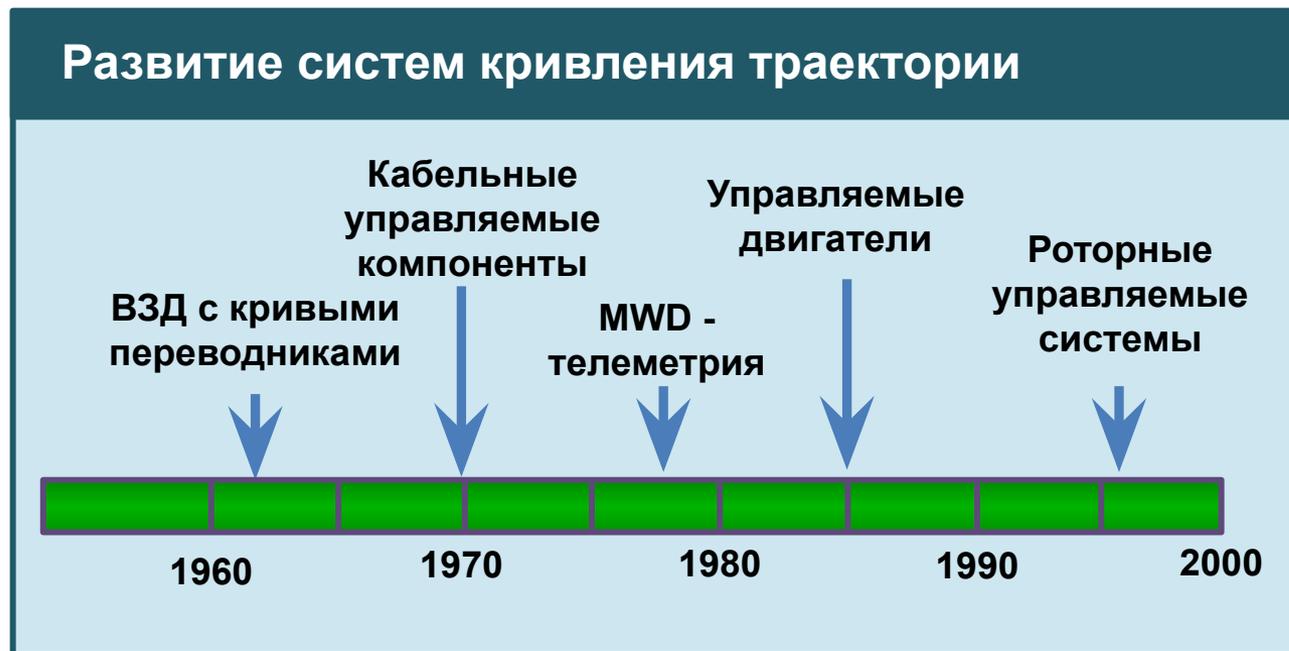


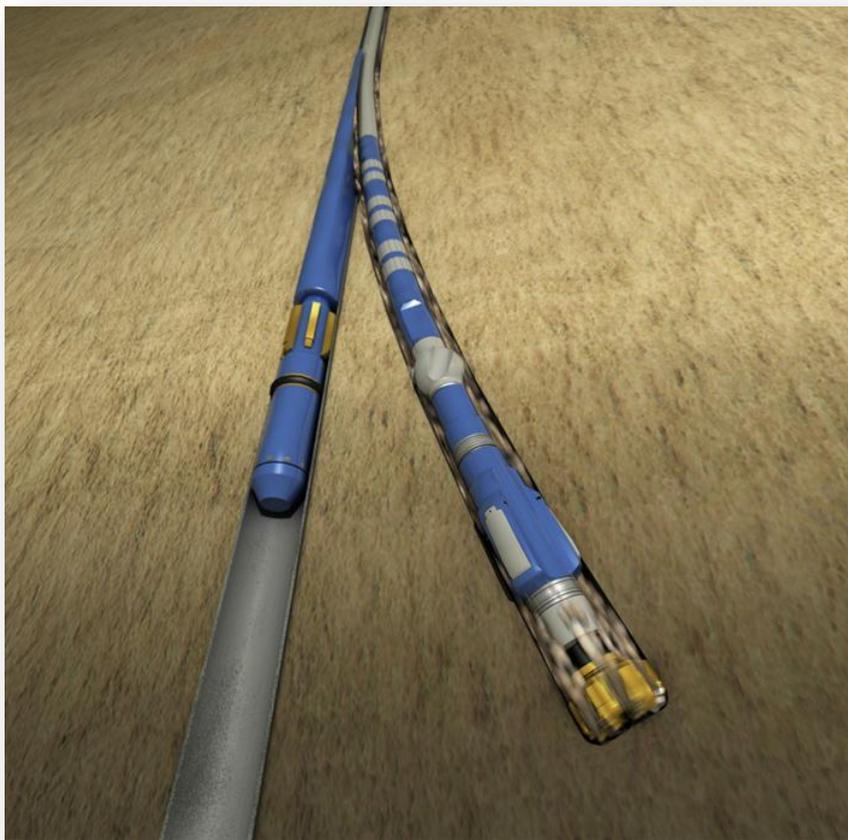
**\* Технологии бурения  
наклонно-направленных  
скважин**

