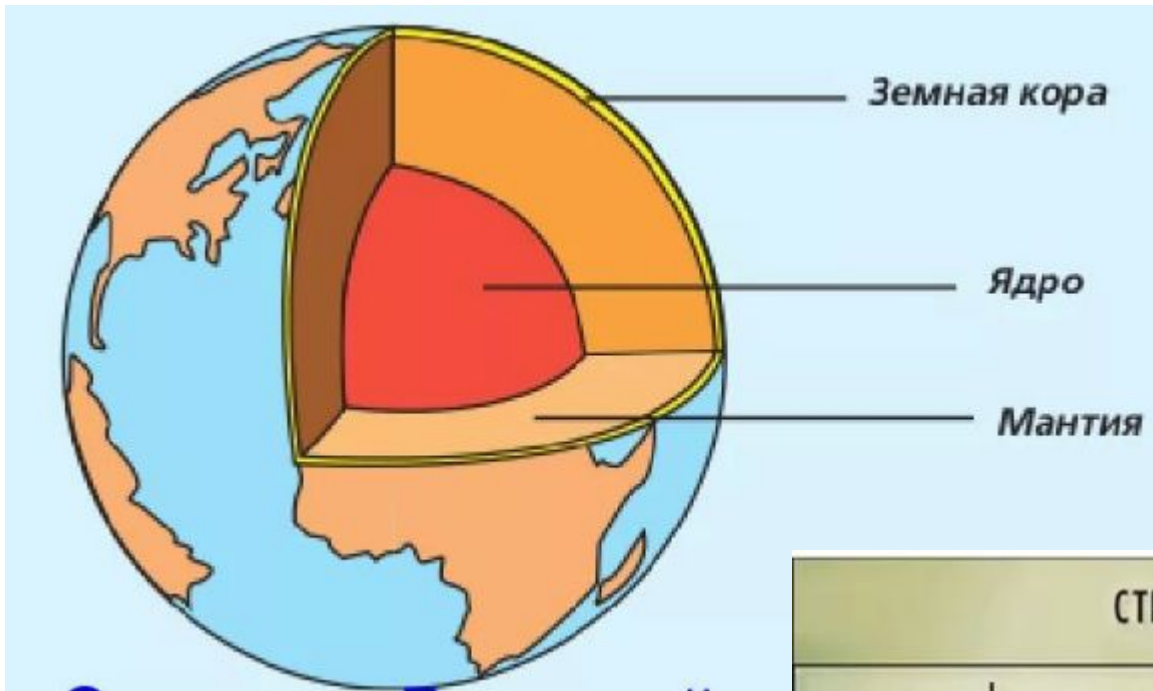
$\pi$

$x$

Тема 2.

**ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ГОРНЫХ  
ПОРОД И ПРОЦЕСС ИХ РАЗРУШЕНИЯ  
ПРИ БУРЕНИИ**

# Наша



# Земля



# Важные признаки осадочных пород с точки зрения их

## разрушения

Структура

- Структура горной породы - те ее особенности, которые обусловлены формой, размерами и характером поверхности образующих их материалов. Большинство осадочных пород сложено рыхлыми сцементированными минеральными обломками различных размеров, имеющими неправильные очертания. Основная структурная особенность осадочных пород, характеризующая их механические свойства, структура цементов, связывающих отдельные обломки.

Текстура

- Текстура указывает на особенности строения всей породы в целом и выявляет взаимное пространственное расположение минеральных частиц.

# Основные особенности текстуры осадочных пород

## Слоистость

- строение горных пород в виде налегающих один на другой слоёв, различающихся минеральным составом, цветом, особенностями слагающих породы частиц и другими признаками

## Сланцеватость

- способность породы раскалываться по параллельным плоскостям на тонкие пластинки

## Пористость

- пористостью называется отношение объема всех пустот к объему всей породы, выраженное в процентах

# Природа сил сцепления между частицами осадочных пород

## Скальные породы

- **Песчаники, известняки, мергели** - молекулярное притяжение частиц друг к другу, а также наличие сил трения

## Связные (пластичные) породы

- **Глинистые породы** - взаимодействие коллоидных частиц, адсорбирующихся поверхности обломков, а также наличие сил трения

## Сыпучие породы

- **Песок** - не обладает сцеплением ни в сухом состоянии, ни при полном насыщении водой; только при ограниченном насыщении водой у сыпучих пород наблюдаются силы сцепления, обусловленные трением

