

УДК 622.241:831.325

В. А. Турчин, В. Л. Шевелев, А. И. Загорскис, И. Д. Сагайдак,
В. И. Пилипец, канд. техн. наук

*Компания «Донецксталь», Донецк, Украина
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Украина*

Скоростное бурение технических скважин большого диаметра

Разработан способ фазного бурения технических скважин большого диаметра различного назначения. В отличие от существующих, разработанная технология позволяет осуществлять бурение технических скважин, диаметр которых значительно больше, чем это предусмотрено технической характеристикой бурового комплекса, увеличить механическую скорость фазного бурения технических скважин в 2–3 раза, по сравнению с бурением аналогичных скважин по общепринятой технологии, снизить на 30% затраты на бурение при фазном способе с использованием винтовых забойных двигателей, по сравнению с бурением роторным способом, сократить сроки сооружения скважин в три раза по сравнению с другими подрядными буровыми организациями, адаптировать разработанную технологию фазного бурения с использованием винтовых забойных двигателей и долот-расширителей к другим буровым установкам данного класса, осуществлять эффективную очистку забоя скважины при сравнительно невысоких скоростях восходящего потока при использовании разработанных высокоструктурированных буровых растворов, осуществлять секционное крепление скважины обсадными трубами с использованием специально разработанных и изготовленных прицепного и стыковочного устройств.

Ключевые слова: скважина, фазное бурение, расширение, винтовой забойный двигатель, крепление.

Одним из перспективных направлений быстрого обеспечения страны минеральными ресурсами является добыча полезных ископаемых через массовое сооружение буровых скважин с использованием скоростных методов бурения. В частности на газоугольных месторождениях при добыче угля для вскрытия и подготовки шахтного поля, дегазации очистных забоев, водоотлива, прокладки кабелей, спуска закладочных материалов и др. требуются технические и транспортно-дегазационные скважины большого диаметра.

Опыт эксплуатации высоконагруженных очистных забоев в шахтоуправлении «Покровское» (крупнейшая шахта в СНГ) показал, что наличие метана снижает темпы добычи угля и осложняет ведение горных работ из-за проблем, связанных с недостаточной пропускной способностью подземных технологических и инженерных коммуникаций большой протяженности, поэтому инженерно-техническими службами компании «Донецксталь», в качестве решения вышеуказанной проблемы, был предложен вариант с использованием технических скважин большого диаметра, пробуренных с поверхности. Сооружение таких скважин, вместо прокладки дополнительных трубопроводов значительной протяженности по горным выработкам и по шахтному стволу позволяет в сжатые сроки, с привлечением гораздо меньшего объема капитальных вложений, не только сохранить существующие темпы проходки горных выработок, но и увеличить их на 15–20%.

Однако получить существенный прирост скорости бурения, используя традиционные технологии достаточно сложно, поэтому с целью расширения области сооружения технических скважин разработана технология фазного бурения скважин большого диаметра с использованием винтовых забойных двигателей (ВЗД) и долот-расширителей специальной конструкции.

Для реализации разработанной технологии бурения технических скважин большого диаметра в шахтоуправлении «Покровское» используется высокоавтоматизированный буровой комплекс «UltraSingle 150», который по своей технической характеристик предназначен для бурения геологоразведочных и нефте-газовых скважин диаметром только до 400 мм, поэтому была проведена модернизация бурового комплекса, позволившая увеличить диаметр проходного

отверстия и грузоподъемность рабочей площадки, а также использовать разработанный оптимальный вариант конструкции скважин.

Принимая во внимание угол наклона скважин (вертикальные, наклонно направленные или горизонтальные), глубину установки и диаметр эксплуатационной колонны, а также геологические особенности разреза разработана следующая конструкция скважин (рис. 1).

При сооружении технических скважин бурение под направление (рис. 1, а) диаметром 530 мм в интервале 0–10 м выполняется установкой для бурения буронабивных свай с использованием ковшебура диаметром 660 мм. Направление цементируется до устья с использованием цемента марки ПТЦ 1-50. Удельный вес цементного раствора 18300 Н/м³.

