

НТУ «Дніпровська політехніка»

КАФЕДРА НАФТОГАЗОВОГО ІНЖИНІРИНГУ ТА  
БУРІННЯ

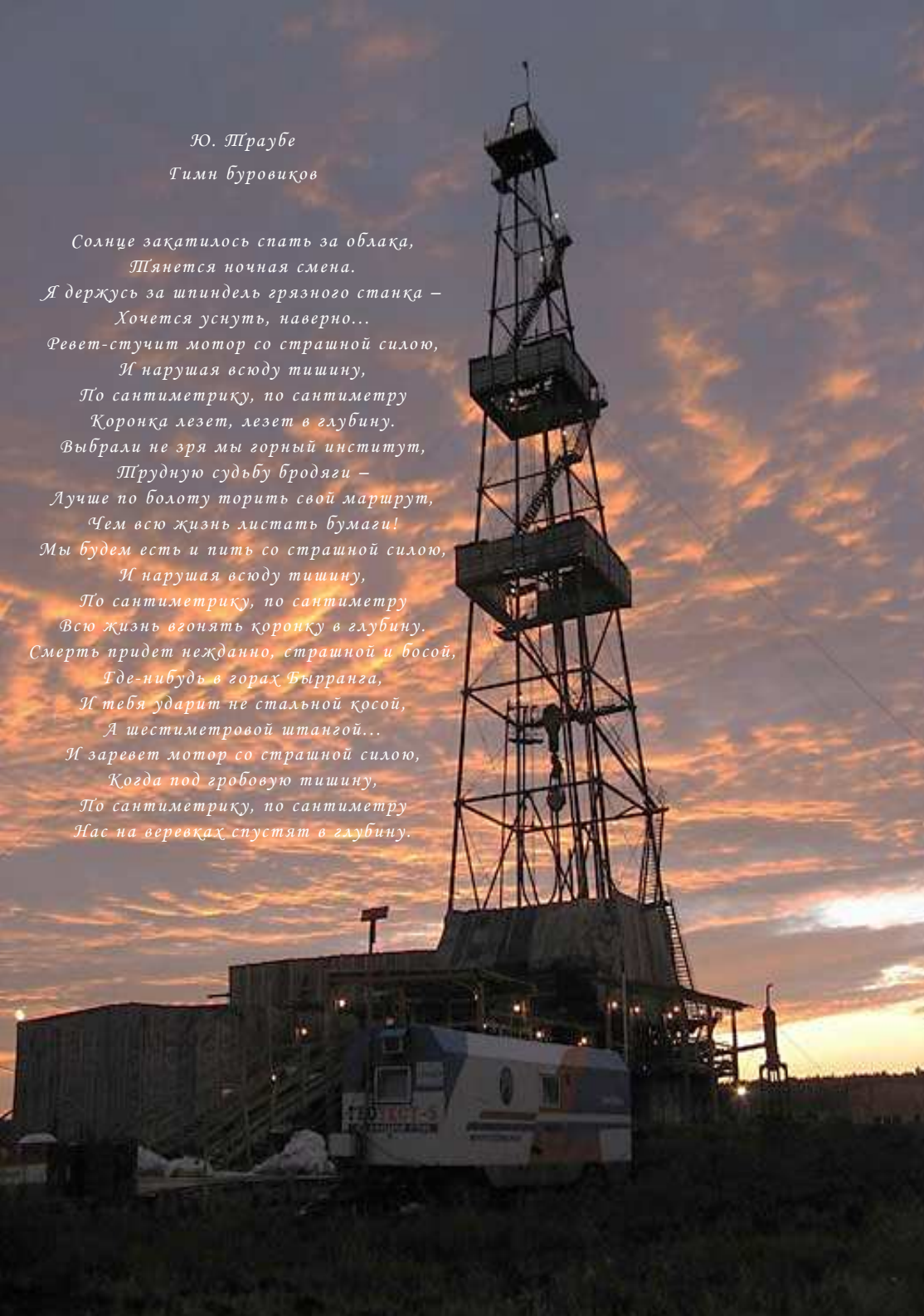
## СБІРНИК ДОПОВІДЕЙ

**ВСЕУКРАЇНСЬКА СТУДЕНТСЬКА  
НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

Дніпро 2019

*Ю. Траубе  
Тимн буровиқов*

*Солнце закатилось спать за облака,  
Шянется ночная смена.  
Я держусь за шпindelь грязного станка –  
Хочется уснуть, наверно...  
Ревет-стучит мотор со страшной силою,  
И нарушая всюду тишину,  
По сантиметриқу, по сантиметру  
Коронка лезет, лезет в глубину.  
Выбрали не зря мы горный институт,  
Шрудную судьбу бродяги –  
Лучше по болоту торить свой маршрут,  
Чем всю жизнь листать бумаги!  
Мы будем есть и пить со страшной силою,  
И нарушая всюду тишину,  
По сантиметриқу, по сантиметру  
Всю жизнь вгонять коронку в глубину.  
Смерть придет нежданно, страшной и босой,  
Где-нибудь в горах Ырранга,  
И тебя ударит не стальной қосой,  
А шестиметровой штангой...  
И заревет мотор со страшной силою,  
Қогда под гробовую тишину,  
По сантиметриқу, по сантиметру  
Нас на веревках спустят в глубину.*



## **ОБ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БУРОВЫХ УСТАНОВОК**

**Ветошка С.И., студентка группы 185-17-2 ГРФ**

В настоящее время в мире выпускается около 500 различных моделей установок, предназначенных для бурения геологоразведочных, структурно-поисковых, гидрогеологических, инженерно-геологических и сейсмических скважин [1 – 2].

Производством такого оборудования занимаются более 50 зарубежных фирм. Конструктивные схемы и технические характеристики буровых установок чрезвычайно разнообразны.

Для каждого типа вращателя существуют свои наиболее распространенные типы механизмов подачи и способы передачи мощности на основные рабочие органы, а это, в свою очередь, определяет конструктивные и компоновочные схемы буровых установок и их технологические возможности. Такое разнообразие моделей буровых установок может существовать только при условии, что все они обладают конкурентоспособностью на мировом рынке.

Для сравнительной оценки установок в пределах определенных типоразмеров целесообразно использовать методы математической статистики. Для этой цели необходимо все установки с учетом конструктивных особенностей и технологических возможностей разделить на типы и выделить среди них определенные типоразмеры, в пределах которых можно обоснованно проводить статистическую обработку основных параметров.

1. Установки со шпиндельным вращателем.

2. Высокооборотные низкомоментные буровые установки с подвижным вращателем с частотой вращения  $2000 - 2600 \text{ мин}^{-1}$  и крутящим моментом не более  $140 \text{ даН}\cdot\text{м}$ .

3. Низкооборотные высокомоментные буровые установки с подвижным вращателем с частотой вращения менее  $600 \text{ мин}^{-1}$  и крутящим моментом более  $250 \text{ даН}\cdot\text{м}$ .

3. Среднеоборотные высокомоментные буровые установки с подвижным вращателем (универсальные) с частотой вращения  $600 - 1200 \text{ мин}^{-1}$  и крутящим моментом более  $250 \text{ даН}\cdot\text{м}$ .

4. Установки с роторным вращателем.

Буровые установки каждого типа имеют характерную конструктивную схему и параметры технических характеристик, определяющие их технологиче-

ские возможности и преимущественные области применения. В настоящее время наиболее распространены установки с подвижным вращателем, удельный вес которых достигает 59% от общего числа, в том числе низкооборотные высокомоментные – 41%, высокооборотные низкомоментные – 2,5%, универсальные – 13,5%; 28% всех установок имеют шпиндельный вращатель и 13,5% – роторный.