# Основные физико-механические свойства горных пород, влияющие на процесс бурения



# Упругие свойства горных пород

- Все горные породы под воздействием внешних нагрузок претерпевают деформации, исчезающие после удаления нагрузки или остающиеся. Первые из них называются **упругими деформациями**, а вторые **пластическими**. Большинство породообразующих **минералов** - тела упруго хрупкие, т.е. они подчиняются закону Гука и разрушаются, когда напряжения достигают предела упругости. **Горные породы** также относятся к упруго хрупким телам, но в отличие от минералов они подчиняются закону Гука только при динамическом приложении нагрузки.
- Упругие свойства горных пород характеризуются модулем упругости (модуль Юнга) и коэффициентом Пуассона. Модуль упругости горных пород зависит от их минералогического состава, вида нагружения и величины приложенной нагрузки, от структуры, текстуры и глубины залегания пород, от состава и строения цементирующего вещества у обломочных пород, от степени влажности, песчаности и карбонатности пород.



# Пластические свойства горных пород (пластичность)

Разрушению пластичных пород предшествует **пластическая деформация**. Она начинается, как только напряжения в породе превысят предел упругости. Пластичность зависит от минералогического состава горных пород и уменьшается с увеличением содержания кварца, полевого шпата и некоторых других минералов. Высокими пластическими свойствами обладают глины и некоторые породы, содержащие соли. При определенных условиях некоторые горные породы подвержены **ползучести**. Ползучесть проявляется в постоянном росте деформации при неизменном напряжении. Значительной ползучестью характеризуются глины, глинистые сланцы, соляные породы, аргиллиты, некоторые разновидности известняков.

# Твердость горных пород

Под **твердостью** горной породы понимается ее способность оказывать сопротивление проникновению в нее (внедрению) породоразрушающего инструмента. Л.А.Шрейнер предложил классификацию горных пород, наиболее полно учитывает основные физико-механические свойства горных пород, влияющих на процесс бурения.

- **К I группе** относятся породы, не дающие общего хрупкого разрушения (слабосцементированные пески, суглинки, известняк-ракушечник, мергели, глины с частыми прослоями песчаников, мергелей и т. п.).
- **К II группе** относятся упругопластичные породы (сланцы, доломитизированные известняки, крепкие ангидриты, доломиты, конгломераты на кремнистом цементе, кварцево-карбонатные породы и т.п.).
- **К III группе** относятся упругохрупкие, в основном изверженные и метаморфические породы.

# Абразивность горных пород

- Под **абразивностью** горной породы понимается ее способность изнашивать контактирующий с ней породоразрушающий инструмент в процессе их взаимодействия.
- На величину трения, определяющую интенсивность абразивного износа инструмента, существенное влияние оказывает среда. **Коэффициент трения** о породу, поверхность которой смочена глинистым раствором, меньше, чем тот же коэффициент при трении о сухую породу. **Твердость горной породы**, размер и форма зерен, образующих породу, существенно влияют на коэффициент внешнего трения. Коэффициент трения о породу с более высокой твердостью при прочих равных условиях обычно более высокий, чем о породу с меньшей твердостью.
- Среди горных пород наибольшей абразивностью обладают кварцевые и полевошпатовые песчаники и алевролиты (сцементированные обломочные породы с зернами размером от 0,01 до 0,1 мм).

# Сплошность горных пород

Понятие «**сплошность горных пород**» предложено для оценки структурного состояния горных пород, которые, исходя из степени внутрискруктурных нарушений (трещин, пор, поверхностей рыхлого контакта зерен и т.д.), передают внутрь породы давления внешней жидкостной или газовой среды.