Дальнейшее бурение под кондуктор диаметром 426 мм осуществляется долотом диаметром 490 мм по породам карбона при наличии зон осложнений связанных с присутствием в зоне выветривания неустойчивых песчаников, известняков, аргиллитов и алевролитов, поглощающих песчаников и известняков, трещиноватость которых обусловлена близостью действующих горных выработок, а также наличием в разрезе зон газопроявлений. Башмак кондуктора устанавливается в прочных породах на глубине 80 м. Затрубное пространство кондуктора цементируется на всю глубину заливкой цементного раствора с удельным весом 18300 Н/м³ под давлением.

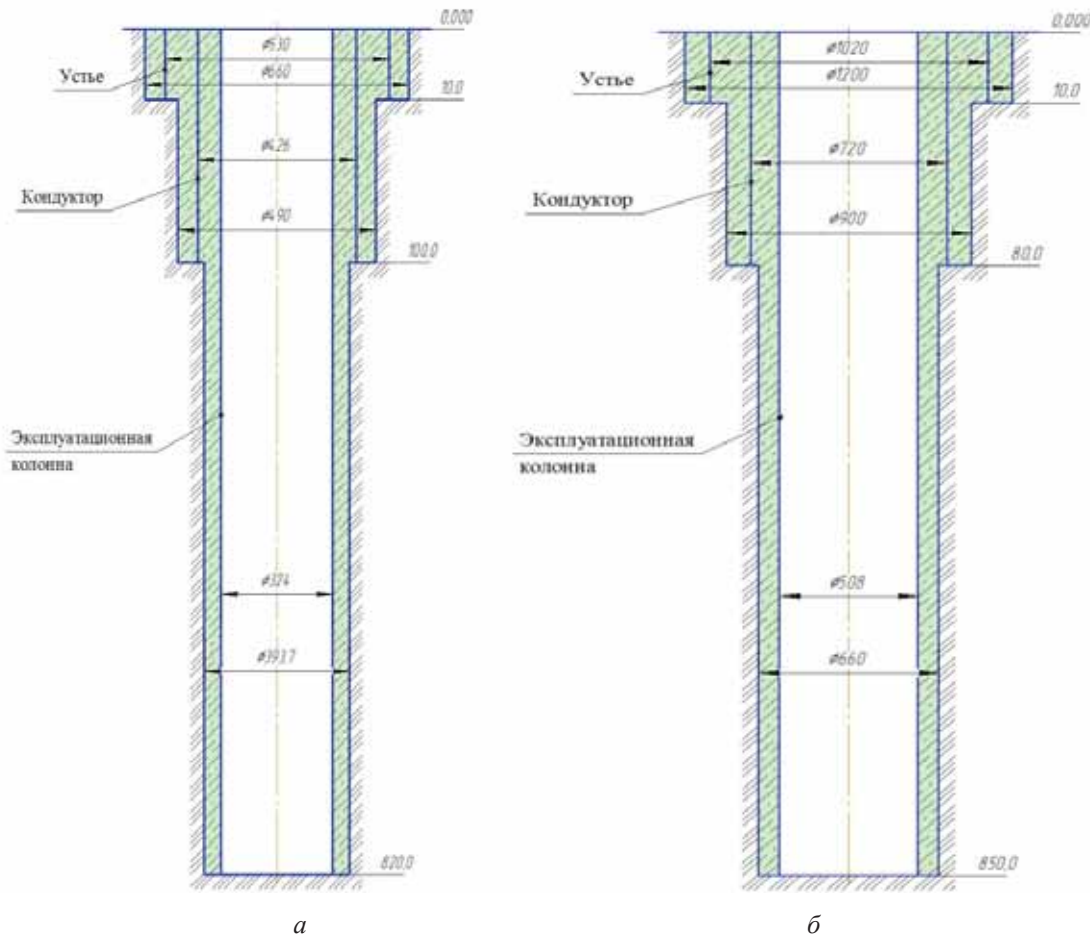


Рис. 1. Конструкции скважин: а - техническая скважина; б - транспортно-дегазационная скважина

Бурение под эксплуатационную колонну осуществляется долотом диаметром 393,7 мм до глубины 836 м. Затрубное пространство эксплуатационной колонны диаметром 324 мм цементируется цементным раствором на основе цемента марки ПТЦ 1-50.