Общее число моделей с 1954 – 1957 гг. до 2010 г. увеличилось почти в 5 раз. Очевидно, что это вызвано ростом объемов бурения скважин в связи с повышением потребности в минеральном сырье, увеличением объемов бурения гидрогеологических и инженерно-геологических скважин. Рост числа моделей происходил в основном за счет увеличения распространенности буровых установок с подвижным вращателем. Число моделей буровых установок с шпиндельным вращателем практически не изменилось, а с роторным вращателем – даже несколько уменьшилось; несложно видеть, что удельный вес установок со шпиндельным и роторным вращателем неуклонно снижается, а с подвижным вращателем – увеличивается. Такая тенденция объясняется технологическими и эксплуатационными преимуществами установок с подвижным вращателем, которые применяются как при колонковом, так и бескерновом бурении.

Установки с роторным вращателем при колонковом бурении практически не применяются, а низкооборотные с подвижным вращателем используются только при бурении с гидро- и пневмотранспортом шлама.

В настоящее время, несмотря на увеличение производства новых более перспективных моделей буровых установок с подвижным вращателем, для бурения скважин на твердые полезные ископаемые продолжают использовать в основном установки со шпиндельным вращателем, а число моделей таких установок превышает 60%. Аналогична ситуация при бурении гидрогеологических скважин, когда используются установки с роторным вращателем.

Очевидно, что установки со шпиндельным и роторным вращателями, хотя и являются менее перспективными, чем установки с подвижным вращателем, имеют свою область эффективного применения, и их производство, по крайней мере, в ближайшие 15 – 20 лет сохранится.

В ходе научно-технического прогресса основные особенности конструктивных схем и параметры технических характеристик буровых установок со шпиндельным и роторным вращателями существенно не изменились.

Ведущие фирмы «Фэйлинг», «Спидстар», «Гарднер Денвер» в стремлении повысить конкурентоспособность своих установок с роторным вращателем на мировом рынке стали комплектовать их кроме ротора дополнительным подвижным вращателем с гидравлическим приводом. Преимущества подвижного вращателя на таких установках особенно проявляются при бурении в сложных геологических разрезах, а также при алмазном бурении с отбором керна. Фирмы «Лонгир», «Чикаго Пневматик», «Джой» (США), «ЕДЕКО» (Великобритания) и другие выпускают шпиндельные буровые установки с гидравлическим приводом. Применение гидравлического привода позволяет в 1,5 – 2 раза повы-

сильно мощность установки без увеличения массы основного оборудования, увеличить ее ресурсе и производительность.

При организации промышленного производства бурового оборудования очень важно правильно определить оптимальные, экономически оправданные сроки обновления отдельных моделей буровых установок.

На первых этапах производства буровых установок, когда еще только начиналось внедрение мелкоалмазных коронок и снарядов со съемными керноприёмниками для геологоразведочного бурения (до 1960 г.) и гидрофицированных установок с подвижным вращателем (до 1970 г.), совершенствование бурового оборудования происходило более динамично, чем в настоящее время. Сроки обновления основных моделей предшествующего поколения изменялись от 8 – 10 до 12 – 16 лет. На этом этапе развития техники происходила по существу, отработка новых конструктивных схем, рациональных параметров бурового оборудования.

После разработки удачных моделей фирмы стремятся сохранить их производство до тех пор, пока они имеют конкурентоспособность на мировом рынке. В пределах этого срока фирмы постоянно частично модернизируют оборудование с целью усовершенствования технологии изготовления, применения новых материалов, улучшения качества изготовления, устранения отдельных выявленных в процессе эксплуатации недостатков.

Переход на производство новых моделей осуществляется только в случае появления реальных предпосылок для коренного улучшения потребительских свойств. Преждевременное снятие оборудования с производства свидетельствует о недостаточной конкурентоспособности его на мировом рынке.

Наибольший срок производства имеют станки со шпиндельными вращателем фирмы «Лонгир», которые выпускаются с 1967 г. без существенной модернизации в течение 35 лет и до сих пор пользуются популярностью на мировом рынке. Такое длительное существование: этих буровых установок объясняется тем, что фирма «Лонгир» была лидером среди специализированных фирм в области бурового оборудования для алмазного бурения и раньше других реализовала в своих установках основные прогрессивные идеи, которые остаются в силе до настоящего времени высокие частоты вращения; повышенная мощность привода; применение автомобильных коробок скоростей и демультипликаторов в трансмиссии, лебедок керноприемника, регулируемых маслонасосов и дросселей на сливе из гидроцилиндров; увеличенные диаметры проходного отверстия вращателя и т. д.

Конструктивная схема этих станков позволяла проводить текущую модернизацию их без существенного изменения конструкции и изменения марки моделей (комплектование гидропатронами и гидроцилиндрами для отодвигания станка от устья скважины).

Последние Модели фирмы «Бойлс Броз» (BBS – 25, 37, 56) уже выпускаются в течение 14 лет, и нет сведений о подготовке к снятию их с производства. Среди установок с подвижным вращателем максимальные сроки производства имеет продукция фирмы «Мобил Дриллинг», современные модели которой уже

производятся в течение 20 – 24 лет. Фирмы «Вирт» и «Целлермашиненфабрик» выпускают современные гидрофицированные буровые установки в течение 15 лет, их производство продолжается.

Таким образом, в результате анализа сроков обновления (буровых установок с механической и гидравлической трансмиссиями, выпускаемых ведущими зарубежными фирмами, можно сделать вывод, что в случае разработки технических средств, получивших признание на мировом рынке, их производство продолжается не менее 15 – 20 лет.

#### **Библиографический список**

1. <http://www.worldoil.com>.
2. Пути повышения эффективности геологоразведочного бурения / П. И. Букреев, С. И. Голиков, В. А. Кудря и др. – М.: Недра, 1989. – 158 с.

УДК 622.24

## **ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ БУРЕНИЯ ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРНОГО МАССИВА**

**Римар Н.В. студент группы 185-17-2 ГРФ-1**

Получение детальной и полной характеристики горного массива необходимо на разных стадиях ведения поисково-разведочных и открытых горных работ. Применение метода регистрации параметров бурения позволяет производить оценку геологического разреза по диаграммам изменения этих параметров. Получаемая таким образом дополнительная информация может существенно корректировать результаты традиционных методов исследования горного массива, что позволит сократить объемы колонкового бурения и уменьшить стоимость работ. На рис. 1 приведена современная классификация методов получения геолого-технической информации в процессе бурения скважин.

Для эффективного применения метода регистрации параметров бурения необходимо понимание взаимосвязей между этими параметрами и геомеханическими свойствами пород, определенными по данным описания керна и его испытаниям в лабораторных условиях. Непрерывная регистрация параметров бурения позволяет обнаруживать переслаивание пород, наличие слабых, трещиноватых и водонасыщенных зон в геологическом разрезе [1 – 2].

Благодаря анализу горного массива по данным регистрации параметров бурения, удастся оптимизировать буровзрывные работы по критерию степени дробления пород. На основании также исследований, проведенных в странах Европейского Союза, была выявлена связь параметров бурения с такими геомеханическими свойствами пород, как предел прочности на сжатие, модуль Юнга

и твердость, которые зависят от их структуры, текстуры, степени выветрелости и др.

