

На правах рукописи

Кахаров Сергей Каримович

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ БУРОВЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ
ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН**

Специальность 25.00.14- Технология и техника геологоразведочных работ.

Автореферат диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва – 2015

Работа выполнена на кафедре Современных технологий бурения скважин имени проф. Б.И. Воздвиженского в государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» МГРИ-РГГРУ.

Научный руководитель: Кандидат технических наук, профессор Ганджумян Рубен Александрович.

Официальные оппоненты: Егоров Николай Гаврилович, доктор технических наук, генеральный директор ООО «БУРТЕХНИКА», г. Москва.

Тунгусов Сергей Александрович, кандидат технических наук, заведующий сектором АО «Газпром промгаз», г. Москва.

Ведущая организация: Акционерное общество «РУСБУРМАШ».

Защита состоится «16» марта 2016 года в 15 ч. 00 мин в ауд 4-73 на заседании диссертационного совета Д 212.121.05 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российском государственном геологоразведочном университете имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ - РГГРУ).

Адрес: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.23, МГРИ – РГГРУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГРИ – РГГРУ.

Автореферат разослан «16» декабря. 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.т.н.

Назаров А.П.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Технический прогресс в области бурения геотехнологических скважин (ГТС) в Кызылкумском регионе Навоийского горно-металлургического комбината (НГМК) возможен на основе внедрения надежного и безотказного оборудования.

Недостаточная надежность бурового оборудования приводит к простоям, авариям и значительному увеличению материальных и финансовых затрат.

Многолетний опыт сооружения ГТС в НГМК показывает, что используемое буровое оборудование имеет свои специфические условия эксплуатации: проходка скважин в рыхлых песчаных и песчано-глинистых отложениях глубиной 400-500 м долотом диаметром 215,9 мм осуществляется буровыми установками УРБ-3А3 при использовании бурильных труб СБТ-73 и максимальной подаче промывочной жидкости 16,3 л/с буровым насосом НБ-125. Кроме разрушенной долотом породы в циркулирующий поток поступает кварцевый песок, отделившийся со стенок скважины и песок, содержащийся в местных комовых глинах, используемых для приготовления буровых растворов. Накопление частиц выбуренной породы и обвального песка имеет отрицательные последствия: все поверхности и детали бурового инструмента и оборудования, контактирующие с промывочной жидкостью подвержены гидроабразивному износу. Следует учитывать также, что причиной отказов ротора и вертлюга является попадание в масляные ванны этих устройств промывочной жидкости, содержащей абразивные частицы. В этих условиях существующая система очистки бурового раствора путем естественного выпадения выбуренной породы в желобах и отстойнике малоэффективна. В настоящее время в литературе отсутствуют какие – либо сведения о методах своевременного выноса частиц выбуренной породы восходящим потоком промывочной жидкости и надлежащей очистки промывочной жидкости при бурении ГТС в аналогичных условиях.

Таким образом, повышение надежности гидравлического оборудования буровых установок путем снижения до минимума интенсивности гидроабразивного изнашивания является актуальной задачей.

Объект и предмет исследования: Элементы циркуляционных систем бурового оборудования и циркулирующих сред, используемых при сооружении геотехнологических скважин.

Цель работы - установление закономерностей интенсивности отказов и поиск условий, обеспечивающих повышение надежности гидравлического оборудования буровых установок.

Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие основные задачи:

- провести анализ состояния и опыта эксплуатации гидравлического оборудования, а также систем очистки промывочной жидкости от выбуренной породы;

- собрать, систематизировать и проанализировать информацию об отказах элементов циркуляционной системы с помощью специально разработанных форм учета отказов;

- определить показатели надежности, установить законы распределения времени безотказной работы быстроизнашиваемых деталей и узлов циркуляционной системы;

- провести сравнительные лабораторные исследования процентного содержания песка в глинистых суспензиях, приготовленных из местных комовых глин и бентонитовых порошков;

- выявить методы повышения безотказности и долговечности оборудования, контактирующего с промывочной жидкостью.

