Записки Санкт-Петербургского горного института.
Т. 136. СПб, 1993

УДК 622.243.24

Ю.Б.СИНАЙ
(Санкт-Петербургский горный ин-т)
В.Х.САМИГУЛИН
(БашНИПИнефть)

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАПРАВЛЕННЫХ СКВАЖИН БОЛЬШОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ

Возможность надежного бурения горизонтальных направленных скважин большой протяженности часто предопределяет выбор новых эффективных технологий в различных отраслях промышленности. Горизонтальные направленные скважины в последние годы стали все чаще использовать в системах разработки нефти и газа, в схемах подземной газификации угля, для прокладки внутригородских коммуникаций, при горно-спасательных работах и для других целей. Тем не менее при бурении наклонно-горизонтальных скважин (НГС) с поверхности земли и горизонтальных (ГС) подземных скважин протяженности горизонтальных стволов продолжают оставаться небольшими (100-300 м), точность вывода забоя направленной скважины в заданную точку пространства невелика, отклонение от цели может составить десятки метров.

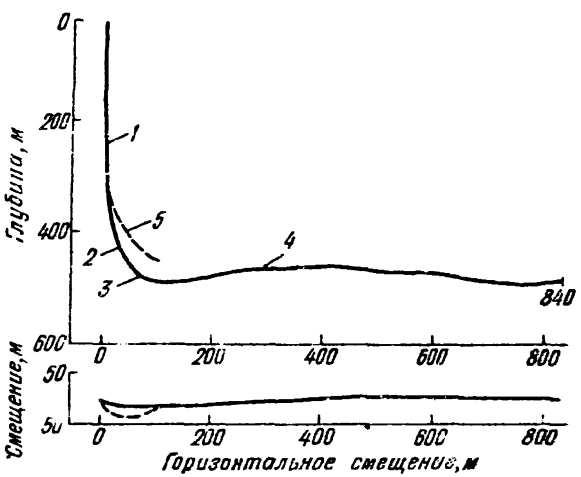


Рис.1. Профиль и план наклонно-горизонтальной скважины № 1ЭС
1 - вертикальный участок; 2 - участок набора зенитного угла до 8°; 3 - участок резкого набора зенитного угла; 4 - горизонтальный участок; 5 - участок с радиусом искривления 45 м, впоследствии зацементированный

Для отработки техники и технологии направленного бурения горизонтальных стволов большой протяженности по заданию Ленинградского горного института и при его непосредственном участии в 1988-1989 гг. были пробурены наклонно-горизонтальные скважины в Башкирии. Работы выполнялись Уфимским управлением буровых работ, методическое и техническое обеспечение бурения осуществлялось ЛГИ, БашНИПИнефть и ВНИИБТ. Наклонно-горизонтальные скважины бурились с помощью буровой установки БУ 2500ЭП, оснащенной комплексом внутрискважинного и наземного оборудования для электробурения.

Программа бурения скважины 13С ставила задачу определения минимально допустимого радиуса участка набора кривизны и максимально возможную протяженность горизонтального ствола. Для управления траекторией ствола скважины ниже башмака промежуточной колонны использовали специальный инструмент: отклонитель шарнирный, упругие центраторы и децентраторы, муфты-калибраторы и муфты шарнирные. Направление действия отклонителя и параметры траектории ствола скважины в процессе бурения контролировались стандартной телеметрической системой СТЭ-164 и макетным образцом телесистемы "Пилот" Уфимского авиационного института.

Профиль скважины 13С в Башкирии состоит из четырех участков (рис.1): вертикальный участок; участок набора зенитного угла до 8^{0}; участок резкого набора зенитного угла $11-12^{0}$ на каждые 10 м с выходом на горизонталь; горизонтальный участок; пятый участок с радиусом искривления 45 м впоследствии зацементирован.