# Методы кривления стволов скважин

- Клинья-отклонители
- Гидромониторные долота
- Роторные КНБК
- КНБК с гидравлическими забойными двигателями
- Роторные управляемые системы



# Клин-отклонитель



- Самый ранний инструмент для искривления траектории.
- Изначально использовался для резки боковых стволов при прихвате и оставлении в стволе скважины бурильной колонны.
- В качестве инструмента направленного бурения начали использоваться в 1930-х годах для изменения зенитного и азимутального углов.
- Технологическая эффективность его не высока.
- Для забуривания с извлекаемого клина-отклонителя используется долото диаметра меньшего, чем ствол скважины.
- Только со второго рейса новый участок ствола разбуривается под необходимый размер.
- В твёрдых породах может понадобиться дополнительное райбирование (рассверливание).
- Минимальное количество рейсов при применении клина-отклонителя – 3. Экономическая эффективность не велика.
- В настоящее время используется в основном для забуривания боковых стволов.

# Гидромониторное бурение

- Использовалось как альтернатива клину-отклонителю
- Эффективны только в мягких породах
- Долото с насадкой большого диаметра размывало породу только с одной стороны.
- Большая насадка ориентировалась в нужную сторону
- Породы размывались в процессе спуска бурильной колонны в скважину без вращения.
- После наработки кармана долото спускалось на забой и бурильная колонна продолжала роторно работать в нужном направлении.
- Гидромониторное бурение позволяло добиться высокой пространственной интенсивности.
- Колонна с гидромониторным отклоняющим долотом была первой отклоняющей компоновкой.

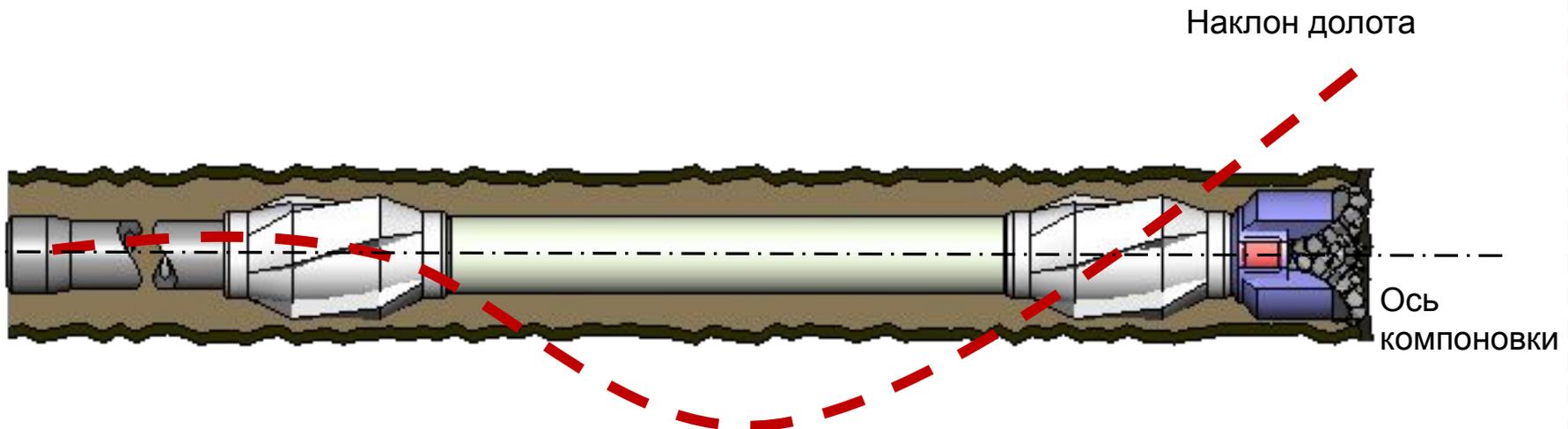


# КНБК для роторного бурения

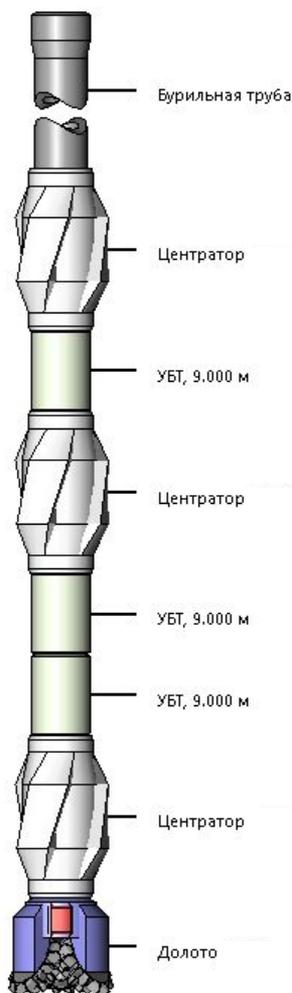
Поведение любой роторной компоновки регулируется путем изменения диаметра и положения центраторов в пределах первых 36 м от забоя.

Дополнительные центраторы, установленные выше, будут мало влиять на характеристику компоновки.

Центраторы выполняют роль точки опоры в плане увеличения боковой силы на долоте.



