

4. Коцкулич Я.С., Мрозек Є.Р., Яремійчук Я.С. Аналіз відпрацювання породоруйнівного інструменту при бурінні свердловин на нафтогазових родовищах України // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. научн. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2011. – Вып. 14. – С. 22–28.
5. Мрозек Є.Р. Результати промислових випробувань гвинтових вибійних двигунів і доліт підвищеної стійкості // БУРІННЯ. – 2012. – № 9. – С. 61–64.
6. Руководство по оценке износа долот типа PDC в промысловых условиях / Я.В. Мясников, А.В. Ионенко, С.Г. Гаджиев, и др. // Бурение и Нефть. – 2014. – № 3. – С. 14 – 18.
7. Мрозек Є.Р. Повышение ресурса работы и результаты отработки ВЗД с профилированной двигательной секцией и долот в Украине // Инженерная практика. – 2012. – № 7. – С. 46–49.
8. Мрозек Є.Р. Вдосконалення техніки та технології буріння похило-спрямованих та горизонтальних свердловин // БУРІННЯ. – 2013. № 10. – С. 41–44.

Надійшла 16.06.15

УДК 622.24.085

А. К. Хамидуллин, Т. А. Саакян, Н. В. Кисляков, В. П. Оницин, д-р техн. наук

ЗАО «ЭЗТАБ», Санкт-Петербург, Россия

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН НА ОБЪЕКТАХ ОАО АК «АЛРОСА»

*В работе описываются варианты технологических и технических решений, внедрение которых позволило в значительной степени улучшить технико-экономические показатели буровых работ на объектах АК «АЛРОСА».*

**Ключевые слова:** пневмударное бурение, экспресс-тампонирование, колонковую труба.

Значительный объем бурения на объектах АК «АЛРОСА», связанный с проходкой поисковых, разведочных и структурных скважин в чрезвычайно сложных геолого-технических условиях, требует постоянного совершенствования технологии буровых работ, позволяющей достигать наиболее высоких технико-экономических показателей, совершенной методики проводки скважин при оптимальных режимах бурения с высоким качеством получаемых образцов кернового материала.

В сущности, технология бурения скважин представляет собой широкий комплекс способов, приемов и средств бурения в соответствии с их назначением, включая определение конструкции скважины, сборку бурового снаряда, спуск в скважину и подъем из нее бурового инструмента и колонны труб, крепление интервалов скважины обсадными трубами, выбор породоразрушающего инструмента, типа очистного агента, подбор оптимальных режимов бурения горных пород, искривление, расширение и проработку ствола скважины, устранение осложнений и т.д.

В 2012 г. НИГП АК «АЛРОСА» заключила хозяйственный договор с отечественной организацией ЗАО ГПГ «ЭЗТАБ» по теме «Совершенствование буровых технологий и технических средств, применяемых для бурения поисковых скважин глубиной до 200 м».

Основные проблемы, которые необходимо было решить при выполнении договорных работ, заключались в следующем.

- В экспедициях используют довольно низкие параметры режимов бурения, при которых невозможно достичь высокой производительности.

- Отсутствуют средства очистки оборотной промывочной жидкости, вследствие чего раствор интенсивно обогащается шламом и илом, увеличивается содержание в нем песка, снижаются реологические параметры промывочной жидкости, повышается износ плунжерных пар бурового насоса.

- Применяемая конструкция буровых установок не позволяет забуривать скважины под проектным углом, из-за чего приходится выводить скважину на проектную трассу с помощью установления съемных клиньев.

- Недостаточный и некондиционный выход керна в разрушенных, слабосцементированных породах.

- Растепление стенок скважин, образование шламовых сальников на стенках скважин, а также бурильных, колонковых и шламовых трубах, породоразрушающем инструменте, осыпание стенок скважин при бурении с воздухом.

- Стандартные кернорватели для твердосплавных коронок не применяют, при бурении с воздухом необходимо затирать керн всухую после каждого рейса.

- Недостаточно эффективный вынос шлама с забоя; необходимость применения шламовых труб при бурении с воздухом.

- Низкий ресурс применяемых серийных твердосплавных коронок – в среднем 5 м.

- Большие затраты времени на забуривание скважин с установкой кондуктора, особенно в условиях водопроявлений или по «курумникам» в условиях сухих сыпучих пород.

