Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова.
1985, т. 105

УДК 622.245.27

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАСС СКВАЖИН НА ЭВМ

Э.Ф.АЛЕКСАНДРОВ, Л.П.ГОРЬКОВ,
Е.И.СЛЕПОВА, Г.К.ЩЕРБАКОВ

Бурение скважин всегда сопровождается в большей или меньшей степени их искривлением, что в одних случаях вызывает отрицательные последствия и требует мер по искусственному искривлению с помощью отклонителей, в других может быть использовано для успешного решения геолого-разведочных задач. Знание основных закономерностей искривлений скважин на месторождении позволяет с помощью направленного бурения осуществлять проходку скважин по заданному или рассчитанному наиболее рациональному профилю.

Изучение общих законов искривления скважин в зависимости от условий бурения [1, 2, 4, 5], анализ накопленного опыта позволяют утверждать, что решение проблемы бурения направленных скважин возможно лишь с системных позиций путем изучения всех основных аспектов проблемы в их взаимосвязи. С этой целью в ПГО «Севзапгеология" была разработана «Система оперативного управления процессом бурения направленных скважин". В качестве основных целей этой системы сформулированы следующие:

1) гарантированная проводка направленных скважин с заданной точностью подсечения полезного ископаемого;

2) снижение затрат трудовых, материальных и финансовых ресурсов на специальные работы по проводке направленных скважин по сравнению с базовым уровнем.

Разработанная система предусматривает оперативное решение ряда последовательных задач:

1) проектирование трасс скважин на основе предварительного математико-статистического анализа закономерностей естественного искривления с учетом реальной необходимости в использовании технических средств направленного бурения;

2) регулярный контроль за состоянием фактических параметров искривления скважин;

3) оперативный и объективный анализ расхождений между фактическими и проектными параметрами искривления скважин и выбор на основе многовариантных расчетов рациональных средств и методов регулирования параметров искривления;

4) собственно регулирование и поверочный контроль результатов регулирования.

Детальное изучение закономерностей естественного искривления скважин требует тщательного математико-статистического анализа большого объема

первичной информации по ранее пробуренным на месторождении скважинам. Квалифицированное и оперативное проведение расчетов при проектировании трасс направленных скважин невозможно осуществить без применения ЭВМ, что, в свою очередь, требует разработки унифицированной методики сбора данных, накопления их на машинных носителях информации, создания алгоритмов автоматизированной обработки информации о естественном искривлении скважин и расчета проектных трасс, бурение по которым осуществлялось бы с минимальными непроизводительными затратами времени и средств на искусственное искривление.

В ПГО «Севзапгеология" разработан программный комплекс, реализующий систему на ЕС ЭВМ. Проектирование трасс скважин осуществляется в результате выполнения следующих друг за другом операций обработки данных инклинометрической съемки. Данные об искривлении скважин заносятся в бланк информационного носителя. Первая строка информационного носителя содержит код месторождения, номер скважины, проектные зенитный и азимутальный углы заложения. Остальные строки содержат данные об искривлении скважины: глубину замера инклинометрии, зенитный угол, азимутальный угол, код горной породы, код искривления, код бурильной колонны, код породоразрушающего инструмента, код колонкового набора. Кодировка качественных признаков производится с помощью классификатора, в котором закодированы технологические признаки, характерные для геолого-разведочного бурения. Классификатор геологических признаков содержит коды горных пород и их комплексов для данного конкретного месторождения. Для того, чтобы отличить интервалы искусственного искривления от интервалов естественного искривления, ставятся соответственно коды I и О.

Подготовленные таким образом данные вводятся с помощью системы управления базами данных и обрабатываются. Для каждого замера инклинометрии рассчитываются приращения зенитного и азимутального углов, значения полного угла и приращения полного угла. Таким образом, банк данных об искривлении скважин представляет собой совокупность записей на магнитной ленте, содержащей значения замеров инклинометрии, приращения углов на интервале и коды геологических и технологических условий бурения на каждом интервале.

Запрос на выборку данных из базы оформляется в виде текста, вводимого в ЭВМ с помощью специального языка, предназначенного для общения с машиной. В нем указывают номера скважин того участка месторождения, на котором изучают их искривление или предполагают проектировать трассу новой скважины, коды интересующих геолого-технологических параметров и интервалов бурения. Так формируется массив или несколько массивов данных, которые явятся входными для математико-статистического анализа исходных данных.

Для каждой выборки, характеризующей переменную, определяется тип распределения, вычисляются оценки параметров и проверяются статистические гипотезы о функции распределения и т.д. Чтобы исключить попадание в изучаемый массив ошибочного замера или случайного выброса значения парамет-

ров, предусмотрена автоматическая чистка массивов данных. Аномальным считается тот замер инклинометрии, который отклоняется от выборочного среднего более чем на заданное число выборочных стандартных отклонений. Результат подготовки массивов выдается в виде таблиц и сообщений.

