

*Е. В. Дверницкая<sup>1\*</sup>*

## **Практические аспекты коррекции инклинометрии по данным повторных измерений**

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация  
\* e-mail: dvernitskaya-ev@yandex.ru

**Аннотация.** Инклинометрия скважин является методом пространственного определения ориентации оси скважины. В процессе строительства и эксплуатации скважины проводятся многократные измерения инклинометрии, необходимые для проектирования геологических моделей месторождения, строительства последующих скважин или зарезки боковых стволов. Повторные инклинометрические съемки проводятся разными типами приборов и в разное время. Методы сшивки данных многократных съемок инклинометрии в сводный замер основаны на экспертной оценке эмпирических результатов. В статье приведены основные способы гироскоп-коррекции инклинометрии по данным нескольких измерений, предложен дополнительный метод формирования объединенного измерения при возникновении перегиба траектории скважины в точке склейки инклинометрии по данным разных приборов. Последующее развитие методов уточнения инклинометрии связано с учетом влияния смежных интервалов измерений инклинометрии.

**Ключевые слова:** инклинометрия, скважина, зенитный угол, азимут, погрешность

*E. V. Dvernitskaya<sup>1\*</sup>*

## **Practical aspects of inclinometry correction based on repeated measurements**

<sup>1</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation  
\* e-mail: dvernitskaya-ev@yandex.ru

**Abstract.** Borehole inclinometry is a method of spatially determining the orientation of the borehole axis. Multiple inclinometric measurements are taken during the drilling borehole process, which are necessary to build geologic models of the field and to construct subsequent wells. Repeated inclinometer surveys are performed with different types of instruments and at different times. Methods for stitching data from multiple inclinometer surveys into a summary measurement are based on expert judgment of empirical results. The article presents the main methods of gyroscopic correction of inclinometry from the data of several measurements, suggests an additional method of forming a combined measurement, when the bend of the well trajectory occurs at the point of stitching of inclinometry from the data of different instruments. Promising development of methods for improving inclinometry is based on taking into account the influence of neighboring intervals of inclinometry measurements.

**Keywords:** inclinometry, well, zenith angle, azimuth, deviations

## *Введение*

Инклинометрия нефтяных скважин, являясь методом оценки состояния ствола скважины, позволяет определять пространственные координаты. В процессе эксплуатации длительно разрабатываемого месторождения одна и та же скважина может быть подвергнута многократным инклинометрическим измерениям. В современной практике первые наблюдения траектории скважины производятся непосредственно в процессе ее бурения забойными телеметрическими системами. Такие измерения могут не давать точной картины о пространственном положении скважины, т.к. во время процесса на инструмент влияет множество факторов, что приводит к увеличению погрешностей. Затем, после остановки бурения, скважину обследуют в состоянии «покоя», зачастую в открытом стволе, магнитными инклинометрами. После обсаживания скважины могут назначаться дополнительные мероприятия для повторного исследования кривизны гироскопическим методом. Чаще всего это связано с проведением зарезок боковых стволов или бурения из транспортного ствола многоствольных скважин. В обсаженных скважинах измерения магнитными инклинометрами не проводятся вследствие влияния намагниченности труб на показания магнитных датчиков. Считается, что современные гироскопические инклинометры при определении параметров ориентации скважины в пространстве отражают более точную информацию, чем магнитные.

Как правило, по технологическим причинам измерения с помощью гироскопических приборов проводятся на меньший отрезок длины ствола, нежели магнитным способом, не доходя до забоя скважины. При проектировании разработки месторождений изменения координат пластопресечений по данным повторных наблюдений инклинометрии более, чем на 100 м в плане могут рассматриваться как основание для пересмотра геолого-технических мероприятий. При проектировании бурения важно использовать наиболее полную информацию о пространственном положении скважины с целью снижения рисков пересечения с уже существующими скважинами, особенно при уплотнении сетки бурения.

## *Методы и материалы*

При измерении положения скважин в пространстве определяются вертикальные и азимутальные углы, глубины по стволу в определенных точках траектории. В современной практике интервалы между измерениями составляют 1 или 10 м. В более ранние периоды инклинометрических наблюдений в скважинах интервалы наблюдений не редко составляли и большее значение, например, 100 м или более.

