

Е. В. Дверницкая^{1}*

Анализ траектории скважин по данным нескольких измерений

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация

* e-mail: dvernitskaya-ev@yandex.ru

Аннотация. Методы инклинометрии скважин используют для измерения и контроля параметров ориентации ствола скважины в пространстве. За время эксплуатации скважина может быть обследована несколько раз приборами для инклинометрической съёмки, поэтому возникает необходимость анализа данных результатов наблюдений инклинометрии при использовании измерений для проектирования месторождений. Анализ данных нескольких наблюдений скважины позволяет понять причины грубых несоответствий траекторий скважин по результатам нескольких замеров между собой и скорректировать ошибки. В статье приведены основные типы несоответствий траекторий скважин, полученных по результатам нескольких измерений. Важное прикладное значение при проектировании и разработке запасов месторождений нефти имеют качество и точность данных инклинометрии. Дальнейшее развитие методов инклинометрии и определение точности измерений связано с учетом накопления погрешностей при проведении инклинометрии.

Ключевые слова: инклинометрия, точность измерений, траектория скважин

Е. V. Dvernitskaya^{1}*

Well trajectory analysis based on multiple measurements

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: dvernitskaya-ev@yandex.ru

Abstract. Methods of well inclinometry are used to measure and control the parameters of the orientation of the wellbore in space. During exploitation, a well can be surveyed several times by directional survey. Therefore, there is a need to analyze the data from directional surveys to deciding to use results of measurement for design purposes. The data analysis of multiple measurements allows to find the reasons of gross deviations of well trajectories between each other and to correct the errors. The main types of well trajectory deviations based on the results of multiple measurements are described in the paper. The quality and accuracy of inclinometry data are of great practical importance in the design and development of oil field reserves. The next development of inclinometry methods and determination of measurement accuracy is associated with the accumulation of errors during inclinometry.

Keywords: inclinometry, measurement accuracy, well trajectory

Введение

Во время промышленного освоения месторождений нефти при бурении и последующей эксплуатации скважин проводятся исследования стволов скважин приборами для инклинометрической съёмки. Инклинометрию скважин осуществляют с целью измерения и контроля параметров ориентации ствола скважины в пространстве.

По принципу работы азимутального датчика инклинометры подразделяются на магнитные и гироскопические. Принцип работы датчика азимута определяет условия эксплуатации прибора, дальнейшую обработку и точность получаемых материалов инклинометрических измерений. Кроме того, на результат инклинометрических исследований влияют условия использования инклинометра – в процессе бурения скважины, или после завершения бурения.

Многие зрелые месторождения в Западной Сибири разрабатываются длительное время – десятками лет, в связи с чем за время эксплуатации скважина зачастую неоднократно обследована методами инклинометрии. Накоплено большое количество информации о пространственном положении скважин по результатам повторных наблюдений инклинометрии. Возникает необходимость анализа данных результатов наблюдений в вопросах точности инклинометрии и проводки скважин. Качество и точность данных инклинометрии имеют важное прикладное значение при проектировании и разработке запасов месторождений нефти, поэтому представляют интерес для специалистов геофизических, геологических и маркшейдерских служб предприятий.

Основным международным стандартом в отрасли и площадкой для обсуждения проблематики точности определения пространственного положения скважин является ISCWSA [1] – Отраслевой международный комитет по точности исследования скважин. Так же, вопросы точности и качества проводки скважин обсуждаются Обществом инженеров-нефтяников (англ. Society of Petroleum Engineers, SPE), которое совместно с ISCWSA публикует материалы по этой тематике [1-4].

В настоящее время в Российской Федерации действующая Инструкция по проведению инклинометрических исследований в скважинах [5], является устаревшей и не удовлетворяет современным методам и технологиям геофизических исследований. Учитывая международные тенденции и отсутствие нормативного регулирования в вопросах инклинометрических исследований, Российские нефтяные компании вынуждены составлять внутренние нормативные документы [6,7].

Однако, оценить реальную точность инклинометрических измерений в скважинах невозможно, ввиду того, что не существует эталонной скважины, пространственное положение которой измерено с высокой точностью. Оценить реальные данные инклинометрии скважины возможно лишь только путем сравнения с проектным профилем.

Методы и материалы

Для анализа были отобраны более 500 нефтяных скважин на территории Западной Сибири, имеющих повторные исследования инклинометрии. Часть скважин были обследованы разнотипными приборами по принципу работы азимутального датчика и различными по точности. Меньшая часть повторных наблюдений была проведена одинаковыми приборами, но в разные годы.