При сооружении транспортно-дегазационных скважин бурение интервале 0 – 10 м (рис. 1, б) производилось ковшебуром диаметром 1200 мм установкой, предназначенной для бурения буронабивных свай в. Направление диаметром 1020 мм цементируется на всю глубину.

Бурение под кондуктор до глубины 80 м производилось долотом диаметром 393,7 мм с последующим расширением до 920 мм. Кондуктор диаметром 720 мм цементируется на всю глубину цементным раствором с удельным весом 18300 Н/м³.

Согласно разработанной технологии, фазное бурение выполнялось в несколько этапов (рис. 2):

- на первом этапе, после установки направления, бурилась пилот-скважина диаметром 393,7 мм при помощи верхнего привода буровой установки в интервале от 10 до 100 м;
- на втором этапе (рис.2,а), в интервале от 10 до 80 м выполнялось расширение пилот-скважины с диаметра 393,7 мм специальным шарошечным расширителем диаметром 660 мм при помощи верхнего привода буровой установки;
- на третьем этапе (рис.2,б) выполнялось расширение скважины до глубины 80 м с диаметра 660 мм до 920 мм под кондуктор с использованием верхнего привода буровой установки. По окончании расширения устанавливалась кондукторная колонна диаметром 720 мм с последующей цементацией затрубного пространства;

