СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

ГОД ОБРАЗОВАНИЯ В СОДРУЖЕСТВЕ НЕЗАВИСИМЫХ ГОСУДАРСТВ

ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2016

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ **«ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2016»**, ПОСВЯЩЁННОЙ ГОДУ ОБРАЗОВАНИЯ В СОДРУЖЕСТВЕ НЕЗАВИСИМЫХ ГОСУДАРСТВ

КРАСНОЯРСК, СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
15-25 АПРЕЛЯ 2016 Г.

Министерство образования и науки Российской федерации
ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»

Сборник материалов Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Проспект Свободный-2016», посвящённой Году образования в Содружестве Независимых Государств

Красноярск, Сибирский федеральный университет, 15-25 апреля 2016 г.

Красноярск, 2016

«Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых»

УДК 622.24

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ИНСТРУМЕНТОМ СО СМЕЩЁННЫМ ЦЕНТРОМ ПРИЛОЖЕНИЯ СИЛЫ

Головченко А.Е.
научный руководитель ст. науч. сотр. Леонов С.О.
Сибирский федеральный университет

Результаты исследований поведения снаряда со смещенным центром приложения силы послужили теоретическим обоснованием для постановки работ по моделированию процесса разрушения горных пород инструментом, вооружение которого выполнено с эксцентриситетом[1,3]. Итоги работ в дальнейшем могут быть использованы при проектировании вооружения шарошечных долот. В перспективе это может дать повышение эффективности работы долота на забое за счет увеличения масштаба разрушения без увеличения затрат энергии.

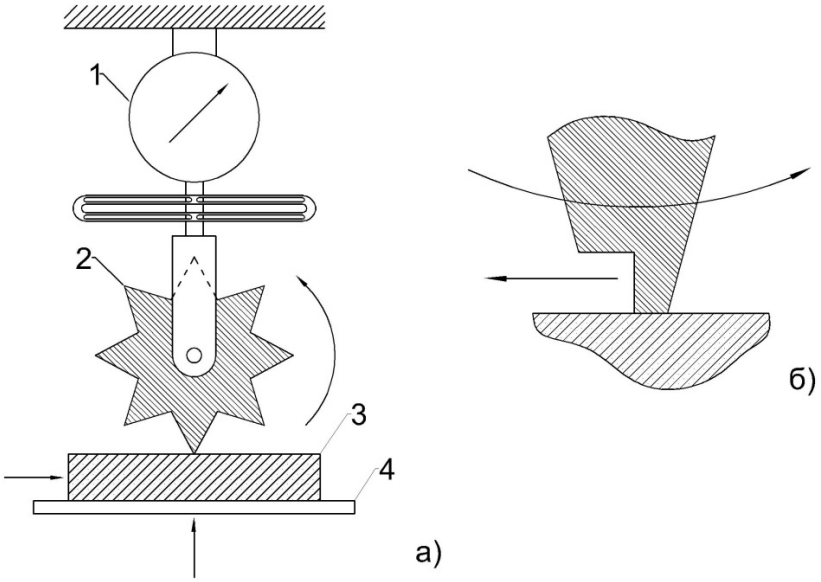

Рис.1 – а) схема стенда б) схема зуба с вырезом

Работа производилась на стенде (рис.1), который представляет собой динамометр 1 с закрепленной на нём насадкой в виде вращающейся звездочки 2. Блок горной породы 3 жёстко закреплен на станине 4, перемещающейся в вертикальном и горизонтальном направлениях. Создание стенда имело цель моделирования динамики процесса разрушения горной породы на забое в процессе бурения. Сменные насадки в виде звездочки имитировали работу вооружения шарошек долота с различной конфигурацией зуба. Исследования проводились для звёздочек, наружный диаметр которых равен 93 миллиметра, диаметр проходного отверстия 27 миллиметров, шаг 33 миллиметра, ширина зуба звездочки 4 миллиметра (симметричный зуб), 3 миллиметра с вырезом 1 миллиметр, 2 миллиметра с вырезом два миллиметра и 1 миллиметр с вырезом 3 миллиметра. В качестве эталонной горной породы принят мелкозернистый с кремнистым цементирующим веществом бериевый песчаник V категории по буримости.