В результате сравнения и анализа траектории скважины, измеренной разными приборами и в разные периоды времени, могут быть выявлены отклонения

от допустимых значений погрешностей исследований. Разница значений измеренных углов или вычисленных смещений от устья скважины на одной и той же глубине траектории скважины может быть вычислена при помощи простейших математических действий.

Рассмотрим пример. На рис. 1 для двух измерений траектории одной скважины приведены измеренные значения глубины (DEPT), вертикальных углов (UGOL) и истинного азимута (AI), вычислен дирекционный угол (DU) и смещения координат траектории от устья скважины (XK, YK). Наблюдения выполнялись одним типом прибора – ИНГ-73. На одинаковых измеренных глубинах инклинограмм а) (2001г.) и б) (2022г.) при схожих значениях вертикальных углов разница между азимутами составляет 48° . Разница в абсолютных значениях отметки глубины траектории скважины незначительна – до 1метра. Тогда как согласно техническим характеристикам инклинометра ИНГ-73 [8] допускаемая основная погрешность определения координаты смещения в плане скважины составляет не более 0,7 % от измеренной глубины, и равна 16 метров. Разница в вычисленных значениях дирекционных углов и смещений от устья скважины на одной и той же измеренной глубине, дает основание для поиска причин расхождения значений.

DEPT	UGOL	AI	AM	DU	XK	YK	ZK	ABS
2240.00	13.19	53.03	-999.25	55.78	422.36	730.53	2059.23	-1985.83
2250.00	13.14	52.81	-999.25	55.56	423.64	732.41	2068.97	-1995.57
2260.00	12.72	52.76	-999.25	55.51	424.91	734.25	2078.72	-2005.32
2270.00	12.62	52.94	-999.25	55.69	426.15	736.06	2088.47	-2015.07
2280.00	12.39	52.66	-999.25	55.41	427.37	737.85	2098.24	-2024.84

а)

DEPT	UGOL	AI	AM	DU	XK	YK	ZK	ABS
2240.00	13.20	4.41	-999.25	7.16	827.17	168.02	2059.66	-1986.26
2250.00	13.07	4.26	-999.25	7.01	829.43	168.30	2069.40	-1996.00
2260.00	12.75	4.29	-999.25	7.04	831.65	168.57	2079.14	-2005.74
2270.00	12.67	3.76	-999.25	6.51	833.83	168.83	2088.90	-2015.50
2280.00	12.46	3.66	-999.25	6.41	835.99	169.07	2098.66	-2025.26

б)

Рис. 1. Данные наблюдений гироскопическим инклинометром в скважине: а) наблюдение выполнено в 2001г.; б) наблюдение выполнено в 2022г.

В дополнение, анализ графических данных с моделированием ствола скважины по результатам нескольких измерений позволяет специалисту выявить наличие грубых ошибок в данных инклинометрических наблюдений, а в некоторых случаях устранить причину значительных расхождений в результатах измерений. Траектории одной скважины, измеренные, например, гироскопическим прибором и магнитным инклинометром, не будут повторять друг друга, но одновременно с этим будет иметь схожую конфигурацию между собой и с проектным профилем скважины.

Если конфигурации нескольких исследований одной скважины заметно разнятся графически (рис. 2), то следует проанализировать данные замеров на наличие грубых несоответствий.

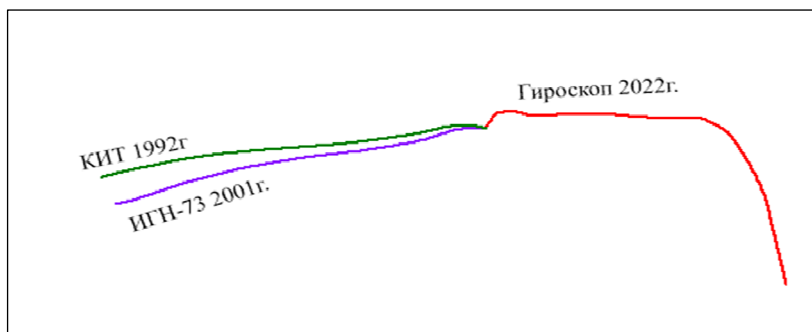


Рис. 2. Данные наблюдений в скважине № 330.
Ошибки в присвоении нумерации скважины.

Результаты

В ходе анализа данных инклинометрических наблюдений по результатам нескольких измерений выявлены следующие варианты грубых ошибок в обработке результатов:

- расчет траектории скважины выполнен без учета поправок, или поправки применены избыточно (например, измерение проведено гироскопическим инклинометром, а поправка учитывает значение магнитного склонения) (рис. 3);
- расчет дирекционного угла (следовательно, и расчет смещения координат траектории от устья скважины) выполнен в различных системах координат;
- ошибки в присвоении номера скважины;
- некачественное измерение, связанное с неисправностью прибора или оцифровка первичных данных наблюдений инклинометрии с ошибками;
- при расчете значений перепутаны местами колонки смещения координаты X и Y;
- измеренные значения углов представлены в одном случае в виде десятичных градусов, в другом случае в виде «градусы-минуты».

