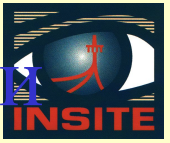




Система каротажа при бурении Занятие 9

Инклинометрия и обмен данными



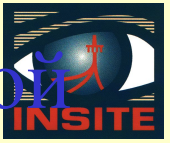
Точность проведения инклинометрии при бурении

- Точность проведения инклинометрии при бурении с помощью магнитных инструментов зависит от:
 - ◆ Точности датчика
 - ◆ Математической погрешности
 - ◆ Магнитных воздействий
 - ◆ Напряженности магнитного поля Земли
 - ◆ Точности значений напряженности магнитного поля Земли, углов магнитного наклона и склонения, используемых в качестве входных параметров при любом расчете азимута



Суммарная погрешность

- **Равна сумме погрешности метода измерений и систематической погрешности**
 - ◆ **Погрешность метода измерений**
 - Связанные с измерительным прибором погрешности, например, характеристик датчика, допусков калибровки, точности и разрешающей способности оцифровки
 - ◆ **Систематическая погрешность**
 - Вызывается магнитными воздействиям от бурильной колонны
 - Уменьшатся при установки инклинометрических приборов в более длинную немагнитную утяжеленную бурильную трубу (УБТ)



Определение азимута с помощью длинной УБТ

- При измерении в условиях отсутствия магнитных воздействий
 - ◆ Будет всегда получаться наиболее точное значение азимута
 - ◆ Единственной погрешностью будет погрешность метода измерений
- Учитывая только погрешность метода измерений:
 - ◆ При отсутствии магнитных воздействий точность инклинометрии будет зависеть от:
 - Зенитного угла
 - Угла магнитного наклона



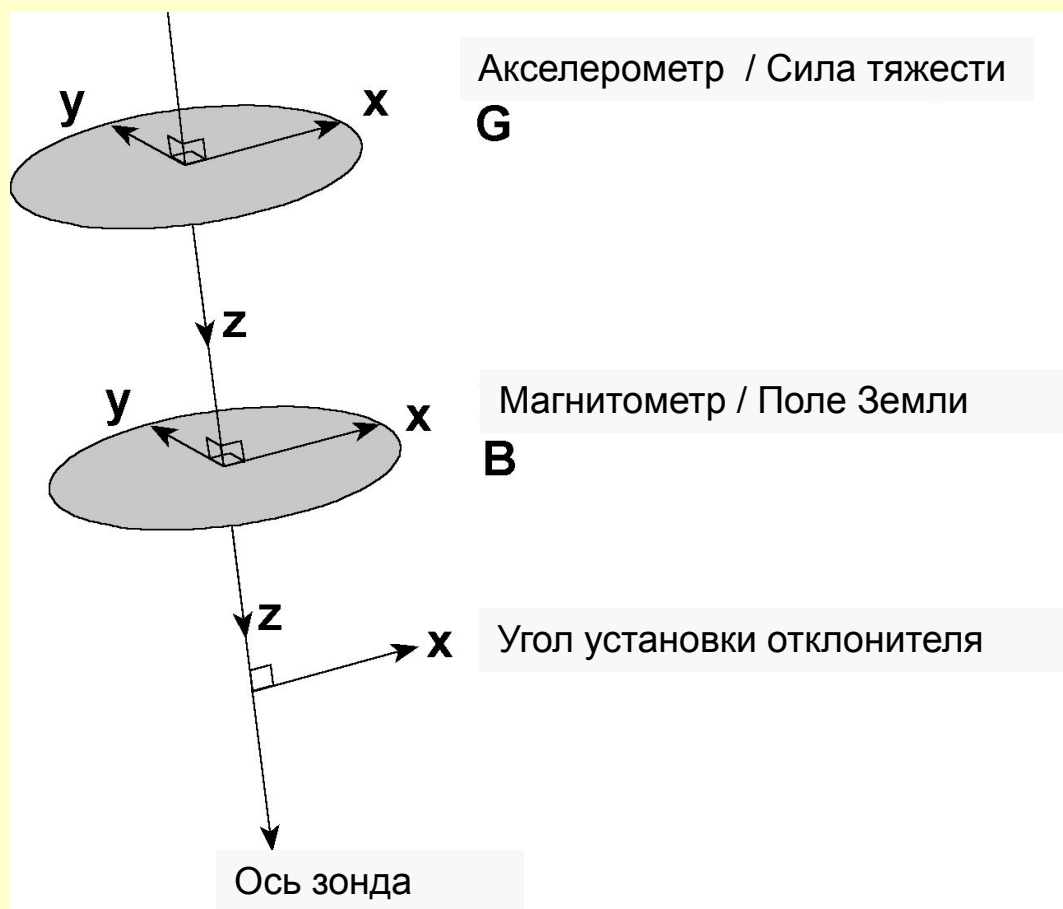
Определение азимута с помощью короткой УБТ

- Выполняется корректировка систематических погрешностей, вызванных наличием магнитных воздействий вдоль оси z магнитометра
- Систематическая погрешность выражается через значения, которые мы получаем для напряженности магнитного поля и угла магнитного наклона
- Так как погрешность направлена вдоль оси z , точность инклинометрии будет зависеть от
 - Зенитного угла
 - Азимута
 - Угла магнитного наклона
 - Напряженности магнитного поля



Принцип действия

Определение терминов



Зенитный угол – G_x, G_y, G_z

Азимут – $B_x, B_y, B_z, G_x, G_y, G_z$

Гравитационный угол установки отклонителя – G_z, G_y

Магнитный угол установки отклонителя – $B_x, B_y, B_z, G_x, G_y, G_z$



Угол установки отклонителя для верхней стороны

- Угол между разметочной линией отклонителя (забойного двигателя) и верхом верхней стороны скважины.
- Вычисляется с использованием инклинометрических измерений для осей X и Y

$$\blacklozenge \text{ HSTF} = \text{ATAN} (-G_y / G_x)$$



Магнитный угол установки отклонителя

- Угол направления разметочной линии отклонителя (забойного двигателя) по отношению к истинному или сеточному северу
- Вычисляется с помощью измерений магнитометром для осей X и Y

◆ $MTF = ATAN (-B_y / B_x)$



Зенитный угол

- Угол между вертикалью и стволом скважины в вертикальной плоскости
- Вычисляется посредством измерений направления действия силы тяжести относительно инструмента
 - ♦ Сила тяжести действует в вертикальном направлении и ее ускорение равно 1 g на уровне моря на экваторе
 - ♦ $INC = ATAN ((G_x^2 + G_y^2)^{1/2} / G_z)$
 - ♦ $INC = ASIN ((G_x^2 + G_y^2)^{1/2} / G_{total})$
 - ♦ $INC = ACOS (G_z / G_{total})$



Азимут

- **Направление ствола скважины по отношению к магнитному, истинному или сеточному северу в горизонтальной плоскости**
- **Вычисляется посредством измерения направления магнитного поля Земли по отношению к инструменту и проецирования его на горизонтальную плоскость**
- **Два типа определения азимута:**
 - ◆ **Определение азимута с помощью длинной УБТ**
 - ◆ **Определение азимута с помощью короткой УБТ**



Определение азимута с помощью длинной УБТ

- Входные значения для датчика и обработки на поверхности, требуемые для проведения вычислений:
 - ♦ V_x, V_y, V_z measured
 - ♦ Зенитный угол
 - ♦ HSTF
 - ♦ Температура
 - ♦ Масштаб (Scale), смещение (Bias) и рассогласование (Misalignment)
 - ♦ Суммарная поправка (Total Correction)



Определение азимута с помощью короткой УБТ

- Основывается на запатентованной технологии
- Используются следующие входные значения:
 - ♦ Измеренные амплитуды составляющих магнитного поля B_x и B_y
 - ♦ Совместно с известными значениями напряженности магнитного поля Земли и угла магнитного наклона
- Получается расчетное значение B_z , которое подставляется вместо искаженного измеренного значения B_z
- Предполагается, что на значение $B_{z \text{ measured}}$ влияют магнитные воздействия, вызванные отсутствием правильного удаления немагнитной УБТ



Определение азимута с помощью короткой УБТ

- **Входные значения для датчика и обработки на поверхности, требуемые для проведения вычислений:**
 - ◆ V_x, V_y, V_z calculated
 - ◆ Зенитный угол
 - ◆ HSTF
 - ◆ Температура
 - ◆ Масштаб, смещение и рассогласование
 - ◆ Суммарная поправка