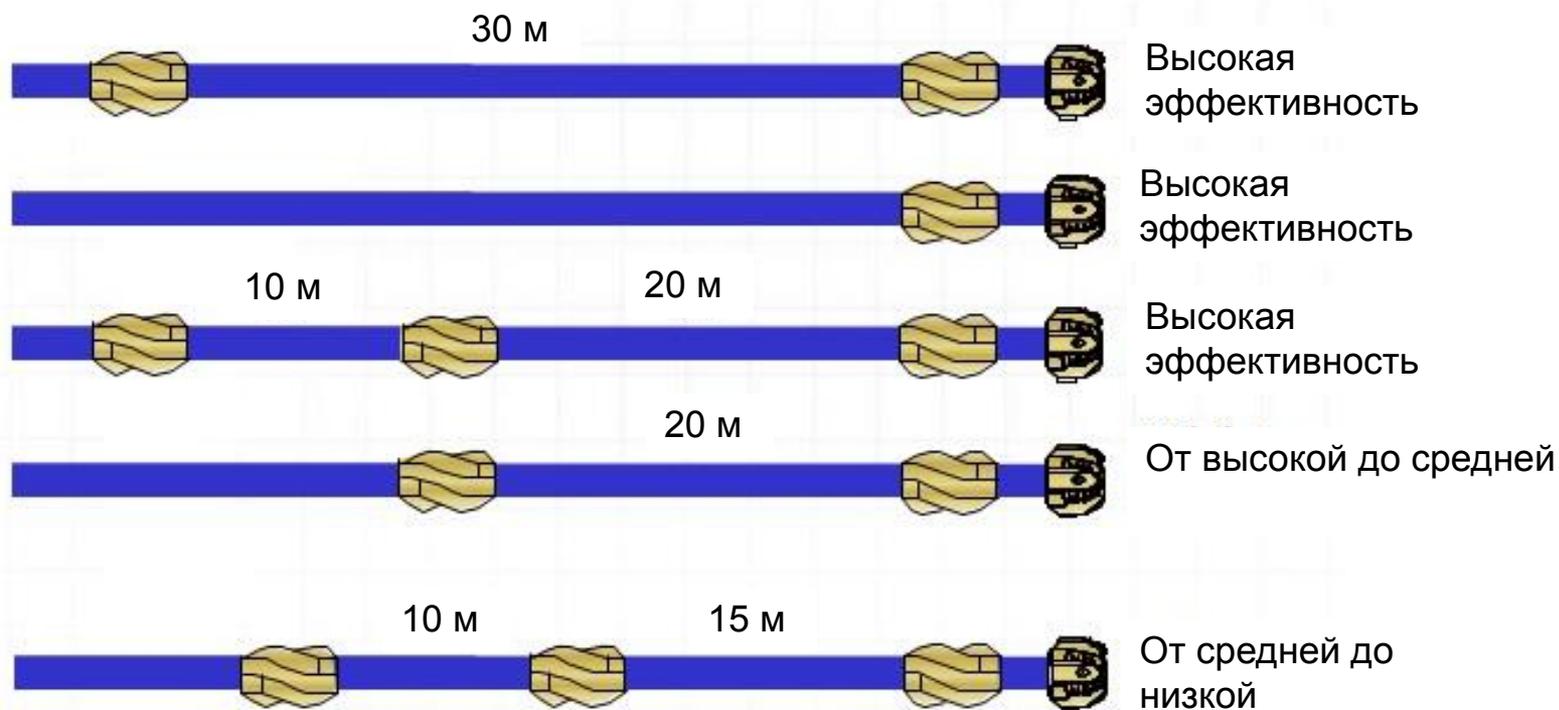
# КНБК для роторного бурения



## КНБК для набора зенитного угла (опорная)

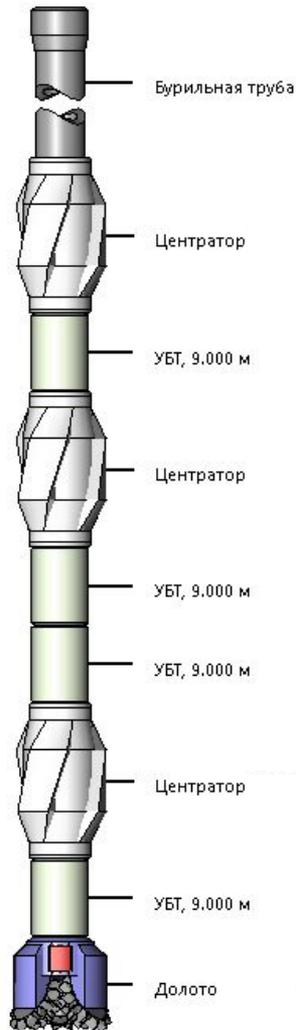
- требует прогиба утяжеленной бурильной трубы между первым и вторым центраторами;
- интенсивность набора зенитного угла возрастает по мере увеличения расстояния между первым и вторым центратором;
- величина прогиба зависит от соотношения диаметров скважина-УБТ, и скважина-центраторы, а так же от нагрузки на долото;
- в момент касания УБТ нижней стенки скважины, наклон долота и боковая сила на долоте достигнут своих максимальных значений;
- короткий переводник между долотом и первым центратором увеличит боковую силу на долоте (увеличится интенсивность набора зенитного угла);
- в принципе достаточно одного центратора над долотом