Работа стенда имитирует работу шарошки на забое, а именно её перекатывание вследствие осевого вращения породоразрушающего инструмента. Осевое усилие на зуб шарошки имитируется поднятием станины на некоторую величину, что создаёт

давление на блок горной породы со стороны зуба звёздочки. В нашем эксперименте осевое усилие составляло 157,78 килограмма, которое контролировалось с помощью динамометра. Вращение инструмента имитируется перекатом звездочки по блоку породы, что достигается с помощью перемещения блока породы в продольной плоскости при помощи протяжного механизма, на котором он жёстко закреплён. Результаты экспериментов представлены в таблице 1:

Таблица 1 – Объёмы разрушения породы инструментом с разной шириной зуба

Вид статистики	Вид определения	Ширина зуба L, мм								
		4 (симметричный зуб)	2 (вырез на передней грани зуба)	2 (вырез на задней грани зуба)	3 (вырез передней грани зуба)	3 (вырез на передней грани зуба)	3 (вырез на задней грани зуба)	1 (вырез на задней грани зуба)	1 (вырез на передней грани зуба)	1 (вырез на задней грани зуба)
Σ_v	массовый	0,2898	0,5050	0,5472	0,5031	0,5071	0,3953	3,3819	2,7098	1,1614
V_{cp}		0.0322	0.0561	0.0608	0.0521	0.0563	0.0439	0.3758	0.3011	0.1291
V		22%	11%	41%	23%	26%	15%	51%	78%	58%
Σ	геометрический	0,1847	0,4493	0,5044	0,3151	0,5608	0,4872	3,6659	2,7518	0,9404
V_{cp}		0.0205	0.0499	0.0560	0.0350	0.0623	0.0541	0.4073	0.3058	0.1044
V		11%	29%	47%	12%	24%	28%	39%	42%	82%

Графическая интерпретация зависимости объёмов разрушения породы от ширины зуба и метода измерения представлена на рисунках 2 и 3:

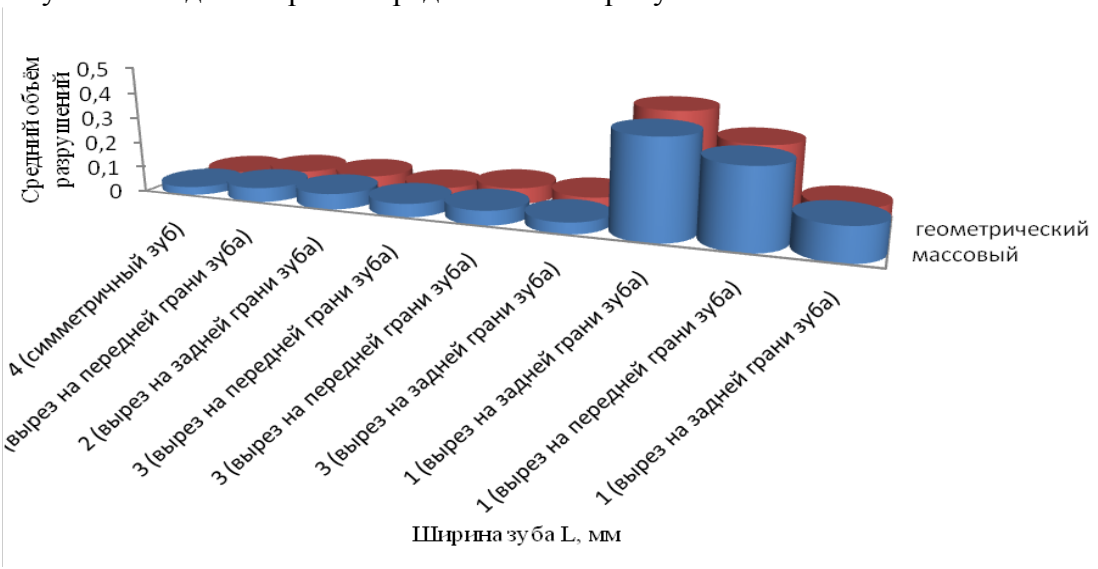

Рис.2 –Зависимость объёмов разрушения от ширины зуба и метода определения

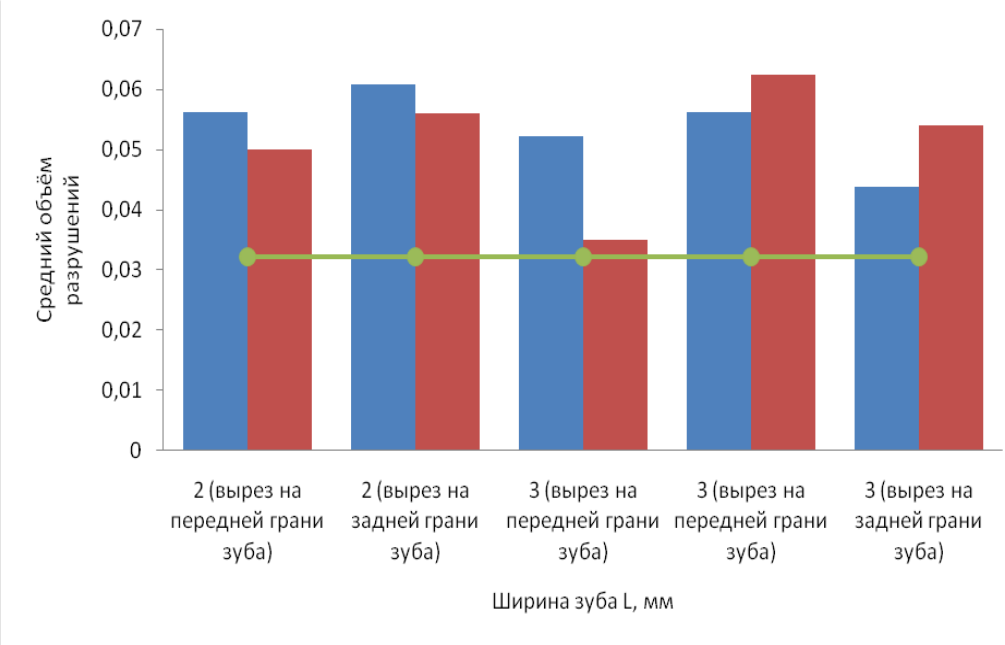

Рис.3 – Зависимость объёмов разрушения от ширины зуба и метода определения (1-6 опыты)

На данном этапе выполнены работы со всеми комбинациями породоразрушающих элементов при постоянной нагрузке. Данные испытаний позволяют сделать предварительный вывод об оптимальном варианте конфигурации нагружаемого элемента (зуба звездочки).

Результаты исследований указывают на увеличение масштабов разрушения (см. табл. 1) с увеличением удельной нагрузки (уменьшением ширины зуба). При уменьшении ширины зуба до 1 миллиметра колоссально возрастают объёмы разрушения (в 3-8 раз) за счёт того что контактного напряжения на зуб достаточно для объёмного разрушения породы и её скола [4], но эта конфигурация зуба не является оптимальной вследствие её малой износостойкости. В конфигурации зуба с шириной 3 миллиметра наблюдается преимущественно раздавливание породы и незначительные по объёму сколы. Ширина зуба в 2 миллиметра обеспечивает скол больших по объёму частиц породы по сравнению с зубом шириной в 3 миллиметра и соответственно несколько большие объёмы разрушения. Так же очевидным является возрастание масштабов разрушения при движении индентора за счет некоторого «проскальзывания» каждого зуба при вращении звезды и движении её вдоль блока (движении шарошки вдоль забоя).

Список литературы

1. Нескоромных В.В. Результаты экспериментальных исследований разрушения горных пород внецентренными ударными импульсами/ В.В. Нескоромных // Изв. вузов. Геология и разведка. – М.: 1999. – № 6. – С. 115–120 .

2.Нескоромных В.В. Направленное бурение и основы кернометрии. – Красноярск: Изд-во СФУ, 2012. – 328 с.

3.Нескоромных В.В., Фахрутдинов А.А. "Исследование возможности формирования ствола различной кривизны в скважинах внецентренными точечными ударами (статья)". Известия ВУЗов "Геология и разведка", М., №2, 1995.

4. Сулакшин С.С. "Разрушение горных пород при бурении скважин": Учебное пособие для ВУЗов. Томск: Изд-во ТПУ, 2004.