Методы исследования. Работа выполнена с применением комплексных методов исследований, включающих анализ и обобщение литературных данных, вероятностно-статистические методы оценки надежности оборудования, контактирующего с циркулирующим потоком промывочной жидкости, теоретические и лабораторные исследования, а также методы научно-технического творчества.

Научная новизна диссертации:

1. Установлены зависимости изменения показателей надежности и характеристик изнашивания деталей и узлов оборудования от времени контактирования их с циркулирующим потоком промывочной жидкости, которые подтверждены законом распределения наработок до отказа.

2. Уточнена зависимость изменения сортности глинопорошков от содержания песка в них, что позволило ввести коэффициент очистной способности и эффективности очистки промывочной жидкости от шлама путем использования специальной установки.

3. Установлена зависимость соотношения диаметров бурильной колонны и скважины, которая позволила выявить оптимальные значения этих

соотношений с целью наиболее полного выноса шлама из ствола скважины в специфических условиях бурения геотехнологических скважин.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждены: теоретическими исследованиями и выводами с использованием методов математической статистики и теории вероятностей, достаточным математически обоснованным объемом статистического материала об отказах бурового оборудования, полученного по результатам наблюдений за эксплуатацией буровых установок (погрешность не более 10% при доверительной вероятности 0,90).

В общей сложности накоплены данные, охватывающие более 400 значений наработок на отказ отдельных элементов буровых установок. Используются материалы отчетной и ремонтной документации отделов: главного механика НГМК, ТО ПУР.РМ НГМК.

Личный вклад автора заключается в сборе и обработке большого объема статистического материала об отказах гидравлического оборудования с помощью специально разработанных статистических форм учета отказов, в проведении теоретических и лабораторных исследований, позволяющих сделать сравнительный анализ и дать рекомендации по повышению долговечности и безотказности бурового оборудования.

Практическая значимость работы заключается в реализации результатов исследований в виде рекомендаций по повышению надежности, путем применения: глинопорошков струйного помола, свободных от твердых примесей, а также гладкоствольных бурильных колонн с приваренными замками и шламоприемника, позволяющих своевременно удалять шлам за счет увеличения скорости восходящего потока промывочной жидкости, повысить ресурс бурильных замков, снизить интенсивность разрушения стенок скважины, уменьшить количество шлама на забое скважины и его повторное измельчение, снизить количество времени и число операций затрачиваемых на сооружение ГТС.

Апробация и внедрение результатов: Основные положения и содержание работы были доложены: на международных научно-технических конференциях «Новые идеи в науках о земле» - 2013, 2014, 2015» в МГРИ-РГГРУ; на научных семинарах кафедры «СТБС» МГРИ-РГГРУ (2013, 2014 и 2015).

Публикации по теме диссертации: Основные результаты работы изложены в 7 печатных работах, в том числе 4 научных статьи, вошедших в перечень ВАК Минобрнауки РФ, 3 тезисах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав и заключения, содержит 104 страницы, 17 таблиц, 36 рисунка и

список литературы из 100 наименований.

Работа выполнена в период обучения (2012-2015 г.г.) соискателя на очном отделении аспирантуры при МГРИ-РГГРУ.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю к.т.н., профессору, чл-кор. РАЕН Ганджумяну Р.А. за ценные советы и помощь при подготовке диссертации.

Автор выражает искреннюю благодарность зав. кафедрой СТБС им. Б.И. Воздвиженского д.т.н., профессору Соловьеву Н.В., ст. преподавателю зав. лабораторией «Буровых промывочных и тампонажных растворов» Соловьевой Т.И. за помощь при проведении лабораторных исследований, а также всему коллективу кафедры за помощь в выполнении работы и подготовке ее к защите.

Автор выражает благодарность нач. отд. ТО ПУР.РМ НГМК Жалгасбаеву Я.К. за оказанную помощь при сборе информации о надежности оборудования в условиях эксплуатации.

Основное содержание работы.