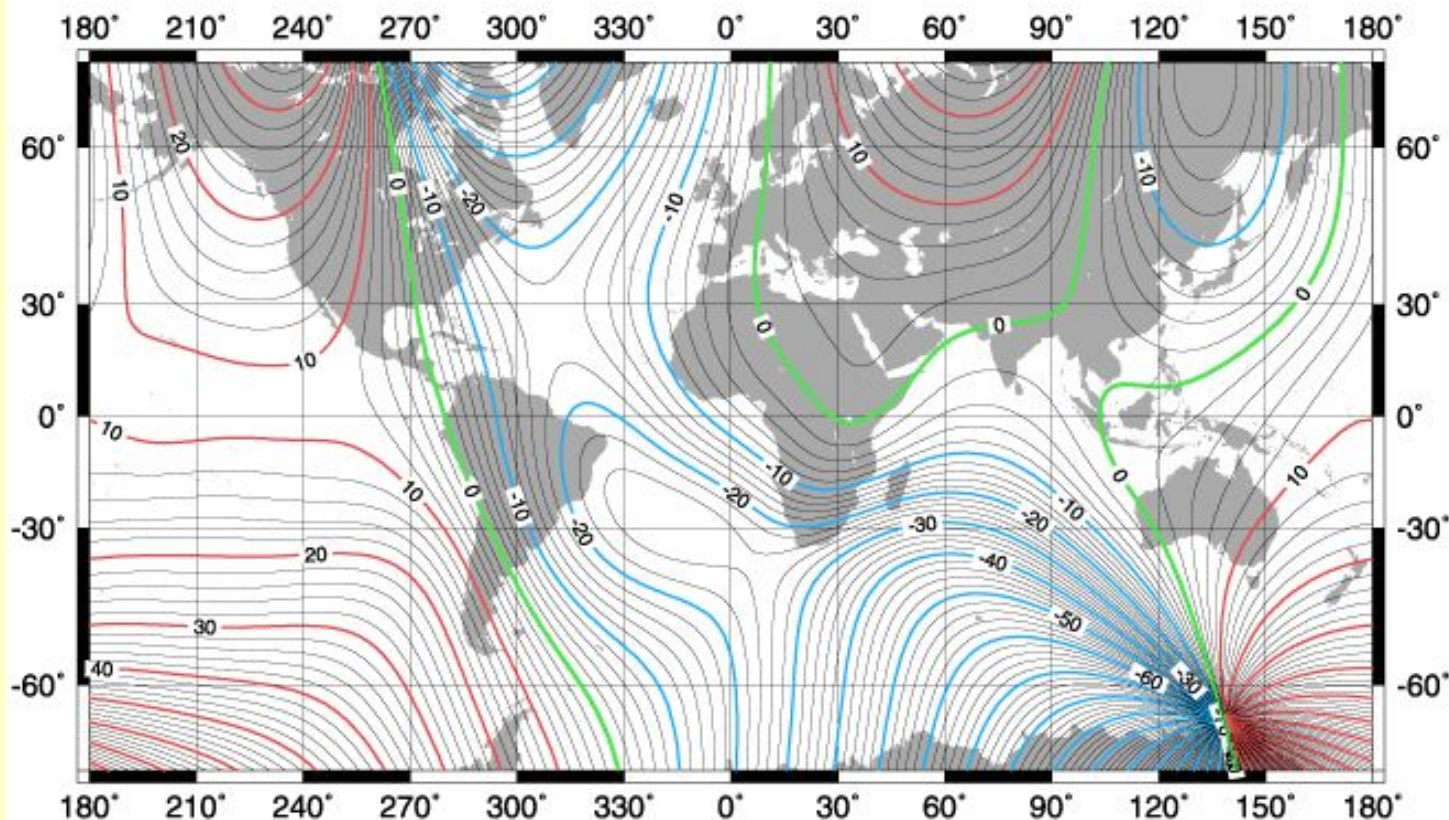
Магнитное склонение

- Разница в градусах между магнитным и истинным севером для определенной точки Земли (Magnetic Declination)
- Это значение изменяется с течением времени и для различных мест. Почему?
 - ◆ Магнитные полюса Земли колеблются в полярных районах с определенным периодом времени
- Для определения может использоваться карта магнитного склонения или программа MAGUTM
- Должно ли склонение инструмента ИПБ точно совпадать со значением, которое использует специалист по направленному бурению?



США / Великобритания. Карта магнитного поля Земли. Эпоха 2000 г.

Магнитное склонение – Основное поле (D)



Единицы (склонение): градусы

Шаг контура: 2 градуса

Проекция карты: Mercator



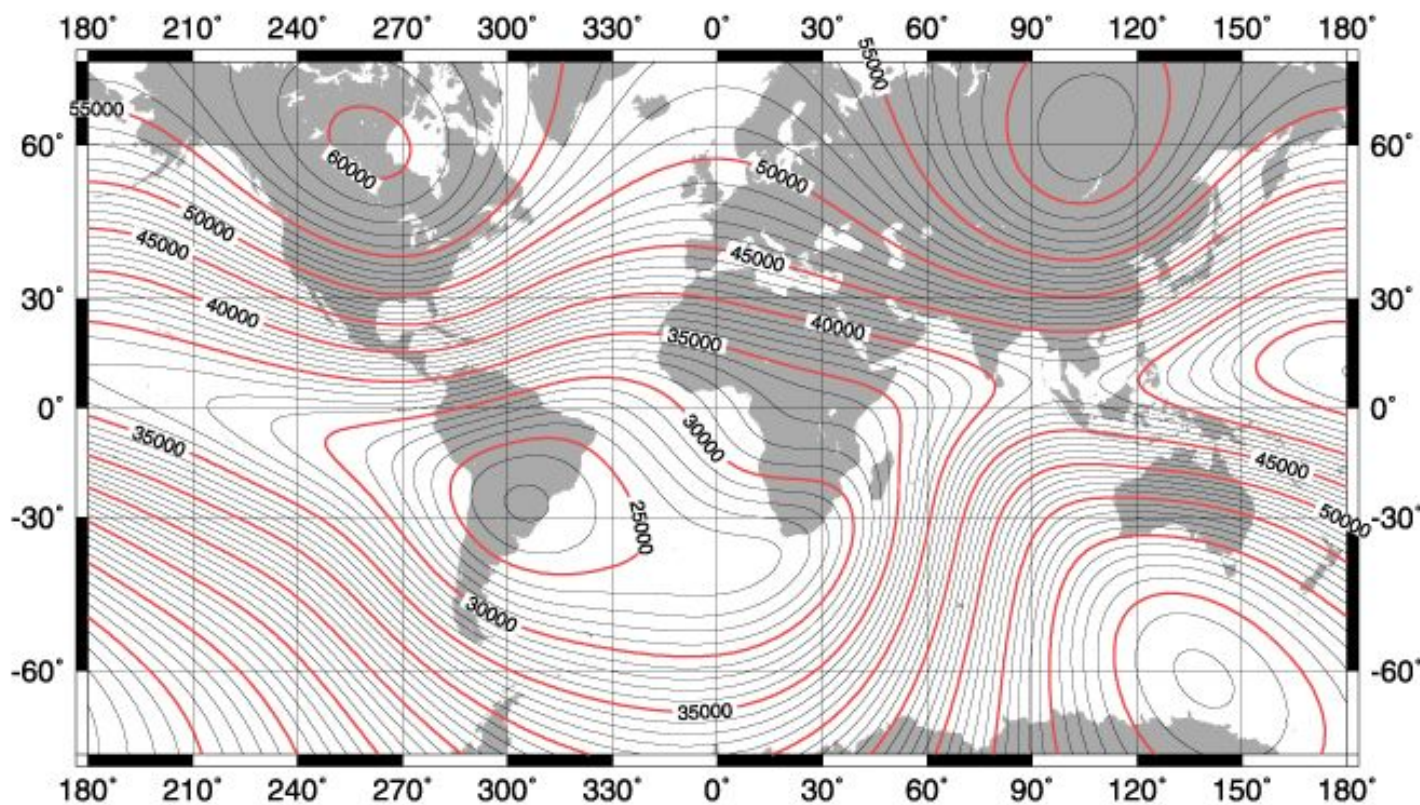
Напряженность магнитного поля (**Mag. Field Strength**)

- Полная амплитуда магнитного поля Земли в нанотеслах для определенного места Земли
- Это значение также изменяется с течением времени и для различных мест
- Может быть определена с использованием карты напряженности магнитного поля или с помощью программы MAGUTM



США / Великобритания. Карта магнитного поля Земли. Эпоха 2000 г.

Суммарная интенсивность – Основное поле (F)



Единицы (склонение): наноТесла
Шаг контура: 1000 наноТесла
Проекция карты: Mercator

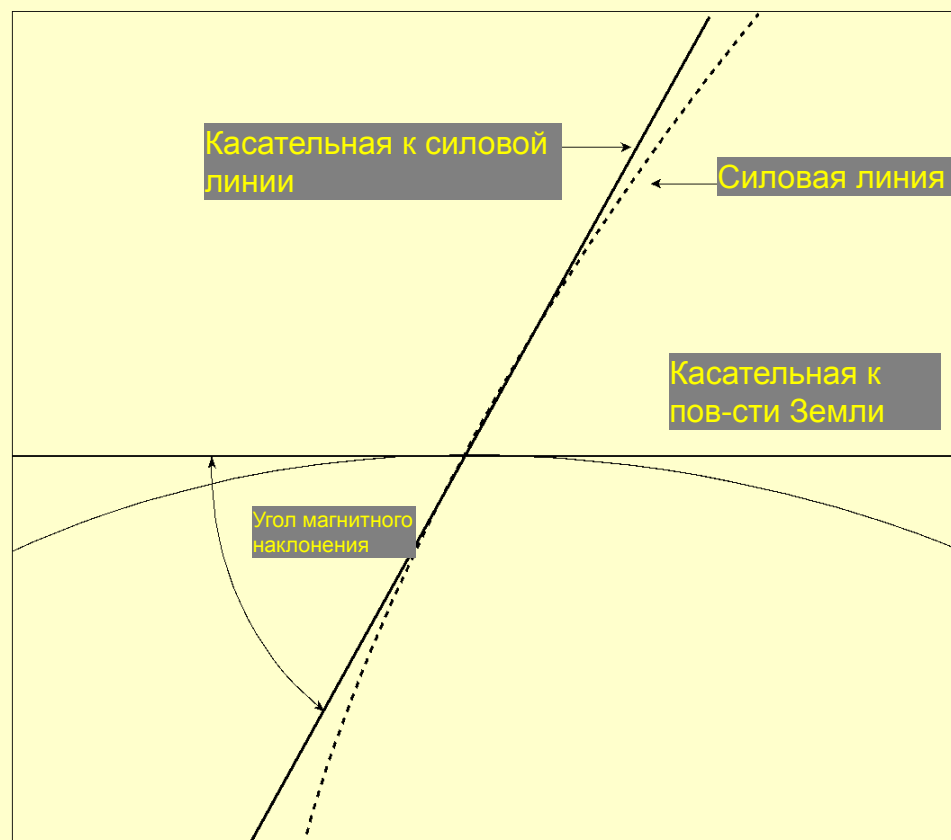
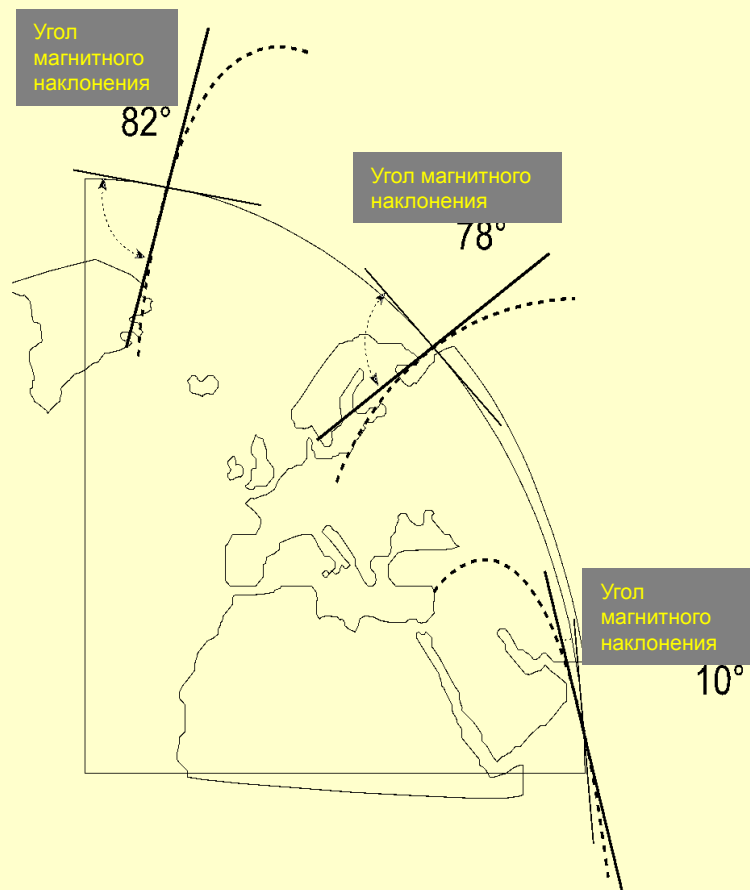


