

АНАЛИЗ ОТКЛОНЕНИЙ ТРАЕКТОРИЙ СТВОЛОВ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ СКВАЖИН ОТ ИХ ПРОЕКТНЫХ ПРОФИЛЕЙ



Ж.Г. ШАЙХЫМЕЖДЕНОВ*,
доктор технических наук, профессор,
член-корреспондент НИА РК,
<https://orcid.org/0000-0002-2290-1040>

КАЗАХСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИИ И БИЗНЕСА
г. Нур-Султан, район Есиль, ул. Кайым Мухамедханова, здание 37 А.

В работе представлен анализ промысловых материалов по отклонениям от проектных траекторий стволов при проводке наклонно-направленных, горизонтальных скважин (ГС) и скважин по зарезкебоковых стволов с горизонтальным окончанием (ЗБГС) по рассмотренным месторождениям. Результаты показывают на наличие большого количества скважин завершённых бурением с отклонениями от проектного профиля. Приведены факты о не корректном заполнении фактических инклинометрических замеров, а также из-за неясностей в заполненных данных о замерах, профили скважин в ПО «Petrel» загружались без учета поправки направления (ПН), которые привели к смещению забоев многих скважин в моделях по отношению к заданным. Для предотвращения указанных случаев в заключении работы даны соответствующие рекомендации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: профили скважин, горизонтальные скважины (ГС), отклонения от проектного профиля, инклинометрические замеры, ПО «Petrel», поправки направления (ПН), смещение забоев скважин в моделях.

КӨЛДЕНЕҢ ОҚПАҢДАР ЖӘНЕ КӨЛБЕУ БАҒЫТТАЛҒАН ҰҒЫМАЛАРДЫҢ ТРАЕКТОРИЯЛАРЫНЫҢ ЖОБАЛЫҚ ПРОФИЛЬДЕН АУЫТҚУЫН ТАЛДАУ

*Адрес для переписки. E-mail: zhshaikhymezhdenov@mail.ru

Ж.Г. ШАЙХЫМЕЖДЕНОВ*, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰИҒА корп. мүшесі, <https://orcid.org/0000-0002-2290-1040>

КАЗАҚ ТЕХНОЛОГИЯ ЖӘНЕ БИЗНЕС УНИВЕРСИТЕТИ
Нұр-Сұлтан қаласы, Есіл ауданы, Қайым Мухамедханов көшесі, ғимарат 37А

Бұл жұмыста таңдалған бірқатар кен орындары бойынша көлбей бағытта, көлденең (КҰ) және оқпан бүйірінен жарып шығып, көлденең аяқталатын (ЖБКҰ) ұңғыларды қазу кезіндегі ұңғы оқпанының жобалық профилінен ауытқуы туралы өндірістік мәліметтерді талдау нәтижелері берілген. Мұнда бұрғыланған көптеген ұңғылардың жобалық профилінен ауытқу жағдайында аяқталғанды анықталды. Инклинометриялық нақты өлшеу мәндерінің дұрыс толтырылмауынан туындаған белгісіздіктердің салдарынан көптеген ұңғы профилдері ПО «Petrel» аппаратына бағыттау түзетпесінсіз (БТ) енгізілгендігі туралы анық белгілі болды. Яғни моделге салынған қате мәліметтердің әсерінен жобада белгіленген ұңғы түбінің орнынан ығысуы байқалды. Осы жағдайларды болдырмауға бағытталған тиесілі ұсыныстар жұмыстың түйіні түрінде берілген.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: ұңғы профилдері, көлденең ұңғылар, жобаланған профилінен ауытқу, инклинометриялық өлшеулер, бағыттау түзетпелері (БТ), ПО «Petrel», ұңғы түбінің модельдегі ауытқуы.

ANALYSIS OF TRAJECTORY DEVIATIONS OF HORIZONTAL AND DIRECTIONAL WELLS FROM THEIR DESIGN PROFILES

Zh. G. SHAIKHYMEZHENOV*, doctor of technical science, professor of KazUTB, member of National Engineering Academy of RK, <https://orcid.org/0000-0002-2290-1040>

KAZAKH UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND BUSINESS
37A, Kayym Mukhamedkhanov st., Esil district, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

The paper presents an analysis of field materials in deviations from the design trajectories of the boreholes when drilling directional horizontal wells (HW) and sidetracking with horizontal completion wells (SHW) in the considered fields. The results indicate the presence of a large number of completed wells with deviations from the design profile. It has been observed that there is an incorrect filling of actual directional measurements, and also due to ambiguities in the filled-in data on measurements, well profiles in the Petrel software were loaded without directional correction (DC), which led to displacement of the bottom of many wells in the models. To prevent these cases, appropriate recommendations are given.