## Категория сплошности

**I** - породы, внутри которых может проникнуть исходный глинистый раствор

**II** - породы, внутри которых проникает не только жидкость, но и твердые (глинистые) частицы

**III** - породы, внутри которых передается давление

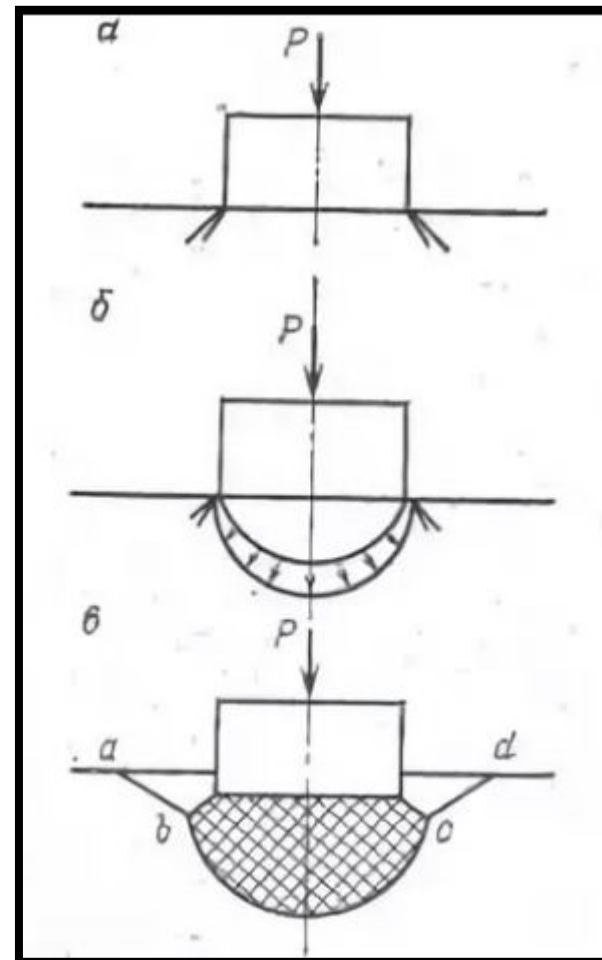
**IV** - породы, внутри которых внешнее гидравлическое давление не передается