Угол магнитного наклона (**Dip Angle**)

- Угол между горизонталью и силовыми линиями магнитного поля Земли
- Угол возрастает при движении на север по мере приближения к северному магнитному полюсу
 - ◆ Непосредственно над северным магнитным полюсом угол будет равен 90 градусам
- Может быть определен с помощью программы MAGUTM



Угол магнитного наклонения





G_{total}

- **Значение равно:**

- ◆ $G_{total} = (G_x^2 + G_y^2 + G_z^2)^{1/2}$

- **Для кварцевых акселерометров должно находиться в пределах $\pm 0,003$ g от ускорения силы тяжести в данном месте**
 - ◆ **В большинстве мест будет равно 1,000 g**



B_{total measured}

- **Значение равно:**

$$\blacklozenge \quad B_{\text{total msrd}} = (B_x^2 + B_y^2 + B_{z \text{ msrd}}^2)^{1/2}$$

- Должно регулярно изменяться в интервале работы долота
- В идеальных условиях, т.е. при отсутствии поперечно-осевых или осевых магнитных воздействий, $B_{t \text{ msrd}}$ должно быть равно суммарной напряженности магнитного поля Земли ($B_{\text{total actual}}$)



$B_{t\ msrd}$ total measured

- Изменения параметра $B_{t\ msrd}$ во время работы долота могут вызываться:
 - ◆ Потерянным в скважине оборудованием
 - ◆ Соседней обсаженной скважиной
 - ◆ Залежами определенных минералов, например, магнетита
 - ◆ Явлениями на Солнце
 - ◆ Местными магнитными аномалиями
 - ◆ Неисправностями оборудования
- Все указанные выше события обычно влияют на все 3 измеряемых магнитометрами параметра
 - ◆ Таким образом, магнитные воздействия можно выявить посредством контроля значения $B_{t\ msrd}$



V **total calculated**

- **Значение равно:**

- ♦ $V_{\text{total calc}} = (V_x^2 + V_y^2 + V_{z \text{ calc}}^2)^{1/2}$ где $V_{z \text{ calc}}$ определяется

- С использованием $V_{\text{total actual}}$ и угла магнитного наклона из программы MAGUTM
- V_x, V_y
- Зенитного угла
- Первоначального предположения о значении азимута на основании алгоритма его определения с помощью короткой УБТ



V total calculated

- При отсутствии поперечно-осевых воздействий значение $V_{t\text{ calc}}$ должно быть равно V_{total}
- Если поперечно-осевые воздействия или неисправности оборудования повлияют на измерение V_x и/или V_y , тогда значение $V_{t\text{ calc}}$ будет отклоняться от V_{total}
 - ◆ Амплитуда этого отклонения будет зависеть от интенсивности магнитного воздействия



Как насчет погрешностей зонда?

- **Оси датчиков инклинометрического зонда выровнены не идеально**
 - ◆ Сделано людьми
- **Чувствительность электроники акселерометров и магнитометров зависит от температуры**
 - ◆ Расширение и сжатие вследствие изменений температуры
- **Для обеспечения точности необходимо корректировать эти погрешности!**



Коэффициенты калибровки для необработанных данных

- **Коэффициенты применяются для необработанных данных акселерометров и магнитометров каждой оси**
 - ◆ **Углы рассогласования (misalignment)**
 - Позволяют получить идеально ортогональные и выровненные относительно инструмента оси
 - Не изменяются с температурой, таким образом, значение остается постоянным
 - Добавляются к чувствительности каждого датчика по напряжению или вычитаются из нее



Коэффициенты калибровки для необработанных данных

- ◆ **Коэффициент масштабирования (scale)**
 - Используется для преобразования выходного напряжения каждого датчика в значения ρ или нанотесла
 - Зависящий от температуры коэффициент, аппроксимируемый уравнением 3-й степени
 - Коэффициент может быть определен для любой температуры в рабочем диапазоне инструмента
 - После этого он умножается на чувствительность датчика по напряжению



Неточное выравнивание инструмента относительно оси ствола скважины

- Другим источником погрешностей инклинометрии является неточное выравнивание инклинометрического зонда и оси ствола скважины (bias)
 - ◆ Это очень заметно, когда инклинометрические инструменты спускают вблизи стабилизаторов или компоновок для направленного бурения с кривыми переводниками
- Программное обеспечение PLANIT моделирует отклонение компоновки низа бурильной колонны в стволе скважины и корректирует данные инклинометрии на отклонение оси



Кратковременные изменения магнитного поля Земли

- Очень важным источником остаточных погрешностей при магнитной инклинометрии является неопределенность параметров магнитного поля Земли в любой данный момент времени
- При традиционных методах инклинометрии для расчета азимута ствола скважины используются фиксированные значения полной напряженности магнитного поля, угла магнитного наклона и склонения
- Однако ежесуточные изменения, связанные с вращением Земли, вызывают колебания параметров магнитного поля
 - ♦ Период колебаний равен 24 часам



Кратковременные изменения магнитного поля Земли

- Приливные силы и силы в земной коре также ежесуточно влияют на местное магнитное поле
- Связанные с полярными сияниями флуктуации, вызываемые солнечной активностью, возникают нерегулярно
 - ◆ Однако они очень сильно влияют на параметры магнитного поля



Принцип действия

Обеспечение качества



Концепция

- Ортогонально установленные трехосные феррозондовые магнитометры калибруются на определение напряженности магнитного поля Земли, измеренной с помощью протонно-прецессионного магнитометра
- Ортогонально установленные трехосные акселерометры калибруются на определение ускорения силы тяжести Земли
 - ◆ Номинальное значение 1 g
- В связи с тем, что характеристики этих очень точных датчиков зависят от температуры, чувствительность каждого из 6 датчиков градуируется во всем диапазоне рабочих температур инструмента



Концепция

- Любые нарушения выравнивания датчиков осей X, Y и Z оцениваются количественно и компенсируются с помощью параметров рассогласования



Теория и практика использования зонда **PCD**

- **Выполнение инклинометрии с помощью зонда PCD при включении насосов**
 - ◆ Производится опрос каждого датчика 8 раз
 - G_x, G_y, G_z
 - V_x, V_y, V_z
 - Напряжения двух шин
 - Температура
 - Еще раз V_x, V_y
 - ◆ Новые данные инклинометрии сохраняются через каждые 1,8 - 2 секунды
 - ◆ Данные инклинометрии при включении насосов сохраняются при передаче тега



Теория и практика использования зонда **PCD**

- **Выполнение инклинометрии с помощью зонда PCD при отключении насосов**
 - ◆ Опрос датчиков начинается при передаче флага
 - ◆ Новые данные инклинометрии сохраняются через каждые 5 секунд
 - ◆ В памяти сохраняется 5 значений
 - ◆ Когда питание зонда становится ниже минимального уровня, сохраняются 5-е от конца данные инклинометрии
 - ◆ Сохраненные данные инклинометрии (также называемые устаревшими) передаются при следующем включении насосов



Теория и практика использования зонда **PCD**

- **Выполнение инклинометрии с помощью зонда PCD при выключенных насосах**
 - ♦ В настоящее время не применяется



Теория и практика использования зонда **PCD**

- **Получение данных для угла установки отклонителя выполняется так же, как и для инклинометрии**
- **Параметры калибровки сохраняются внутри зонда**



Экран параметров зонда PCD

☒ PCD Exists Dist. from Bit: ft Survey Type: Probe Variant: Config No:

Serial Numbers HOC SN: Probe SN: Analog Board SN: Battery Date: Gx Accel SN: Gy Accel SN: Gz Accel SN:	Toolface Total Offset: 0 deg HSG Offset (Flow tube to PCD): 0 deg RFO(Rig floor offset): 0 deg PCD Total Offset = (360 - HSG) + RFO	Times Initialization: 00:00:00 01-Jan-70 Read: 00:00:00 01-Jan-70																																																																
Software Versions Probe Software: 0.00 PIC Version: 0.00 HC11 Version: 0.00	Limits <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Low</th> <th>High</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Azimuth:</td> <td> 0.00 </td> <td> 360.00 </td> <td>deg</td> </tr> <tr> <td>Inclination:</td> <td> 0.00 </td> <td> 180.00 </td> <td>deg</td> </tr> <tr> <td>TF Grav:</td> <td> 0.00 </td> <td> 360.00 </td> <td>deg</td> </tr> <tr> <td>TF Mag:</td> <td> 0.00 </td> <td> 360.00 </td> <td>deg</td> </tr> <tr> <td>Dip Calc:</td> <td> 0.00 </td> <td> 90.00 </td> <td>deg</td> </tr> <tr> <td>Dip Meas:</td> <td> 0.00 </td> <td> 90.00 </td> <td>deg</td> </tr> <tr> <td>G total:</td> <td> 0.997 </td> <td> 1.003 </td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Bt Calc:</td> <td> 0.00 </td> <td> 100000.00 </td> <td>nT</td> </tr> <tr> <td>Bt Meas:</td> <td> 0.00 </td> <td> 100000.00 </td> <td>nT</td> </tr> </tbody> </table>		Low	High		Azimuth:	0.00	360.00	deg	Inclination:	0.00	180.00	deg	TF Grav:	0.00	360.00	deg	TF Mag:	0.00	360.00	deg	Dip Calc:	0.00	90.00	deg	Dip Meas:	0.00	90.00	deg	G total:	0.997	1.003	g	Bt Calc:	0.00	100000.00	nT	Bt Meas:	0.00	100000.00	nT	SVSS Parameters ☐ PCD - SVSS Exists SW Ver: 0.00 SVSS Log Period: 0 Average Threshold (g) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>X Axis</th> <th>Z Axis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Moderate</td> <td> 0.00 </td> <td> 0.00 </td> </tr> <tr> <td>High</td> <td> 0.00 </td> <td> 0.00 </td> </tr> <tr> <td>Excessive</td> <td> 0.00 </td> <td> 0.00 </td> </tr> </tbody> </table> Peak Threshold (g) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>X Axis</th> <th>Z Axis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Moderate</td> <td> 0.00 </td> <td> 0.00 </td> </tr> <tr> <td>High</td> <td> 0.00 </td> <td> 0.00 </td> </tr> <tr> <td>Excessive</td> <td> 0.00 </td> <td> 0.00 </td> </tr> </tbody> </table>		X Axis	Z Axis	Moderate	0.00	0.00	High	0.00	0.00	Excessive	0.00	0.00		X Axis	Z Axis	Moderate	0.00	0.00	High	0.00	0.00	Excessive	0.00	0.00
	Low	High																																																																
Azimuth:	0.00	360.00	deg																																																															
Inclination:	0.00	180.00	deg																																																															
TF Grav:	0.00	360.00	deg																																																															
TF Mag:	0.00	360.00	deg																																																															
Dip Calc:	0.00	90.00	deg																																																															
Dip Meas:	0.00	90.00	deg																																																															
G total:	0.997	1.003	g																																																															
Bt Calc:	0.00	100000.00	nT																																																															
Bt Meas:	0.00	100000.00	nT																																																															
	X Axis	Z Axis																																																																
Moderate	0.00	0.00																																																																
High	0.00	0.00																																																																
Excessive	0.00	0.00																																																																
	X Axis	Z Axis																																																																
Moderate	0.00	0.00																																																																
High	0.00	0.00																																																																
Excessive	0.00	0.00																																																																
Well Information Magnetic Field Strength: 0 nT Magnetic Dip Angle: 0.000 deg Gravity Field Strength: 1.0000 g Total Correction: 0.000 deg North Reference: Grid Magnetic Checksum: 181800	Setup Information Switch Position: 0 PCD Tool Mode: MEP DR Selection: Auto Data Rate 1: 0.00 hz Wait Period: 0 sec Runin Period: 0 sec Data Rate 2: 0.00 hz Alarm Period: 0 min TF Crossover: 0 deg Data Rate 3: 0.00 hz																																																																	



