

УДК 531.746:550.832

*И. В. Гринев, А. Б. Королев, В. Н. Ситников  
ООО «Нефтегазгеофизика»*

## **КОМПОНОВКА СБОРКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ С ЦЕЛЬЮ МИНИМИЗАЦИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИНКЛИНОМЕТРА**

Выделены и проанализированы основные источники погрешностей инклинометрии, которые могут быть минимизированы средствами компоновки. На основе проведенного анализа предложены конкретные рекомендации по компоновке геофизических приборов.

*Ключевые слова:* инклинометр, измерения, источники погрешности, компоновка, сборка.

### **Введение**

Скважинный инклинометр редко используется вне сборки геофизических приборов. В то же время многочисленные замеры в скважинах показывают, что состав и компоновка сборки существенно влияют на результаты инклинометрических измерений. Геофизические приборы, как правило, содержат ферромагнитные материалы, которые в силу остаточной намагниченности могут оказывать влияние на магнитометрические элементы инклинометров. С другой стороны, в сборках нередко используются рычажные, центрируемые и прижимные приборы, что в свою очередь повышает вероятность появления технологических погрешностей (погрешностей установки). Кроме этого, в случае кабельных сборок нередко наблюдаются интенсивные вращения, которые отрицательно влияют на точность инклинометрических данных.

Таким образом, состав сборки и ее компоновка могут существенно влиять на величину погрешностей инклинометрических измерений. Однако, как показывает практика, данные погрешности в ряде случаев можно минимизировать или компенсировать, если в процессе проектирования и реализации компоновки учесть рассматриваемые в данной статье рекомендации.

## Анализ каротажных данных. Рекомендации по компоновке геофизических сборок, включающих инклинометр

Изучение предмета статьи проводилось на основе большого количества каротажных данных, полученных на следующих месторождениях Западной Сибири: Южно-Вынтовское, Тевлинско-Русский сконское, Повховское, Кустовое, Имилорское, Чумпасское, Южно-Харампурское, Карабашское, Кочевское, Покачевское, Свободное и Средне-Назымское.

В процессе анализа было выявлено три основных фактора, зависящих от состава и компоновки сборки, которые влияют на погрешности инклинометрии:

- 1) поле остаточной намагниченности (ПОН) приборов и бурильной колонны;
- 2) центрируемые, рычажные и прижимные приборы;
- 3) вращение сборки.

Перед тем как более подробно рассматривать приведенные выше источники погрешностей, стоит обосновать длину охранного кожуха инклинометра. Экспериментально доказано, что геофизические приборы начинают существенно влиять на показания магнитометров с расстояний, меньших 2,2 м. В связи с этим магнитометры обычно располагаются в нижней части охранного кожуха, длина которого обеспечивает необходимое удаление от приборов, содержащих ферромагнитные материалы. Такой случай соответствует «концевому» использованию инклинометра. При транзитном использовании необходимо обеспечить удаление магнитометров на 2,2 м от ближайших приборов с ПОН, располагающихся ниже инклинометра.

Погрешность, связанная с ПОН, заключается в том, что магнитометры инклинометра измеряют параметры не геомагнитного поля Земли (ГМП), а суперпозиции полей ГМП и ПОН. Очевидно, что компоновка должна проводиться таким образом, чтобы минимизировать вклад ПОН в измеряемую суперпозицию. Влияние ПОН на показания инклинометра достаточно подробно рассмотрены в [1, 2]. Стоит отметить, что длинные сборки приборов (40 м и более) также обладают ПОН, что вкупе с полем колонны приводит к величинам ПОН в области расположения магнитометров около 1% от ГМП. Напомним, что даже столь незначительное на первый взгляд влияние

способно привести к существенным погрешностям измерения азимута в том случае, если участок скважины располагается в пораженной области (зенитный угол больше  $45^\circ$ , ориентация приблизительно на магнитные запад или восток) [1].

Использование центрируемых, рычажных и прижимных приборов может привести к дополнительным технологическим погрешностям, которые выражаются в неточности позиционирования инклинометра в скважине (неколлинеарности осей инклинометра и ствола скважины). Теоретические аспекты данной проблемы рассмотрены в работе [3].

Вращения сборки геофизических приборов встречаются практически исключительно в случае каротажа на кабеле. Данная проблема складывается из влияния центробежных сил на показания акселерометров, а также разброса в пространстве (по визирному углу) данных, относящихся к одному кадру.

В процессе анализа был выявлен перечень основных средств, которые можно использовать в рамках исследуемой темы:

1) немагнитные вставки или немагнитные и/или слабомагнитные приборы в качестве «немагнитных вставок» (увеличения расстояния до бурильной колонны), а также в качестве средств удлинения базы инклинометра;

2) отклонители или центраторы в качестве средств минимизации разности диаметров прибора и скважины, а также диаметра инклинометра и соседних приборов по сборке;

3) гибкие соединительные устройства (СУ) для устранения моментов сил, способных привести к погрешностям установки;

4) головка свободного вращения (ГСВ) как средство снижения интенсивности вращений на кабеле.