# Схема хрупкого разрушения породы под штампом

Образование кольцевой трещины и сдвига за контуром штампа

Развитие областей предельного состояния

Хрупкое разрушение и выкол породы



# Влияние динамической составляющей нагрузки (удара) на эффективность разрушения породы

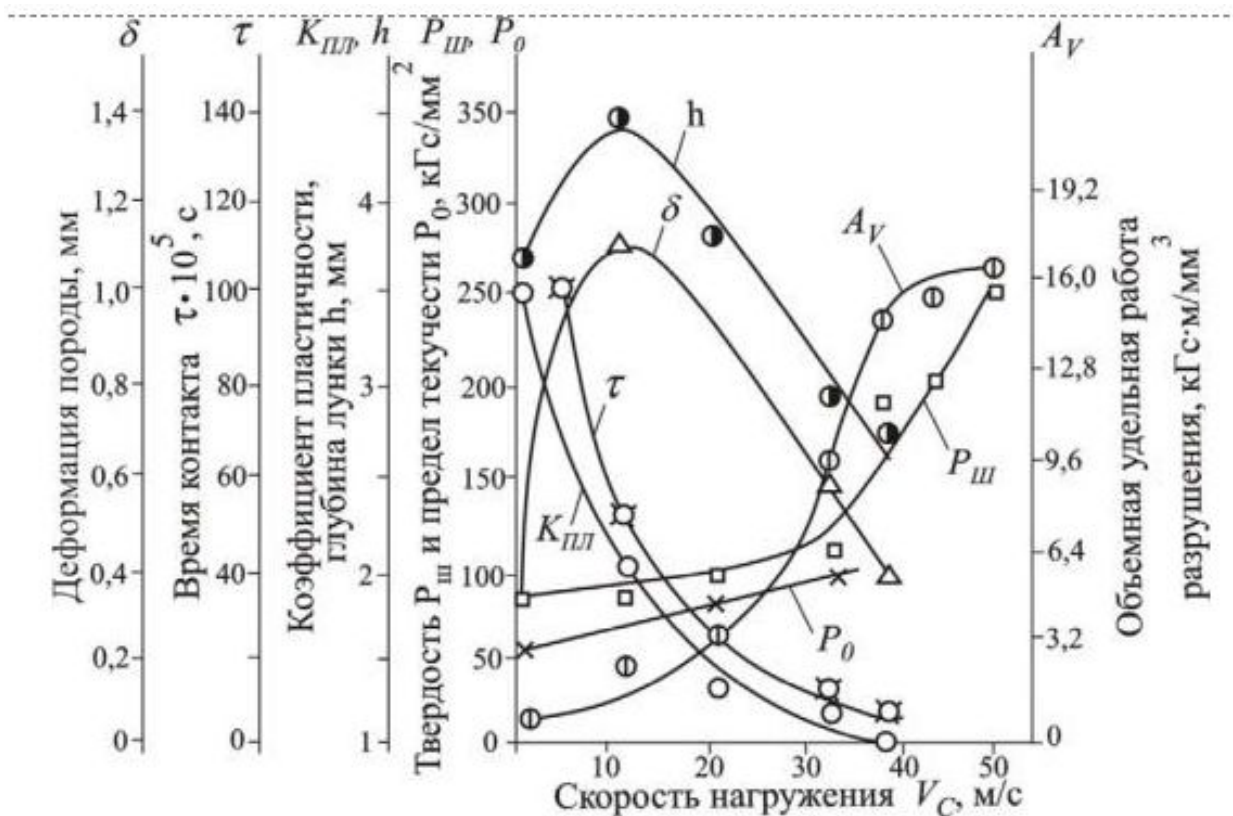
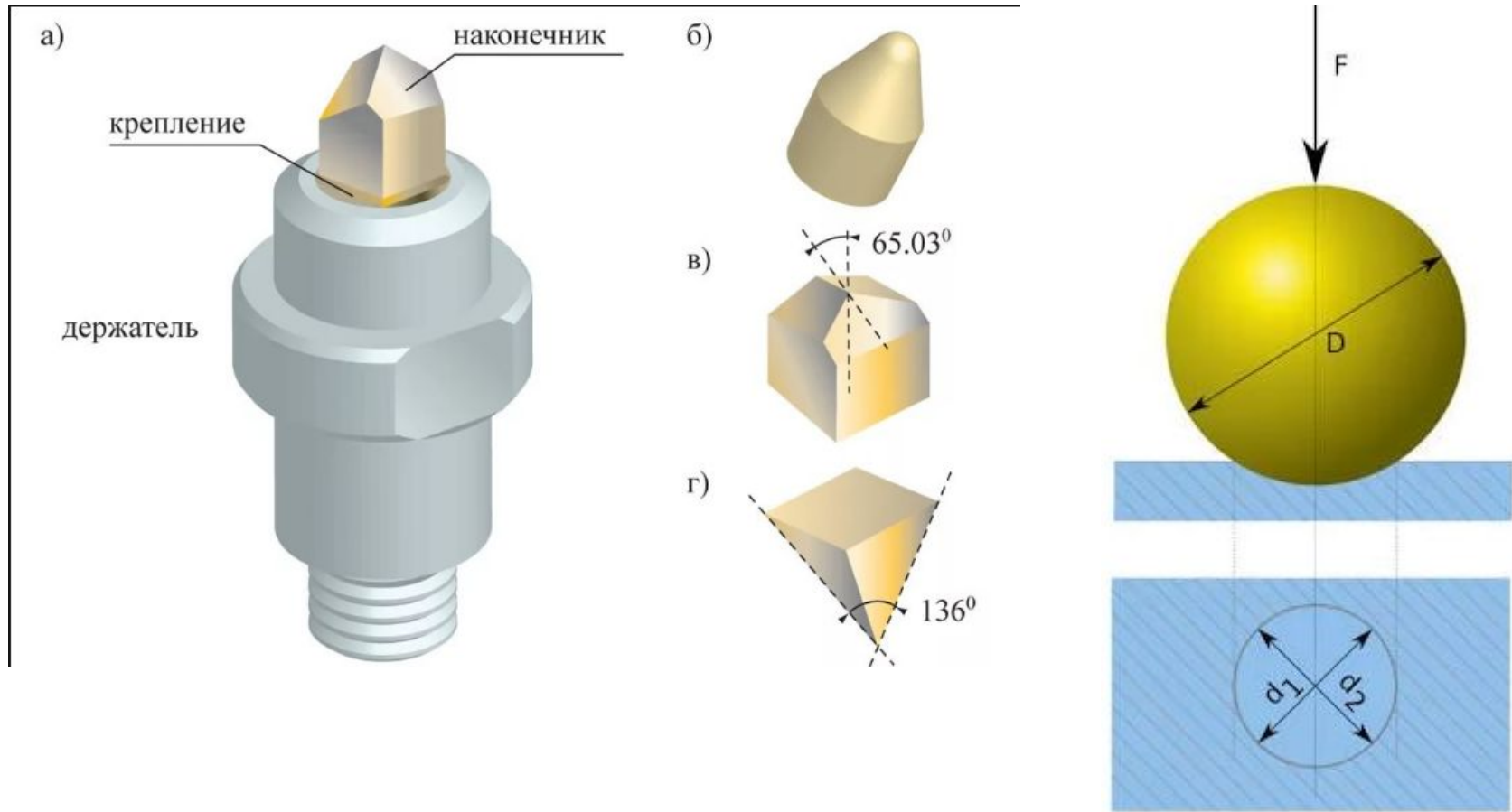