УДК 622.24

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ АЛМАЗНОЙ КОРОНКИ С ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОМ ТОРЦА МАТРИЦЫ

Иордан В. И.,Петенев П.Г.
научный руководитель д-р техн. наук Нескоромных В.В.
Сибирский федеральный университет

Одним из направлений совершенствования буровых инструментов является создание конструкций коронок и долот, обеспечивающих снижение интенсивности естественного искривления стволов скважин буримых в анизотропных горных породах [2].

На кафедре технологии и техники разведки МПИ института горного дела, геологии и геотехнологий СФУ производится разработка специального породоразрушающего инструмента, в том числе и разработкой специальных алмазных коронок с экцентриситетом матрицы для снижения естественного искривления в анизотропных горных породах.

После разработки алмазной коронки (патент на полезную модель №148333) [3], в соответствии с разработанной конструкцией были изготовлены макеты коронок и проведены стендовые исследования, результаты которых представлены в работе [1,4] и их производственные испытания. В данной работе представлены материалы производственных испытаний макетов опытных коронок. Макеты буровых коронок КИТ были изготовлен из стандартной алмазных импрегнированных коронок типа HERO 7AA и FORDIA XTREME HWL TX69 с высотой матрицы 9 мм и диаметром 95,76 мм, предназначенных для бурения пород средней твердости путем удаления двух алмазосодержащих секторов с образованием двух больших промывочных пазов, что обеспечивало эксцентриситет торца матрицы коронки (рис.1).

Производственные испытания макетов опытной коронки производились на участке буровых работ золоторудного месторождения «Попутнинское». Бурение производилось на глубине 256−310 м. Целью натурных испытаний было установление особенностей износа коронки данной конструкции с целью ее дальнейшего усовершенствования, а так же влияние применяемого макета буровой коронки на основные показатели бурения и интенсивность естественного искривления скважин. В результате применения макетов коронок КИТ удалось снизить величину естественного искривления по зенитному углу в 3,2 раза, по азимутальному углу значительного искривления не было при бурении как стандартной, так и опытной коронкой, тем не менее и по азимутальному углу было получено снижение интенсивности искривления в 1,15 раза.

Механическая скорость бурения опытными коронками выросла на 20−25%, что связано в первую очередь с равно пропорциональным уменьшением площади торца алмазосодержащих секторов коронки.

Так же в ходе натурных испытаний было выявлено некоторое снижение ресурса породоразрушающего инструмента, которое невозможно объяснить только уменьшением рабочей поверхности торца коронки при неизменных параметрах режима бурения. В первую очередь это связано с нарушением гидравлического сопротивления истечению бурового раствора через промывочные пазы, причиной которого стало появление в матрице коронки больших промывочных пазов и зашламование узких промывочных каналов. В результате уменьшения расхода промывочной жидкости через малые промывочные каналы, внутренняя поверхность алмазосодержащих секторов недостаточно охлаждалась, происходило налипание шлама в области малых

промывочных каналов, уменьшение площади канала, что привело к повышенному их износу, уменьшению ресурса коронки.

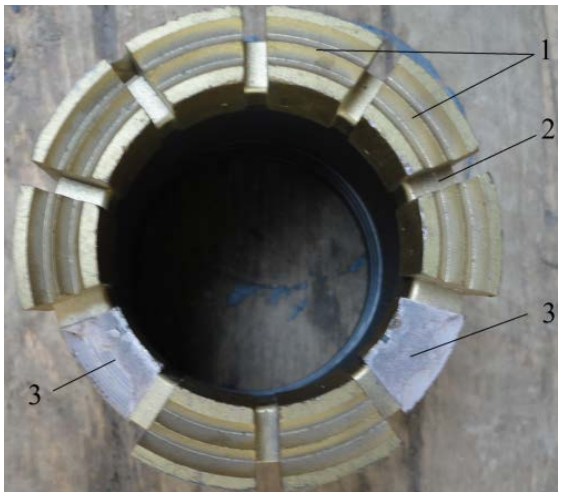

Рис.1- Макет коронки с эксцентриситетом торца матрицы (КИТ): 1 – алмазосодержащие сектора; 2 – малый промывочный паз; 3 – место удаленных алмазосодержащих секторов

Вместе с тем испытания коронки КИТ показали ее высокую эффективность как средства для снижения естественного искривления скважин. Поэтому целью дальнейшего усовершенствования конструкции буровой коронки КИТ является исключение неравенства гидравлических сопротивлений в промывочных пазах коронки при сохранении эксцентриситета торца матрицы, особенно для условий бурения, сопровождающихся налипанием шлама в промывочных каналах.