Во **введении** обоснованы актуальность и научно-техническое значение повышения надежности бурового оборудования для бурения геотехнологических скважин. Сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

В **первой** главе проведен анализ литературных источников, рассмотрены: состояние надежности буровых установок, условия их эксплуатации и влияние различных факторов на надежность бурового оборудования.

В своей работе автор опирался на результаты исследований, связанных с повышением надежности и долговечности бурового оборудования, выполненных учеными: С.Г. Бабаевым, Р.А. Баграмовым, Д.А. Башкатовым, И.Ю. Быковым, В.Н. Виноградовым, Р.А. Ганджумяном, А.А. Даниеляном, В.И. Ермаковой, С.И. Ефимченко, А.И. Ильским, А.Г. Калининим, Я.М. Кершенбаумом, В.М. Кононовым, Л.А. Лачиняном, Э.Л. Мархасиним, А.К. Прониковым, В.Н. Протасовым, А.Е. Сарояном, Б.З. Султановым, Н.Д. Цхадая, Г.К. Шрейбером, Е.Ф. Эпштейном и др. Опыт эксплуатации бурового оборудования показывает, что для большинства его узлов фактором, определяющим срок службы отдельных деталей, как правило, является интенсивное изнашивание. Постепенное истирание элементов машин при трении друг о друга является наиболее распространенным видом разрушения деталей бурового оборудования. Изучению явлений трения и

изнашивания деталей, также посвящены работы Н.Б. Демкина, Х.С. Измайлова, А.Ю. Ишлинского, Б.И. Костецкого, И.В. Крагельского, Я.С. Мкртычана, А.А. Ребиндера, а процессу абразивного и гидроабразивного изнашивания М.А. Бабичева, В.Н. Виноградова, Д.Н. Гаркунова, Г.Е. Лазарева, А.В. Семенова, Г.М. Сорокина, М.М. Тененбаума, М.М. Хрущова, Л.А. Шрейнера и др. В работах перечисленных авторов в основном описываются внешние признаки видов изнашивания, предложены критерии износостойкости, но не установлены зависимости видов изнашивания от условий трения, совершенно не рассматриваются вопросы гидроабразивного изнашивания узлов и деталей бурового оборудования, контактирующих с промывочной жидкостью.

Во **второй** главе приведена статистическая оценка показателей надежности элементов и узлов оборудования циркуляционной системы. Собран и систематизирован статистический материал об отказах быстроизнашиваемых деталях (элементов и узлов оборудования, контактирующего с промывочной жидкостью) и причинах их отказов; выбраны и обоснованы количественные показатели для оценки надежности оборудования; математическая обработка и анализ полученных эмпирических данных для определения закономерностей отказов оборудования.

В **третьей** главе приведены результаты исследований содержания песка в местных глинах и бентонитовых глинопорошках, для приготовления промывочной жидкости.

В **четвертой** главе изложены пути повышения надежности гидравлического оборудования циркуляционной системы за счет совершенствования очистки промывочной жидкости от шлама при ее циркуляции.

В **заключении** приведены основные выводы по диссертационной работе и практические рекомендации.

Проведенные исследования позволили сформулировать следующие защищаемые научные положения.

Первое защищаемое научное положение. Вероятность безотказной работы элементов циркуляционной системы буровой установки контактирующих с промывочной жидкостью подчиняется нормальному закону распределения.

Оценку безотказности бурового оборудования проводили путем сбора, систематизации и обработки статистических данных, при

непосредственном наблюдении за оборудованием буровых установок в процессе эксплуатации и ремонта, а также с использованием журналов капитальных ремонтов об отказах оборудования. Исследования проводились по специальной программе, разработанной с учетом специфических особенностей эксплуатации оборудования. Общая продолжительность наблюдений составила более 500 ч. В результате регистрации отказов было получено свыше 700 значений наработок на отказ. Под наблюдением находилось 18 буровых установок УРБ-3А3. 051. Из них 13 вышли из строя вследствие гидроабразивного износа гидравлической части насосов.