В качестве наиболее важных параметров бурения в этом исследовании были отмечены осевая нагрузка и мгновенная механическая скорость, которая зависит от многих факторов, и в том числе от прочности горных пород и степени их выветрелости, типов буровой установки и породоразрушающего инструмента, давления и скорости восходящего потока очистного агента. Любые изменения свойств горных пород отражаются на изменении механической скорости или какого-либо другого показателя, базирующегося на комбинации нескольких параметров бурения. Диаграммы регистрации механической скорости в зависимости от глубины по нескольким скважинам при использовании одинакового масштаба записи позволяют выявлять идентичные прослой и проследить их по простиранию.

В ходе экспериментальных работ применялась установка для вращательного и ударного бурения на гусеничном ходу, на которой был смонтирован регистрирующий прибор французской фирмы, несколько модифицированный для регистрации параметров взрывных скважин на карьере. Регистрация осевой нагрузки и механической скорости, поддерживаемых на постоянном уровне, осуществлялась в зависимости от глубины скважин соответственно в МПа и м/ч.

Кроме того, параллельно проводилось бурения скважин установками, оборудованными техническими средствами, позволяющими применять снаряды со съемными керноприемниками. Керн, полученный при бурении снарядами со съемным керноприемником, был исследован в лабораторных условиях для определения показателя прочности при точечном нагружении, предела прочности при одноосном сжатии, плотности, твердости и трещиноватости. Было установлено наличие хорошей корреляции между геомеханическими свойствами пород и механической скоростью бурения за исключением тех интервалов, в которых наблюдалась изменчивость текстуры и структуры пород.

Интересные результаты показали исследования трещиноватости проходимых горных пород, которая определялась тремя способами: по керну, по данным регистрации механической скорости бурения и по данным исследования скважин с помощью специальной телевизионной камеры. Целью исследования являлось сопоставление результатов регистрации механической скорости с другими способами. Применение телевизионной камеры было связано с необходимостью идентификации трещин. Исследования, проведенные с регистрирующим прибором французской фирмы, показали, что при попадании бурового инструмента в трещину на диаграмме механической скорости мгновенно изображается острый «пик». Была установлена также связь между шириной трещин и шириной «пики».

При исследовании разреза на карьере с помощью телекамеры было установлено, что в естественных условиях трещины очень слабо раскрыты и поэтому, определить их ширину по диаграмме механической скорости не всегда представлялось возможным. Однако было подтверждено, что все трещины в

разрезах фиксировались по «пикам» механической скорости на соответствующих отметках глубины.

Значения трещиноватости, определенные по керну, довольно малы и не отражают реальную трещиноватость пород в разрезе, поскольку 70 % извлекаемого керна в снаряде было в виде отдельных небольших кусков и большинство трещин в довольно крупных кусках керна появились в процессе бурения и последующих воздействий на него. Значения трещиноватости, определенные по данным специальной телевизионной камеры дают неверное представление о нарушенности горного массива, что связано с недостаточной чувствительностью такого прибора. На основе проведенных исследований установлено, что регистрация параметров бурения позволяет наиболее тщательно определять трещиноватость горного массива.

Аналогичные исследования, проведенные в угольном карьере, доказали возможность четкой идентификации угольных пластов по данным регистрации механической скорости бурения в разрезе, который характеризовался значительной разницей геологических и геомеханических свойств угля и вмещающих пород. Такая информация представляет большую ценность для проектирования схемы расположения взрывных скважин с целью оптимизации степени дробления горных пород и максимального уменьшения разубоживания угля.

В целом исследования, проведенные на карьерах, показали реальную возможность выделять в горном массиве различные литомеханические зоны и характеризовать его трещиноватость на основе интерпретации данных регистрации параметров бурения.

#### **Библиографический список**

1. <http://www.worldoil.com>.
2. Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин: В 2 т. Т. 2 / Под ред. Е.А. Козловского. – М.: Недра, 1984. – 437 с.

УДК 622.24

### **К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ**

**Ильницкий В.Н.** студент группы 185-18ск-2 ГРФ

Бурильная колонна – наиболее ответственная часть бурового снаряда. Она выполняет различные функции. Через нее на породоразрушающий инструмент передаются крутящий момент и осевая нагрузка для разрушения породы, подается очистной агент и выносится с забоя выбуренный керн при его гидротранспорте, поднимается съемный керноприемник. Через колонну труб закачивают тампонирующие материалы и опускают приборы для исследования скважины; на ней опускается инструмент для ликвидации аварий. В многозвенной конструкции бурильной колонны выделяют основные и вспомогательные элементы. К основным относят ведущую трубу, бурильные трубы с присоеди-

тельными элементами, утяжеленные бурильными трубами (УБТ). Вспомогательные элементы: переходники, центраторы, стабилизаторы, протекторы.

Для высокоскоростного алмазного бурения используются гладкоствольные снаружи бурильные колонны ниппельного соединения из стали или алюминиевых сплавов. Стальные трубы гладкоствольные снаружи и внутри с соединением труба в трубу и минимальным зазором (2 – 3 мм) между колонной и скважиной применяются при алмазном бурении со съемными керноприемниками.

Колонны с муфтово-замковыми соединениями используются в основном при твердосплавном, шарошечном и ударно-вращательном бурении. При этом можно применять коронки и долота нескольких размеров.

Стальные толстостенные (19 – 22 мм) утяжеленные бурильные трубы, включаемые в нижнюю часть бурильной колонны, служат для создания необходимой нагрузки на породоразрушающий инструмент, улучшения условий работы бурильной колонны, уменьшения искривления скважины.

Бурильные трубы и их соединения составляют основную часть бурильной колонны. Они обеспечивают протяженность бурильной колонны как непрерывной системы для регулирования нагрузки на породоразрушающий инструмент и подачи циркуляционного агента к забою. Циркуляция промывочной жидкости в скважине создается буровым насосом. Он обеспечивает необходимую интенсивность подачи (расход) и создает напор, который должен превышать сумму всех гидравлических сопротивлений движению бурового раствора на всем пути от насоса до забоя скважины, а затем до устья скважины на поверхности. Гидравлический расчет циркуляционной системы выполняют с целью определения необходимых характеристик насоса и их числа. При проведении гидравлического расчета определяют следующие параметры: необходимую интенсивность подачи очистного агента, режим течения жидкости в зависимости от скорости движения, гидравлические сопротивления движению жидкости по характерным участкам; суммарные гидравлические сопротивления, гидравлическую мощность бурового насоса.

Всю систему подразделяют на элементы или характерные участки, для которых в отдельности подсчитывают потери напора. Основными элементами этой системы можно считать бурильные трубы и их соединения. Расчет потерь напора в этих звеньях ведут по следующим формулам:

потери давления в бурильных трубах

$$P_1 = 8,12 \cdot 10^{-7} \lambda_1 \rho Q^2 L / d_B^5 ; \quad (1)$$

потери давления в соединениях бурильной колонны:

$$P_2 = 8,12 \cdot 10^{-7} \xi \rho \frac{Q^2}{d_B^4} n_c , \quad (2)$$

где  $\lambda_1$  – безразмерный коэффициент гидравлического сопротивления;  $\rho$  – плотность промывочного агента, кг/м<sup>3</sup>;  $Q$  – расход очистного агента, м<sup>3</sup>/с;  $L$  – длина бурильных труб, м;  $d_B$  – внутренний диаметр труб, м;  $\xi$  – коэффициент местного сопротивления;  $n_c$  – число соединений в колонне.



В справочной литературе [1 – 2], приводятся рекомендации по применению бурильных труб для различных глубин, диаметров скважин и способов бурения.

Однако эти рекомендации не соответствуют практике бурения.

Для аналитических исследований был использован пакет Microsoft office Excel.