Используя результаты экспериментальных стендовых исследований [1,4] и производственных испытаний разработаны новые технические решения в направлении совершенствования коронок с эксцентриситетом торца матрицы. Данные разработки оформлены как заявки в Патентное ведомство на получение патентов на полезную модель (№2015151633, №2015148430). По данным заявкам в настоящее время имеется положительные решения о выдаче патентов.

Список литературы

1. В.В.Нескоромных, П.С.Пушмин, Г.Р.Романов, П.Г.Петенев, А.Л.Неверов Разработка и экспериментальные исследования особенностей работы алмазной коронки для бурения твердых анизотропных горных пород. Известия ТПУ, Томск,№4, том 326,2015 г.

2. Нескоромных В.В. Направленное бурение и основы кернометрии. – Красноярск: Изд-во СФУ, 2012. – 328 с.

3. Спирин В.И., Будюков Ю.Е., Нескоромных В.В. и др. Алмазная коронка для бурения. Патент на полезную модель РФ №148333. Опубликовано 10.12.2014 г.

4. Романов Г.Р., Петенев П. Г.,Иордан В. И., Штукерт В.А. Результаты экспериментальных исследований особенностей работы алмазной коронки для бурения в твердых анизотропных горных породах .Труды XIX Международного симпозиума имени академика М.А.Усова студентов и молодых ученых, посвященного 70-летнему юбилею Победы над фашистской Германией. Том II; Томский политехнический университет.− Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. −962 с.

УДК 622.24

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ОПЫТНЫХ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ МЕХАНИЗМА РАБОТЫ БУРОВЫХ КОМПОНОВОК СО СМЕЩЕННЫМ ЦЕНТРОМ МАСС ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

Штукерт В.А.
научный руководитель проф., д-р техн. наук Нескоромных В.В. *Сибирский федеральный университет*

Современная технология алмазного бурения геологоразведочных скважин в твердых породах предусматривает использование статически сбалансированных бурильных колонн с уменьшенными радиальными зазорами. Особенно ярко эти свойства технологии бурения проявляются при применении систем со съемным керноприемником (ССК) в зарубежном исполнении. ССК зарубежных компаний, таких как *Atlas Copco* и *Boart Longyear*, отличаются высоким качеством изготовления бурильных и колонковых труб и высоким уровнем соосности резьбовых соединений, что позволяет характеризовать данные бурильные трубы и колонны из них, как высоко статически сбалансированные системы. Статическая сбалансированность колонн позволяет реализовать высокопроизводительное алмазное бурение на форсированных режимах, но зачастую лишь при проходке скважин в относительно благоприятных горно-геологических условиях. При сложном геологическом разрезе, в котором может происходить непредвиденное расширение ствола скважины, кавернообразование, искривление скважины в анизотропных и перемежающихся по твердости горных породах, при наклонном положении ствола скважины, эффективность применения высоко сбалансированных бурильных колонн может быть недостаточной, поскольку любые статически сбалансированные колонны оказываются динамически несбалансированными из-за высокой степени деформации под действием осевых и центробежных сил, что обеспечивает появление сил трения, и характер движения колонны становится вибрационным. Подобный режим работы колонны приводит к снижению эффективности производительности бурения. Вследствие этого снижается механическая скорость бурения, повышается износ элементов колонны, растут затраты мощности на бурение, становится недостаточным выход керна, возрастает кривизна и снижается технологическая надежность регулирования направления и искривленности стволов скважин.

С целью повышения эффективности бурения в сложных горно-геологических условиях была разработана колонна бурильных труб, в составе которой использованы трубы со смещенным центром тяжести поперечного сечения (КСМ). Данная колонна позволяет получить стабилизацию направления скважины, повысить ресурс бурового инструмента и механическую скорость бурения, передавая деформированной колонне стабильный вид вращения без вибрации и качения по стенке скважины.