Как упоминалось выше, при наличии нескольких измерений траектории скважины часто возникает ситуация, при которой замер магнитным инклинометром на несколько десятков метров глубже гироскопического замера. В этом случае может быть применена гироскоп-коррекция, или «склейка» данных измерений. За основу траектории принимается гироскопическое исследование, а в недо-

стающий участок до забоя вносятся данные по результатам более ранних исследований по скважине, в том числе и магнитной инклинометрии (рис. 1).

В случае совмещения гироскопических и магнитных измерений в данные магнитных вводится поправка на магнитное склонение и рассчитывается истинный азимут. Для расчетов гироскопической инклинометрии магнитные поправки не применяются.

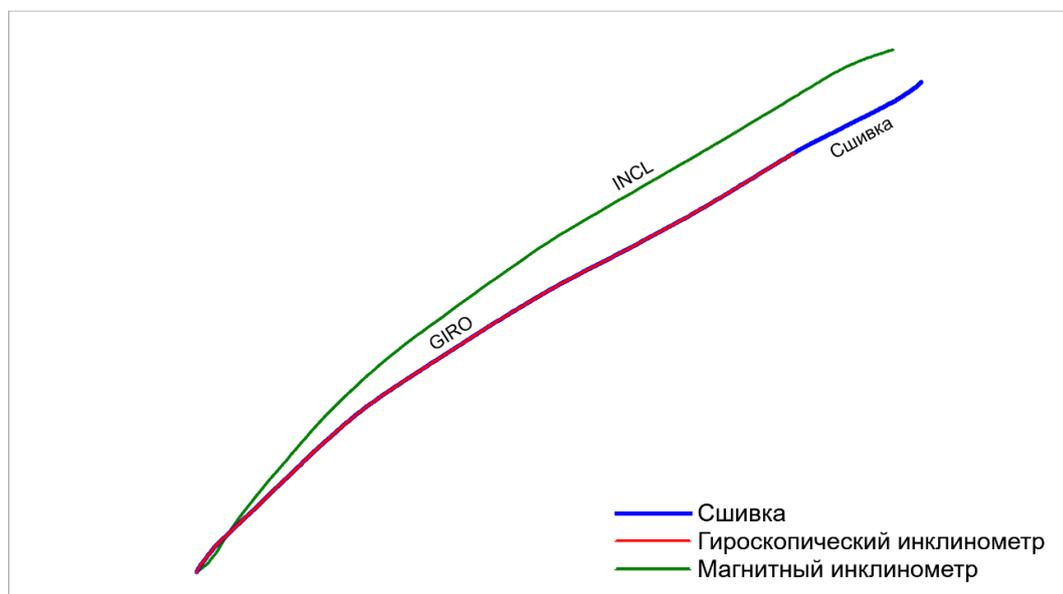


Рис. 1. Гироскоп-коррекция инклинометрии

Такая практика существует и в подрядных геофизических организациях, т.е. замеры передаются заказчику уже объединенные. Встречаются данные измерений, состоящие из 3–5 замеров самых разнообразных приборов: гироскопов, инклинометров, телеметрии. Варианты сшивки замеров магнитной и гироскопической инклинометрии в сводный замер подробно рассмотрены в работах [1, 2]: интерполяция значений углов до забоя (после точки сшивки), метод параллельного переноса (домер из открытого ствола), продление значений углов вертикально вниз и метод азимутального разворота. Приведенные способы сшивки сводной инклинометрии являются эмпирическими попытками улучшить траекторию скважины в условиях отсутствия полных данных гироскопическим методом наблюдений. Все способы имеют один общий недостаток – сводный замер является лишь приближением к реальной траектории оси скважины.

На практике приходится сталкиваться со склейками не только «старых» магнитных (более ранних) и «новых» гироскопических (более поздних) замеров, но и со сшивкой ранних и свежих гироскопических наблюдений, а иногда и телеметрии с гироскопическими наблюдениями. Во всех перечисленных случаях следует избегать больших перегибов траектории при отклонении зенитного угла более  $3^\circ$  и азимутального угла более  $10^\circ$  в точке сшивки в пределах 10-метрового интервала измерений.