Переменными величинами в расчетах были :расход и длина колонны. Очистным агентом являлась ньютоновская жидкость. Расчеты были проведены для труб с ниппельными соединениями (СБТН – 33,5; СБТН – 42; СБТН – 54; СБТН – 68) и муфто-замковым (50МЗ, 60МЗ).

Основное несоответствие обусловлено величиной перепада давления, требуемого для прокачки очистного агента внутри бурильной колонны. Применяемые в настоящее время буровые геологоразведочные насосы обеспечивают максимальный перепад давления в 10 МПа (насос НБ – 5). Как видно из рисунка в отдельных случаях перепад давления при прокачивании очистного агента превышает 30 МПа. Так, например, для труб СБТН – 42 при глубине скважины в 500 м и подаче жидкости 105 л/мин потери давления превышают 5 МПа. При использовании труб СБТН – 54 на глубину 1500 м и при подаче жидкости 125 л/мин (что соответствует рекомендуемой величине расхода очистного агента при шарошечном бурении), потери давления также превышают 5 МПа. Следует также отметить, что величина потерь напора по длине колонны не превышает 3% от значений потерь напора в соединениях(для ниппельных труб).

Таким образом, необходимо уточнить предельные глубины использования каждого типоразмера труб в зависимости от способа бурения.

### **Библиографический список**

1. Сулакшин С. С. Практическое руководство по геологоразведочному бурению. – М.: Недра, 1978. – 334 с.
2. Пути повышения эффективности геологоразведочного бурения / П. И. Букреев, С. И. Голиков, В. А. Кудря и др. – М.: Недра, 1989. – 158 с.

УДК 622.24

## **К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ОЧИСТНОГО АГЕНТА**

**Канаев Е.Г. студент группы 185-18ск-2 ГРФ**

Вынос разрушенной породы с забоя скважины на дневную поверхность является одной из основных задач очистного агента.

Очистка забоя и ствола скважины от выбуренной породы представляет собой сложный гидродинамический процесс, который может быть осуществлен тогда, когда восходящая скорость очистного агента будет превосходить ско-

рость погружения частицы и абсолютную скорость подъема ее с забоя скважины. Следует отметить, что в реальном потоке очистного агента в скважине распределение скоростей по сечению потока зависит от многих факторов: формы сечения ствола скважины, реологических свойств и режима течения очистного агента и т.д. Поэтому скорость выноса выбуренных частиц очистным агентом носит весьма сложный характер, который еще слабо исследован и требует как лабораторного, так и промышленного изучения [1].

Транспортирование частиц разрушенной породы по стволу скважины характеризуется абсолютной скоростью частицы  $V_{\text{ч}}$ , которая связана со средней скоростью потока жидкости в кольцевом пространстве  $V_{\text{ж}}$  соотношением:

$$V_{\text{ж}} = u + V_{\text{ч}}, \quad (1)$$

где  $u$  – скорость оседания частицы шлама в неподвижной жидкости, м/с.

Скорость  $u$  в формуле (1) вычисляют следующим образом:

$$u = \sqrt{\frac{4g}{3C} d \left( \frac{\rho}{\rho_{\text{ж}}} - 1 \right)}, \quad (2)$$

где  $g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;  $C$  – коэффициент сопротивления, который зависит от формы тела и режима обтекания;  $d$  – диаметр частицы, м;  $\rho_{\text{ж}}$  и  $\rho$  – соответственно плотность жидкости и частицы, которая погружается, кг/м<sup>3</sup>.

Коэффициент сопротивления  $C$  даже для тела идеальной сферической формы не является величиной постоянной и находится в сложной зависимости от параметра Рейнольдса, характеризующего режим обтекания тела.

Принимая для шара в среднем  $C=0,5$ , из (2) можно получить формулу Риттингера

$$u = 5,11 \sqrt{d \left( \frac{\rho}{\rho_{\text{ж}}} - 1 \right)}, \quad (3)$$

которая широко применяется в инженерных расчетах скорости оседания частиц шлама.

В прикладных расчетах абсолютная скорость, необходимая для транспортировки разрушенной породы с забоя скважины определяется в доле от  $u$

$$V_{\text{х}} = (0,2 - 0,3) u, \quad (4)$$

либо максимально допустимой объемной долей твердой фазы в циркулирующем очистном агенте.

Объемная доля твердых частиц  $C_{\text{ТВ}}$  определяется соотношением между их объемом и объемом жидкости в кольцевом пространстве [2]:

$$C_{\text{ТВ}} = \frac{D_{\text{с}}^2}{D_{\text{с}}^2 - d_{\text{БГ}}^2} \frac{V_{\text{М}}}{V_{\text{ч}}}, \quad (5)$$

где  $D_{\text{с}}$  – диаметр скважины, м;  $d_{\text{БГ}}$  – диаметр буровых труб, м;  $V_{\text{М}}$  – механическая скорость бурения, м/с.

Из (5) мы можем получить выражение для определения абсолютной скорости движения частицы

$$V_q = \frac{D_c^2}{D_c^2 - d_{BT}^2} \frac{V_M}{C_{ТВ}} \cdot \quad (6)$$

В отношении выбора максимально допустимой объемной доли шлама существуют следующие рекомендации. Если промывочной жидкостью служит вода или другие ньютоновские жидкости максимальная объемная доля шлама составляет 0,02, при промывке скважины глинистым раствором или другими неньютоновскими жидкостями  $C_{ТВ}=0,05$ .

Имеем следующие значения абсолютной скорости движения  $V_q$  (табл. 1), полученные в соответствии с рекомендуемыми скоростями восходящего потока.

Таблица 1  
Рекомендуемые абсолютные скорости движения частиц

Породоразрушающий инструмент	Абсолютная скорость движения частиц при промывке, м/с	
	водой	глинистым раствором
Твердосплавные коронки	0,05-0,12	0,04-0,1
Алмазные коронки	0,1-0,16	-
Шарошечные долота	0,12-0,16	0,08-0,12

В табл. 2 представлены значения средних размеров частиц шлама характерных для каждого вида породоразрушающего инструмента и расчетные значения  $u$ ,  $V_q$  и  $V_{ж}$  для указанных размеров, при условии промывки скважины водой ( $\rho_{ж}=1000 \text{ кг/м}^3$ ) и глинистым раствором ( $\rho_{ж}=1200 \text{ кг/м}^3$ ), значения  $\rho$  принято равным  $2500 \text{ кг/м}^3$ .

Таблица 2  
Расчетные значения скоростей оседания, выноса частиц шлама и скорости восходящего потока очистного агента при промывке скважины водой и глинистым раствором

Вид породоразрушающего инструмента	Средний размер частиц шлама, мм	$u$ , м/с	$V_q$ , м/с	$V_{ж}$ , м/с
Промывка водой				
Твердосплавная коронка	0,5	0,139	0,028-0,042	0,167-0,181
Алмазная коронка	0,075	0,054	0,011-0,016	0,065-0,07
Шарошечное долото	3,0	0,343	0,069-0,1	0,412-0,443
Промывка глинистым раствором				
Твердосплавная коронка	0,5	0,119	0,024-0,036	0,143-0,155
Шарошечное долото	3,0	0,291	0,058-0,087	0,349-0,378

Обозначив в выражениях (5) и (6) соотношение  $\frac{D_c^2}{D_c^2 - d_{BT}^2}$  через  $m$ , полу-

чим:

$$C_{ТВ} = m \frac{V_M}{V_ч} \quad (7)$$

и

$$V_ч = m \frac{V_M}{C_{ТВ}}. \quad (8)$$

Для скважин геологоразведочного бурения, проходимых шарошечными долотами  $m$  находится в пределах 1,25÷1,4, а проходимых алмазными и твердосплавными коронками  $m$  составляет 5÷6.