Основной диаметр бурения 215,9 мм. На начальной стадии бурения скважины радиус участка набора кривизны первого ствола составил 45 м. Дальнейшее бурение скважины в горизонтальном направлении продолжено не было в связи с трудностями в проводке телесистемы через резко искривленный участок. Первый экспериментальный ствол скважины был частично зацементирован и пробурен с радиусом искривления 70 м. После выхода ствола скважины в горизонтальное положение управление траекторией скважины продолжено различными неориентируемыми компоновками с использованием короткого винтового двигателя ДУ-172 и редукторного электробура ЭР-164. Угол наклона горизонтального участка изменялся от 82 до 101^{0}, а зенитный угол - от 44 до 81^{0}. В процессе бурения параметры траектории ствола скважины постоянно контролировались инклинометром ИКЛ-721, опускаемым в контейнере на бурильных трубах с кабельными секциями токопровода.

При забое на глубине 1265 м ствол вышел за пределы продуктивного горизонта, поэтому дальнейшее бурение прекращено. Длина горизонтального ствола составила 735 м, что является рекордом для России. Последующее бурение экспериментальных скважин № 33С и № 43С успешно выполнялось при участии сотрудников БашНИПИнефть[x]

В процессе бурения трех НГС освоены, по крайней мере, две технологии бурения горизонтальных скважин по заданной траектории с использованием забойных компоновок на базе серийно выпускаемых электробуров, винтовых двигателей, телесистем типа СТЭ и других технических средств. В то же время определились вопросы, которые трудно решить при бурении НГС, например: сложности при управлении пространственным положением горизонтального ствола, создания необходимой нагрузки на долото, точного определения координат забоя скважины и т.д.

---

[x] Р.Ф.Кагарманов, В.Х.Самигулин, В.И.Халявкин. Опыт горизонтального бурения в Башкирии // ВНИИОЭНГ. М., 1990. Вып.10.

Основные показатели, полученные при бурении НГС, приведены ниже:

	№ 1 ЭС	№ 3 ЭС	№ 4 ЭС
Глубина скважины по стволу, м	1265	1253	1271
Отклонение забоя от вертикали,	840	780	810
Средняя глубина прокладки горизонтального ствола, м	470	555	585
Длина горизонтального участка, м	735		605
Скорость бурения м/мес.	390	750	590
Стоимость строительства, тыс.руб.	714	213	430

Параллельно с работами в Башкирии С-ПГИ в подземных условиях ПО «Эстонсланец" организован опытный экспериментальный участок для ния некоторых технологических и технических задач, связанных с проведением направленных горизонтальных скважин (ГС). Основные вопросы, решаемые в 1989-1990 гг.: отработка методов, технических средств и технологии направленного (управляемого) бурения горизонтальных скважин протяженностью до 1000 м диаметром 200-300 мм; проведение в процессе бурения скважин исследований и испытаний отдельных узлов и конструкций бурового стенда, разработанного С-ПГИ; испытание серийной и новой телеметрической аппаратуры, обеспечивающей контроль процесса управления пространственным положением горизонтальных скважин при бурении.

Опытно-экспериментальный буровой участок организован в подземных условиях шах „Сомпа" (рис.2). Все работы по монтаж бурового оборудования в буровой камере были проведены с участием представителей БашНИПИ дуть и ПО «Башнефть".