Активная скважина – Информация об инклинометрии

Active Well Information (new)

General | Values | Distances | Location | More Location | Survey Info

Hole Position

Vertical Section Direction: deg ☐ Calculate Vertical Section to Closure

Hole Position Calculation Method:

Gravity and Magnetic Reference

Gravity Field Strength g Magnetic Model

Magnetic Field Strength nT Date of Magnetic Data

Magnetic Dip Angle deg Magnetic Field Data Source

Azimuth Correction

North Reference

Total Correction deg = DEC deg - Grid Convergence deg

Checksum INSITE / MagUTM

Calculated

MagUTM

Checksum DOS MagUTM

Calculated

OK Cancel Apply Help



Активная скважина – Местонахождение

Active Well Information (new)

General | Values | Distances | Location | More Location | Survey Info

Geographic Coordinates (Reference)

deg min sec

Latitude (N/S)

Longitude (E/W)

Geographic Coordinate System Information

Description

Projection Method

Reference Ellipsoid World Geodetic

Grid System LL

Group Latitude/Longitude

Wellhead Offset (from Reference)

North / South ft

East / West ft

Cartesian Coordinates (Reference)

Northing / Y m

Easting / X m

Cartesian Coordinate System Information

Description

Projection Method

Reference Ellipsoid Clarke - 1866

Grid System UTM-15N

Group UTM Zones, Northern

Central Meridian deg

OK Cancel Apply Help



Оценка проведения инклинометрии

Источники погрешностей при инклинометрии



Погрешности глубины

- Глубина неправильно определена
- Глубина неправильно введена
- Неправильно введено расстояние между зондом и долотом



Калибровка датчика

- Коэффициент масштаба (усиление)
- Начало координат (смещение)
- Линейность
- Температурный коэффициент
- Неправильное выравнивание (ось)



Неправильное выравнивание зонда

- Неконцентричное расположение защитного кожуха
- Неконцентричное расположение УБТ



Неправильное выравнивание бурильной КОЛОННЫ

- Компонировки для направленного бурения
- Забойный двигатель с кривым переводником
- Компонировки для вращательного бурения
 - ◆ С максимальным наружным диаметром
 - ◆ Шарнирные
 - ◆ Маятниковые
- Вращающиеся компоновки для направленного бурения
 - ◆ Geopilot



Паразитные магнитные поля

- Соседние обсаженные скважины / оставленные в скважине инструменты
- Магнитные пласты или системы бурового раствора
 - ♦ Высокая концентрация магнетита
 - ♦ Буровой раствор с гематитом
- Воздействие бурильной колонны
- Магнитная буря
- Региональные магнитные аномалии



Рабочие характеристики зонда / датчика

- **Опрос датчиков**
 - ◆ Не может выполняться одновременный опрос всех датчиков
- **Акселерометры**
 - ◆ Влияет сила тяжести Земли, а также ускорение (перемещение) бурильной колонны
- **Магнитометры**
 - ◆ Не влияет ускорение (перемещение) бурильной колонны
 - ◆ Однако сильно влияет ориентация магнитного поля



Вращение бурильной колонны во время сохранения данных инклинометрии

- **Перемещение по осям X и Y**

- ◆ **GOXY**

- На G_x и G_y влияет возникающее при вращении ускорение
 - Так как G_x и G_y опрашиваются не одновременно, они не находятся под углом 90 градусов друг к другу

- ◆ **VOXY**

- Так как V_x и V_y опрашиваются не одновременно, они не находятся под углом 90 градусов друг к другу



Вращение бурильной колонны во время сохранения данных инклинометрии

- **Перемещение по осям X и Y**
 - ◆ Вращение больше влияет на GOXY, чем на VOXY
 - ◆ Вращение не влияет на G_z и V_z
 - ◆ Параметр DMT (дельта магнитного положения угла установки отклонителя) будет иметь не равное нулю значение



Продольное перемещение бурильной колонны во время сохранения данных инклинометрии

- **Перемещение вдоль оси Z**
 - ◆ G_z
 - G_z реагирует на ускорение при продольном перемещении
 - Эффект будет минимальным при постоянной скорости
 - ◆ V_z
 - Если для инструмента не будут происходить существенные изменения угла или направления, влияния на V_z не будет
 - ◆ Влияние будет сильнее на G_z , чем на V_z
 - ◆ Влияние на $VOXY$ и $GOXY$ будет минимальным или его не будет



Вибрация зонда во время сохранения данных инклинометрии

- **Движение по осям X, Y и Z**
 - ◆ **Плоскость XY (наиболее сильное крутильное воздействие)**
 - На G_x и G_y будет влиять ускорение
 - Влияния на B_x и B_y не будет
 - При одновременном воздействии вращения и вибрации может оказаться невозможным различить их
 - ◆ **Воздействие на плоскость Z будет минимальным**
 - На G_z будет влиять ускорение
 - Влияния на B_z не будет



Обзор вычислений для инклинометрии



Терминология вычислений для инклинометрии

- Точка измерений
- Длина траектории
- Истинная глубина по вертикали
- Зенитный угол
- Глубина по стволу скважины
- Направление скважины
- Отклонение по широте
- Отклонение по долготе
- Искривление / интенсивность искривления ствола скважины

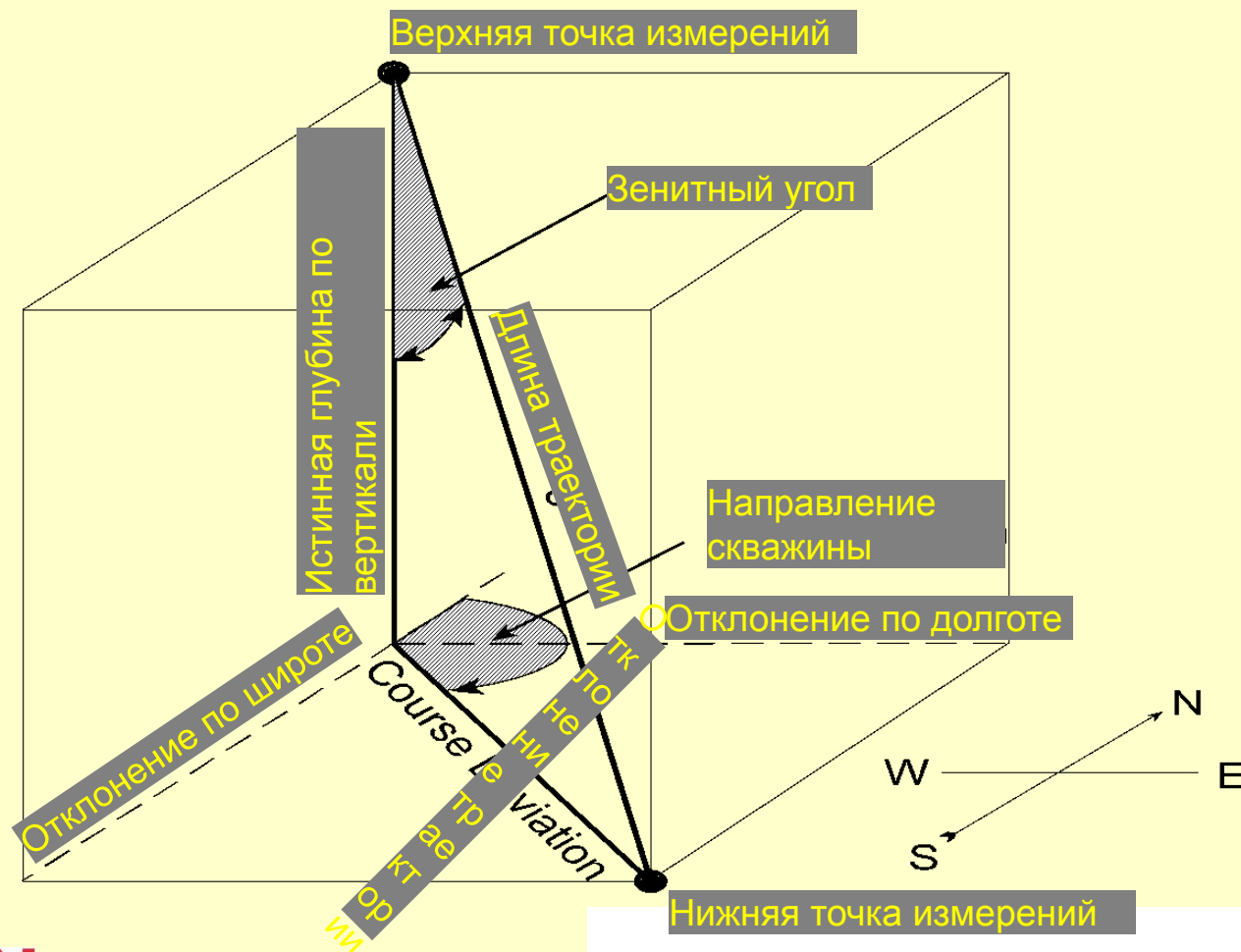


Терминология вычислений для инклинометрии

- Отклонение траектории
- Вертикальное сечение
- Отклонение
- Направление отклонения