KEY WORDS: well profiles, horizontal wells (HW), deviations from the design profile, directional measurements, “Petrel” software, direction corrections (DC), well bottomhole displacement in models.

Проводка горизонтальных и наклонно- направленных скважин осуществляются с целью вскрытия продуктивных пластов, где разработка традиционными вертикальными скважинами неэффективна. Встречающиеся при вскрытии осложнения при этом, в основном, заключаются в сохранении заданной траектории ствола скважины до проектной отметки.

Основным критерием оценки горизонтальных и наклонно- направленных скважин, заложенных для дальнейшей разработки вскрытой залежи является завершение строительством скважины, ствол которой проведен до забоя без отклонения от проектной траектории.

Проведенный анализ промысловых материалов проводки наклонно-направленных, горизонтальных скважин (ГС) и скважин по зарезке боковых стволов с горизонтальным окончанием (ЗБГС) по некоторым месторождениям показывает на наличие значительного их количества, завершенных с отклонениями от проектного профиля. Например,

в таблице 1, 2 и рисунок 1. представлены сведения по отклонениям проведенных стволов некоторых скважин от проектных профилей из числа рассматриваемых 126 скважин по месторождениям Жетыбай – 81 ГС, Каламкас – 45 ЗБГС.

Таблица 1 - Отклонение от проектного профиля горизонтальных скважин месторождения Жетыбай

№ скв.	Отклонение от проектного профиля, ГС	
	По вертикали, м	На забое по горизонтали, м
4416	-	53
4468	11	41
4472	4	50
4476	16	29
4477	9	55
4490	14	60
4498	3	70
4519	8	40
4525	20	11
4531	-	40
4544	2	50
4548	12	8

Таблица 2 - Отклонение от проектного профиля при зарезке боковых стволов с горизонтальным окончанием по месторождению Каламкас

№ скв.	Отклонение от проектного профиля, ЗБГС	
	По вертикали, м	На забое по горизонтали, м
122	-	140
2218	-	51
3358	15	24
3386	3	83
3405	4	146
4075	9	67
5031	2	41

Для выяснения причин безуспешности вскрытия продуктивных горизонтов были детально рассмотрены геологические условия проводки горизонтальных скважин. Например, скважина № 4490 пробуренная в 2015 г. по проекту на горизонт Ю-7 проведена в кровельной части пласта. Начальный дебит составил 0,6 т/сут, а дебит на 01.03.2016 составил также 0,6 т/сут. Проницаемость согласно 3Д модели 50-150 мD. Длина горизонтального участка (рисунок 2) составляет 200 м.

Высокая глинистость коллекторов, вскрытых в рассматриваемом интервале объясняют причину отсутствия промышленного притока. Аналогичные картины наблюдаются по многим рассмотренным скважинам, то есть отклонение траектории ствола от цели (или некорректное попадание в цель).