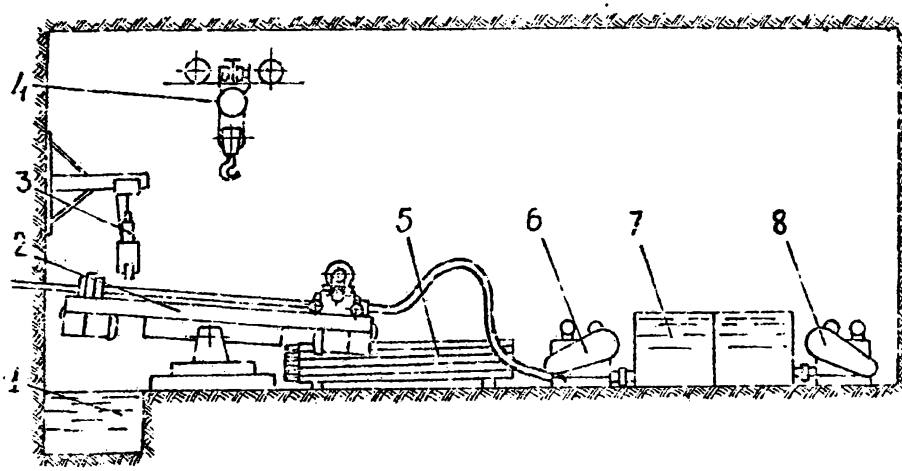


Рис.2. Подземная камера для бурения горизонтальных направленных скважин
1 шламовый амбар; 2 - экспериментальная буровая установка; 3 - подвесной пневматический ключ ПБК-4; 4 - кран-балка; 5 - стеллаж для бурильных труб; 6 - насос буровой БРН-1; 7 - приемная емкость; 8 - насос буровой БРН-1

Геологический разрез представляет собой переслаивание согласно залегающих пропластков с коэффициентом крепости по шкале М.М.Протодьяконова от 2 до 6. Все экспериментальные скважины бурились сквозными - с выходом забоя в один из штреков шахты для маркшейдерского контроля проводимых клинометрических и телеметрических измерений траектории скважины. Применялся бурильный инструмент нефтяного стандарта: шарошечные долота диаметром 215,9 мм, винтовые забойные двигатели ДУ-172 (длина 2,6 м) и Д1-195 (длина 7,7 м) и легкосплавные бурильные трубы диаметром 129 мм со встроенными стандартными кабельными секциями, использованными нами для телеметрии. Для определения пространственного положения ствола скважины и управления траекторией движения долота использовались две телеметрические системы с магнитными датчиками азимута: серийная типа СТЭ-185 и макетный образец экспериментальной телесистемы „Пилот".

При бурении двух скважин были проведены исследования эффективности работы неориентируемых и ориентируемых забойных компоновок. На буровом стенде выдерживались следующие параметры режимов бурения: осевая нагрузка на инструмент 80-95 кН, расход промывочной жидкости (техническая вода) 25-30 л/с, частота вращения вала двигателя 80-90 об/мин.

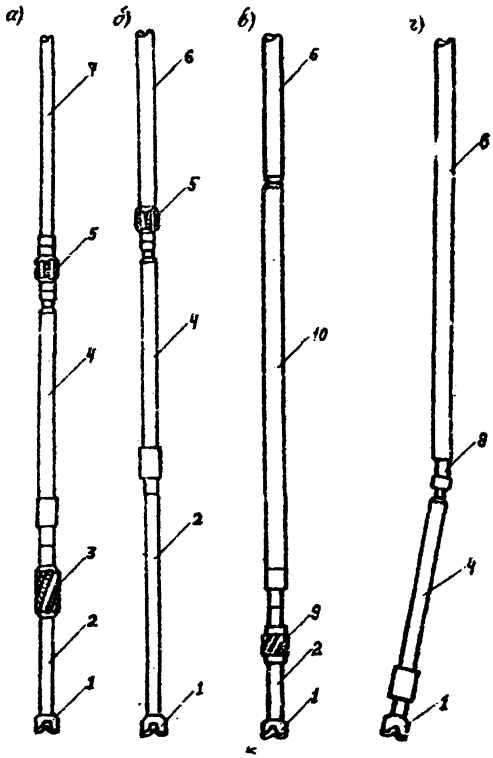


Рис.3. Забойные компоновки
1 - долото 215,9 мм; 2 - удлинитель 148 мм; 3 - калибратор 10КСИ 215,9 СТК; 4 - объемный двигатель ДУ-172; 5 - стабилизатор СЛУ5-213; 6 - телесистема СТЭ-185; 7 - бурильная труба; 8 - кривой переводник; 9 - стабилизатор СН 214; 10 - объемный двигатель Д1-195