# КНБК для роторного бурения



КНБК для набора угла

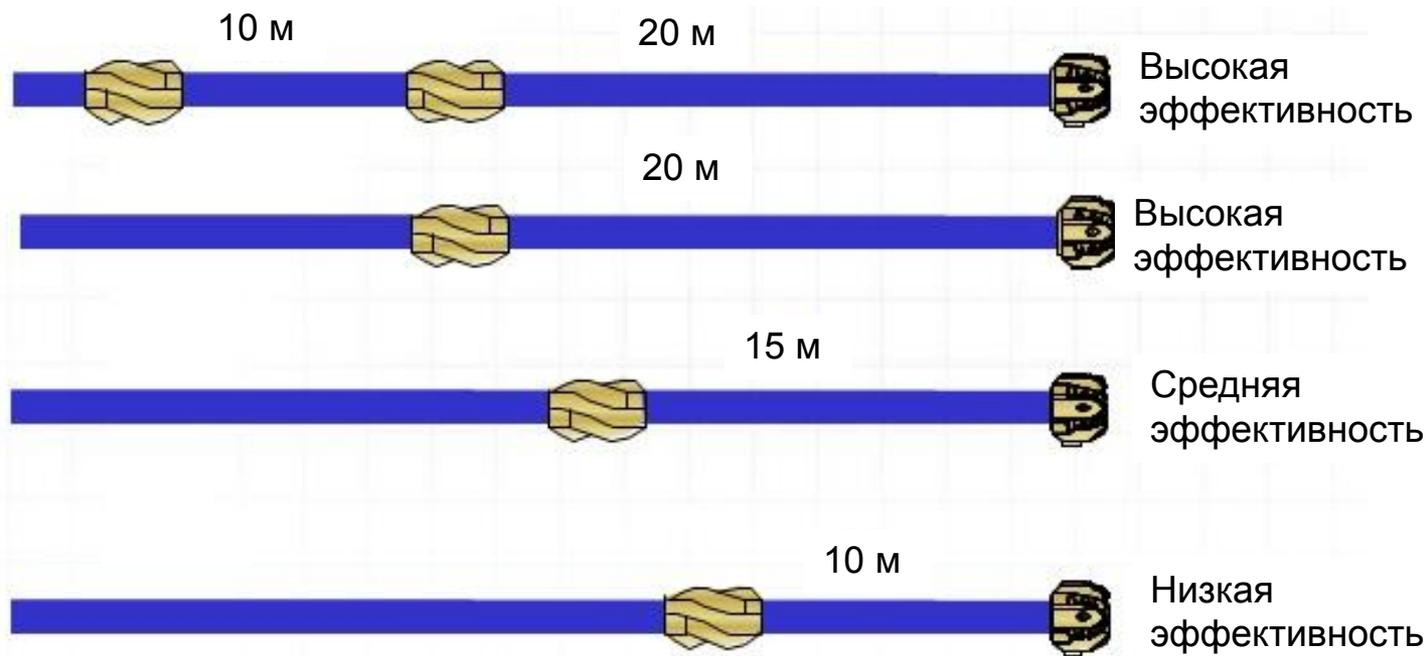
# КНБК для роторного бурения



## КНБК для падения зенитного угла (маятниковая)

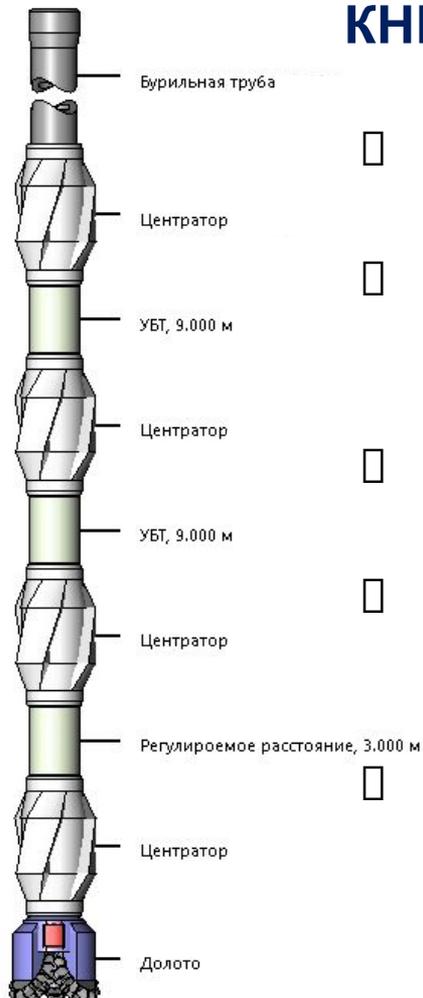
- требует установки утяжелённой бурильной трубы перед первым центратором;
- гравитационные силы на долоте действуют в направлении нижней стенки ствола;
- интенсивность падения зенитного угла возрастает по мере увеличения расстояния между долотом и центратором;
- величина прогиба зависит от соотношения диаметров скважина-УБТ, и скважина-центраторы, а так же от нагрузки на долото;
- эффект маятника аннулируется, если УБТ контактируют с нижней стороной ствола между долотом и стабилизатором;
- используется для сохранения вертикали ствола под кондуктор в мягких породах