Рис. 3.22. Графики изменения свойств пород в зависимости от скорости нагружения индентора:

$\delta$  – упругая деформация породы;  $h$  – глубина лунки разрушения;  $\tau$  – время контакта индентора с породой;  $K_{пл}$  – коэффициент пластичности;  $P_{ш}$  – твердость пород при вдавливании штампа;  $P_0$  – предел текучести породы;  $A_v$  – объемная удельная работа, затрачиваемая на разрушение породы (по данным Л.А. Шрейнера и др.)

# Влияние формы индентора на глубину проникновения



# Долото – основной инструмент разрушения горной породы

Виды перемещений долота при проникновении в породу

Поступательное движение сверху вниз под действием нагрузки на долото, создаваемой массой нижней части колонны бурильных труб (эта нагрузка называется осевой нагрузкой)

Вращательное движение, осуществляемое забойным двигателем или ротором посредством бурильных труб



# Механизмы разрушения горной породы



**Резание**  
(лопастные и алмазные долота, статическая нагрузка)



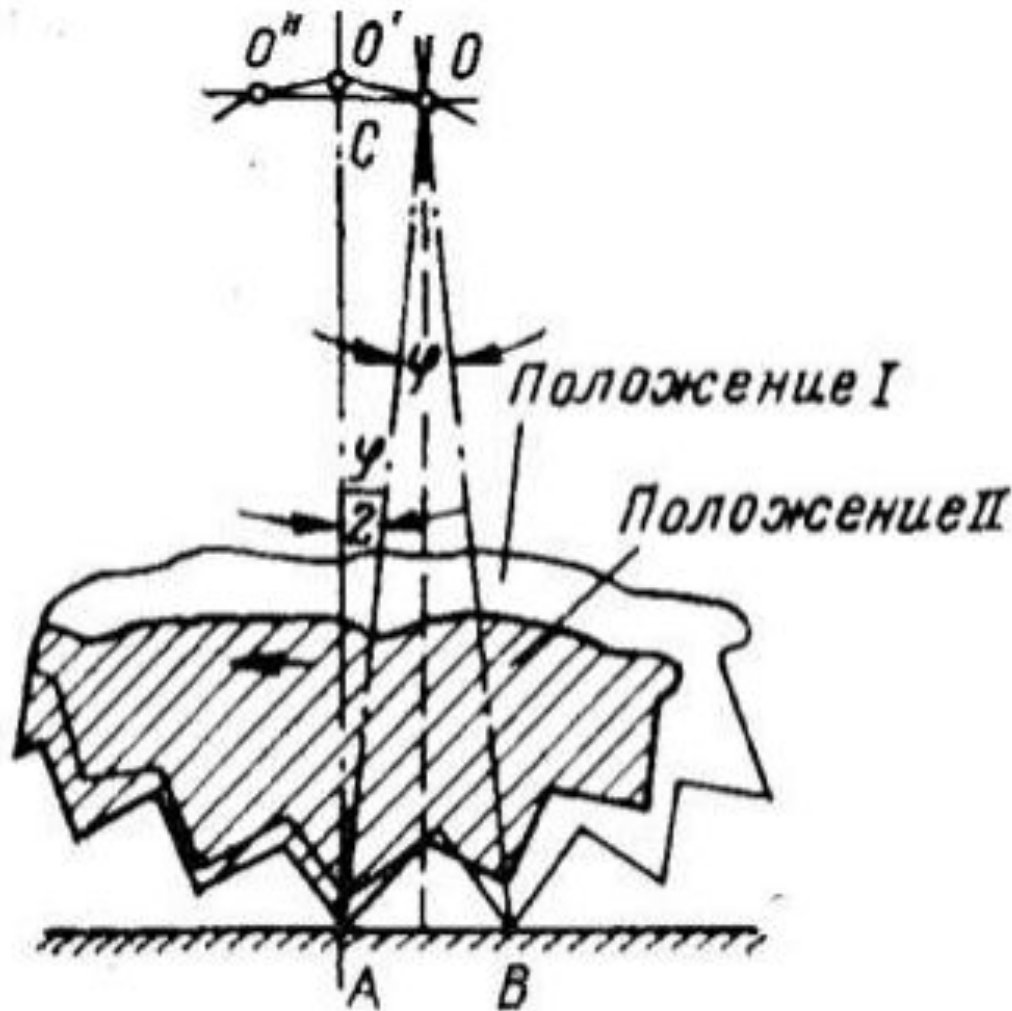
**Дробление**  
(шарошечные долота, динамическая нагрузка)