Таким образом, объемная доля твердых частиц в жидкости, находящейся в кольцевом пространстве определяется соотношением диаметров скважины и бурильных труб, механической скоростью бурения и абсолютной скоростью движения частиц шлама, определенной либо соотношениями (1), (3) и (4), либо рекомендациями по необходимой скорости восходящего потока (табл. 1).

На рис. 1 и 2 представлены результаты расчета объемной доли твердых частиц ( $C_{ТВ}$ ) для различных значений  $m$ , в зависимости от механической скорости бурения, характерной для каждого отдельного вида (в соответствии с категорией по буримости). Расчеты выполнены из условия, что бурение шарошечными долотами осуществляется в породах I-VII категорий по буримости. Сплошными линиями показаны зависимости полученные при условии промывки скважины ньютоновской жидкостью, пунктирной – при промывке глинистым раствором.

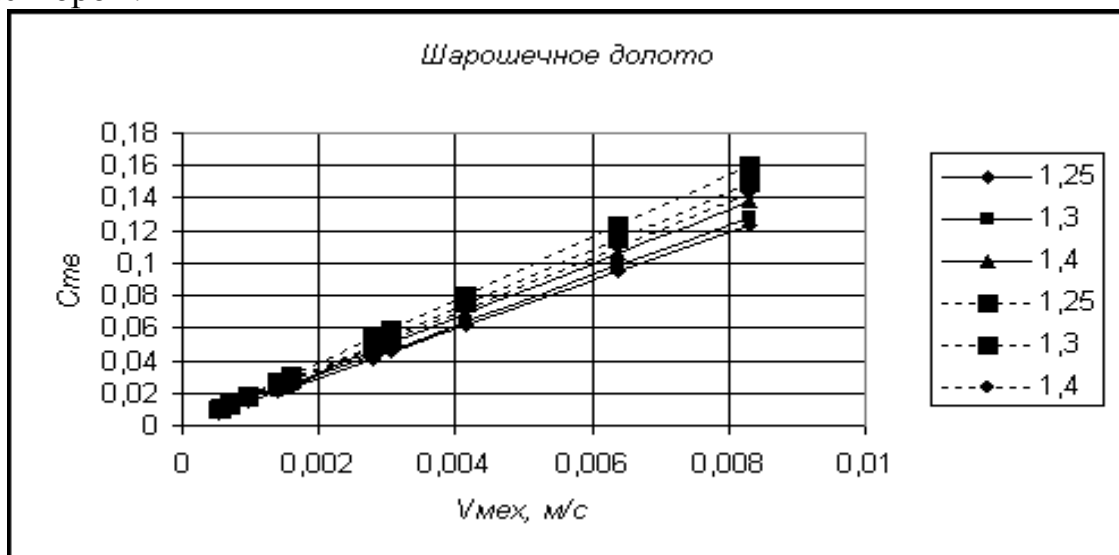


Рис. 1 Результаты расчета объемной доли частиц шлама в кольцевом пространстве исходя из скорости оседания.

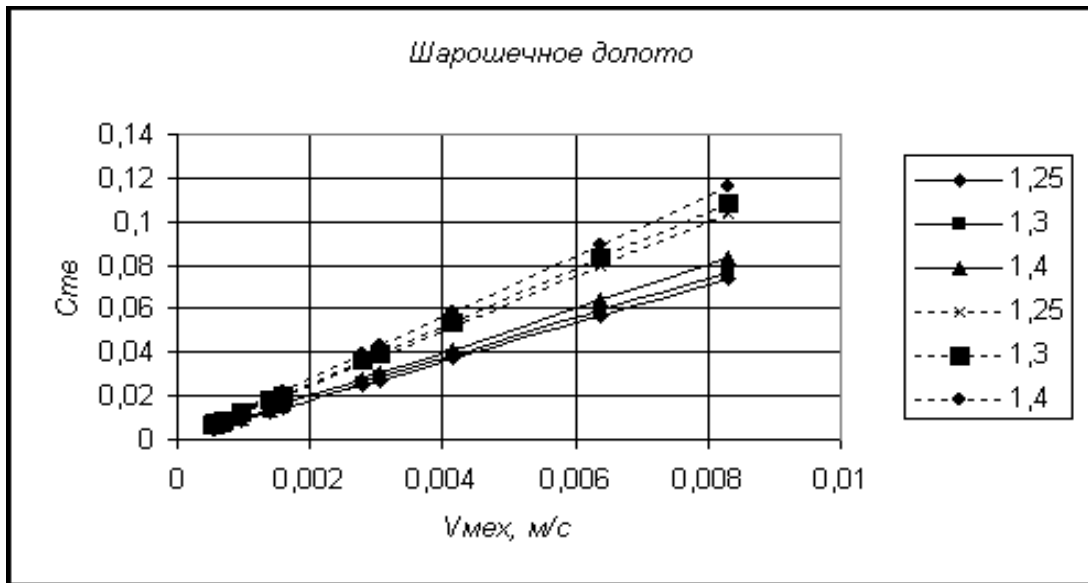


Рис. 2 Результаты расчета объемной доли твердых частиц шлама в кольцевом пространстве исходя из рекомендаций по скоростям восходящего потока.

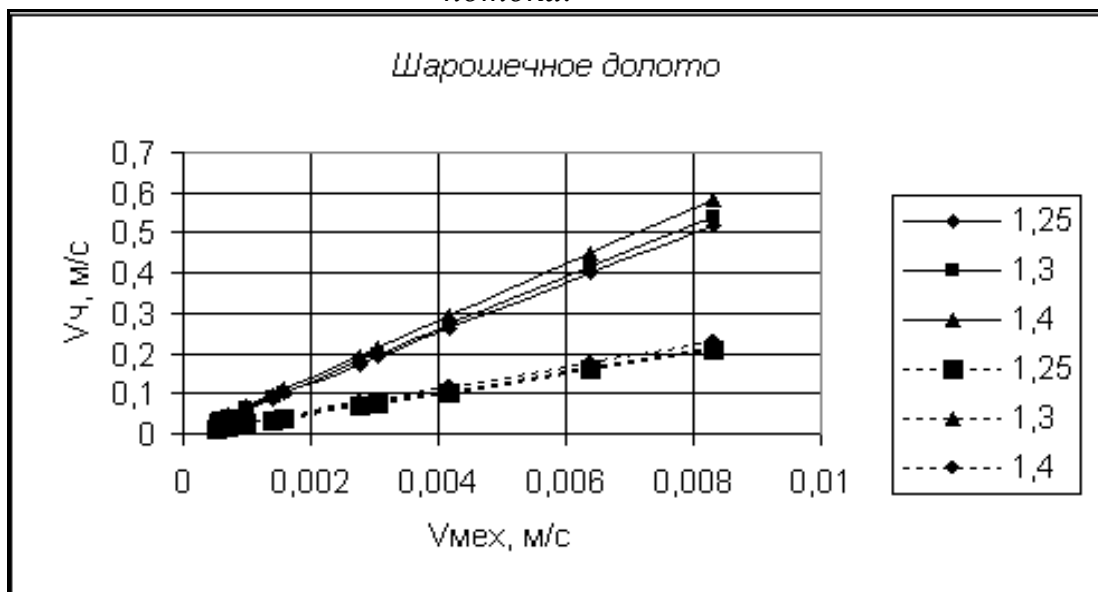


Рис. 3 Результаты расчета абсолютной скорости движения частиц шлама исходя из рекомендаций по предельно допустимой объемной доле шлама в кольцевом пространстве.