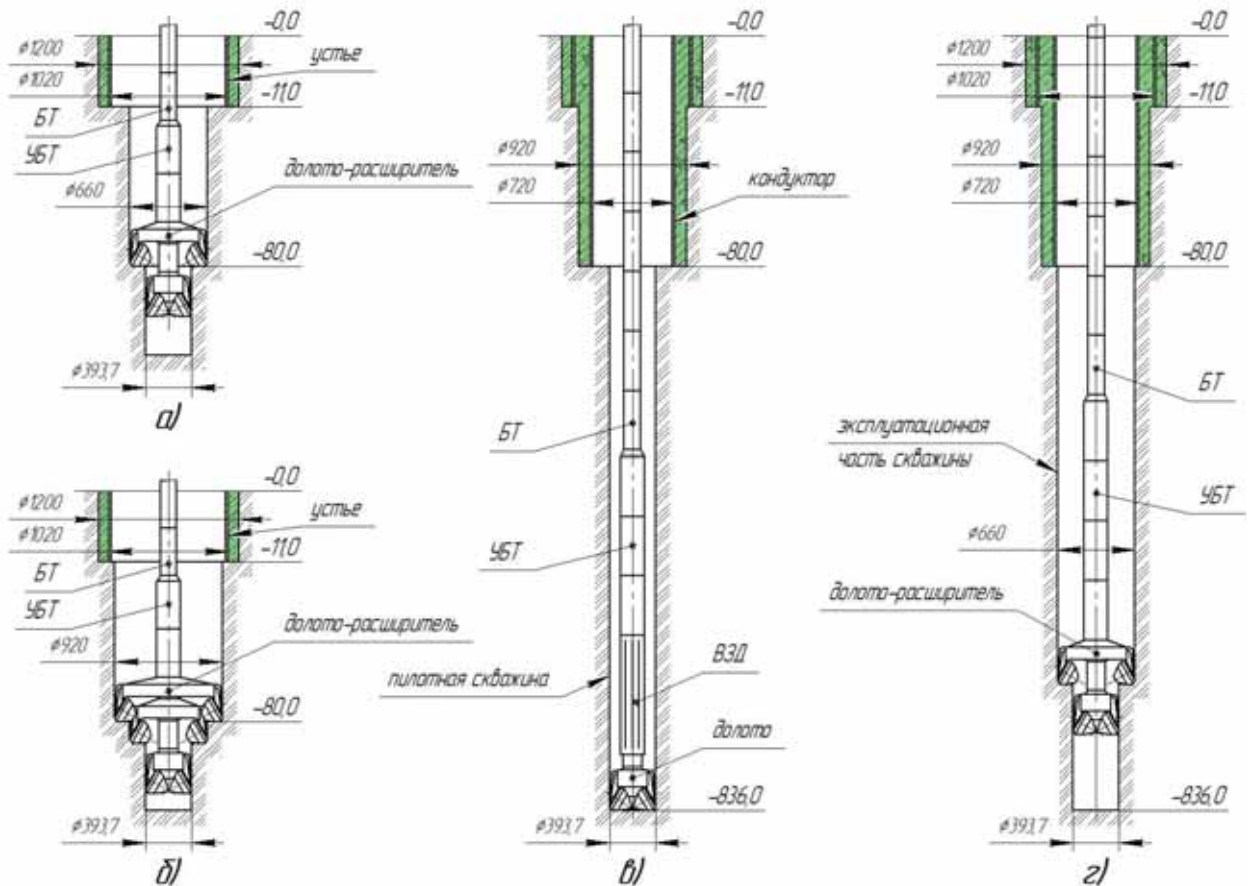


Рис. 2. Схема поэтапного бурения скважин большого диаметра:
 а - расширение пилотной скважины Ø393,7 мм до Ø660мм; б - расширение скважины Ø660 мм до Ø920 мм под кондуктор; в - бурение пилотной скважины ВЗД до проектной глубины; г - расширение пилотной скважины Ø393,7 мм до Ø660мм под эксплуатационную колонну: БТ – бурильная труба; УБТ – утяжеленная бурильная труба; ВЗД – винтовой забойный двигатель.

- на четвертом этапе (рис.2,в) выполнялось бурение пилот-скважины диаметром 393,7 мм интервале от 100 до 850 м при помощи винтового забойного двигателя;
- на пятом этапе пилот-скважина до конечной глубины расширялась шарошечным расширителем до диаметра 660 мм с использованием верхнего привода буровой установки.

Для расширения скважины разработаны шарошечные расширители диаметром 660 и 920 мм (рис.3).



Рис. 3. Шарошечный расширитель

Учитывая особенности геологического разреза при бурении применялся буровой раствор с высоким содержанием глинистой фазы и обработанный высокоэффективными химреагентами, который позволяет укрепить стенки скважины и имеет высокую выносную способность выбуренной породы при сравнительно невысоких скоростях восходящего потока. Для приготовления буровых растворов использовался бентонитовый глинопорошок типа ПБУ-18 «Normal», производства ПАО «Дашуковские бентониты».

Рабочие параметры бурового раствора следующие:

- | | |
|---|--------------|
| - плотность, кг/м ³ | 1050 ÷ 1120; |
| - условная вязкость СПВ, с | 20 ÷ 25; |
| - содержание песка, % | до 1; |
| - водоотдача по ВМ-6, см ³ за 30 мин | 6 ÷ 8; |
| - статическое напряжение сдвига (СНС), Па | 1,5 ÷ 4,0. |

В качестве химреагентов, улучшающих структурные свойства бурового раствора, применялись:

- карборсилметилцеллюлоза (КМЦ «Polofix») в количестве 2-3% для регулирования фильтрационных свойств раствора и улучшения его структуры;
- каустическая сода для поддержания нужного значения pH раствора;
- «Флодрил» в количестве 0.1 % для улучшения структурных свойств раствора.

С целью обеспечения полноты удаления выбуренной породы из бурового раствора, его дегазации и регулирования содержания твердой фазы, а также с целью уменьшения объема наработки бурового раствора осуществлялась его многоступенчатая очистка. Система очистки бурового раствора, входящая в буровой комплекс экологически безопасна, поскольку исключает

необходимость сооружения отстойников для очистки бурового раствора. В состав четырехступенчатой системы очистки входят: два вибросита, батарея из 16-ти гидроциклонов (пескоотделителей), дегазатор и центрифуга.

Шлам, удаленный из бурового раствора в процессе его очистки, представляет собой вязкую обводненную массу, которая складывается в шламовом амбаре и периодически вывозится на породный отвал для утилизации. Шламовый амбар сооружается с обязательным устройством гидроизоляции из полиэтиленовой пленки, которая предотвращает попадание жидких отходов в грунт.

Особую сложность при сооружении транспортно-дегазационных скважин большого диаметра представляет процесс установки обсадных колонн диаметром 508 мм из-за невозможности их стыковки резьбовыми соединениями. Использование сварки затруднено из-за невозможности удержания на устье тяжелых колонн.