# КНБК для роторного бурения



КНБК для падения угла

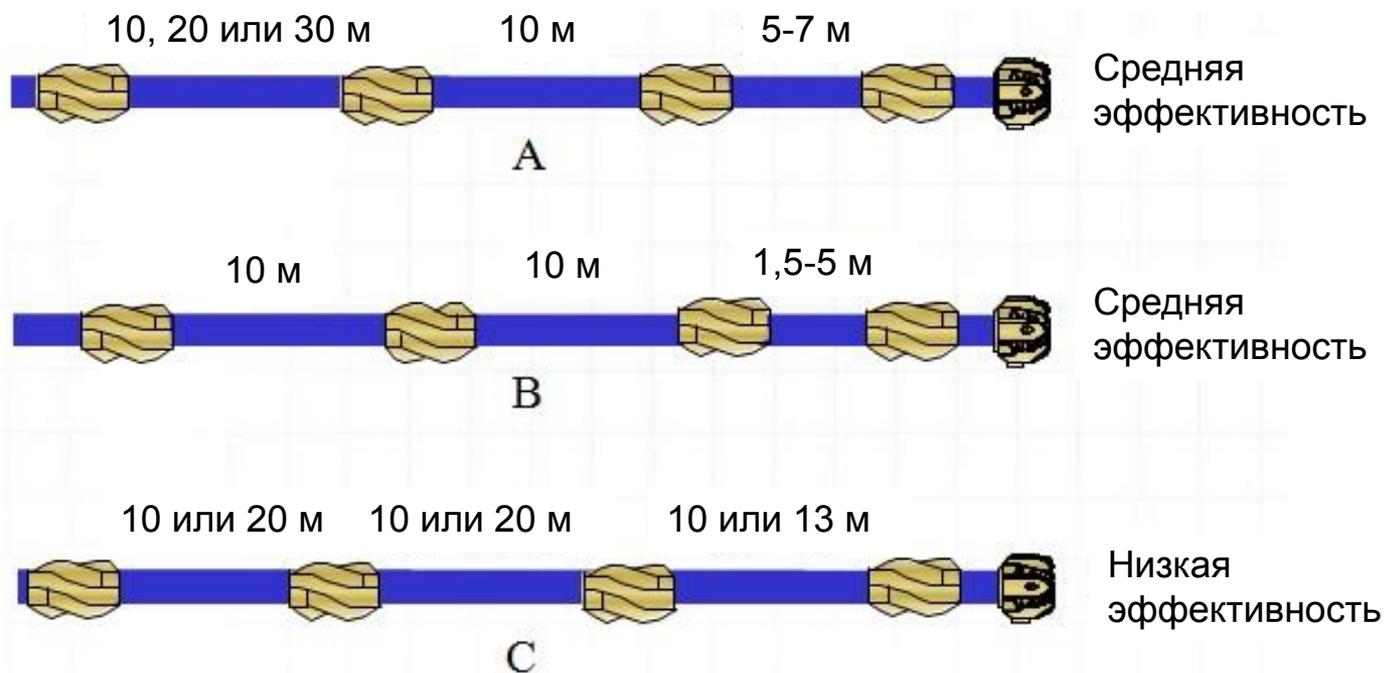
# КНБК для роторного бурения



## КНБК для стабилизации зенитного угла (жесткая)

- удваивание толщины стенки бурильной трубы увеличивает ее жесткость в 8 раз;
- используется комбинация толстостенных утяжеленных труб по возможности большого диаметра и стабилизаторов;
- ограничивает как эффект маятника, так и эффект опоры;
- компоновка может быть спроектирована с тенденцией слабого набора или падения зенитного угла для компенсации тенденции влияния горных пород;
- роторные КНБК для стабилизации угла не очень эффективны, поскольку предсказать точное поведение невозможно.

# КНБК для роторного бурения



## КНБК для стабилизации угла

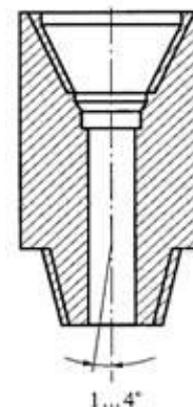
Анализ компании Атосо показал, что:

- Компоновка А оказалась наиболее эффективной, несмотря на то, что стабилизировала траекторию только 60% времени.
- Компоновка В стабилизировала траекторию менее 50% времени.
- Компоновка С держала зенитный угол менее 50% времени.

# КНБК с забойным двигателем

Компоновки с забойным двигателем являются универсальными и применяются во всех участках направленных и горизонтальных скважин.

Забойные двигатели могут иметь как искривлённый корпус, так и использоваться совместно с «кривым переводником».