Массив, состоящий из одной или нескольких выборок данных, является входным для программы, выполняющей регрессионный и корреляционный анализ. В результате работы этой программы выдаются сведения, идентифицирующие выборку данных: номер выборки данных в соответствии с порядком ее следования в тексте запроса на выборку, код месторождения, код бурильной колонны, код колонкового набора, номера скважин и количество замеров в каждой скважине, коды пород и подсчитанное количество замеров, сделанных при бурении в данной горной породе, код типа породоразрушающего инструмента и количество замеров, попавших в выборку при бурении данных типом породоразрушающего инструмента. Гистограмма распределения замеров по глубине показывает количество попавших в выборку замеров по скважинам в каждом диапазоне глубин. Шаг гистограммы принимается равным интервалу замеров инклинометрии.

Эти сведения позволяют оценить информативность выборки, и, если количество данных о каком-либо параметре недостаточно, то следует либо отказаться от учета этого параметра при исследовании искривления скважин, либо дополнить данные путем вовлечения данных по дополнительным скважинам.

Программа рассчитывает параметры искривления и выдает их в виде таблиц, а также графически интерпретирует зависимости естественного искривления скважин: зенитного и азимутального угла от глубины, интенсивности зенитного и азимутального искривления от глубины, интенсивности зенитного и азимутального искривления от зенитного угла, интенсивности зенитного и азимутального искривления от азимутального угла, двухфакторную зависимость интенсивности зенитного и азимутального искривления от зенитного и азимутального углов.

Программа позволяет изображать графики двухфакторных зависимостей как в виде изолиний, так и в виде семейства кривых. Рассчитанные в соответствии с известной методикой [6] доверительные интервалы для зависимостей изображаются совместно с регрессионными зависимостями на графике. Для зависимостей проверяется гипотеза об адекватности модели по критерию Фишера. Результат проверки выдается в виде сообщения.

Уравнения зависимости интенсивности зенитного и азимутального искривления от глубины применяются для расчета трасс скважин. Расчет трасс скважин выполняется в декартовой системе координат с началом в устье скважины. Для расчета трассы требуется задать начальные зенитный и азимутальный углы заложения скважины, координаты центра зоны подсечения, размер зоны по восстанию и простиранию, угол падения в зоне подсечения рудного тела, направление линии геологического разреза. Если рассчитывается двухствольная скважина, то задаются дополнительно глубина отбурки дополнительного ствола, углы отбурки по зениту и геометрические характеристики зоны подсечения для дополнительного ствола.

По уравнениям зависимости интенсивности зенитного и азимутального искривления от глубины рассчитываются зенитные и азимутальные углы в последовательно расположенных по глубине скважины точках, затем методом расчета по радиусу кривизны [3] определяются координаты трассы до заданной глубины. Влияние геолого-технологических факторов учитывается при расчете комбинированного профиля. Для расчета комбинированного профиля используются те зависимости интенсивности зенитного и азимутального искривления, которые выведены для условий, аналогичных тем, в которых будет проходить проектная трасса скважины.

В случае, если заданы координаты зоны подсечения скважиной рудного тела, программа определяет, можно ли вывести скважину в заданную зону, используя только ее естественное искривление.

Результаты расчетов представляются в виде таблицы параметров проектной трассы скважин, в которой для каждого интервала глубины по скважине даны значения зенитного и азимутального углов для проектной трассы и для доверительной области, в которой с заданной вероятностью должна пройти реальная скважина, координаты проектной трассы и доверительных границ.

Программа графического изображения рассчитанной трассы скважины отпечатывает в заданном масштабе проекции трассы на плоскость геологического разреза и на горизонтальную плоскость.

Программа дает возможность сравнивать координаты проектной трассы с координатами скважины, ранее пробуренной на изучаемом участке месторождения или пробуренной вновь. Для этого из базы данных выбирается скважина с заданным номером, ее параметры печатаются в таблицах, а проекции ее изображаются совместно с проекциями проектного профиля.

В 1981-1983 гг. на месторождении „Олений ручей" проводились работы по внедрению методики проектирования направленных скважин с помощью профилей, рассчитанных на основе закономерностей естественного искривления. Из 40 пробуренных скважин 24 (60 %) выполнили геологическое задание и пробурены в пределах геологических допусков ±20 м; 12 (30 %) выполнили геологическое задание с соблюдением геологических допусков категории В и C_1 (шаг 100-150 м по падению), и только 4 (10 %) выполнили геологическое задание частично. Объем искусственного искривления по отношению к проектному сокращен в среднем в 1,3 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев И.С., Душин А.И., Вартыкян В.Г. Вопросы оперативного управления процессом направленного бурения. Экспресс-информация, № 13. М., изд. ВИЭМС, 1978.

2. Душин А.И., Щербаков Г.К. Проектирование трасс направленных скважин на основе анализа закономерностей естественного искривления с использованием ЭВМ. - В кн.: Новые направления в технике и технологии геолого-разведочных работ ПГО „Севзапгеология". М., Изд. Геол. фонда РСФСР, 1983.

3. Крейг Д.Т., Рэндол Б.В. Методы расчета пространственного положения скважин. – Инженер-нефтяник, 1976, № 3.

4. Морозов Ю.Т. Бурение направленных и многоствольных скважин малых диаметров. М., Недра, 1975.

5. Сулакшин С.С., Кривошеев В.В., Рязанов В.И. Методическое руководство по направленному бурению геолого-разведочных скважин. М., Недра, 1978.

6. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. М., Мир, 1973.