Для изучения особенностей механизма работы опытной колонны было произведено экспериментальное бурение.

Производственные испытания включали определение места контакта боковой поверхности трубы со стенкой скважины, а так же сопоставление точек износа с длинами полуволн изгиба буровой компоновки. Для решения поставленной задачи на корпусах трех труб были сделаны по окружности 5 наплавок в 6 местах вдоль корпуса, (с углом в 72° друг к другу) методом сварки размером 0,5×0,5 см (рис.1). Наплавки выступали за пределы корпуса трубы на величину не большую, чем радиальный зазор (половина диаметров матрицы и корпуса коронки).

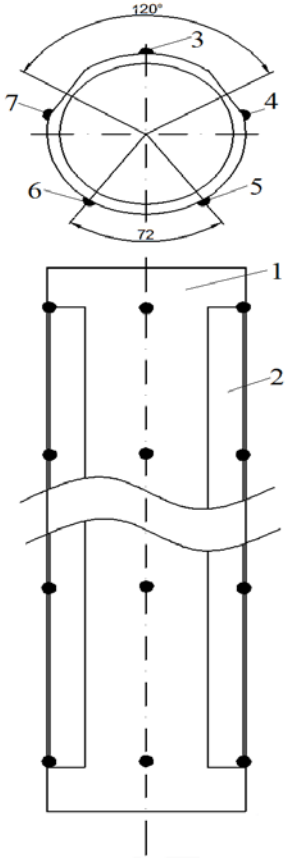

Рис.1- Схема расположения наплавок

Для создания опытного образца колонны со смещенным центром масс использовались стандартные бурильные трубы Boart Longyear типоразмера HQ. Смещение центра тяжести поперечного сечения обеспечивалось путем удаления двух лысок вдоль корпуса трубы, расположенными своими осями относительно друг друга под углом в 120° с образованием плоских продольных участков наружной поверхности трубы. Глубина снимаемых лысок составила 2,5 мм. Лыски снимались с отступом от резьб, и не снимались в центре трубы с целью максимального сохранения ее устойчивости. Также начальные участки лысок снимались с радиусом во избежание концентрации напряжений. Смещение центра тяжести поперечного сечения в таком случае составило 1,66 мм.

Затем опытные образцы труб КСМ устанавливались в состав бурильной колонны в следующем порядке:1–коронка; 2–расширитель; 3–колонковая труба HQ; 4–центратор; 5–КСМ; 6–две стандартных трубы HQ; 7–три стандартных трубы HQ; 8 – стандартная буровая колонна. Бурение осуществлялось УКБ-5П, начальный зенитный угол всех буримых скважин составлял 30° со следующими технологическими параметрами: частота вращения ω= 407 об/мин, расход промывочной жидкости Q= 40 л/мин, нагрузка на коронку $P_{ос}$=1500-2000 даН. После этого трубы КСМ извлекались,

происходил повторный замер высоты наплавок на корпусах труб. Замеры проводились механическим мерительным инструментом. Величины износа наплавок на компоновках КСМ на каждом этапе экспериментальных исследований были различны, величина минимального износа составила: 0-0,7 мм, среднего: 0,7-1,4 мм, максимального: 1,4 мм и более. Анализ результатов экспериментов показал, что место контакта КСМ со стенкой скважины наблюдается с противоположной стороны удаленных сегментов корпуса трубы со смещением в сторону направления вращения ω.

Производственные испытания макетов показали рост механической скорости бурения на 10-20%, уменьшение затрат мощности на вращение в 10%, значительное снижение уровня вибрации, а так же снижение естественного искривления скважины. По данным каротажа величина естественного искривления по зенитному углу при использовании КСМ в составе сжатой части бурильной колонны снизило искривление скважины в 2,9 раза.

Список литературы

1. Колесников А. Е. Механизм искривления скважин. Орджоникидзе, 1983. – 48 с. – Деп. В ЦНИИЭИцветмет 01.11.83, №1080 цм – Д83.
2. Нескоромных В.В. Направленное бурение и основы кернометрии. – Красноярск: Изд-во СФУ, 2012. – 328 с.
3. Нескоромных В.В. Разрушение горных пород при бурении скважин. – Красноярск: Изд-во СФУ, 2014. – 328 с.