В результате исследования специалистами ЗАО ГПГ «ЭЗТАБ» технологии бурения на объектах АК «АЛРОСА» и определения задач, требующих решения, было предложено несколько вариантов технологических и технических решений, внедрение которых может в значительной степени улучшить технико-экономические показатели буровых работ на объектах АК «АЛРОСА».

1. Внедрить способ экспресс-тампонирования составами на основе полиуретановых композиций с целью крепления стенок скважины при забуривании, а также бурении интервалов скважин в условиях сыпучих неустойчивых пород. Предполагаемый эффект – снижение затрат времени на забуривание скважины, посадку кондуктора или промежуточной колонны. Испытать способ ликвидации водопроявлений и крепления стенок скважины смесями на основе пенополиуретановых композиций с использованием тампонажного контейнера производства ЗАО ГПГ «ЭЗТАБ». Предполагаемый эффект – оперативная ликвидация геологических осложнений, возможность продолжения бурения с продуванием воздухом вследствие ликвидации водопритока в скважину.

2. Разработать, изготовить и испытать колонковый набор и коронки типа КПЗ для пневмоударного бурения, внедрить пневмоударно-забивной способ бурения. Предполагаемый эффект – повышение механической скорости бурения и ресурса породоразрушающего инструмента, обеспечение кондиционного выхода керна.

3. Разработать, изготовить и испытать двойную колонковую трубу с соответствующей коронкой для бурения с пневмоударником. Предполагаемый эффект – обеспечение кондиционного выхода керна в сложных условиях без ограничения длины рейса.

4. Разработать, изготовить и испытать коронку режущего типа на основе синтетических спеков (КС, КРС) для вращательного способа бурения с промыванием. Предполагаемый эффект – повышения ресурса породоразрушающего инструмента в породах VII–VIII категории по буримости.

5. Разработать, изготовить и испытать различные варианты твердосплавных секторов для изготовления коронок различных типоразмеров и конфигураций в ЦРММ экспедиции, используемых при вращательном способе бурения с продуванием. Предполагаемый эффект – расширение ассортимента твердосплавных коронок и значительное снижение их стоимости.

6. Разработать и изготовить промывочный сальник (или сальник-вертлюг), обеспечивающий минимальное аэродинамическое сопротивление для бурения с воздухом. Предполагаемый эффект – снижение градиента скорости повышения температуры воздуха при его прохождении через отверстия малого диаметра, следовательно, снижение скорости оттаивания мерзлых пород.

7. Выполнить опытные работы по возможному применению бурения с обратным продуванием. Для этого разработать и изготовить соответствующий герметизатор. Предполагаемый эффект – обеспечение кондиционного выхода керна, увеличение длины рейса и значительное повышение производительности буровых работ.

8. Оптимизировать диаметры бурения и компоновки бурового снаряда на поисковых скважинах без снижения объема керновых проб. Предполагаемый эффект – увеличение скорости восходящего потока воздуха, отказ от шламовых труб, снижение аварийности при бурении скважин, использование форсированных режимов бурения.

9. Изготовить и испытать башмаки, армированные синтетическими алмазами, необходимые при посадке обсадных труб в сложных условиях. Предполагаемый эффект – снижение затрат времени при посадке кондуктора и промежуточной колонны обсадных труб в сложных условиях.

10. Разработать технологию применения стабильных структурных пен в качестве очистного агента при бурении поисковых скважин в сложных условиях. Предполагаемый эффект – ликвидация вероятности возникновения сальников, предотвращение оттаивания пород, возможность

использования компрессоров низкой производительности (1,0–1,5 м<sup>3</sup>/мин) при давлении 25–40 атм, предотвращение возникновения геологических осложнений.

11. Внедрить в практику механизированный вибрационный способ извлечения керна из колонковой трубы. Предполагаемый эффект – снижение затрат времени на извлечение керна при затирке всухую.

12. Внедрить в практику реверсивный пневмоударник. Предполагаемый эффект – повышение производительности труда, ликвидация аварий, связанных с прихватом бурового снаряда, экономия от извлечения обсадных труб из скважины.

13. Разработать, изготовить и внедрить технические средства для бурения с одновременной обсадкой. Предполагаемый эффект – снижение затрат времени на операции по обсадке скважин.