Так как полный вес (153 т) обсадной колонны диаметром 508 мм превышал грузоподъемность бурового комплекса (136 т), поэтому было принято решение о креплении скважины двумя секциями (рис. 4).

Первая секция обсадной колонны, длиной 396 м была опущена на колонне буровых труб с помощью специально разработанного прицепного устройства, захватывающего колонну за промежуточную втулку (рис.4,а) и частично разгружена на забой с одновременным удержанием колонны на прицепном устройстве. После цементации затрубного пространства первой секции и ОЗЦ прицепное устройство было отсоединено и поднято на поверхность.

Перед спуском нижний торец второй секции обсадной колонны был оснащен центрирующим устройством (рис.4,б) для стыковки секций. Секция была опущена и частично разгружена на стык, после чего была произведена небольшая закачка цементного раствора в затрубное пространство через став в область стыка для его герметизации. После затвердевания цемента в области стыка была произведена цементация второй секции до устья.

После установки колонны стыковочное устройство было разбурено фрезером, и номинальный диаметр эксплуатационной колонны в районе стыка был восстановлен.

В цикле строительства скважин важная роль отводится процессу цементации затрубного пространства, как наиболее ответственному этапу ее строительства. Для цементирования скважин большого диаметра был применен тампонажный цемент на основе портландцемента марки ПТЦ.

Цементный раствор на стадиях загустевания и схватывания, а также сформировавшийся цементный камень должны быть непроницаемы для воды и газа. Цементный камень, образующийся из цементного раствора, должен быть коррозионно- и термоустойчив, а его контакт с обсадной колонной и стенками скважины не должен нарушаться под действием нагрузок и перепадов давления, возникающих в обсадной колонне при различных технологических операциях.

Для приготовления цементного раствора использовался портландцемент и вода с соотношением В:Ц = 0,5, добавлялся ускоритель схватывания – хлористый кальций. Плотность раствора – $1,85 \pm 3 \text{ г/см}^3$.

Сроки схватывания цементного раствора составляют:

- начало схватывания – 6 ч,
- окончания схватывания – 12 ч.

Для приготовления цементного раствора применяется цементовочный агрегат (рис.5) на базе тягача «Kenworth» (модель тягача Т800) укомплектованного 2-я цементовочными насосами TWS 600S с дизельным приводом. Агрегат входит в состав бурового комплекса.

Приготовление цементного раствора по современной технологии с использованием инжекторных смесителей позволяет получать раствор непрерывно и с заданной плотностью. По принятой технологии приготовление и закачка цементного раствора осуществляется с автоматической регистрацией его параметров.