**Истирание**  
(алмазные долота, статическая нагрузка)

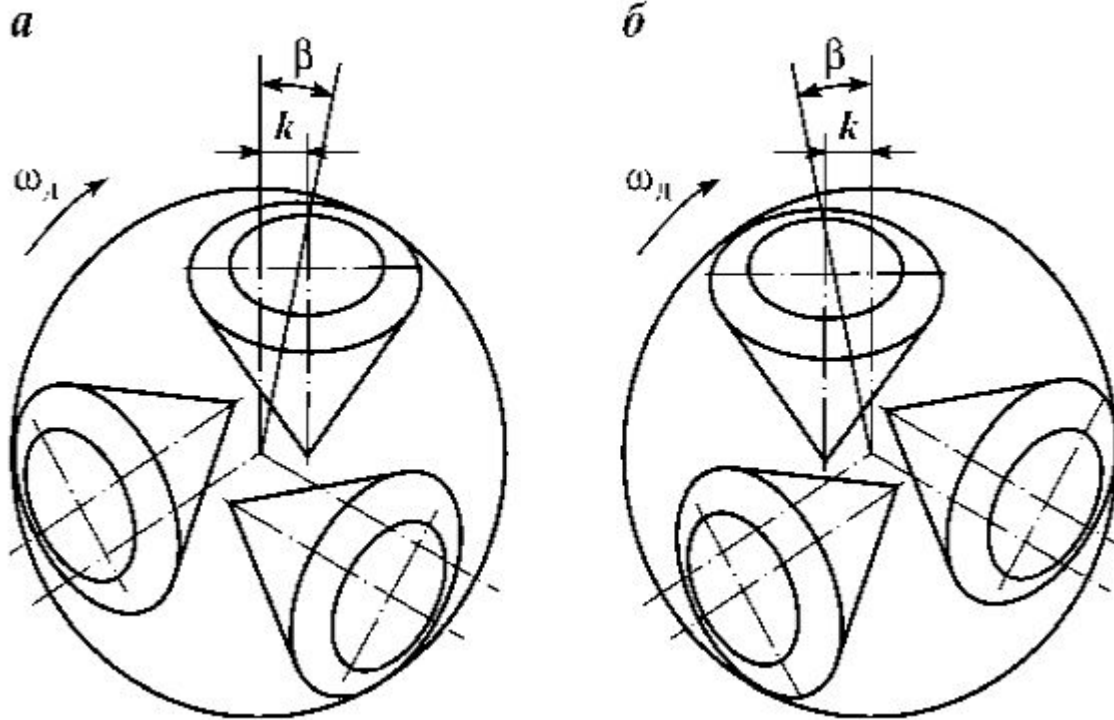


# Процесс разрушения забоя шарошечным долотом



- Работа долота происходит в среде промывочной жидкости.
- Шарошки вращаются вокруг собственной оси и оси вращения бурильных труб.
- Шарошки упираются в забой попеременно 1 или 2 зубьями.
- В результате этого долото совершает возвратно-поступательное движение.

# Изменение характера разрушения породы смещением осей шарошек



- В зависимости от формы шарошек и положения их осей относительно оси долота происходит или чистое дробление, или дробление со скалыванием.
- В зависимости от формы шарошек и положения их осей относительно оси долота происходит или

чистое дробление, или дробление со скалыванием. Интенсивность проскальзывания зубьев для данного шарошечного долота оценивают коэффициентом скольжения, который равен отношению суммы площадей, описываемых за один оборот долота кромками зубьев, скользящих по породе, к площади забоя скважины.