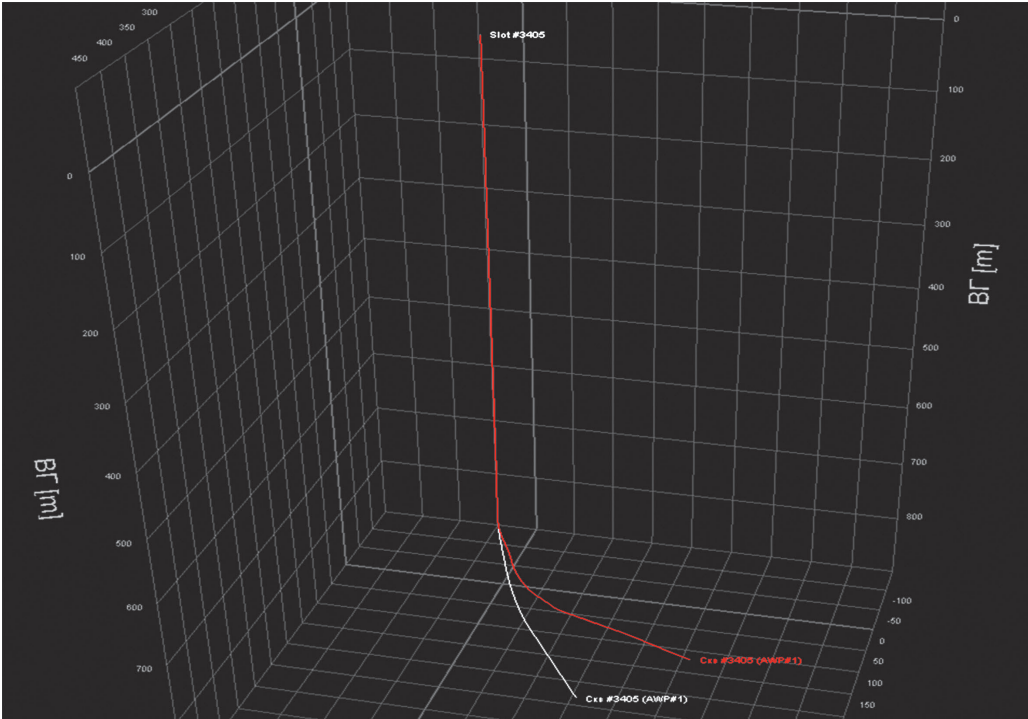


Рисунок 1 - Скважина № 3405 ЗБГС - Каламкас, расхождение от проектного профиля на забое равно 146 м

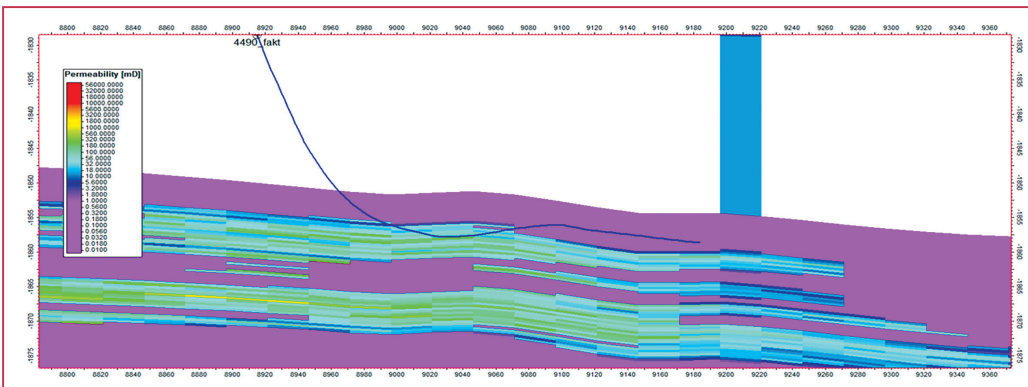


Рисунок 2 - Куб проницаемости. Фактический ствол скважины № 4490 в 3Д модели

При проведении анализа инклинометрических данных, представленных геофизическими компаниями и загруженных в ПО профилей скважин, были выявлены ошибки, которые привели к отклонениям траекторий от заданных профилей. Например, наблюдались отклонения при загрузке данных в ПО Petrel и выявлены неточности предоставленных данных по инклинометрическим замерам от геофизических компаний АО УПГФ по месторождениям Узень, Карамандыбас, Жетыбай, ТОО TechnoTradingLtd по месторождению Каламкас и т.д.

Для выяснения указанных причин по отклонению фактических профилей от проектных были также проанализированы промысловые материалы по более 300 скважинам, пробуренных на месторождениях Узень и Карамандыбас в 2011-2017 годах. Для примера по анализу приняты данные инклинометрических замеров и профилей скважин, загруженных в ПО Petrel некоторых скважин по месторождениям Карамандыбас, Узень, Қаламқас.

Как видно из *таблицы 3*, данные инклинометрии по скважине № 4592 Узень, замеренные АО УПГФ через магнитометрический инклинометр, содержат в себе магнитные азимуты, а в третьей колонке не указан, какой именно азимут (истинный, магнитный, дирекционный угол). В третьей колонке должен быть указан магнитный азимут.