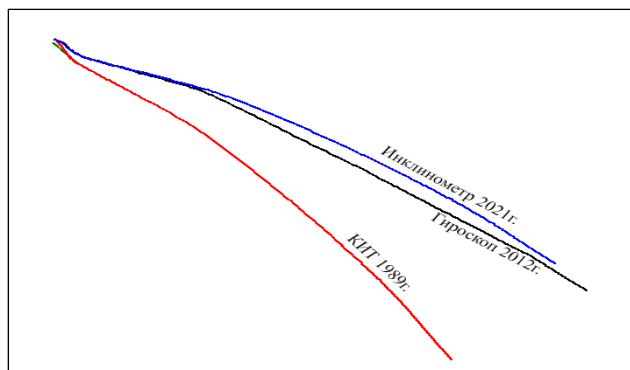


Рис. 3. Данные наблюдений в скважине № 417.

Расчет КИТ 1989г. траектории выполнен без учета магнитного склонения.

Заключение

Недостаточная точность инклинометрических наблюдений может привести к ошибкам построения пространственных геологических моделей и снижению качества проектирования разработки месторождений.

Для обеспечения уровня достоверности инклинометрической съемки, соответствующего современным требованиям, необходимо сочетание процессов контроля качества пространственного положения скважин, повторные измерения и независимые проверочные мероприятия [1-4, 9].

Анализ данных инклинометрических наблюдений скважины позволяет понять причины грубых несоответствий траекторий скважин по результатам нескольких замеров между собой и скорректировать ошибки. Однако, в отдельных случаях для принятия решения о целесообразности использования в геологической модели месторождения того или иного исследования инклинометрии может потребоваться экспертная оценка профильных специалистов и анализ данных отдельного исследования в контексте общей модели месторождения [10].

Для решения задач, связанных с накоплением погрешностей при определении вероятного положения оси скважины в пространстве, необходимо развитие представлений об оценке точности измерений в инклинометрии, учитывающих корреляции измерений смежных интервалов инклинометрических данных [11].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Industry Steering Committee on Wellbore Survey Accuracy (ISCWSA)
2. Introduction to Wellbore Positioning This version is V09.10.2017 This eBook and all subsequent revisions will be hosted at: <http://www.uhi.ac.uk/en/research-enterprise/energy/wellbore-positioning-download,247> pp.
3. www.spe.org Society of Petroleum Engineers (SPE).
4. Iscwsa: well intercept sub-committee ebook This eBook and all subsequent revisions will be hosted at: <http://www.uhi.ac.uk/en/research-enterprise/energy/wellbore-positioning-download> 2019, 107 pp.
5. Инструкция по проведению инклинометрических исследований в скважинах. [Текст]: /Мазницкий А. С., Галета В.О. Зорин Д. П., Мардер Е. И., Салов Е. А., Козыряцкий Н. Г., Морозов Ю. Т. – Калинин, НПО «СОЮЗПРОМГЕОФИЗИКА», 1989. – 14с.
6. Методические указания “Наклонно-направленное бурение”, № П2-10 М-0038, версия 1.00. Введены в действие распоряжением ООО “РН-Юганскнефтегаз” 27 августа 2018. — № 2126.
7. Кашников Ю. А., Беляев К. В., Богданец Е. С., Согорин А. А. Маркшейдерское обеспечение разработки месторождений нефти и газа. — М.: Недра, 2018. — 454 с.
8. Гироскопический инклинометр ИГН 73 –100/80/НТВ «Каротажник». – Тверь: Изд. АИС, 2003. – Вып. 107.
9. Близиюков, В. Ю. Расчёт и корректирование траектории скважины при бурении [Текст]: метод. указания / В. Ю. Близиюков, А. С. Поваляхин, С. А. Кейн. – Ухта: УГТУ, 2014. – 36 с.
10. Практика оценки инклинометрии скважин в моделировании нефтегазовых объектов / Е.А. Щергина, А.Б. Сметанин, В.Г. Щергин, А.С. Мартынов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2022. – № 12(372). – С. 31–41. – DOI: 10.33285/2413-5011-2022-12(372)-31-41
11. Модель накопления погрешностей при инклинометрическом исследовании скважин / С. Г. Могильный, А. А. Шоломицкий, Е. В. Дверницкая, Е. Л. Соболева // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук – 2022. – № 3 (Том 9). – С. 38–45. – DOI: 10.15372/FPVGN2022090306

© Е. В. Дверницкая, 2023