# Основные функции гидравлики долота

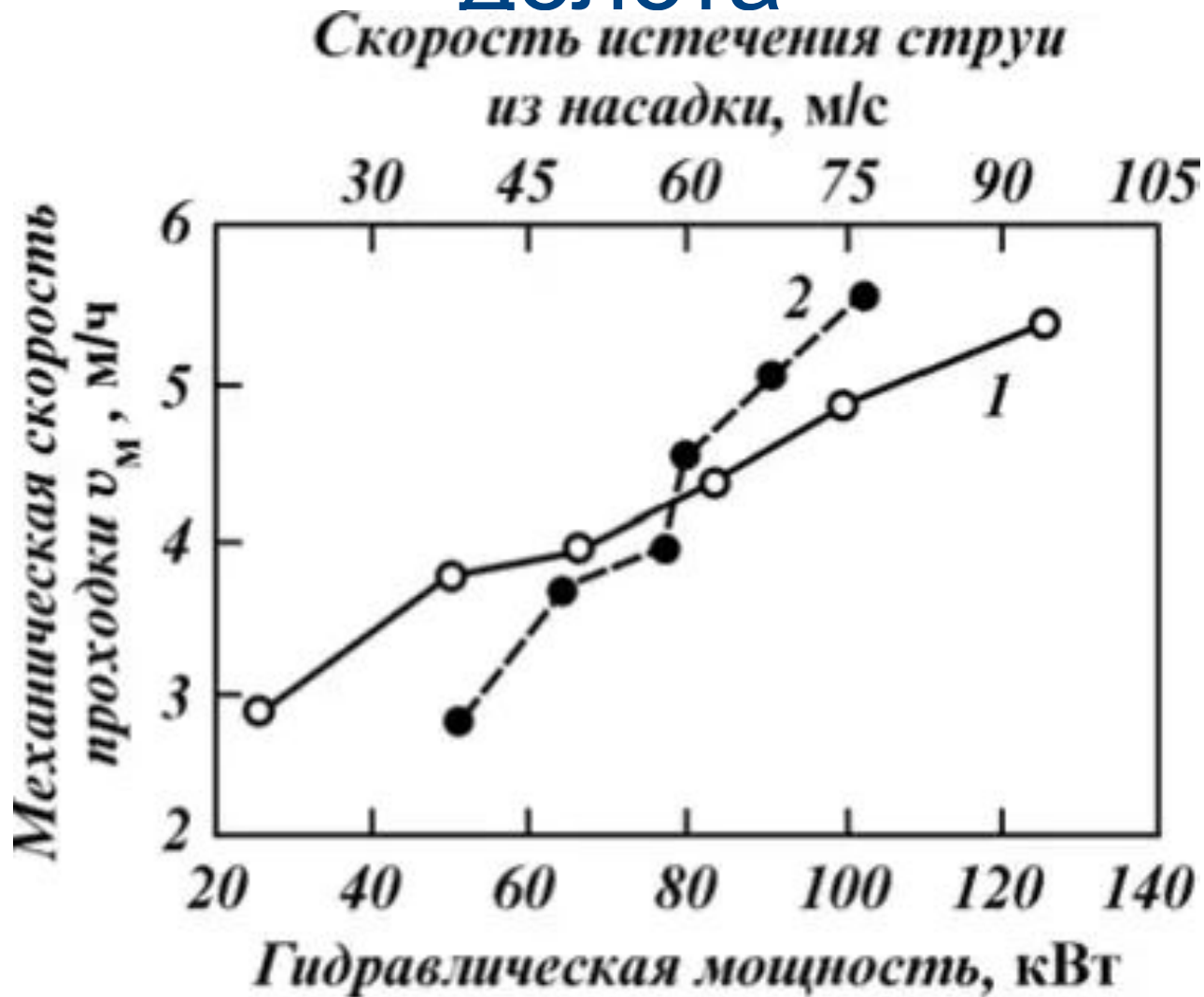


Очистка режущей структуры: вынос шлама из промежутков между резцами и с поверхности шарошки

Вынос шлама из зоны долота

Очистка забоя от шламowych подушек

# Гидравлическая мощность долота





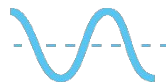
$x$

**СПАСИБО**

Самарский государственный  
технический университет

<https://samgtu.ru/>

$\pi$



$\tau$