На рис. 3 представлены результаты расчета абсолютной скорости движения частиц шлама ( $V_{ч}$ ), в зависимости от механической скорости бурения, с учетом предельно допустимой объемной доли шлама в кольцевом пространстве. Данные расчетов (см. рис. 3) свидетельствуют о том, что значение абсолютной скорости движения частиц шлама полученные исходя из предельно допустимого содержания твердых частиц в кольцевом пространстве не соответствуют как значениям  $V_{ч}$  полученным исходя из скорости оседания, так и полученным исходя из рекомендуемых скоростей восходящего потока.

### **Библиографический список**

1. Сулакшин С. С. Практическое руководство по геологоразведочному бурению. – М.: Недра, 1978. – 334 с.
2. Маковой Н. Гидравлика бурения. Пер. с рум. – М.: Недра, 1986.-536 с.

УДК 622.24

## **НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДУКТОВ РАЗРУШЕНИЯ БУРОВЫХ СКВАЖИН**

**Крошка А.И. студентка группы 85-17ск-2 ГРФ**

При любом способе бурения большой интерес для теории и практики разрушения горных пород представляет вопрос о гранулометрическом составе шлама. В значительной мере последний является показателем скорости бурения и величины затрат энергии на 1 м проходки. По гранулометрическому составу продуктов разрушения можно судить о совершенстве конструкций породоразрушающих инструментов и рациональности режимов его работы. Без учета гранулометрического состава буровых шламов практически невозможна разработка эффективных (в отношении скорости и энергоемкости) способов очистки скважин, а также точных и удобных в практическом отношении методов их расчета. Кроме того, гранулометрический состав продуктов разрушения, выходящих из устья скважины, определяет эффективность работы шламоотделяющих средств, а возможность его оценки имеет большое значение при решении задачи очистки воздуха в подземных выработках. По общим вопросам гранулометрии имеется достаточно обширная литература, например [1]. Применительно к бурению скважин гранулометрией продуктов разрушения занимались вскользь, и в литературных источниках содержатся об этом только отрывочные сведения.

В работах [2,3] показано, что при вращательном бурении наибольшая вероятность встречи частиц с размером от 1 до 15 мкм, а при ударно-вращательном – от 5 до 40 мкм, в зависимости от типа коронки. Выполненные экспериментальные исследования позволили проанализировать влияние ряда факторов на дисперсионный состав бурового шлама.

Исследование влияния зернистости алмазов на гранулометрический состав продуктов разрушения производилось при вращательном и ударно-вращательном способах бурения коронками, армированными естественными и искусственными алмазами. Сравнивая параметры шлама, полученного при бурении естественными и искусственными алмазами, легко заметить, что при бу-

рении искусственными алмазами вероятные размеры частиц шлама в 2...5 раз больше, чем при бурении коронками, армированными естественными алмазами. Диапазон же варьирования размеров частиц бурового шлама увеличился незначительно. При бурении вращательным способом размер частиц доходил до 2 мм, а при ударно-вращательном – до 3 мм. В том и другом случае бурение велось с гидроударником ГВ – 5 и почти на одних и тех же режимах.

Различие в размерах бурового шлама в первую очередь можно объяснить конструкцией коронок и величиной алмазных зерен.

Влияние интенсивности промывки на размеры частиц бурового шлама изучалось при бурении полимиктового и степановского песчаников вращательным способом. Обе породы бурились при постоянных режимах, варьировалась только интенсивность промывки забоя. Песчаники довольно сильно отличались друг от друга по свойствам. Твердость полимиктового песчаника в 1,5 раза была выше, чем у степановского. В то же время коэффициент пластичности у степановского песчаника в 2 раза выше, чем у полимиктового. Абразивность и динамическая прочность у обоих песчаников была примерно одинакова.

Несмотря на ощутимые различия в механических свойствах песчаников и значительные варьирования интенсивности промывки забоя, результат дисперсионного разделения бурового шлама в качественном отношении оказался одним и тем же. Различие носит лишь качественный характер. При бурении с более интенсивной промывкой выход мелких фракций уменьшился, а крупных – увеличился. Расхождение особенно значительно для крупных фракций и менее значительно – для мелких. Это указывает на вторичное измельчение продуктов разрушения при слабой промывке.

Влияние частоты вращения на дисперсионный состав продуктов разрушения можно проследить на диорите, кремнисто-полевошпатовом роговике, степановском песчанике и сульфидизированном мраморе. Из экспериментальных данных следует, что с увеличением частоты вращения (при постоянной интенсивности промывки забоя) выход мелких фракций возрастает, а крупных – уменьшается. Однако эта тенденция не очень значительная.

Влияние усилия подачи породоразрушающего инструмента на дисперсионный состав продуктов разрушения прослеживается на граувакковом песчанике, кремнисто-полевошпатовом роговике, степановском песчанике и сульфидизированном мраморе, - т. е. на породах самого различного вещественного состава и строения. По экспериментальным данным следует, что увеличение усилия подачи приводит к сокращению мелких и увеличению крупных фракций. При этом усилие подачи на размеры шламовых частиц оказывает большее влияние, чем частота вращения. Эта тенденция четче выражена при бурении твердых пород и слабее – более слабых.

Таким образом, увеличение частоты вращения породоразрушающего инструмента при незначительном увеличении усилия подачи не только положительно сказывается на механической скорости бурения, но и приводит к увеличению физического к. п. д. процесса разрушения горных пород.

Исследованиями, проведенными в Иркутском политехническом институте [4], установлен следующий гранулометрический состав шлама при бурении твердосплавными коронками (табл. 1). Бурение осуществлялось на специальном лабораторном стенде, станком с гидравлической подачей. В качестве породоразрушающего инструмента использовалась твердосплавная коронка диаметром 46 мм. Бурение производилось при следующих режимных параметрах: частота вращения – 250 мин<sup>-1</sup>, осевая нагрузка 300 даН на коронку, количество промывочной жидкости – 20 л/мин.

Таблица  
Гранулометрический состав шлама по ИПИ

Размер частиц, мм	до 0,05	0,05-0,063	0,063-0,1	0,1-0,16	0,16-0,2	0,2-0,315	больше 0,315
Содержание, %	29,71	27,06	12,21	7,78	5,06	5,67	12,51

В работе [5] представлены данные по гранулометрическому составу шлама полученные непосредственно на бурящихся скважинах при различных сочетаниях параметров режима бурения.

Наиболее обширные данные имеются о гранулометрическом составе продуктов разрушения при шарошечном бурении. Установлено [6,7], что при разбурировании горных пород разные венцы шарошек долота образуют различный по крупности шлам. В случае применения зубчатых долот наиболее крупные частицы шлама формируются под ведущими венцами, образующими рейку.

### Библиографический список

1. Андреев С.Е., Зверев В.В., Петров В.А. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. – М.: Недра, 1966. – 240 с.
2. Рожков В.П., Куприенко В.И. Влияние технических и технологических факторов на величину шламовых частиц и их распределение по размерам при алмазном бурении геологоразведочных скважин // Межвузовский тематический сборник «Совершенствование техники и технологии бурения скважин на твердые полезные ископаемые». выпуск 12. – Свердловск, 1989. – С. 29 – 38.
3. Рожков В.П., Сулакшин С.С., Храпников Р.Г., Марьин М.Д. Исследование гранулометрического состава продуктов разрушения при бурении геологоразведочных скважин // Известия ВУЗов Геология и разведка. – 1972. – № 4. с. 135 – 142.
4. Шашилов В.П., Кузнецов В.Н. Оценка гранулометрического состава бурового шлама // Методика и техника разведки. – 1980. вып. 134. с. 72 – 73
5. Кулиев А.Э., Ахундов У.Х. К вопросу дробления пород на забое при бурении скважин малого диаметра // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 1964. – № 10. с. 19 – 20.
6. Лопатин Ю.С., Филатов Б.С. Некоторые основные характеристики бурового шлама // Нефтяное хозяйство. – 1970. – № 10. с. 14 – 18.