И в итоге такие данные грузятся (*таблица 4*) в модели без поправок направления (ПН), что составляет примерно 6 градусов на рассматриваемые даты проведения замеров. Для того чтобы избежать путаницу, необходимо угол склонения называть поправкой направления или отклонением магнитной стрелки.

Таблица 3 - Инклинометрические измерения АО УПГФ по скважине № 4592

Заказчик: ТОО «Бургылау»

Скважина №4592 площадь: Узень

Диаметр скважины: 0.216 м. Глубина башмака: 225.0 м.

Угол склонения: 6.00 градусы минуты. Альтитуда: 95.91 м. Забой: 1188.2 м.

Исполнитель: АО «УПГФ»

№	Интервал, кол. точек и дата исследования	Тип и номер прибора, дата проверки	Хар-ка ствола замера			
			Ствол	ЛБТ ТБПВ УБТ		
1	0 – 156 (17т)	ИММН-60 №584	откр. ствол	0	0	0
2	100 – 650 (53т)	ИММН-60 №377	через бур/инструмент	0	0	0
3	100 – 560 (47т)	ИММН-60 №377	откр. ствол	0	0	0
4	500 – 800 (31т)	ИММН-60 №583	откр. ствол	0	0	0
5	750 – 975 (24т)	ИММН-60 №583	откр. ствол	0	0	0
6	500 – 1188 (70т)	ИММН-60 №584	откр. ствол	0	0	0

Magnetic Azimuth

Глубина м	Угол градусы	Азимут градусы	Удлинен м	Абс отметка м	Верг глубина м	Смещение м	Дир. Угл смещени градусы	+ сервер - юг, м	+восток -запад, м	Интен. Градусы/10 м
0.0	0.00		0.00	95.91	0.00					
10.0	0.68		0.00	85.91	10.00					
30.0	0.44		0.00	75.91	20.00					
		193.92								
		288.41								
		300.41								
		308.21								
		311.98								
		261.49								
		358.22								
		310.38								
130.0	0.28	104.95	0.01	-34.08	129.99	0.7	313.95	0.5	-0.5	0.49

Таблица 4 - Загрузка инклинометрических измерений по скважине № 4592 в ПО «Petrel»
WELL TRACE PETREL

- WELL TRACE FROM PETREL
 - WELL NAME: 4592
 - WELL HEAD X-COORDINATE: 39586.20000000 (m)
 - WELL HEAD Y-COORDINATE: 84870.81000000(m)
 - WELL KB: 95.91000000 (m)
 - WELL TYPE: unknown
 - MD AND TVD ARE REFERENCED (-0) AT KB AND INCREASE DOWNWARDS
 - ANGLES ARE GIVEN IN DEGREES
 - XYZ TRACE IS GIVEN IN COORDINATE SYSTEM Null
 - AZIMUTH REFERNCE UNDEFINED
 - DX DYARE GIVEN IN GRID NORTH IN m-UNITS
 - DEPTH (Z, TVD) GIVEN IN m-UNITS
- Grid Azimuth

MD	X	Y	Z	TVD	DX	DY	AZIM	INCL	DLS
0.000000000	39586.200000	84870.810000	95.910000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
30.000000000	39586.190763	84870.999620	65.911037727	29.998962273	-0.009237274	0.1896198363	193.92000000	0.4400000000	3.1572442055
							288.41000000 300.41000000 308.21000000 311.98000000 261.49000000 358.22000000 310.38000000		
130.000000000	39585.624584	84871.417051	-34.08553727	129.99553727	-0.575415659	0.6070511366	104.95000000	0.2800000000	2.4354708195

По данным *таблицы 4* видно, как в ПО PETREL загрузили дирекционные углы в значениях магнитного азимута, хотя разница между ними должна быть равной 6,06 градусам.