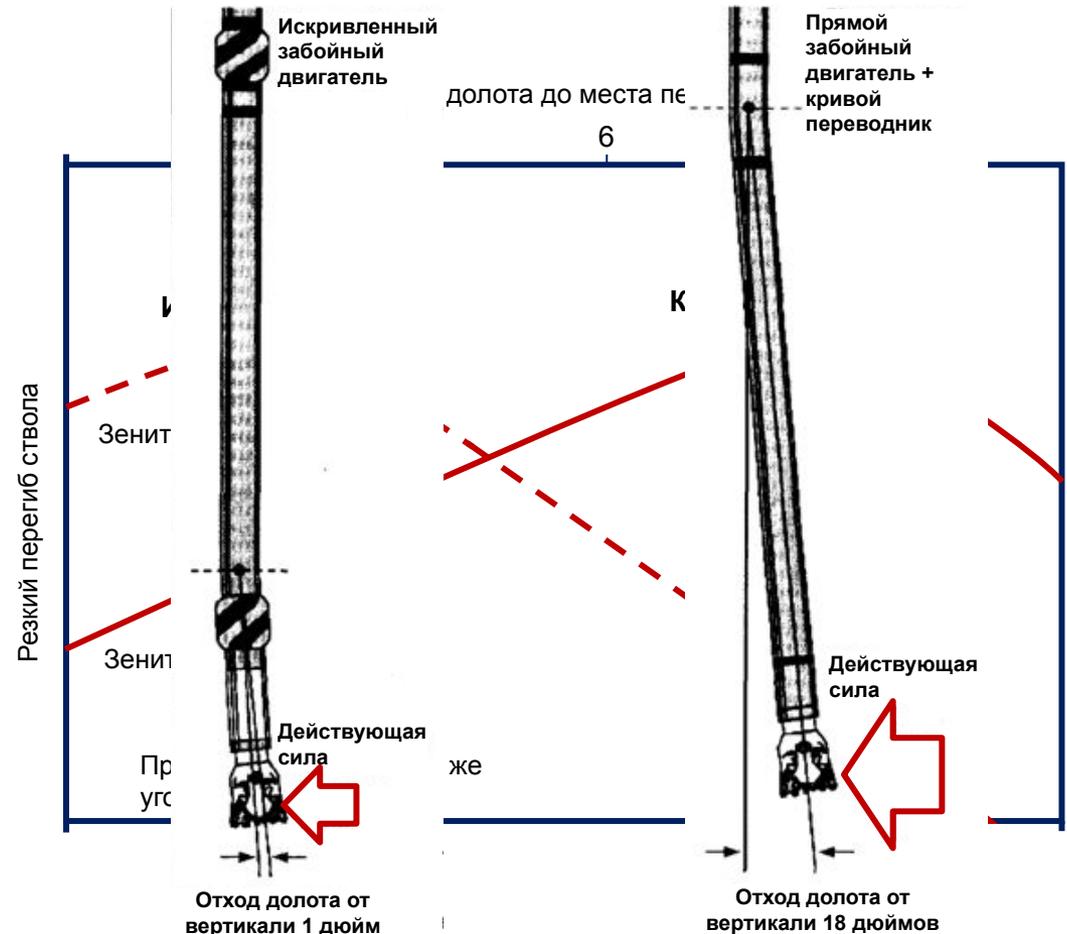


С их помощью на породоразрушающем инструменте создается отклоняющая сила, или между осью скважины и осью породоразрушающего инструмента возникает некоторый угол перекоса.

Если искривление происходит в основном за счет фрезерования стенки скважины, то такие отклонители называются с упругой направляющей секцией, а если за счет перекоса инструмента - с жесткой направляющей секцией.

# КНБК с забойным двигателем

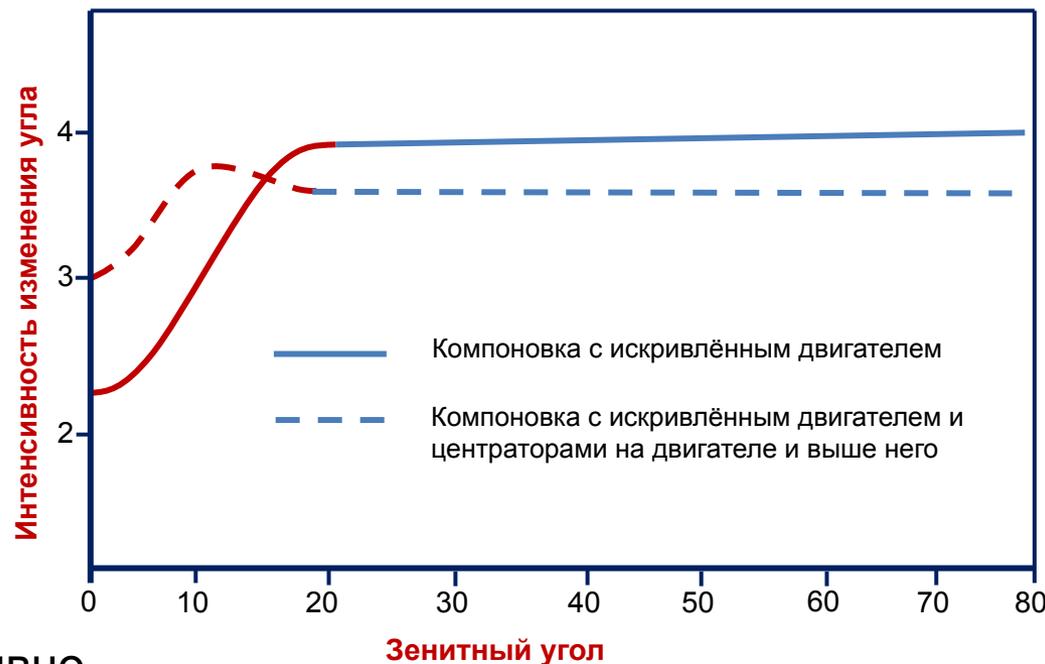
- Компоновка с искривлённым двигателем менее эффективна в качестве компоновки для начала отклонения скважины от вертикали.
- Дополнительные центраторы улучшают работу компоновок, включающих забойный двигатель с регулируемым углом перегиба при небольших зенитных углах скважины.