Точка измерений

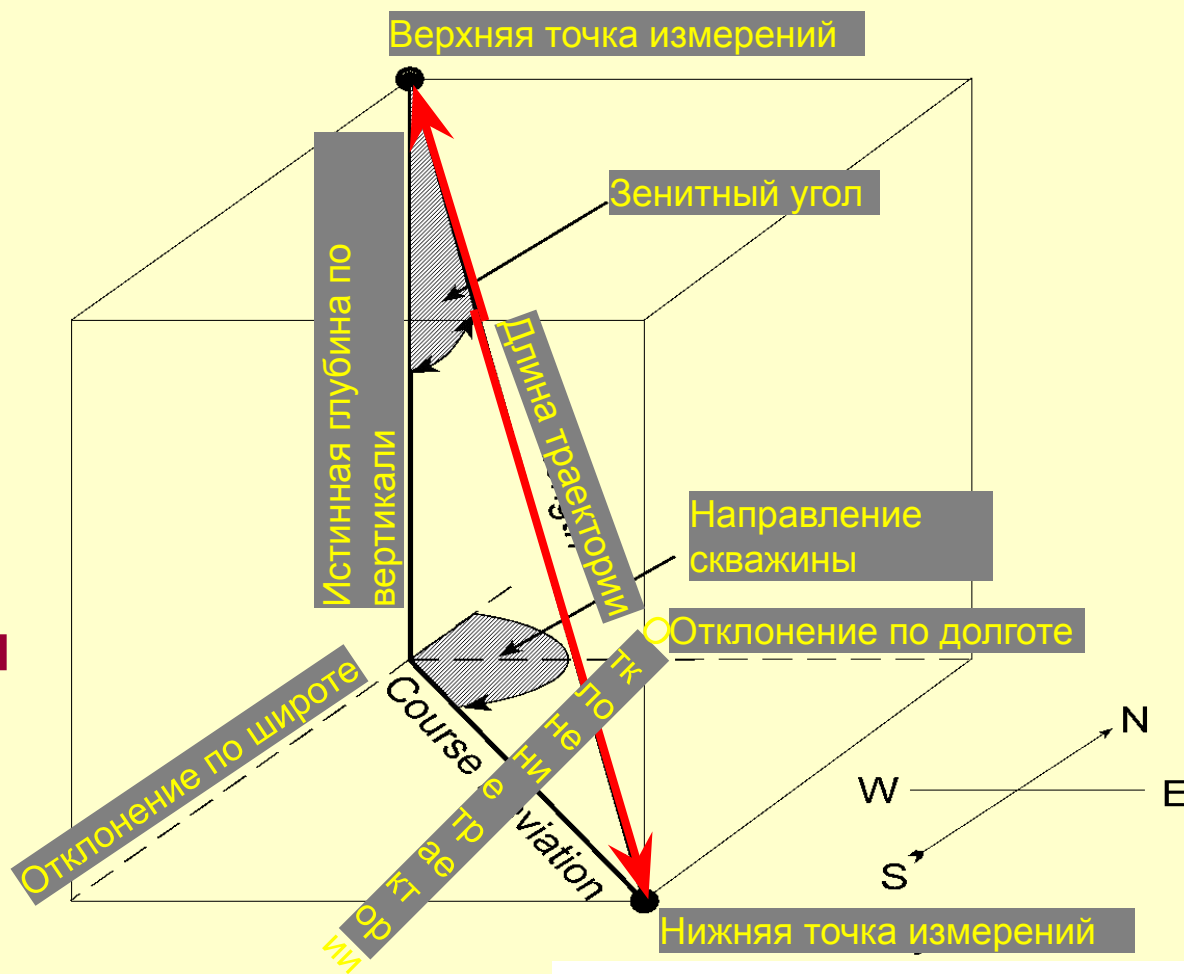
- Точка измерений представляет собой любую точку вдоль ствола скважины, в которой выполняются измерения.





Длина траектории

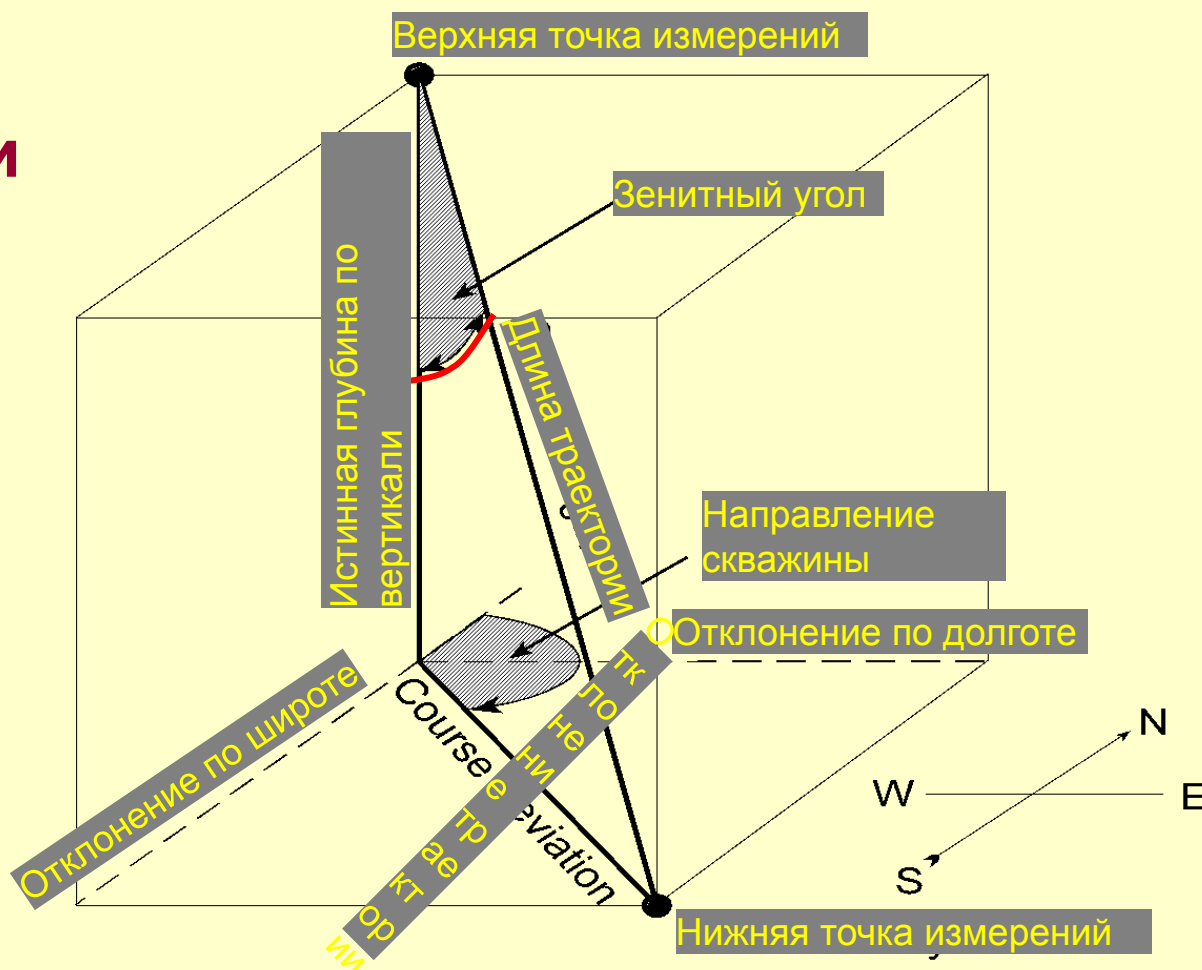
- Длина траектории представляет собой измеренное расстояние (фактическую длину скважины) между точками измерений.





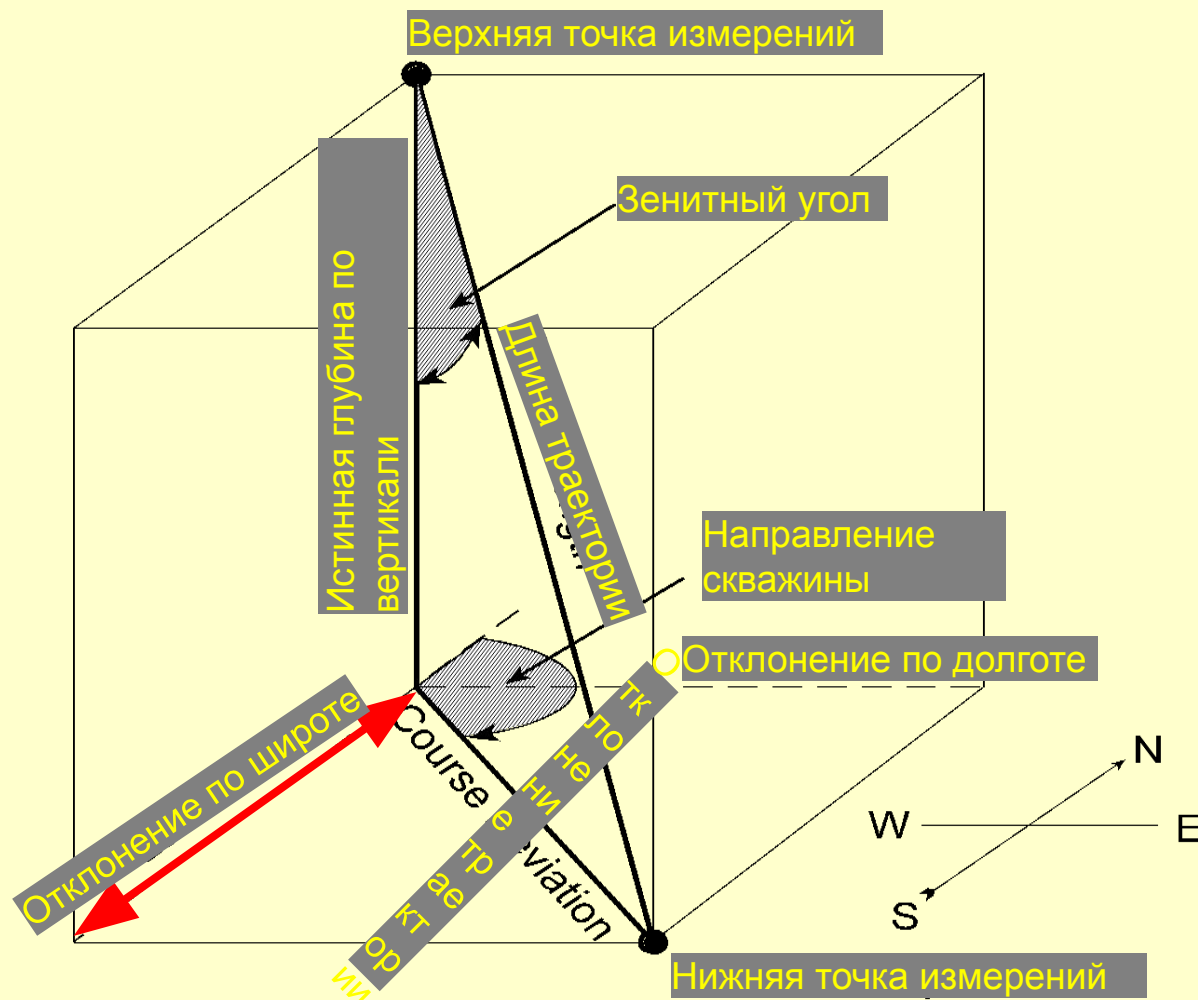
Угол отклонения или зенитный угол

- Угол отклонения или зенитный угол представляет собой угол отклонения ствола скважины от вертикальной оси.