Необходимо было загружать данные в ПО PETREL, с учетом поправки направления (ПН): $(\text{GridAzimuth}) = (\text{MagneticAzimuth}) + 6.06$

Например: $\text{GridAzim}(30\text{m}) = \text{MagneticAzim}(30\text{m}) + 6.06 = 193.92 + 6.06 = 199.98$

Инженерами АО УПГФ на скважине № 657 Карамандыбас (*таблица 5*) допущена грубейшая ошибка, прописывая угол склонения равным нулю, и не учитывая углы сближения меридианов между истинным севером и севером сетки. Угол склонения не может быть равным нулю в данной точке, так как магнитное склонение равно 7,18 градусов, а ПН = 6,06 градусов. Необходимо было указать угол сближения меридианов: $7,18 - 6,06 = 1,12$ градусов. приравняться дирекционным углам (0 м, 3 и 8 колонки). Так, в третьей колонке указаны при «0м» истинные азимуты, поэтому они не должны быть равным дирекционным углам (3 и 8 колонки).

Аналогично по скважине № 4592 – Узень супервайзеры также некорректно заполнили данные по инклинометрии, дублируя ошибки заполнения геофизиков, не указывая какие именно азимуты заполняются. То есть, как ранее было отмечено, необходимо было написать, что это магнитные азимуты. Тем самым, эти ошибки могут привести к столкновениям при ЗБС, бурении горизонтальных и наклонно-на-

Таблица 5 - Ошибки операторов при заполнении данных инклинометрических измерений по скважине №657

Заказчик: НГДУ-4, ППД-4

Скважина № 657, площадь: Карамандыбас

Диаметр скважины: 0.216 м. Глубина башмака кондуктора: 592.2 м.

Существующие интервалы перфорации: 1359-1360 1363-1368

Угол склонения: 0,00 градусы' минуты.

Альтитуда: 215,05 м. Забой по заявке: 1440 м.

Доход прибора: 1435 м.

Инженер КИП: Ф.И.О.

№	Интервал, кол. точек и дата исследования	Тип и номер прибора, дата проверки	Хар-ка ствола замера			
			Ствол	ЛБТ	ТБПВ	УБТ
1	0.0-1435 0-1434	ИГН-73 №109	в колонне	0	0	0

Глубина м	Угол градусы	Азимут градусы	Удлинен м	Абс отметка м	Верт глубина м	Смещение м	Дир. Угл смещени градусы	+ сервер - юг, м	+восток -запад, м	Интенс. Градусы/10м
0.0	0.00	203.15	0.00	215.05	0.00	0.0	203.15	0.0	0.0	0.00
10.0	0.09	222.15	0.00	205.05	10.0	0.0	223.02	-0.0	-0.0	0.16
140.0	0.24	144.86	0.00	75.05	140.00	0.3	193.70	-0.03	-0.1	0.07

правленных стволов скважин, отклонениям при составлении 3D геологических и гидродинамических моделей.

В рассмотренных материалах инклинометрических замеров по месторождениям АО ММГ по скважине № 40 Алатобе также ошибочно не указываются принадлежность азимутов с учетом того, что замеры производились магнитометрическими инклинометрами. По материалам скважин № 760 Асар, №2729 Каламкас видно, что после замеров магнитометрическими инклинометрами, представленных от ТОО Technotrading Ltd инклинометрии столбик «Азимут» содержит именно «Магнитные азимуты», но в ПО Petrel эти данные вводятся как дирекционные углы.

При большом количестве профилей наклонно-направленных и горизонтальных скважин, как на рассмотренных месторождениях загрузка данных инклинометрии вводится без учета поправки направления (ПН), что является критичным и может привести к большим отклонениям от фактического расположения профиля скважин. В этих случаях необходимо строго проверять исходные и загруженные параметры инклинометрических данных.

Следует также отметить, что в ПО Petrel есть возможность указать истинные азимуты или дирекционные углы в инклинометрии скважины. Если указаны истинные азимуты, то учитывая систему координат и координаты устья скважины, программа автоматически высчитывает угол сближения меридианов и конвертирует истинные азимуты в дирекционные углы, то есть построение траекторий выполняется только в дирекционных углах.

Но так как во многих моделях месторождений ДЗО КМГ система координат «Undefined» (Неопределенная), что подразумевает в большинстве случаев условную систему координат СК66-геологическую, то необходимо загружать инклинометрию

только (!) в дирекционных углах, так как программа не сможет корректно определить угол сближения меридианов в данной точке.

Таким образом, по рассмотренным месторождениям имеются большое количество, например, только по месторождениям Каламкас и Жетыбай по пробуренным 170 скважинам 88 (49 скв. Жетыбай и 39 скв. Каламкас), что составляет 52%, оказались, завершёнными с существенными отклонениями от проектного профиля, а также по одной скважине в техническом проекте отсутствует даже профиль (№5747 Каламкас).