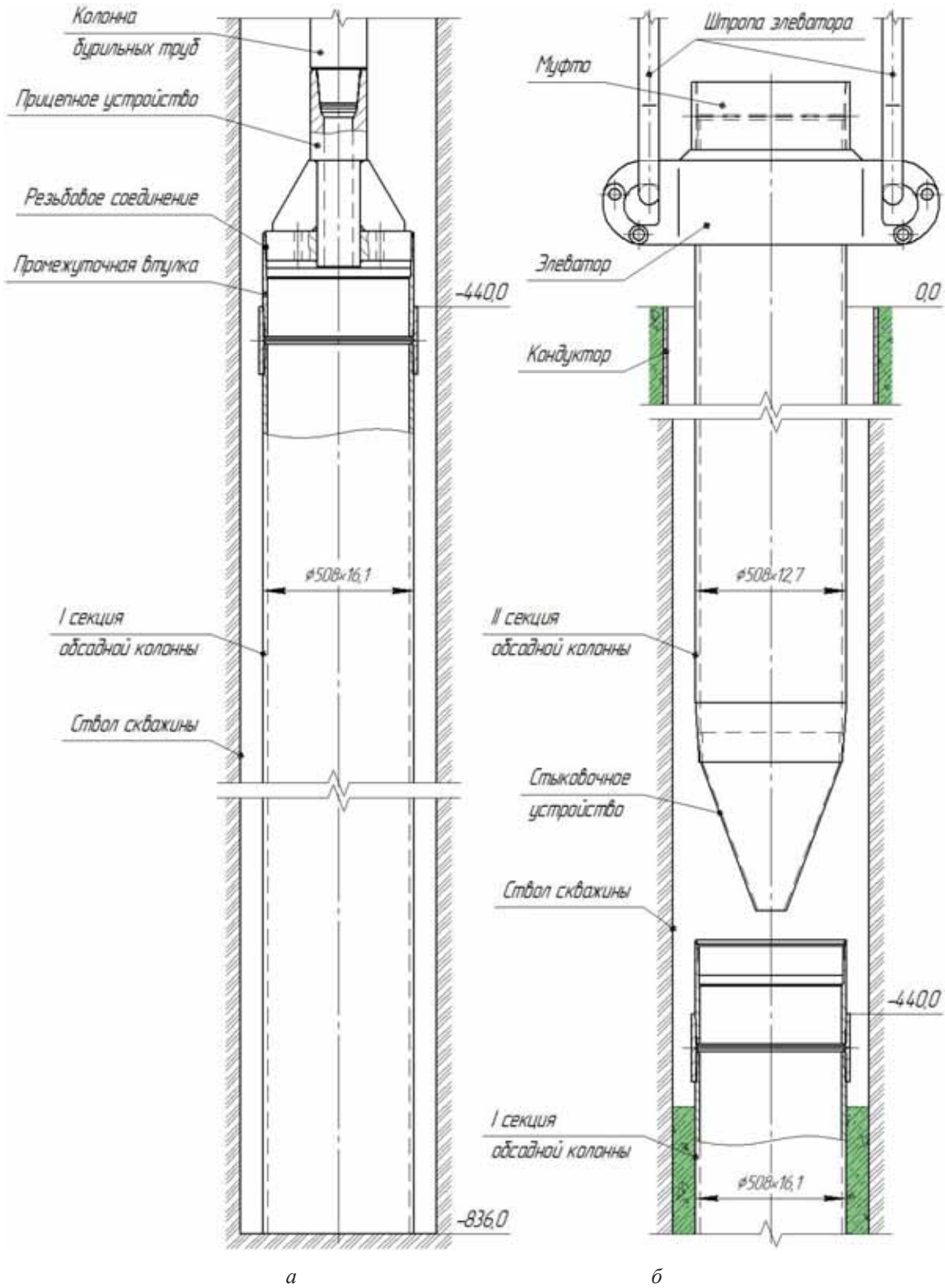


Рис. 4. Схема крепления транспортно-дегазационной скважины:

а - спуск первой секции колонны обсадных труб $\text{Ø}508 \times 16,1$ мм; б - спуск второй секции колонны обсадных труб $\text{Ø}508 \times 12,7$ мм



Рис. 5. Цементирувочний агрегат

Технико-экономические показатели сооружения технических скважин для ПАО «Шахтоуправление «Покровское» приведены в табл. 1.

Анализ этих показателей свидетельствует о том, что поэтапное бурение технических скважин позволяет:

- осуществлять бурение технических скважин, диаметр которых значительно больше, чем это предусмотрено технической характеристикой бурового комплекса после его модернизации;
- увеличить механическую скорость фазного бурения технических скважин в 2 - 3 раза, по сравнению с бурением аналогичных скважин по общепринятой технологии;
- снизить на 30% затраты на бурение при фазном способе с использованием винтовых забойных двигателей, по сравнению с бурением роторным способом;
- сократить сроки сооружения скважин в три раза по сравнению с другими подрядными буровыми организациями (срок сооружения составил 2,5 мес.);
- адаптировать разработанную технологию фазного бурения с использованием интовых забойных двигателей и долот-расширителей к другим буровым установкам данного класса;
- осуществлять эффективную очистку забоя скважины при сравнительно невысоких скоростях восходящего потока при использовании разработанных высокоструктурированных буровых растворов;
- осуществлять секционное крепление скважины обсадными трубами с использованием специально разработанных и изготовленных прицепного и стыковочного устройств.

С целью расширения области применения опробованного прогрессивного способа бурения с использованием винтовых забойных двигателей, разработан и внедряется способ сооружения технологических скважин диаметром до 1 м комплексом Ultra Single 150.