Из приведенных задач основными являются те, решение которых существенно повысит продуктивность породоразрушающего инструмента, производительность буровых работ и выход керна в разрушенных и слабосцементированных породах IV–VIII категорий по буримости.

В течение 2012–2013 гг. в рамках договорных отношений НИГП АК «АЛРОСА» и ЗАО ГПГ «ЭЗТАБ» многие из перечисленных направлений и разработок успешно осуществлены, выполнены соответствующие испытания на объектах заказчика, инструмент и технологии внедрены в производство буровых работ, получен существенный экономический эффект.



Рис. 1. Коронка типа SM-5 с дополнительными приварными секторами

Приведем способы и методики осуществления поставленных инженерных и технологических задач, данные опытно-промышленных испытаний инструмента, анализ полученных положительных результатов на примере разработки принципиально новых конструкций твердосплавных буровых коронок для бурения с продуванием воздухом поисковых скважин на объектах АК «АЛРОСА».

Для бурения скважин глубиной до 200 м в экспедициях АК «АЛРОСА» в основном использовали серийно выпускаемые твердосплавные коронки типа SM-5, значительно реже коронки типов SA-5, SA-6.

Для повышения продуктивности коронок типа SM-5 в экспедициях АК «АЛРОСА» к корпусам коронок по наружному диаметру приварили дополнительно три сектора, вырезанные из аналогичной коронки (рис. 1).

Это позволило за счет увеличения площади резания увеличить зазор между стенкой скважины и колонковой (а также шламовой) трубой, что резко снизило эффект шламового

сальникообразования. Однако, существенно повысить непосредственно ресурс серийных коронок SM-5 данное мероприятие не позволило.

Специалисты ЗАО «Горнопромышленная группа «ЭЗТАБ» сконструировали и поставили для натурных испытаний в экспедициях АК «АЛРОСА» три новых типа породоразрушающего инструмента под индексом КТСС (коронки твердосплавные секторные ступенчатые), принципиальная конструкция которых показана на рис. 2.

Коронка типа КТСС состоит из корпуса 1 и приваренного к корпусу коронки ступенчатого сектора 2. В каждый сектор впаивали твердосплавные резцы 3 и вставки 4 с наилучшими прочностными и режущими свойствами. В 2013 г. испытывали твердосплавные коронки КТСС-118x92, КТСС-132x92, КТСС-137x12, отличающиеся отдельным изготовлением корпуса коронки и секторов, армированных твердосплавными резцами.

Секторы выполняли из трубных заготовок (сталь 20), что обеспечило качественное паяние твердосплавных элементов. Для корпуса коронок использовали сталь 45, позволяющую снизить вероятность деформации коронок при отвинчивании их в процессе эксплуатации в условиях повышенного крутящего момента.

Ступенчатость самого сектора позволяет обеспечить меньший износ пластинчатых резцов за счет установки на ступени дополнительных вставок, выполняющих роль подрезных резцов по наружному диаметру коронки.

Испытания коронок типа КТСС проводили 2012–2013 гг. в Амакинской, Ботубобинской и Арктической экспедициях АК «АЛРОСА».

### Амакинская экспедиция

В Амакинской ГРЭ на испытания была представлена первоначально одна коронка КТСС-118х92. Испытания проводились на скважинах участка «Болотный». Общая проходка на коронку составила 78 м при средней механической скорости бурения 9,7 м/ч. Использовали режимы бурения, традиционно принятые в экспедиции: осевая нагрузка – до 800 даН, частота вращения 45–60 об/мин (редко 80–90 об/мин). Бурение осуществляли с продуванием воздухом компрессором НВ-10.