Отклонения от проектного профиля связано, в основном, кроме геологических причин и отсутствием геофизической информации в процессе бурения (LWD), от ошибочно представленных значений инклинометрических замеров, которые при составлении геологической модели загружались в ПО «Petrel» без внесения соответствующих поправок.

Таким образом, из рассмотренных выше материалов можно сделать следующие выводы:

1. Определено, что по месторождениям наблюдается наличие большого количества завершённых скважин с отклонениями от проектных профилей, которые приводят к значительным экономическим затратам, тем самым к снижению рентабельности предприятий.

2. Анализ, проведенный по инклинометрическим данным, представленных геофизическими компаниями и загруженных в ПО «Petrel» профилей скважин, показал на некорректные заполнения фактических замеров, которые привели к указанным выше отклонениям траекторий от заданных профилей.

3. Выявлены факты того, что из-за неясностей в заполненных данных об инклинометрических замерах, профили скважин в ПО Petrel загружались без поправки направления (ПН), например, на месторождениях Узень и Карамандыбас, равной 6 градусам. В итоге произошли смещения забоев многих скважин в моделях по отношению к заданным.

4. Определено, что не существует единой формы заполнения данных по инклинометрическим замерам, обеспечивающие надлежащие взаимодействия по отчетности по ним между заказчиками, геофизическими компаниями, проектировщиками и подрядчиками.

С целью недопущения вышеописанных ошибок и неточностей при заполнении инклинометрических замеров, нами предлагается следующее:

1. Геофизическим компаниям при предоставлении материалов Проектировщикам и Заказчикам инклинометрических данных следует:

- указывать принадлежность азимутов к дирекционным углам или к истинным;
- предоставлять технические характеристики используемых инклинометров для учета погрешностей приборов после загрузки инклинометрии в ПО и построения «Эллипса неопределенности» положения ствола скважины;
- указывать магнитное склонение, угол сближения меридианов, а также поправка направления (ПН).

2. Обязательно, чтобы Проектанты перед загрузкой в ПО данные инклинометрии (азимуты) переводили в дирекционные углы.


3. Использовать в практике предлагаемые «Единые формы заполнения инклинометрических замеров» (таблицы 6,7). 

Таблица 6 - Форма заполнения инклинометрических замеров когда не используются условные системы координат

Заказчик				Система координат/зона		
Подрядчик				Широта/Долгота, град		
Месторождение				Координаты Y(C/Ю), X(B/З), м		
Скважина				Метод расчета профиля		минимальной кривизны и т.д.
Ствол скважины				Сближение меридианов, град		
Альтитуда стола ротора, м				Поправка направления, град		
Альтитуда поверхности земли, м				Магнитное склонение, град		
Конструкция скважины				324x9,5-30 м, 245x8,9Д-600 м, 168x8,9Е-1310 м (Пример)		

Дата отчета	Дата замера	Интервал замеров, м	Диаметр скважины, м	Состояние ствола	Тип прибора	Ориентация на север
		0-500 (Пример)		открытый, обсаженный	ИММН-60 (Пример)	магнитный север, истинный север
		500-1200 (Пример)		открытый, обсаженный	ИММН-60 (Пример)	магнитный север, истинный север

Глубина по стволу, м	Зенитный угол, град	Магнитный азимут, град	Истинный азимут, град	Дирекционный угол, град	Абсолютная глубина, м	Вертикальная глубина, м	Смещение, м	Дирекционный угол смещения, град	+Север -Юг, м	+Восток -Запад, м	Интенсивность искривления, град/10 м

Примечание: Прикрепляются основные технические характеристики используемых инклинометров

Данная форма заполняется если не используются условные системы координат.