Для бурения вертикальной скважины большого диаметра на колонне бурильных труб устанавливают центральное долото и забойный двигатель, шпиндельный вал которого и закрепленное на нем долото устанавливают относительно оси колонны труб под заданным углом, зависящим от требуемого диаметра скважины и определяемым из следующей зависимости:

$$\cos \varphi = \frac{D_{скв}}{2(l_1 + l_2)},$$

где $D_{скв}$ – диаметр скважины, l_1 – расстояние от места установки забойного двигателя на колонне до места крепления долота к шпиндельному валу забойного двигателя; l_2 – расстояние от места крепления долота к шпиндельному валу забойного двигателя до забоя скважины в горизонтальной плоскости.

Табл. 1 – Техничко-економические показатели сооружения технических скважин

Назначение скважины	Параметры скважины			Способ проходки (бурения)	Режимы бурения			Параметры промывочной жидкости			Механич. скорость бурения, м/ч
	Глубина, м	Диаметр бурения, мм	Диаметр крепления, мм		Осевая нагрузка, кН	Частота вращения, с ⁻¹	Подача промывочной жидкости, л/с	Т, с	В, см ³ /30 мин	Плотность вес, кг/м ³	
Техническая ДС61 (для подачи сжатого воздуха)											
Форшахта	11	660	530	ковшечур	20	25	-	-	-	-	8,0
Кондуктор	80	490	426	СВП	20-80	60-80	20-38	19	10	1,04	5,2
Эксплуатационная	820	393,7	325	ВЗД+СВП	40-90	90-130	48	20	9	1,10	7,13
Техническая ДС62 (водоотливная)											
Кондуктор	63	490	426	СВП	20	60-80	40	24	10	1,03	5,25
Эсплуатационная	829	393,7	325	ВЗД+СВП	20-80	150-180	42-45	22	7-8	1,08	5,75
Транспортно-дегазационная ДС60 (для выдачи метано-воздушной смеси)											
Форшахта	11	1200	1020	ковшечур	20	25	-	-	-	-	6,0
Кондуктор (пилот)	100	381	---	СВП	30-100	40-60	32-40	45	7-8	1,10	5,75
Кондуктор (расширение №1)	82	660	---	СВП	70	40-45	50	45	7-8	1,16	3,64
Кондуктор (расширение №2)	80	920	426	СВП	70	40-45	50	34	7-8	1,15	4,25
Эксплуатационная (пилот)	839	393,7	---	ВЗД+СВП	100-200	110-140	47-50	22	7-8	1,08	7,13
Эксплуатационная (основной диаметр)	839	660,0	508	СВП	50-140	30-40	47-50	22	7-8	1,08	2,2

Примечание: СВП – система верхнего привода; ВЗД – винтовой забойный двигатель.

При бурении скважины центральное долото разрушает центральную часть скважины, а формирование скважины до конечного диаметра выполняют путем расширения центральной части скважины вращением долота забойного двигателя, которое описывает коническую поверхности вокруг оси шпиндельного вала.

Использование разработанного способа позволяет бурить скважины большого диаметра с высокой механической скоростью в породах любой крепости за счет создания значительных осевых усилий на долота без искривления буровой колонны и ее поломки в месте установки на ней забойного двигателя при угле отклонения забойного двигателя в 3 раза превышающем диаметр центрального долота (поскольку центральное долото является опорой колонны на забой скважины и воспринимает основную часть осевой нагрузки) и восприятия осевого усилия основной частью зубьев шарошек долота ВЗД при разрушении забоя скважины по всему его периметру

Библиографический список

1. Использование винтовых забойных двигателей при бурении дегазационных скважин в Донбассе / [М.А.Ильшов, О.Д.Кожушок, В.А.Турчин и др.] // Глюкауф. – 2012. – №4. – С. 56-60.
2. Скоростное бурения дегазационных скважин в условиях Донбасса / В.Л. Шевелев, В.И.Пилипец, С.А.Зинченко, Е.Н.Халимендинов // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничогеологічна». – 2012. – Вип.2(17). – С. 212 – 217.
3. Спосіб облаштування свердловини для видобутку газоподібних корисних копалин: патент України на винахід №96714. / Ю. В. Філатов, М. О. ільшов, О. Д. Кожушок, С. В. кужель, О. В. агафонов, В. І. Пилипець. – Опубл. 25.11.2011, Бюл. №22.