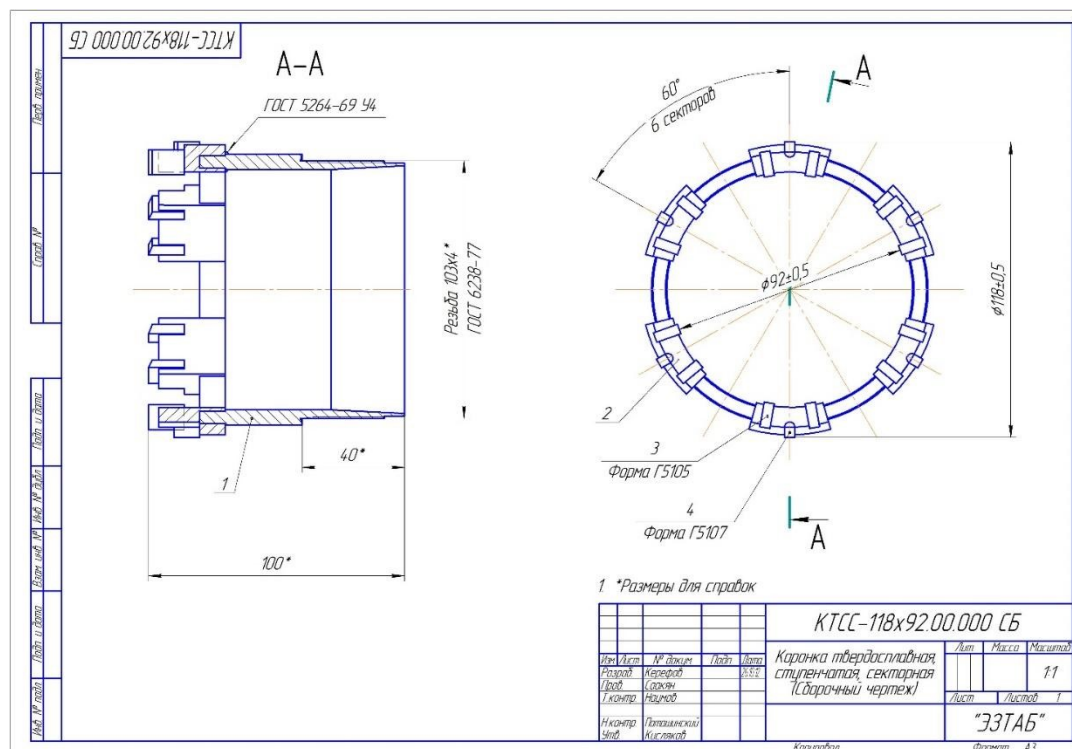


Рис. 2. Чертеж твердосплавной секторной ступенчатой коронки

На одной из скважин в интервале 59–60 м для сравнения была запущена в работу коронка СМ-5. В качестве породы выбрали карстовые отложения с прослойками льда. Ресурс серийной коронки до полного износа составил 1 м. Бурение сопровождалось образованием сальников и повышением давления в нагнетательной линии. Длина рейса в этом интервале составила 0,8–2,0 м, механическая скорость бурения – 1,3 м/ч.

### Ботубинская экспедиция

Всего в Ботубинской ГРЭ на испытания были представлены 5 коронок: одна КТСС-118х92 (проходка 18,6 м), по две КТСС-137х112 (общая проходка 34,2 м) и КТСС-132х112 (общая проходка 32,9 м). Все коронки проходили испытания, в основном, по известнякам и доломитам VI–VIII категории по буримости. Коронки СМ-5 с приварными расширителями, принятые за базу сравнения, имели ресурс от 0,45 до 1,5 м. Отдельные рейсы коронок КТСС по породам IV–V категории по буримости сопровождалось образованием сальников, налипанием глины, что приводило к повышению давления в нагнетательной линии и уменьшению длины рейса.

### Арктическая экспедиция

В Арктической ГРЭ на испытания были представлены две коронки КТСС-118х92, с ресурсом соответственно 91,5 м и 53,0 м и механической скоростью бурения более 4 м/ч.

Сводная ведомость отработки опытных и серийных коронок в сопоставимых условиях приведена в таблице.