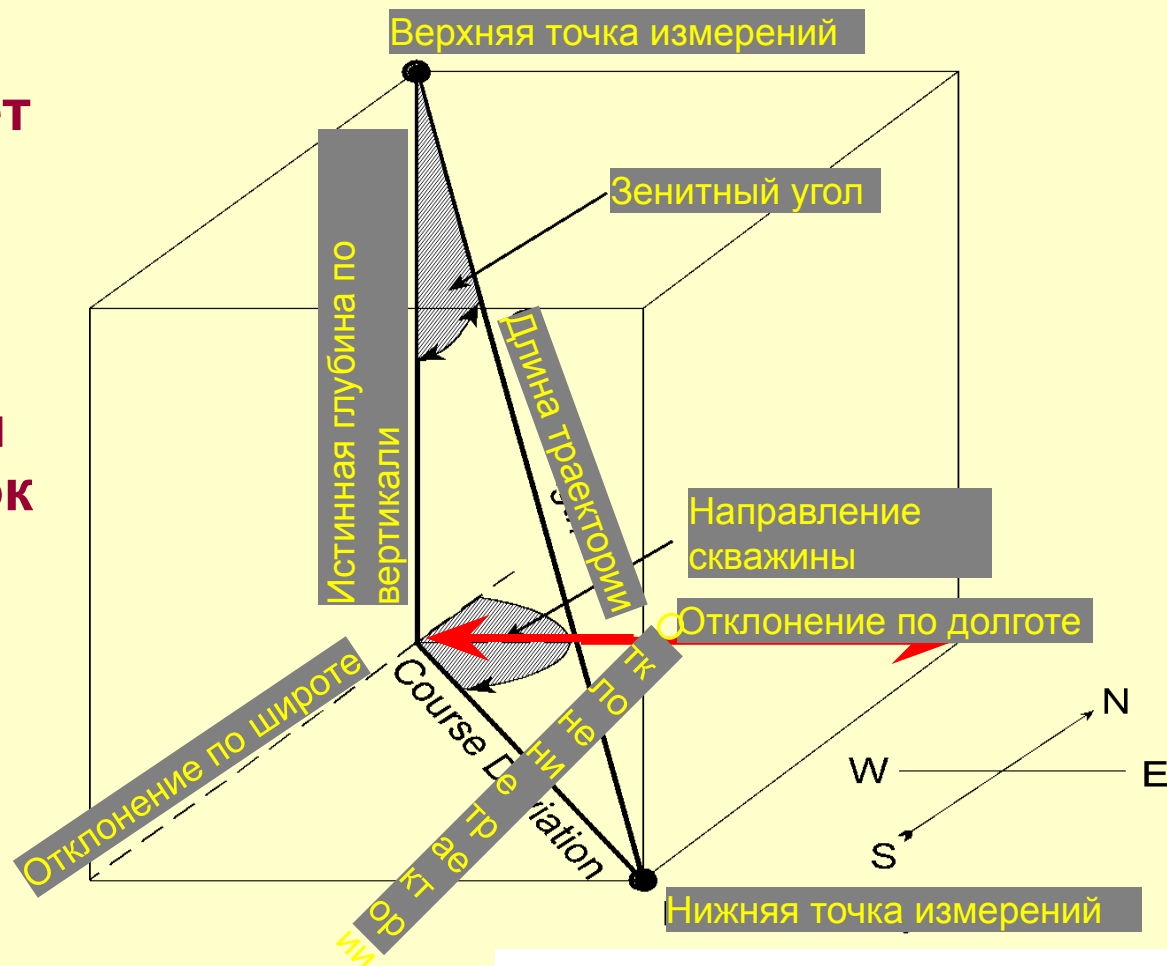
Отклонение по широте

- Отклонение по широте представляет собой расстояние смещения скважины по горизонтали от одной точки измерений до другой в направлении север - юг.



Отклонение по долготе

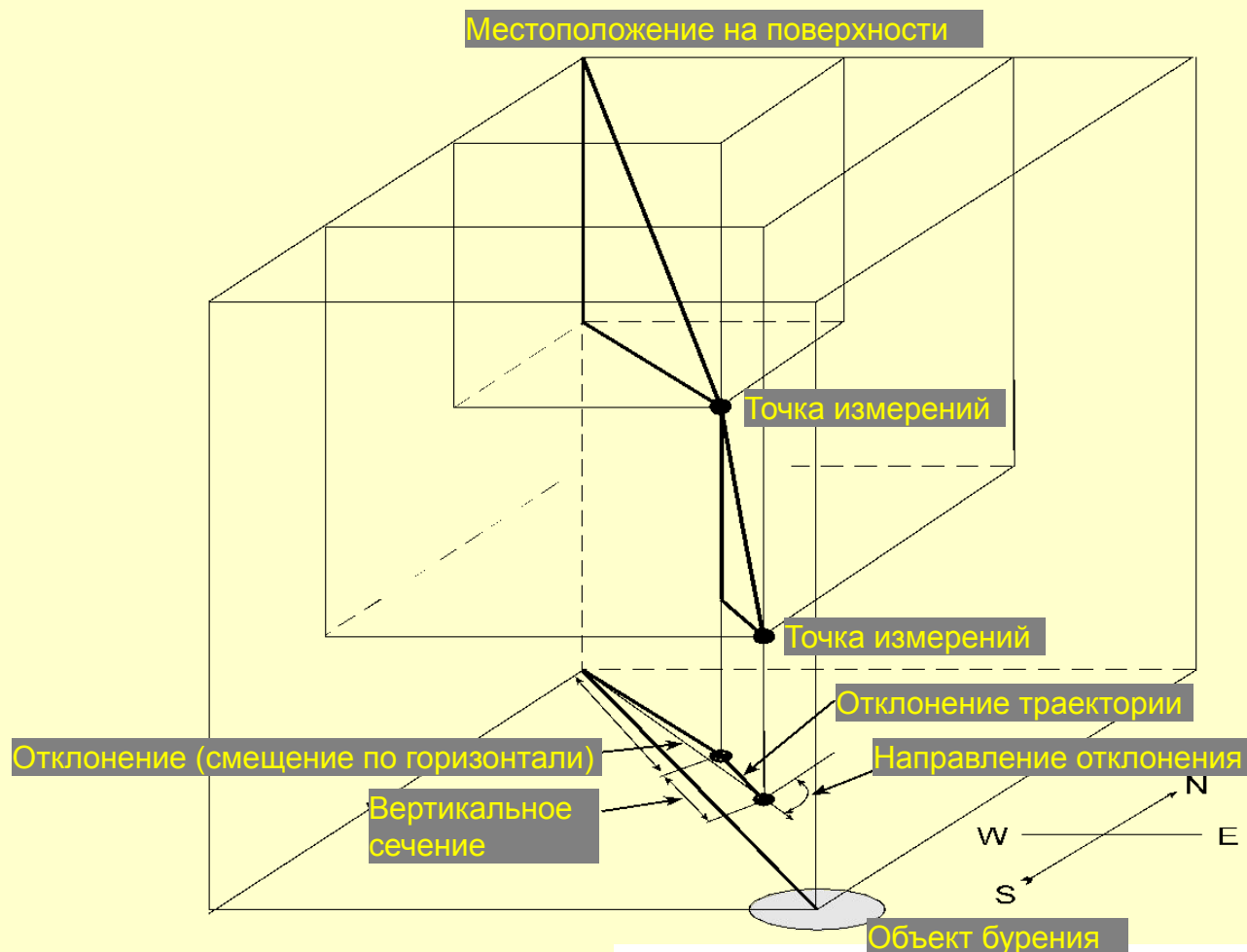
- Отклонение по долготе представляет собой расстояние смещения скважины по горизонтали от одной точки измерений до другой в направлении восток – запад.





Отклонение

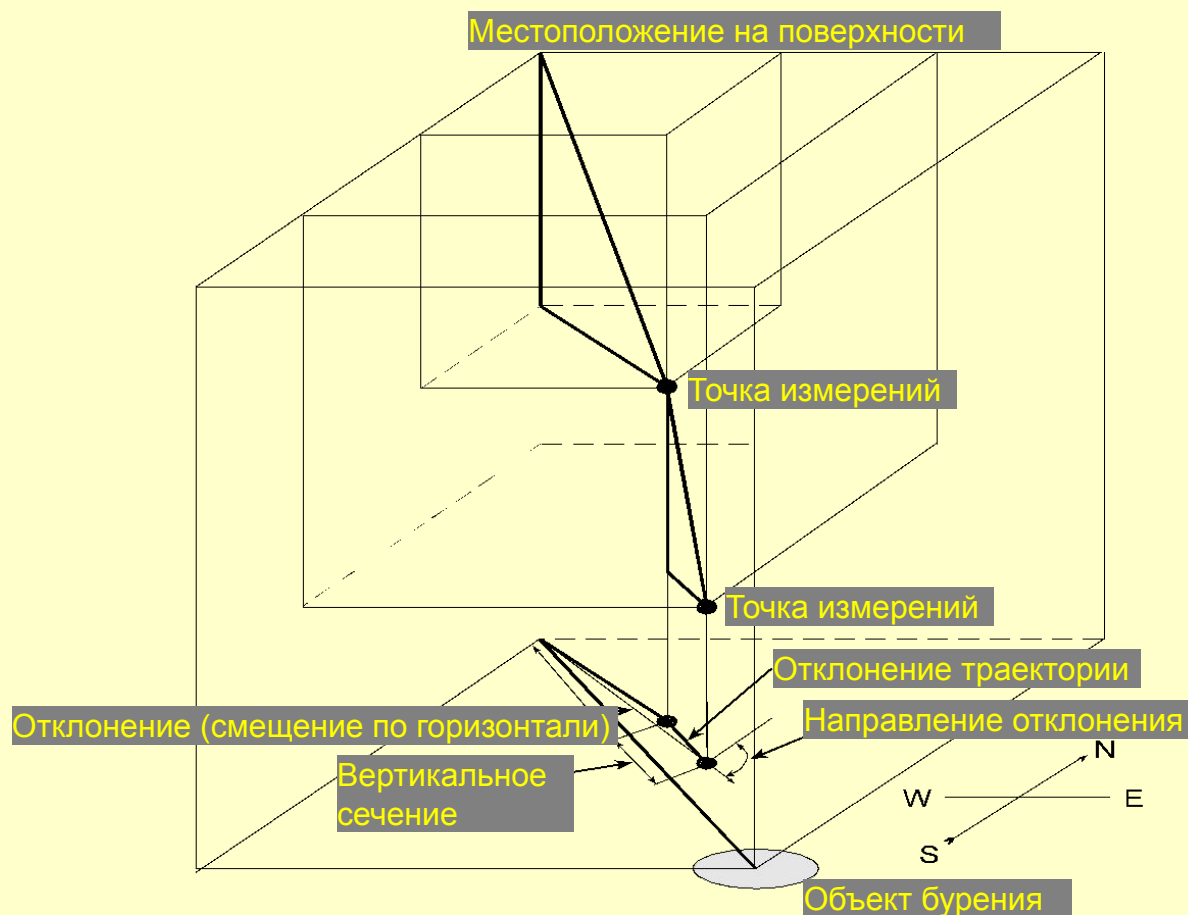
- Отклонение представляет собой горизонтальное расстояние от устья скважины до соответствующей точки измерений.