В связи с тем что показания инклинометра соответствуют ориентации в пространстве корпуса инклинометра либо (в случае инклинометра в составе сборки геофизических приборов) жесткой части этой сборки, необходимо дать общие рекомендации по длине и центрированию жесткой части сборки:

— ограничение ее длины только длиной инклинометра приводит к высокой чувствительности к кавернам, частицам породы на стенах скважины, а также незначительным изменениям в кривизне оси ствола скважины [3]. Данная рекомендация неактуальна в случае обсаженной скважины;

– использование отклонителей или центраторов; отклонители целесообразно выбирать максимального диаметра, который не создаст помех при каротаже;

– установка в начале жесткой сцепки, включающей инклинометр, СУ для минимизации моментов сил, способных привести к установочным погрешностям и изгибам жесткой сцепки.

После общих рекомендаций можно перейти к конкретным рекомендациям по приведенным выше источникам погрешностей.

***Поле остаточной намагниченности (ПОН) приборов и бурильной колонны.*** Идеальный случай расположения инклинометра – в конце сборки. В случае такого расположения необходимо проверить концевую заглушку, которая должна быть немагнитной. Выше инклинометра желательно располагать немагнитный или слабомагнитный прибор. Стоит помнить: чем короче сборка, тем выше влияние ПОН бурильной колонны [1, 2].

Если ниже инклинометра устанавливается прибор, то его необходимо отделить немагнитной вставкой (или немагнитным прибором) длиной не менее 2,2 м.

***Центрируемые, рычажные и прижимные приборы.*** В случае концевого расположения инклинометра без центраторов или отклонителей, если до него располагается центрируемый прибор, необходимо разделить их СУ. Это позволит инклинометру располагаться на стенке скважины параллельно оси ствола скважины. В противном случае будет наблюдаться снижение зенитного угла. Другой способ решения проблемы – установка на инклинометр центраторов или отклонителей, которые минимизируют неколлинеарность осей инклинометра и располагающегося выше прибора.

В том случае, если требуется расположить инклинометр не в конце сборки, следует располагать его между приборами, имеющими центраторы (либо отклонители одинакового диаметра). Данная мера позволяет исключить систематическую установочную погрешность (снижение зенитного угла).

Если инклинометр располагается между центрируемым и нецентрируемым приборами, необходимо ставить СУ между центрируемым прибором и инклинометром, либо, если это возможно, установить центраторы на инклинометр и на нецентрируемый прибор.

Особо стоит отметить использование в подобных сборках приборов с прижатым расположением в скважине. Данные приборы желательно заключать в СУ, так как они в случае вращения способны привести к наибольшей установочной погрешности не только инклинометра, но и других приборов в сборке. Особенно это актуально в случае больших диаметров скважин.

**Вращение сборки.** В случае использования в сборке центрируемых, рычажных и прижимных приборов целесообразно использовать в верхней части сборки ГСВ, так как она позволит существенно снизить интенсивность вращений. В случае сборки гладких приборов ГСВ обычно не приводит к существенному снижению интенсивности вращений.

## Выводы

Исходя из состава и требований, предъявляемых к другим приборам сборки, следует постараться выполнять следующие рекомендации по компоновке, приводящие к минимизации погрешностей инклинометра:

1. Концевое положение инклинометра. Проверить немагнитность концевой заглушки.
2. Обеспечить достаточное удаление инклинометра от приборов с большим ПОН, а также (в случае автономной аппаратуры) от бурильных труб.
3. Если прибор устанавливается ниже инклинометра, то его необходимо отделить немагнитной вставкой (или немагнитным прибором) длиной не менее 2,2 м.
4. Следует увеличить базу инклинометра путем жесткой сцепки с соседними приборами. Установка в начале жесткой сцепки СУ.
5. По возможности оборудовать жесткую часть сборки центраторами или отклонителями максимального диаметра, которые не создадут сопротивления при каротаже.
6. Согласовать диаметры инклинометра и соседних приборов. Установка на инклинометр отклонителей или центраторов в том случае, если по соседству располагаются приборы с отклонителями или рычажные приборы. Заключение в СУ прижимных приборов.

7. В случае кабельной сборки желательно принятие мер для уменьшения интенсивности вращений – установка ГСВ. Данная рекомендация неактуальна в случае гладких сборок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гринев И. В., Королев А. Б., Ситников В. Н. Влияние остаточной намагниченности бурильной колонны и сборки геофизических приборов на показания инклинометра // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2019. Вып. 4 (298). С. 87–95.
2. Гринев И. В., Королев А. Б., Ситников В. Н. Компенсация влияния поля остаточной намагниченности бурильной колонны и сборки геофизических приборов на показания инклинометра // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2020. Вып. 1 (301). С. 104–111.
3. Козыряцкий Н. Г. Источники погрешностей инклинометрических исследований скважин // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2013. Вып. 3. С. 215–234.

*Рецензент доктор техн. наук, проф. Г. В. Миловзоров*