7. Лопатин Ю.С., Филатов Б.С. Об образовании шлама при бурении шарошечными долотами // Нефтяное хозяйство. – 1968. – № 7. с. 15 – 17.

УДК 622.24

## **РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ СПОСОБОВ БУРЕНИЯ**

**Коляда В.А. студент группы 85-17ск-2 ГРФ**

Разрушение горных пород при бурении осуществляется двумя методами: механическим, который получил наибольшее распространение, и физическими способами, которые находятся в стадии изучения или применяются в ограниченных объемах.

Среди физических способов разрушения горных пород при бурении скважин можно выделить два – термический и гидромеханический. Наибольшее применение в промышленности получил второй: при разработке угольных пластов, строительстве туннелей, распиливании блоков породы в карьерах, разрушении бетона, перфорировании обсадных колонн. Гидромеханический способ может быть условно разделен на два – гидромеханический эрозионный (использование высоконапорных струй) и гидромеханический абразивный (использование высоконапорных струй содержащих абразивные частицы, такие как кварцевый песок, стальные шарики).

При гидромеханическом (абразивном) бурении для разрушения горных пород используется энергия большого количества стальных или твердосплавных шаров, многократно соударяющихся с забоем скважины с большой скоростью. Шары приводятся в движение специальным жидкостным или воздушным инжекторным (струйным) аппаратом [1].

Забой скважины шароструйного бурения имеет вогнутую криволинейную форму. Получение такой формы забоя объясняется тем, что шары, вылетая из аппарата в различных направлениях, встречаются с поверхностью забоя скважины под различными углами, что приводит к неравномерному разрушению, кроме того, шары, сталкиваясь друг с другом, рикошетируют. Все это является следствием хаотичности движения шаров в интервале скважины между аппаратом и забоем.

Ряд авторов, проводивших сравнительный анализ различных способов бурения, считают, что именно гидромеханический метод пока единственно технически осуществимый, который может повысить в кратное число раз механическую скорость бурения и продолжительность рейса проходки.

Несмотря на очевидные преимущества и перспективность гидромеханического способа сооружения скважин следует отметить, что среди публикаций посвященных разработке и исследованию новых методов бурения гидромеханическому принадлежит лишь малое количество.

Значительное число работ носит конструкторский характер, в них разработанная ранее принципиальная схема аппарата гидромеханического бурения подвергалась дальнейшему совершенствованию.

В частности в работе [2] представлено описание схемы снаряда, отличительной особенностью которой является возможность смены износившегося струйного аппарата без подъема бурильной колонны. Для этого аппарат в верхней своей части имеет головку для захвата овершотом и дальнейшей транспортировки внутри бурильных труб. Кроме того, конструкцией предусмотрен вариант его извлечения путем включения обратной промывки.

Рассмотренная схема снаряда впоследствии была несколько изменена с целью обеспечения надежной работы аппарата при бурении мерзлых пород [3]. Такой аппарат в верхней части выполнен с рабочей камерой, имеющей капиллярные отверстия на боковых стенках и оборудованной нагревателем. Внутренние стенки рабочей камеры и корпуса также имеют капиллярно-пористые слои. Это обеспечивает непрерывную транспортировку конденсата в зоне нагрева и интенсивное парообразование. При этом система в целом действует подобно открытой тепловой трубе и обладает свойством сверхтеплопроводности, что обеспечивает наряду с механическим действием породоразрушающих шаров, также и тепловое воздействие на забой. Дополнительная транспортировка конденсата может осуществляться шарами при их выполнении из капиллярно-пористого материала, например пенокерамики.

Позднее была предложена схема снаряда позволяющая бурить геологоразведочные скважины с отбором керна [4], основой которой послужила конструкция, ранее заявленная в США. Аппарат сочетает в себе два механизма, один из которых позволяет разрушать периферийную часть забоя и является по принципу действия собственно гидромеханическим, другой – обрабатывает центральную часть забоя и представлен буровой коронкой и керноприемной трубой. Коронка, в случае необходимости, может быть заменена на долото и снаряд позволит бурить без отбора керна. Следует, однако, заметить, что реализация в данном аппарате комбинированного метода разрушения горных пород требует значительно большего диаметра скважины, а это в свою очередь увеличивает необходимые площадь и объем разрушаемой породы, вследствие чего существенно снижается скорость проходки. Как отмечалось ранее, одним из главных преимуществ гидромеханического способа является большая продолжительность рейса, наличие породоразрушающего инструмента в составе снаряда почти исключает это достоинство.

Проведенный теоретический анализ исследований посвященных гидромеханическому способу разрушения позволяет сделать вывод о том, что практически все разработки не решили один из главных вопросов, тормозящих развитие способа – это наличие криволинейной формы забоя, которая, как указы-

валось выше, уменьшает механическую скорость бурения, а в некоторых случаях приводит к полной остановке процесса углубки скважины.

В работе [2] предлагается способ формирования забоя за счет обработки его периферийной части специальным опорным породоразрушающим башмаком. Причем, реализация механизма обрушения криволинейных стенок призабойной зоны осуществляется за счет башмака, нагруженного весом бурильной колонны.

Конструкция снаряда, рассмотренная в работе [5], позволяет поочередно проводить обработку различных участков забоя путем поворота камеры смещения аппарата, где происходит разгон породоразрушающих шаров.

Значительное сопротивление породы сжимающим усилиям в первом случае и сложность конструкции и регулировки механизма отклонения камеры смещения струйного аппарата во втором, ведут к тому, что предлагаемые снаряды можно считать малоэффективными в отношении формирования плоской формы забоя.

Совершенно очевидным является вывод о том, что снаряд для осуществления гидромеханического способа бурения с одной стороны должна характеризовать простота конструкции, а с другой – эффективность механизма формообразования забоя. Этого можно достигнуть за счет реализации наименее энергоемких механизмов разрушения без существенного усложнения как механической так и гидравлической части снаряда гидромеханического бурения.

### **Библиографический список**

1. Уваков А. Б. Шароструйное бурение. – М.: Недра, 1969. – 207 с.
2. А.с. 417599 СССР, МПК Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд для бурения скважин / Уваков А. Б., Штрассер В. В. № 1451266; Заявлено 15.06.70; Опубл. 28.11.74; Бюл. № 8. – 2 с.
3. А.с. 939710 СССР, МПК Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд для бурения скважин / Коротков В. П. № 3009898; Заявлено 02.12.80; Опубл. 30.06.82; Бюл. № 24. – 2 с.
4. А.с. 1002498 СССР, МПК Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд/ Майлибаев М. М., № 3278854; Заявлено 24.04.81; Опубл. 07.03.83; Бюл. № 9. – 2 с.
5. А.с. 1120733 СССР, МПК Е 21 В 7/18. Устройство для шароструйного бурения скважин / Дугарцыренов А. В., Ларин О. Р., Потехин Е. А. и др. № 3597561; Заявлено 31.05.83; Опубл. 15.08.86; Бюл. № 30. – 3 с.
6. Лопатин Ю.С., Филатов Б.С. Некоторые основные характеристики бурового шлама // Нефтяное хозяйство. – 1970. – № 10. с. 14 – 18.
7. Лопатин Ю.С., Филатов Б.С. Об образовании шлама при бурении шарошечными долотами // Нефтяное хозяйство. – 1968. – № 7. с. 15 – 17.