Направление отклонения

- **Направление отклонения представляет собой направление горизонтальной линии, образованной соединением точки, расположенной непосредственно под местоположением на поверхности, и соответствующей точки измерений.**





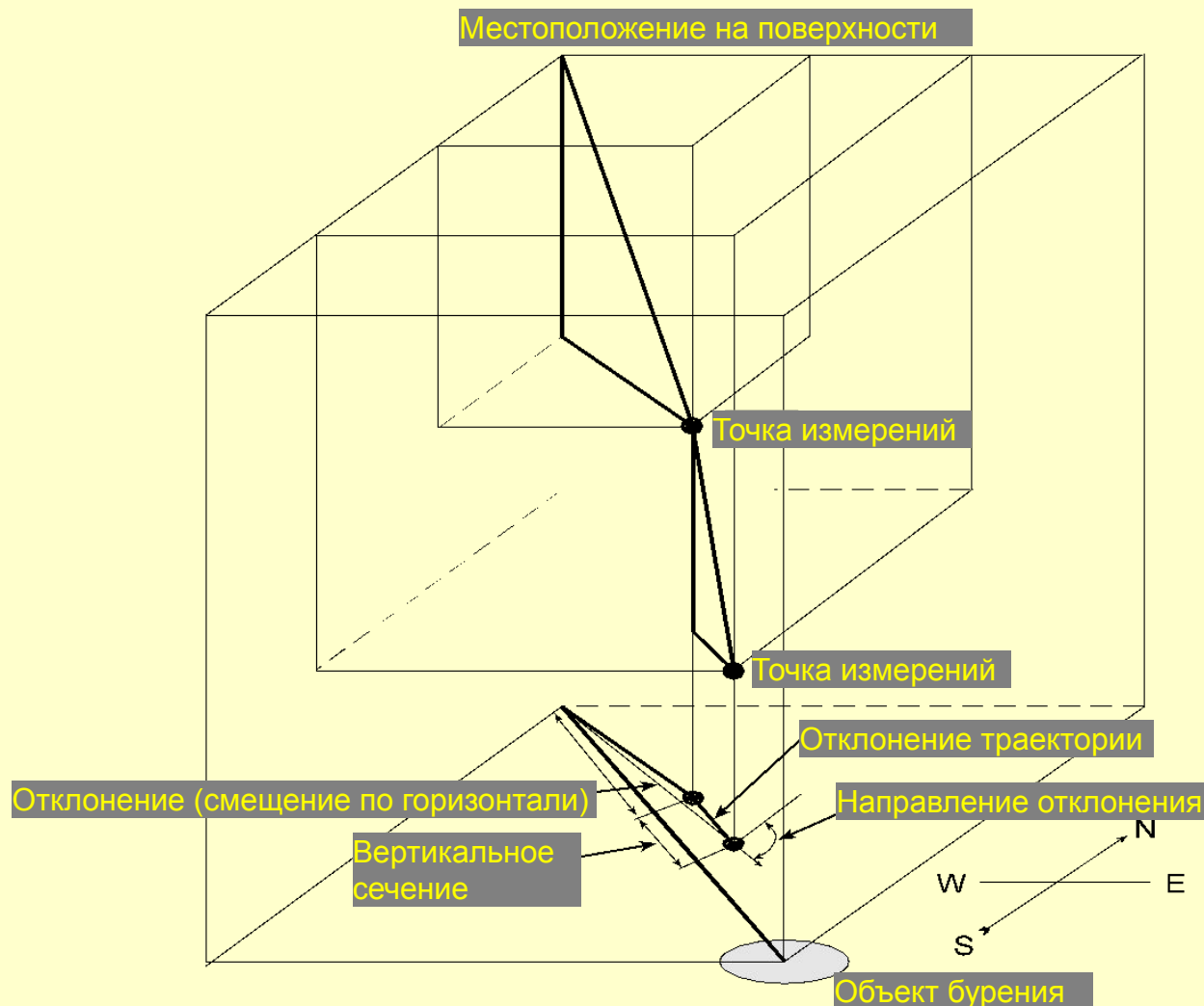
Искривление ствола скважины (**DL**) и интенсивность искривления ствола скважины (**DLS**)

- Искривление ствола скважины представляет собой меру его кривизны.
- Интенсивность искривления ствола скважины представляет собой изменение угла скважины на стандартной длине проведения измерений.



Вертикальное сечение (VS)

- VS представляет собой расстояние по горизонтали, которое проходит ствол скважины в направлении объекта бурения для точки измерения или в целом.





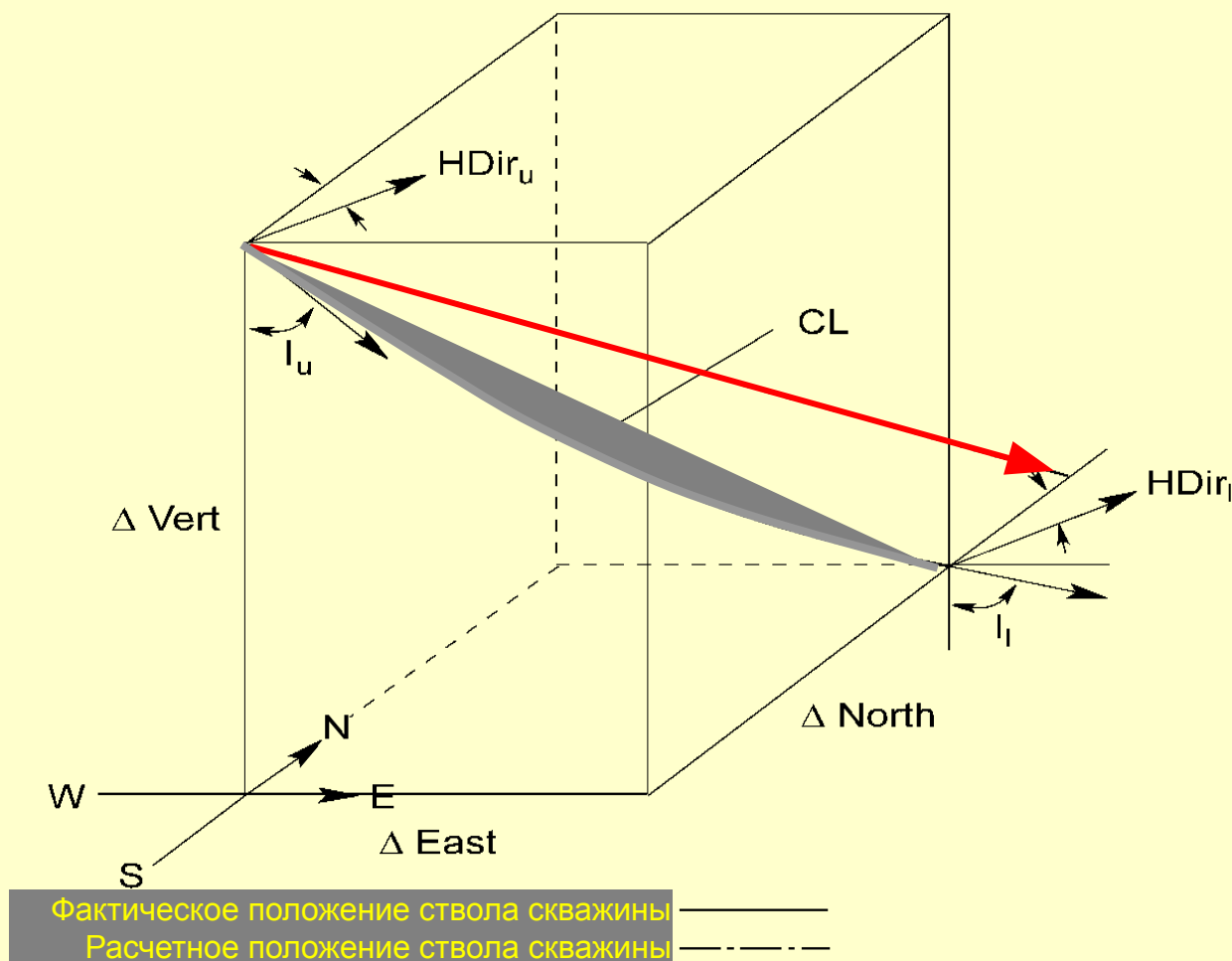
Методы вычислений для инклинометрии

- Средний угол
- Метод касательной
- Радиус кривизны
- Минимальная кривизна



Метод касательной

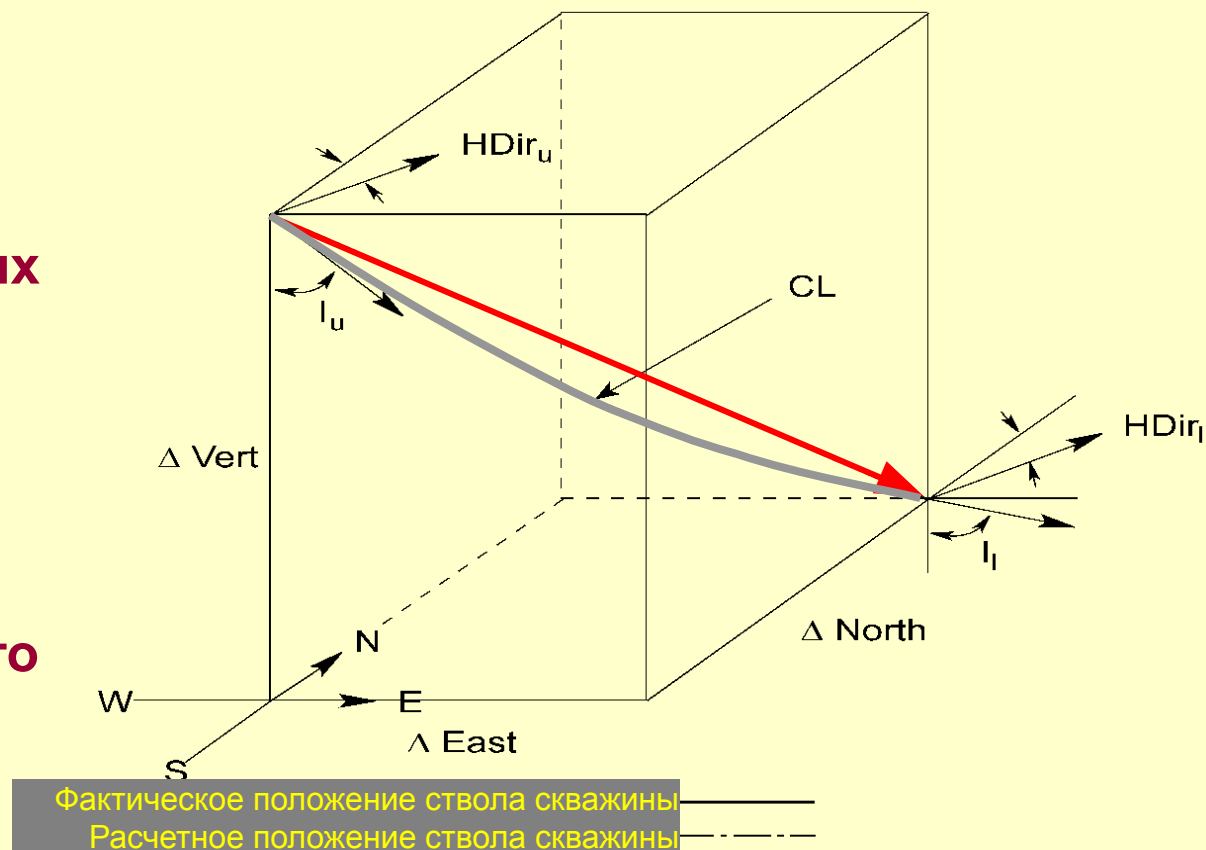
- Самый неточный из четырех распространенных методов
- Предполагается, что ствол скважины идет по прямой линии