Бурение первой горизонтальной скважины начато стабилизирующей неориентируемой забойной компоновкой I: долото шарошечное III 215,9; ТЗ-ГН; удлинитель I м; калибратор 10КСИ 215,9 СТК; ДУ-172; стабилизатор СЛУ5-213 (рис.3,а). Проходка первого интервала 0-295 м показала, что стабилизация ствола отсутствует - непрерывно возрастал зенитный угол со средней интенсивностью $1,3^0$ на 100 м и менялся азимут с интенсивностью $1,2^0$ на 100 м. По телеметрическим данным забой на глубине 295 м поднялся на 15 м выше устья скважины. Для спуска ствола скважины вниз была собрана неориентируемая забойная компоновка 2: долото III 215,9; ТЗ-ГНЗ; удлинитель 2,2 м; ДУ-172; стабилизатор СЛУ5-213; телесистема СТЭ-185 (рис.3,б). Компоновкой пройден ин-

тервал 295-362 м. Достигнута значительная интенсивность снижения зенитного угла: 10,9° на 100 м, но парировать нарастающее правое отклонение не удалось. Поэтому следующий интервал 362-566 м бурился ориентируемой забойной компоновкой 4: долото Ш 215,9;ТЗ-ГН; ДУ-172; кривой переводник 1,4°; телесистема СТЭ-185 (рис.3,г). Необходимая интенсивность изменения зенитного угла и азимута достигалась фиксацией или плавным изменением плоскости действия отклонителя в расчетном секторе. С глубины 407 м в ориентируемой компоновке 4 телесистема СТЭ была заменена более точной телесистемой „Г

На основании телеметрических данных получена траектория скважины на ПЭВМ рассчитана и построена прогнозная траектория для вывода забоя скв жин в заданную точку (вентиляционный штрек высотой 2,5 м).

Дальнейшее бурени проводилось с постоянным контролем соответствия етров фактической траектории скважи прогнозной траектории и вводилась корректировка плавны менением плоскости действия отклонителя (доворотом) по часовой стрелке бурильной колонны на 20-30°. При глубине сква-566 м долото вышло с отклонениями от прогнозируемой точки по вертика-2 м, а по горизонтали 8 м (рис.4).

Вторая горизонтальная скважина была забурена неориентируемой компоновкой 3: долото Ш 215,9; ТЗ-ГН; удлинитель 0,7 м; стабилизатор СН 214; ДГ-195; СТЭ-185 (см. рис.3,в). Включение в компоновку тяжелого и мощного двигателя диаметром 195 мм привело к быстрому опусканию скважины вниз из-за малой прочности пород, снижение зенитного угла составило 5° на 100 м. Вывод ствола заданную точку осуществлялся ориентируемой компоновкой 4