УДК 622.248

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОЛОТ С ФИКСИРОВАННЫМИ РЕЗЦАМИ**

**Канаев Е.Г., студент группы 185-18ск-2 ГРФ**

**Пащенко А.А., доц. кафедры ТРМПИ ГВУЗ «НГУ»**

Современные долота с фиксированными резцами являются «наследниками» лопастных и колонковых долот с природными алмазами. Есть два типа долот с фиксированными резцами: стальные и с матрицей. Эти долота, классифицированные как долота, армированные природными алмазами, синтетическими поликристаллическими алмазами, гибридные долота и долота с импрегнированными алмазами, не имеют движущихся деталей или подшипников, а только лопасти. Долота PDC стали поступать в отрасль с 1973 года; улучшенные гибридные конструкции сочетали использование синтетических поликристаллических алмазов с резцами, имеющими алмазные головки. Импрегнированные долота имеют алмазы на поверхности лопасти и около нее. Природные алмазы размещают на долотах со стальными корпусами или предварительно размещают в отформованных карманах перед наплавлением карбид-вольфрамовых матриц долот. Вставки с синтетическими поликристаллическими алмазами можно устанавливать в стальные и в матричные долота.

Изготовление стальных долот из цельного материала устраняет необходимость в сварке и конструкционные элементы можно обработать на станке до обеспечения заданных допусков. Режущие элементы устанавливают путем запрессовывания в отверстия с плотной посадкой, просверленные с помощью координатнофрезерных станков с ЧПУ, которые также растачивают главный канал, лопасти, прорези для шлама или каналы для жидкости, карманы для вставок с синтетическими поликристаллическими алмазами калибрующего венца, отверстия для насадок и резьбы. Порошки карбида вольфрама и связующий сплав размещают в форму со стальным сердечником или корпусом и сплавляют для получения матричных долот. Частицы карбида сплавляются вместе и образуют связь между внутренним стальным сердечником и наружным кожухом или коронкой из карбида вольфрама.

Эффективность применения синтетических поликристаллических алмазов также ограничивается толщиной алмазной пластины, которая является функцией диффузии кобальта от карбидвольфрамовой подложки в алмазный слой, а также напряжениями, создаваемыми при тепловом расширении карбида вольфрама и при его усадке. В усовершенствованных резцах (NPI) используется конструкция неплоских границ для преодоления некоторых ограничений, прису-

щих обычным резцам с плоской планарной границей между алмазной пластиной и подложкой. Слабыми местами поликристаллических алмазов всегда были толщина алмазной пластины и остаточные напряжения, но усовершенствования в обработке и геометрия NPI позволили увеличить объем алмазов и снизить напряжения в современных резцах.

Для всего процесса бурения также важную роль играет стабильность долота с синтетическими поликристаллическими алмазами. При проектировании и выборе долот с синтетическими поликристаллическими алмазами важно понимать динамические параметры и характеристики конструкции, которые помогают преодолевать разрушительные движения долота в скважине. Стабильное долото увеличивает механическую скорость бурения и улучшает качество ствола скважины, долото служит дольше, оно снижает возможность повреждения другого забойного оборудования и улучшает контроль наклонно-направленного бурения за счет более ровных характеристик крутящего момента.

**Использованные источники:**

1. Fabian RT: "Confined Compressive Strength Analysis Can Improve PDC Bit Selection," Oil & Gas Journal, no. 20 (May 16, 1994): 59-63.

УДК 622.248

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ**

**Ярошенко А.В., студент группы 185-17-2 ГРФ**

**Пашенко А.А., доц. кафедры ТРМПИ ГВУЗ «НГУ»**

В 1800-х гг. бурение с помощью установок канатного бурения и долот ударного бурения было медленным и ограничено малыми глубинами. Усовершенствование заключалось в использовании долот «рыбий хвост» и установок вращательного бурения с постоянной циркуляцией для удаления шлама, но стальные лопастные долота, лучше всего работавшие в мягких породах, даже тогда быстро изнашивались. В 1900-х гг. получило быстрое развитие применение режущего вооружения на шарошках, которые вращались независимо, прокатываясь через забой скважины во время вращения долота. Эти долота работали дольше и могли бурить глубже. Однако первые долота с вращающимися шарошками не отличались долговечностью и надежностью — шпильки и винты служили для крепления компонентов долота в его ранних конструкциях — но они превосходили по производительности лопастные долота. Для снижения трения использовали простые подшипники со стальными втулками или муфтами.

Есть два типа режущего вооружения шарошек: фрезерованные стальные зубцы, литые или цельнокованные с износостойкими режущими элементами из

карбидокомпозитов, и вставки из карбида вольфрама, отформованные отдельно и впрессованные в точно просверленные отверстия на поверхности шарошки. Долота со стальными зубьями и долота со вставками применяют для бурения мягких пород, пород средней твердости и твердых пород. Долота со стальными зубьями используют в мягких породах с низкой прочностью на сжатие, а также в породах средней твердости и в твердых породах с высокой прочностью на сжатие. Долота со вставками применяют для бурения пород от мягких и полутвердых до твердых, полуабразивных и сильно абразивных.

По мере усовершенствования режущих элементов и повышения агрессивности бурения со стороны долот, ограничивающим фактором стал срок службы подшипников. В середине тридцатых годов прошлого столетия были созданы роликовые подшипники. Длительность рейса долота возросла с 6 или 8 часов до 20-25 часов с соответствующим увеличением проходки за рейс и снижением расходов.

Последние конструкции подшипников и продолжающееся усовершенствование гидравлики также расширяют возможности шарошечных долот и еще больше улучшают характеристики бурения. Новое поколение долот EMS и ЕНР (долото с улучшенными характеристиками для забойных двигателей и долото с повышенной производительностью) сочетают использование улучшенных материалов и технологий изготовления с усовершенствованными конструкциями. В этих новых конструкциях сочетаются усовершенствованное режущее вооружение, которое повышает механическую скорость проходки, с современными подшипниками и сальниками, которые улучшают показатели долговечности долота и срока его службы.

Подшипник с резьбовым кольцом обеспечивает превосходное удержание шарошки в случае выхода из строя сальника. Втулочная структура обладает большей способностью выдерживать внутренние нагрузки, чем шариковые подшипники, в течение длительного времени работы подшипника, особенно при наклонно-направленном бурении. Уменьшенный зазор снижает осевой люфт, сводит к минимуму колебания давления в сальниках и ограничивает миграцию частиц в подшипник, что продляет срок службы сальников. Твердость покрытых серебром стеллитовых шайб также способствует контролю нагрузок на опоры и снижает трение в районе опорной поверхности подшипника.

**Использованные источники:**

1. Mayo TH: "Drill Bit Bearings," U.S. Patent 3,721,307 (March 20, 1973).

УДК 622.24

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ОБ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БУРОВЫХ УСТАНОВОК .....	1
ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ БУРЕНИЯ ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРНОГО МАССИВА .....	4
К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ .....	6
К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ОЧИСТНОГО АГЕНТА .....	8
НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДУКТОВ РАЗРУШЕНИЯ БУРОВЫХ СКВАЖИН .....	13
РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ СПОСОБОВ БУРЕНИЯ .....	16
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОЛОТ С ФИКСИРОВАННЫМИ РЕЗЦАМИ .....	19
ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ .....	20