Средний угол

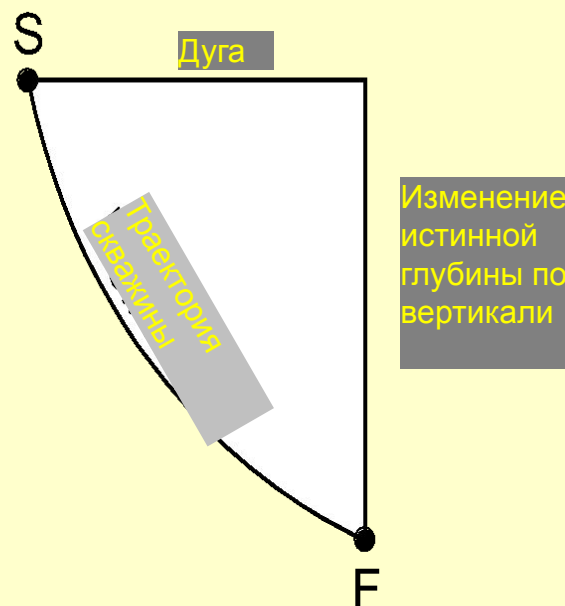
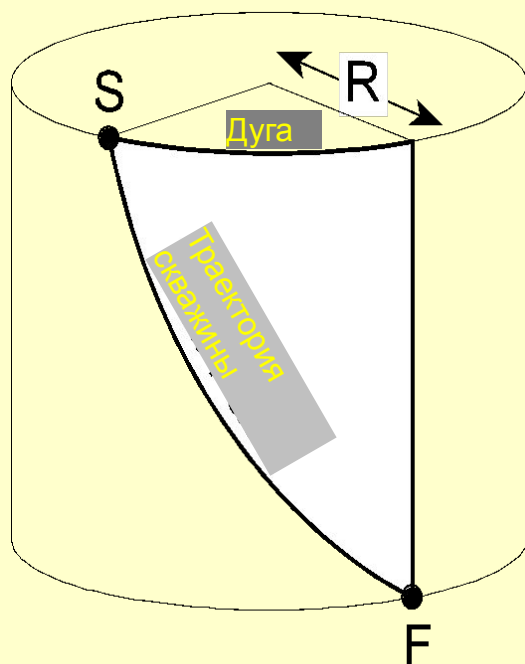
- Положение ствола скважины рассчитывается с использованием простых тригонометрических функций
- Используется в полевых условиях для ручных расчетов
- Предполагается, что ствол скважины идет по прямой линии





Радиус кривизны

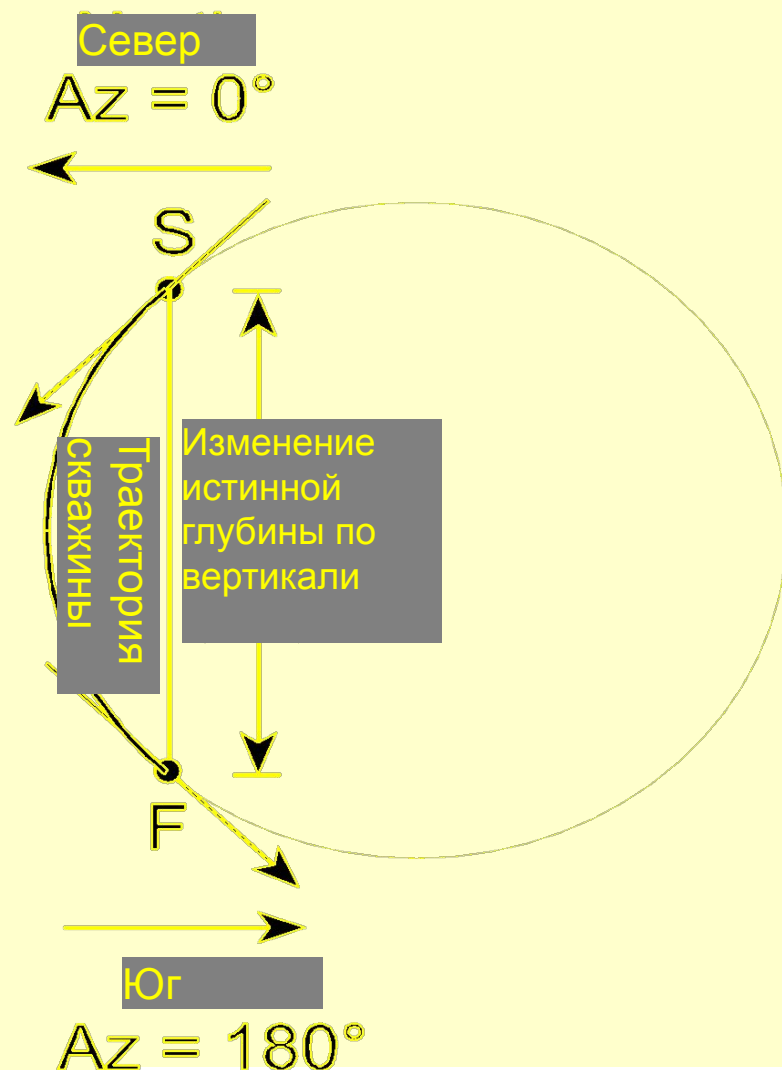
- Предполагается, что траектория ствола скважины лежит на цилиндре с вертикальной осью
- На истинную глубину по вертикали не оказывают влияния изменения направления скважины
- Более высокая точность





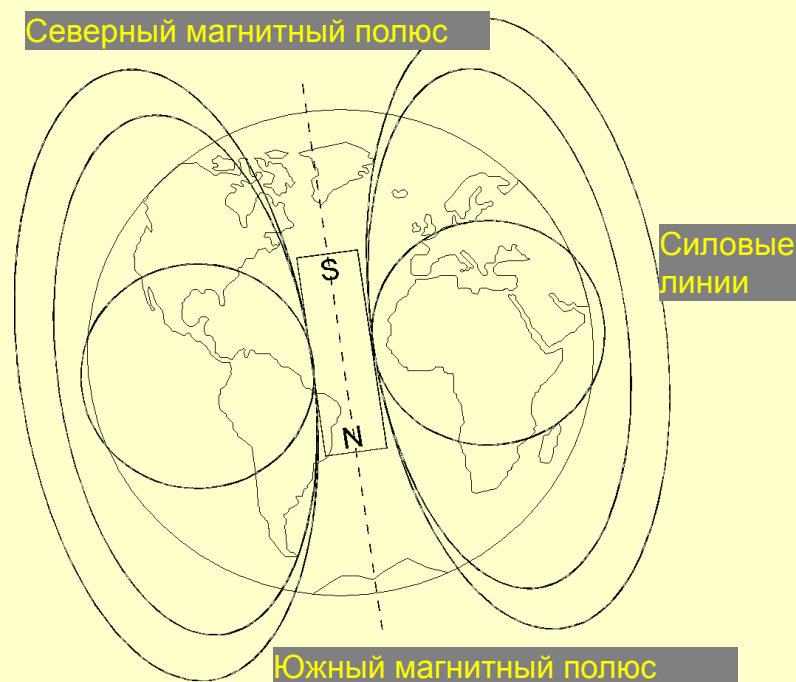
Минимальная кривизна

- Предполагается, что траектория ствола скважины лежит на сфере
- Истинная глубина по вертикали зависит от зенитного угла и направления скважины
- Смещения вычисляются с использованием искривления ствола скважины
- Наилучший метод



Магнитное поле Земли

- Всегда находится в движении
- Изменяется для различных мест и с течением времени
- Для компенсации используется магнитное склонение





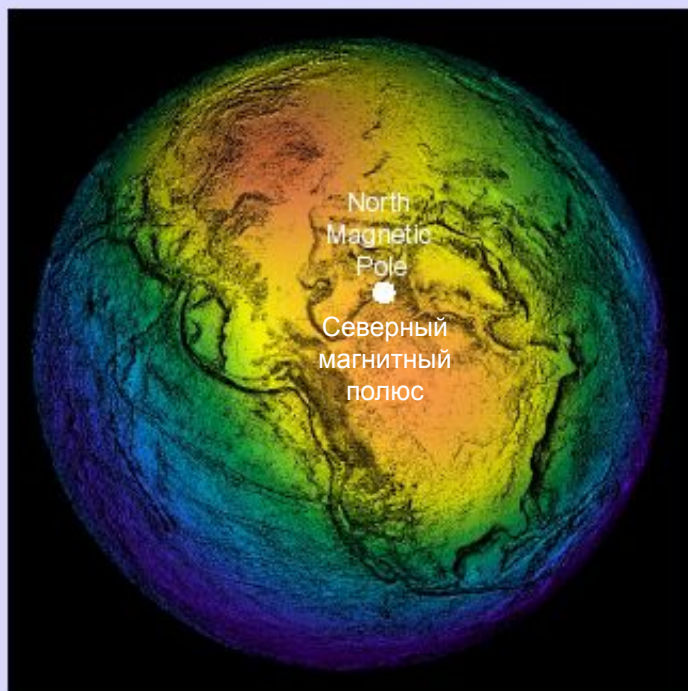
Министерство торговли Соединенных Штатов. Национальное управление исследований океана и атмосферы. Национальная служба экологических спутниковых данных.

Национальный центр геофизических данных

Изображения магнитного поля Земли в 2002 г.



Изображения основываются на данных, доступных по адресу <http://www.noaa.gov/cgi-bin/seg/gmag/lgrfpg.pl>



Сильное



Слабое