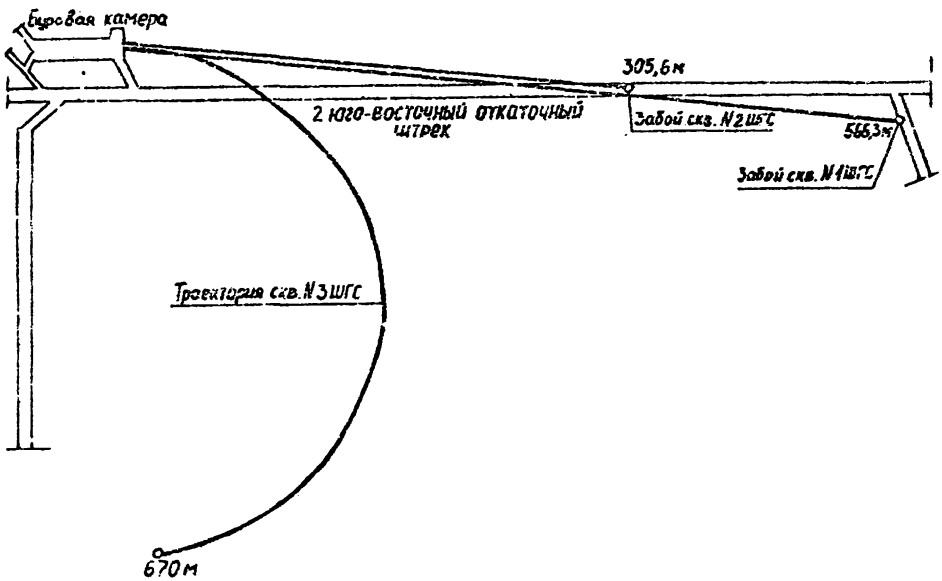


Рис.4. Горизонтальные подземные скважины № 1 ШГС, № 2 ШГС и № 3 ШГС

на базе ДУ-172. Скважина протяженностью 305 м вышла в откаточный штрек с отклонением по вертикали I м, а по горизонтали 5 м.

Третья подземная скважина завершила серию экспериментов и была запроектирована с целью выявления возможности проведения горизонтального ствола по сложной траектории. Программой работ ставилась задача развернуть в процессе бурения ствол скважины на 180^0, т.е. трасса скважины в горизонтальной плоскости должна составлять полуокружность. Бурение скважины 3 ШГС осуществлялось ориентируемой забойной компоновкой, состоящей из шарошечного долота диаметром 215,9 мм, калибратора КСП 215,9, укороченного ДУ-172, кривого переводника 2^0 и телесистемы СТЭ-185. Управление зенитным углом азимутом скважины осуществлялось, как обычно, путем изменения угла установки отклонителя. Азимут скважины от устья до забоя изменился от 335 до 170^0, зенитный угол менялся от 8I до 95^0. Протяженность скважины по стволу составила 670 м.

Как и планировалось, скважина выполнена в виде полуокружности (рис.4). Средний диаметр закругления образовавшейся скважины составил 203,5 м. На глубине около 550 м был допущен резкий перегиб ствола в вертикальной плоскости, после чего сильно возросли усилия на подачу и извлечение инструмента, которые достигали 300 кН. В процессе бурения механическая скорость изменялась в диапазоне 5-I5 м/ч, осевая нагрузка составляла I50-300 кН, скважина промывалась технической водой при расходе 27,2 л/с.

Основные показатели по трем подземным горизонтальным скважинам приведены ниже:

	№ 1 ШГС	№ 2 ШГС	№ 3 ШГС
Длина скважины по стволу, м	566,3	305,6	670,0
Диаметр ствола скважины, мм	215,9	215,9	215,9
Изменения зенитного угла, град.	69-108	80-113	83-105
Изменение азимута, град.	312-335	310-318	335-170
Максимальная интенсивность искривления, град./10 м	3,5	3,3	3,0
Средняя механическая скорость бурения, м/ч	9,8	8,0	6,2
Забойные двигатели	ДУ-172	Д1-195	ДУ-172
Телеметрические системы	СТЭ-185, „Пилот"	СТЭ-185	СТЭ-185

Выводы

I. При использовании серийного оборудования и инструмента освоена технология проведения наклонно-горизонтальных скважин, обладающих параметрами, трудновыполнимыми в традиционной практике бурения. При небольших глубинах прокладки горизонтальных стволов (от 470 м до 565 м), достигнуты весьма значительные отклонения забоев скважин от вертикали - от 780 м до 840 м.

2. Опыт бурения подземных направленных скважин позволяет утверждать, что в основном отработана технология управляемого бурения горизонтальных

кважин протяженностью до 600 м, как прямых, так и со сложной траектори
пробуренных скважин не имеют аналогов в отечественной практике бу-
скважина I ТГС, пробуренная диаметром 215,9 мм, имеет длину
выведена в заданную точку с точностью I м по вертикали и 8 м по
изонта. траектория скважины № 3 ТГС выполнена в виде полуокружности
(в плане), имеет длину по стволу 670 м и средний радиус кривизны 203,5 м.