Таблица 7 - Форма заполнения инклинометрических замеров, когда используются условные системы координат

Заказчик				Система координат/зона		
Подрядчик				Широта/Долгота, град		
Месторождение				Координаты Y(C/Ю), X(B/З), м		
Скважина				Метод расчета профиля		минимальной кривизны и т.д.
Ствол скважины				Сближение меридианов, град		
Альтитуда стола ротора, м				Поправка направления, град		
Альтитуда поверхности земли, м				Магнитное склонение, град		
Конструкция скважины	324x9,5-30 м; 245x8,9Д-600 м; 168x8,9Е-1310 м (Пример)			Угол разворота условных систем координат, град		если используется

Дата отчета	Дата замера	Интервал замеров, м	Диаметр скважины, м	Состояние ствола	Тип и номер прибора	Ориентация на север
		0-500 (Пример)		открытый, обсаженный	ИММН-60 (Пример)	магнитный север, истинный север
		500-1200 (Пример)		открытый, обсаженный	ИММН-60 (Пример)	магнитный север, истинный север

Глубина по стволу, м	Зенитный угол, град	Магнитный азимут, град	Истинный азимут, град	Дирекционный угол, град	Дирекционный угол в услов. системе координат, град	Абсолютная глубина, м	Вертикальная глубина, м	Смещение, м	Дирекционный угол смещения, град	+Север -Юг, м	+Восток -Запад, м	Интенсивность искривления, град/10 м
					если используется							

Примечание: Прикрепляются основные технические характеристики используемых инклинометров

Данная форма заполняется если используются условные системы координат.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Материалы по отчетам департамента «Технологии бурения и капремонта скважин» ТОО НИИ «ТД и Б» «Казмунайгаз» за 2015 -2017 гг.
- 2 Исаченко В.Х. Инклинометрия скважин. – М.: Недра, 1987. – С. 216. [V.H. Issachenko. Inklinometriya skvazhin. – М.: Nedra, 1987. – P. 216].
- 3 Кульчинский В.В., Григашкин Г.А., Ларионов А.С., Щebetов А.В. Геонавигация скважин. – М.: МаксПресс, 2008. – С. 312. [V.V. Kulchinskii, G.A. Grigashin, A.S. Larionov, A.V. Shebeov. Geonaviniaciya skvazhin. –M.: MaksPress, 2008. – P. 312].
- 4 Калинин А.Г., Никитин Б.А.,Солодский К.М., Султанов Б.З. Бурение наклонных и горизонтальных скважин. – М.: Недра, 1997. – С. 648. [A.G. Kalinin, B.A. Nikitin, K.M. Solodskii, B.Z. Sultanov. Burenie naklonnyh i gorizontaľnyh skvazhin. – М.: Nedra, 1997. – P. 648].
- 5 Акбулатов Т.О., Левинсон Л.М., Салихов Р.Г., Янгиров Ф.Н. Расчеты при бурении наклонных и горизонтальных скважин. Учебное пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2005. [T.O. Akbulatov, L.M. Levinson, R.G. Salihov, F.N. Yangirov. Raschety pri burenii naklonnyh i gorizontaľnyh skvazhin./ Uchebnoe posobie. – Ufa: Izdatel'stvo UGNTU, 2005.]

- 6 Калинин. А.Г., Кульчицкий В.В. Естественное и искусственное искривление скважин. Учебное пособие для вузов. – Москва-Ижевск, 2006. – С. 640 [A.G. Kalinin, V.V. Kul'chickii. Estestvennoe i iskustvennoe iskrivlenie skvazhin / Uchebnoe posobie dlya vuzov. – Moskva-Izhevsk, 2006. – P. 640]
- 7 Доровских И.В., В.В. Живаева., С.В. Воробьев. Построение проектного и фактического профилей скважины. Методические указания. Самарский Государственный Университет, 2010. – С. 50. [I.V. Dorohovskih, V.V. Zhivayeva, S.V. Voroby'ev. Postroenie proektnogo i fakticheskogo profilei skvazhini./ Metodicheskie ukazaniya. Samarskii Gosudarstevnniy Universitet, 2010. – P.50].
- 8 Hean Ed. How operators can improve performance of measurement while drilling systems// Oil and Gas. 1984. - vol. 82. - № 44. - P. 80-81, 84.
- 9 Кульчицкий В.В. Геонавигационные технологии проводки наклонно-направленных и горизонтальных скважин.: ВНИИОЭНГ, 2000. – С. 351 [V.V. Kul'chickii. Geonavigacionnye tehnologii provodki naklonno-napravlennyh i gorizontal'nyh skvazhin. / VNIIOENG, 2000. – P. 351]