4. Пилипец В.И. Совершенствование технологии постановки потайной водоизолирующей колонны в негерметичных участках скважины / В.И.Пилипец, В.И.Король // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничогеологічна». – 2011. – Вип.14(181). – С. 27 – 31.
5. Пилипец В. И. Добыча полезных ископаемых через скважины / В. И. Пилипец, М. А. Ильяшов. – Донецк: «Донбасс», 2011. – 597 с.
6. Пилипец В.И. Совершенствование технологии устранения дефектов обсадных колонн / В.И.Пилипец, В.И.Король // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – 2007. - Вип. 6 (125). – С. 98 – 106.
7. Спосіб спорудження вертикального шахтного ствола: патент України на корисну модель №27852 / С.Б.Тулуб, В.І.Пилипець, В.Я.третьяков. – Опубл. 12.11.2007, Бюл. №18.
8. Пилипец В.И. Буріння стволів шахт та технічних свердловин. Підручник для вузів / В.И.Пилипець, С.Б.Тулуб, В.В.Левіт. – Донецк: «Норд-Пресс», 2009. – 564 с.
9. Пилипец В.И. Бурение скважин с поверхности для дегазации углегазоносных месторождений / В.И.Пилипец, О.Д.Кожушок, В.В.Радченко. – Донецк: «Донбасс»: 2012. – 280 с.
10. Пилипец В.И. Методичні вказівки з дипломного проектування дегазаційних свердловин / В.И.Пилипец, О.Д.Кожушок, В.М.Мойсишин. – Донецк: «Донбасс», 2012. – 42 с.
11. Пилипец В.И. Бурение скважин для добычи метана из газовых и газугольных месторождений / В.И.Пилипец, В.А.Турчин, Е.Н.Халимендигов. – Донецк: ООО «Норд-Компьютер», 2012. – 180 с.

Надійшла до редакції 16.06.2013

В. А. Турчин, В. Л. Шевелєв, А. І. Загорскіс, І. Д. Сагайдак, В. І. Пилипець

Компанія «Донецксталь», Донецьк, Україна

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Донецьк, Україна

Швидкісне буріння технічних свердловин великого діаметра

Розроблено спосіб фазного буріння технічних свердловин великого діаметра різного призначення. На відміну від існуючих, розроблена технологія дозволяє здійснювати буріння технічних свердловин, діаметр яких значно більше, ніж це передбачається технічною характеристикою бурового комплексу, збільшити механічну швидкість фазного буріння технічних свердловин в 2-3 рази, в порівнянні з бурінням аналогічних свердловин за загальноприйнятою технологією, знизити на 30 % витрати на буріння при фазному способі з використанням гвинтових забійних двигунів, в порівнянні з бурінням роторним способом, скоротити терміни спорудження свердловин в три рази в порівнянні з іншими підрядними буровими організаціями, адаптувати розроблену технологію фазного буріння з використанням гвинтових забійних двигунів і доліт-розширювачів до інших бурових установок даного класу, здійснювати ефективну очистку забою свердловини при порівняно невисоких швидкостях висхідного потоку при використанні розроблених високоструктурованих бурових розчинів, здійснювати секційне кріплення свердловини обсадними трубами з використанням спеціально розроблених і виготовлених причіпного і стикувального пристроїв.

Ключові слова: свердловина, фазне буріння, розширення, гвинтовий забійний двигун, кріплення.

V.A. Turchin, V.L. Shevelev, A.I. Zagorskis, I.D. Sagaidak, V.I. Pilipets

Donetsksteel, Donetsk, Ukraine

Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine

Speedy drilling of technical large-diameter wells

The article suggests a method of drilling large-diameter wells for different purposes. Unlike the existing methods this technique allows drilling the wells with diameters much larger than presupposed by the specification of the drilling complex, increasing the mechanical speed of phase drilling by 2 - 3 times as compared with drilling similar wells using the conventional technology, reducing by 30% the cost of phase drilling as compared with rotary drilling, reducing the time of wells construction by three times as compared to other drilling companies, adapting the developed technology of phase drilling using downhole motors to other drilling units of this class, cleaning wellbore at relatively low upstream speeds using highly structured muds.

Keywords: well, phase drilling, expansion, screw downhole motor, mount.