# КНБК с забойным двигателем

## Зависимость интенсивности изменения пространственного угла от зенитного угла скважины

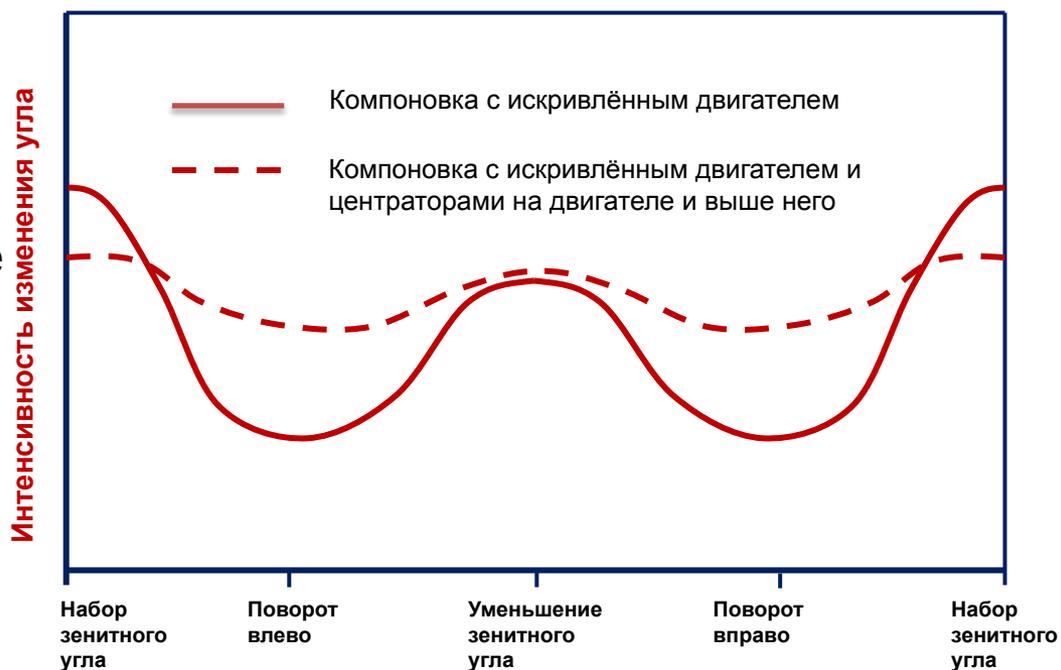
- Компоновка с центраторами достигает меньшего максимального зенитного угла, чем гладкая компоновка.
- Чем больше диаметр верхнего центратора, тем более эффективна эта компоновка в точке отклонения скважины от вертикали. При высоких зенитных углах максимальная интенсивность будет ниже.
- Чем больше диаметр нижнего центратора, тем более эффективно будет работать эта компоновка при всех зенитных углах скважины.



# КНБК с забойным двигателем

## Зависимость интенсивности изменения пространственного угла от ориентации отклонителя

- Компоновка с искривлённым двигателем очень чувствительна к ориентации отклонителя. Максимальная интенсивность – при направлении к верхней стенке скважины ( $0^\circ$ ) и минимальная – при повороте ( $90^\circ$  и  $270^\circ$ ).
- Компоновка с центраторами менее чувствительна к ориентации отклонителя. При уменьшении диаметра центраторов компоновка становится более чувствительной к ориентации отклонителя.



# КНБК с забойным двигателем

- **Забойные двигатели с изогнутым корпусом и накладкой или эксцентричным корпусом вместо нижнего центратора** дают большие возможности менять проектные интенсивности набора угла, так как накладка позволяет моделировать центратор любого диаметра: от диаметра меньше диаметра скважины до диаметра больше диаметра скважины.
  - **Забойные двигатели с двумя перекосами** имеют один перекос у соединительного шарнира вала (как изогнутый корпус у двигателя с одним перекосом) и перекос между рабочей секцией и перепускным клапаном в верхней части забойного двигателя. Второй (верхний) перекос может быть постоянным или регулируемым.
- Двигатели с двумя перекосами** будут набирать зенитный угол с более высокой интенсивностью, чем двигатели с одним перекосом, но их нельзя вращать.

# Прогнозирование поведения КНБК

В составе ПО WELLPLAN компании Landmark© реализован модуль анализа параметров наклонно-направленного бурения с использованием заданной КНБК.

Рассматриваются **два основных аспекта**:

1. Получение точного решения структурного поведения КНБК в существующих условиях ствола скважины;
2. Расчет возможности дальнейшего наклонно-направленного бурения с учетом контакта бурильной колонны со стволом скважины и его влияния на положение КНБК.

Помимо этого в данном модуле рассчитываются боковые усилия со стороны стенок ствола скважины их влияние на элементы КНБК. Эта информация может быть очень полезна для предупреждения сломов, аварий, изучения работы стабилизаторов и др.