Таблица

Экспедиция	Тип коронки	Кол-во коронок, шт.	Проходка, м		Категория пород	Породы	Режимы бурения			$V_{\text{мех}}$ , м/ч	Примечание
			всего	на коронку			$P$ , даН	$n$ , об/мин	$L_{\text{об}}$ , атм.		
Амакнская	КТСС-118х92	1	78,0	78,0	VII-VIII	Песчаник, известняк	800	45-60	-	9,7	
	СМ-5	1	1,0	1,0	IV-V	Алевролит	300-400	87	-	2,6	СМ-5-129 с расширителем
	КТСС-118х90	2	30,5	15,3	V-VI	Алевролит, песчаник	800-1000	60	3-4	7,4	-
	СМ-5	2	17,0	8,5	VI	Известняк	500-600	60	3-4	3,6	СМ-5-112 без расширителя
	КТСС-125х90	1	82,5	82,5	V-VI	Алевролит, песчаник	800-1000	60	3-4	8,0	-
	СМ-5	6	24,0	4,0	VI	Известняк	600-800	60	3-3,5	5,1	СМ-5-129 с расширителем
Богубобинская	КТСС-118х92	1	18,6	18,6	VII-VIII	Доломиты	1000-1500	40-127	-	4,5	-
	СМ-5	1	0,5	0,5	VII-VIII	Доломиты	800	45	-	2,0	СМ-5-129 с расширителем
	КТСС-137х112	1	16,6	16,6	VII	Доломиты	700-1100	94-127	-	6,0	-
	СМ-5	1	1,5	1,5	VII	Доломиты	700-800	60	-	2,5	СМ-5-129 с расширителем
	КТСС-132х112	1	35,5	20,0	VI-VII	Алевролит, доломит	1000-1200	94	-	9,0	-
	КТСС-137х112	1	17,6	17,6	V-VII	Пески, доломит	400-1300	94	-	3,8	-
Арктическая	СМ-5	1	0,45	0,45	VIII	Доломит	600	44	-	0,75	СМ-5-129 с расширителем
	КТСС-118х92	1	91,5	91,5	VI-VII	Песчаник, известняк	750-1000	87	5,5	-	-



Приведем основные выводы, рекомендации и предложения по результатам отработки опытных коронок типа КТСС.

#### **Выводы**

1. Общий объем бурения твердосплавными коронками КТСС на объектах АК «АЛРОСА» составил более 300 погонных метров.
2. Согласно результатам испытаний опытные коронки типа КТСС превосходят серийные коронки типа СМ-5 при бурении в идентичных условиях: по ресурсу на коронку – в 12–20 раз; по механической скорости бурения – в 2,2–3,1 раза; по длине рейса – более чем в 1,5 раза.
3. Результаты испытания опытных образцов коронок КТСС удовлетворительные.
4. Требуется изменить геометрические параметры коронки (внутренний диаметр – с 92 до 90 мм).
5. Следует рассмотреть возможность быстрого перевооружения коронок КТСС непосредственно на буровой готовыми секторами с напаянным твердым сплавом без замены тела коронки.
6. Коронки типа КТСС после незначительной доработки с учетом рекомендаций могут быть успешно внедрены при бурении на всех объектах АК «АЛРОСА» взамен применяемых коронок СМ-5.

#### **Рекомендации**



Рис. 3. Фото твердосплавной секторной ступенчатой коронки

1. Изменить конструкцию коронки, уменьшив количество секторов с расширителями до трех, тем самым снизить площадь контакта секторов на уступе забоя при бурении и площадь контакта корпуса со стенками скважины при подъеме коронки (рис. 3).

2. Увеличить на 2–3 мм диаметр внутреннего зазора между керном и секторами во избежание образования сальников внутри колонковой трубы.

3. Повысить ударную стойкость основных прямоугольных пластин в целях предотвращения их сколов при высоких значениях изгибающих и ударных нагрузок в трещиноватых крепких породах, а также при форсированном затирании керна всухую.

4. Разработать конструкцию, изготовить и испытать опытные образцы кернавального устройства для совместной работы с коронками типа КТСС в целях надежного отрыва и удержания керна без форсированного и продолжительного затирания его в коронке.

5. По результатам испытаний коронок КТСС производства ЗАО ГПГ «ЭЗТАБ» была получена экономия порядка 832 000 рублей при проходке около 260 погонных метра скважин за счет значительного увеличения средних показателей проходки на коронку и механической скорости бурения по сравнению с применяемыми серийными коронками СМ-5.

*У роботі описується варіанти технологічних і технічних рішень, впровадження яких дозволило в значній мірі поліпшити техніко-економічні показники бурових робіт на об'єктах АК «АЛРОСА».*

**Ключові слова:** пневмударное буріння, експрес-тампування, колонкову труба.

*The article describes variants of technological and technical decisions, which allowed to achieve considerable improvement in technical and economic performance of drilling work at the facilities of OJSC ALROSA.*

**Key words:** air percussion drilling, rapid plugging, the core barrel.

*Поступила 03.06.15*