

УДК 531.746:550.8.01

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

А. О. Романенков
Тверской государственной университет

КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИМИ ИНКЛИНОМЕТРАМИ

С помощью формализации показано, что рассматриваемый комплекс должен включать в себя модели инклинометра, глубиномера, среды (гравитационного и геомагнитного полей), оси ствола скважины и режима эксплуатации инклинометра. Приведенная формальная модель может быть использована при построении математической модели для численных расчетов влияния на точность навигации оси ствола скважины многочисленных погрешностей, встречающихся в инклинометрии.

Ключевые слова: инклинометр, глубиномер, модель, метод Монте-Карло.

Введение

Для оценки погрешностей пространственного положения оси скважины было создано несколько моделей. Первой из широко применяемых можно считать модель Вольфа и де Вардта (WdW) [4], опубликованную в 1981 г. Данная модель учитывала только систематические инструментальные погрешности используемых в то время магнитометрических и гироскопических инклинометров. Модель WdW, претерпевая ряд усовершенствований, активно использовалась на протяжении более чем двух десятилетий.

Параллельно с моделью WdW предлагались к использованию и другие модели [2, 3], которые учитывали не только систематические, но и случайные погрешности. Одна из таких моделей – Industry Steering Committee on Well Bore Survey Accuracy (ISCWSA), разработанная в 1999 г. [3], является наиболее актуальной в настоящее время. Эта модель достаточно полно учитывает погрешности первичных преобразователей магнитометрических и гироскопических инклинометров. Кроме того, как уже говорилось, в данной модели учитываются не только систематические, но и случайные погрешности, а также в ней заложена возможность исключения грубых ошибок измерений.

Руководствуясь опытом разработки и совершенствования магнитометрических инклинометров, на базе ООО «Нефтегазгеофизика» было принято решение создать модель ошибок, аналогичную ISCWSA, однако имеющую некоторые существенные отличия. Во-первых, в предлагаемой модели подразумевается возможность имитации режима эксплуатации, что позволит проводить расчеты для непрерывного режима съемки как кабельного, так и автономного исполнения инклинометра. Во-вторых, планируется возможность расчета не только по аналитическому, но и по статистическому методу (Монте-Карло). Данное решение вызвано наличием большого количества случайных погрешностей, распределенных по разным законам; в ряде случаев интерес представляет не только объем эллипса неопределенности, но и характер распределения в его границах. Кроме того, с использованием метода Монте-Карло возможен расчет средних объемов неопределенности для различных классов траекторий, а также подбор с точки зрения точности и минимизации издержек оптимальных траекторий в заданных пространственных рамках.

В связи с изложенным авторы поставили задачу формализовать и построить схему комплексной модели инклинометрических исследований скважин магнитометрическими инклинометрами, которая бы включала в себя основную часть существенных факторов. Математическая модель, построенная на основе формальной модели, может стать большим подспорьем для выбора направлений совершенствования отечественной инклинометрической аппаратуры, а также повышения точности скважинных измерений.

Формализация комплексной модели

Измерения магнитометрическими инклинометрами могут быть представлены в виде схемы, изображенной на рис. 1. Неотъемлемыми аппаратными средствами подобных измерений как в процессе бурения, так и при скважинных исследованиях являются инклинометр и глубиномер. Работа инклинометра проходит в физической среде, представленной температурным полем, а также гравитационным и геомагнитным полями, по которым проводится геонавигация. При этом известно, что параметры полей непостоянны как по поверхности Земли, так и по глубине исследования. Кроме того, геомагнитное поле испытывает существенные суточные, сезонные колебания и колебания более длительного периода.