# Модуль «ВНА» ПО WELLPLAN

## Возможности анализа:

- Прогнозируемые интенсивности набора зенитного угла и азимута;
- Ориентацию долота в стволе скважины;
- Общие результирующие силы возникающие на долоте (нагрузку), их амплитуду и направление;
- Силы влияющие на элементы КНБК;
- Различные виды напряжений в каждом элементе КНБК (осевые, изгибающие, крутящие, срезающие, эквивалентные и пр.);
- Расчет положения бурильной колонны в стволе скважины;
- Статический и динамический анализ КНБК;
- Изменение цилиндрического профиля бурильных труб;
- Эффект плавучести в буровом растворе;
- Моделирование стабилизаторов и расширителей;
- Эффективность построенного профиля ствола скважины;
- Вычисление относительных зазоров между стенкой ствола скважины и элементами бурильной колонны...

# Условия анализа поведения КНБК

При прогнозировании дальнейшего бурения подразумевается:

- Долото **все время** бурит в том направлении, которое указано;
- Бурение происходит вследствие возникновения осевых и боковых сил, генерируемых на долоте;
- Разбуриваемая порода полностью изотропна.

При этом полагается, что:

- Внутренние силы должны уравнивать внешние силы;
- Решение найденное для отдельного конечного элемента должно быть совместимым со следующим конечным элементом. Это необходимо, так как деформируемые тела должны совмещаться;
- Поведение материалов должно исходить из их свойств.

# Металлы и сплавы

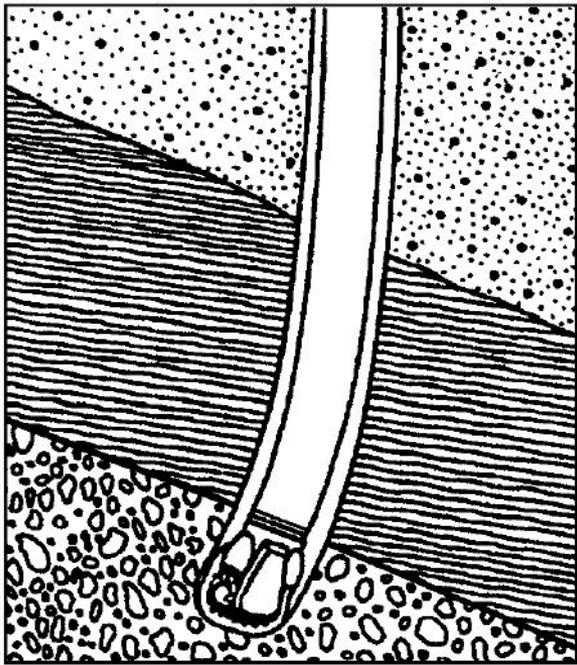
## Значения модуля Юнга для некоторых материалов:

Сталь	= 199 948 МПа (29 000 000 psi)
Алюминий	= 71 016 МПа (10 300 000 psi)
Никелево-медный сплав	= 179 264 МПа (26 000 000 psi)
Вольфрам	= 599 844 МПа (87 000 000 psi)
Бериллиево-медный сплав	= 134 448 МПа (19 500 000 psi)

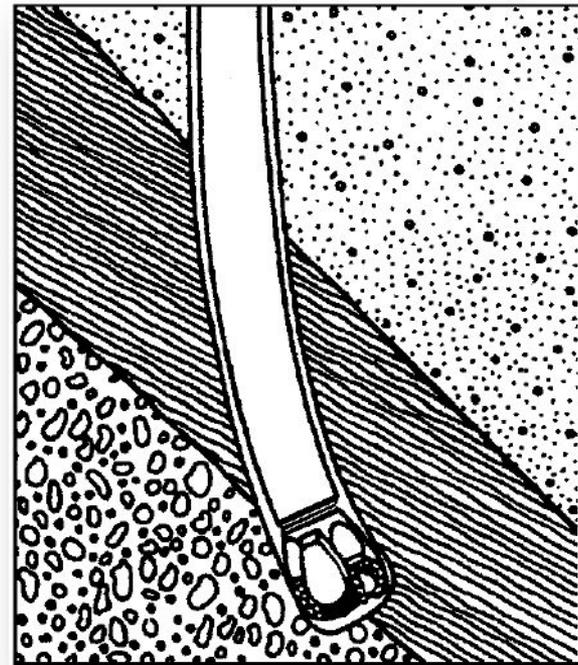
Для качественного анализа поведения КНБК важно правильно задать не только геометрические параметры всех элементов КНБК, но и верно указать материал, из которого изготовлен тот или иной элемент.

# Влияние геологических факторов

Если угол падения пород меньше  $45^\circ$ , долото стремится отклониться в сторону восстания пласта или принять положение, перпендикулярное к напластованию.



Если угол падения пород больше  $65^\circ$ , то долото имеет тенденцию бурить вниз по падению пласта, или стремится принять положение, параллельное напластованию.

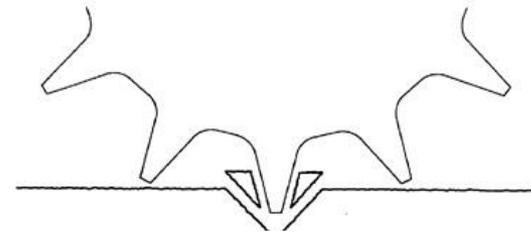


# Влияние геологических факторов

Анизотропия пласта также может приводить к отклонению ствола скважины от запланированной траектории.

Оценить влияние геологических факторов на траекторию ствола скважины непросто.

Ситуация может меняться с изменением глубины бурения.



Изотропная среда – одинаковый объём осколков породы

Анизотропная среда – неодинаковый объём осколков породы