Самым надежным вариантом уточнения траектории скважины является полная повторная гироскопия с использованием современных приборов измерений. Повторными измерениями можно оценить достоверность сшивки инклинометрии и определить некорректные замеры для исключения их использования при формировании сводной траектории.

### *Результаты*

Для решения проблемы уточнения траектории скважины при отсутствии современных и полных гироскопических измерений необходимо, во-первых, разработать методику отбраковки некорректных измерений. Статистический анализ магнитной инклинометрии 500 скважин по Западной Сибири (с применением Программного комплекса «Wells» [3]), имеющих повторные гироскопические наблюдения, показал, что существует около 10–30 % возможно некачественных измерений инклинометрии. Далее, принимая во внимание результаты исследования [4], измерения на соседних интервалах скважин являются зависимыми.

Независимо от типов приборов, сшивке инклинометрии предшествует анализ на корректность версий замеров, а затем учет влияния вышележащих смежных интервалов в точке сшивки наблюдений.

Учитывая погрешности приборов для инклинометрии скважин с увеличением глубины по стволу увеличивается неопределенность пространственного положения траектории скважины (конус неопределенности). Чем глубже точка сшивки измерений, тем более вероятно образование перегибов траектории. При появлении изломов предлагается переносить точку склейки измерений с точки излома траектории выше по стволу – в точку определения корреляции смежных интервалов совмещаемых замеров инклинометрии.

Кроме того, измерения, проведенные разными инклинометрическими приборами и сшитые в единую траекторию, на соответствующих участках имеют и разные погрешности в измерениях. При проектировании геологической модели месторождения возникает необходимость учитывать разные допуски на отклонения на разных отрезках сшитого замера.

### *Обсуждение*

В зарубежной литературе [5] встречаются методы совмещения многократных наблюдений инклинометрии одной скважины при использовании различных приборов измерений: генерация синтетической инклинометрии при учете всех измерений, когда данные от разных приборов принимаются с большим или меньшим весом.

Как в случае с объединением данных многократных измерений в синтетическую траекторию, так и в случае применения методов сшивки остается открытым вопрос корреляции интервалов при коррекции инклинометрических исследований гироскопом, магнитным инклинометром и забойными телеметрическими системами. Автор планирует рассмотреть этот вопрос в следующих публикациях.

## *Заключение*

Коррекция замеров инклинометрии сводится к экспертной оценке совмещаемых измерений и реализации компромиссного решения, определенного совместно с геологическими службами. Применение методов склейки повторных наблюдений инклинометрии не приводит к какому-либо обоснованному доказательству уточнения траектории скважины, а является попытками подгонки измерений под некоторый «правдоподобный» (непротиворечивый) результат. Известные методы сшивки следует использовать как дополнительный инструмент при отсутствии возможности уточнить траекторию скважины проведением полного гироскопического обследования скважины.

В процессе формирования обобщенной траектории скважины из данных повторных измерений инклинометрии предлагается в случае выявления перегибов оси скважины смещать точку сшивки измерений с точки излома траектории выше по оси до точки определения корреляции аналогичных интервалов совмещаемых замеров.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бантюков О.Н., Марьин И.Е., Ключников А.А., Смирнова Е.В. Методы формирования траектории ствола скважины из разновременных замеров инклинометрии при построении геологических моделей // Каротажник, №7 (253), 2015, –С.87–101.
2. Котов В.С. Обработка данных инклинометрии при картопостроении и геологическом моделировании// Известия высших учебных заведений. Нефть и газ, №1 (79), 2010, – С.11–17.
3. Программный комплекс «Wells» контроля проводки скважин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sholomitskij.wixsite.com/sholomitskij/скважины>.
4. Могильный С. Г., Шоломицкий А. А., Дверницкая Е. В., Соболева Е. Л. Модель накопления погрешностей при инклинометрическом исследовании скважин// Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук, Том 9, № 3, 2022, – С. 38–45.
5. Introduction to Wellbore Positioning This version is V09.10.2017 This eBook and all subsequent revisions will be hosted at [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.uhi.ac.uk/en/research-enterprise/energy/wellbore-positioning-download>. – 247 p.

© Е. В. Дверницкая, 2024