Буровую установку в условиях эксплуатации предложено рассматривать как изнашиваемую, термодинамическую систему, в которой одновременно протекают процессы различной скорости, приводящие к обратимым и необратимым изменениям. Классификация этих процессов приведена на рис. 1.

Существенное и своеобразное влияние на характер и интенсивность изнашивания оказывает зашламованность промывочной жидкости. Это прежде всего воздействие на рабочие поверхности деталей буровых насосов и вертлюгов абразивных свойств бурового раствора.

На интенсивность гидроабразивного износа деталей и узлов оборудования, контактирующего с промывочной жидкостью, влияет:

- наличие в скважине большого количества прослоек песка, (усредненная мощность песконосных горизонтов в скважине составляет 130 м, при средней глубине скважины 450 м);
- использование в качестве глинистого сырья местных комовых глин с запредельным содержанием песка;
- неэффективная система очистки промывочной жидкости от шлама;
- недостаточный вынос выбуренной породы на поверхность скважины.

В работе математически обоснован объем статистического материала об отказах деталей гидравлического блока насоса НБ-125. В результате наблюдений за работой насосов получена выборка о наработках до отказа деталей гидравлической части насоса.

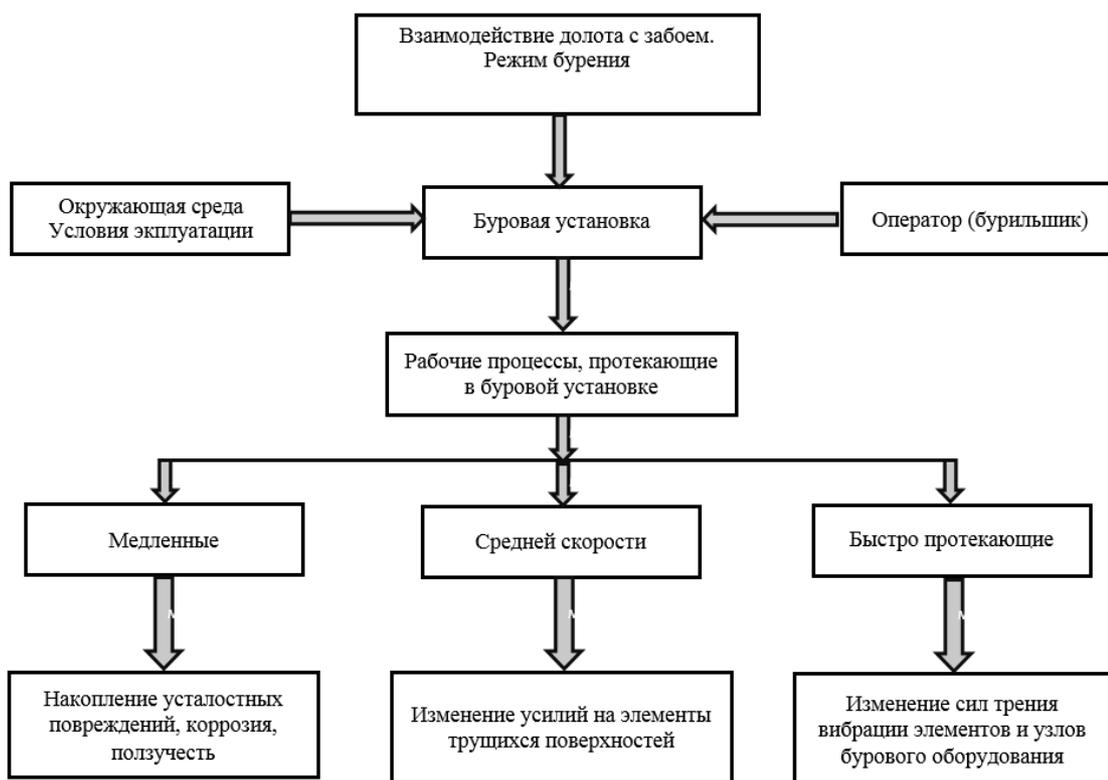


Рис.1 Классификация процессов изнашивания буровой установки.

На основании полученной выборки построена таблица статистических данных (табл. 1).

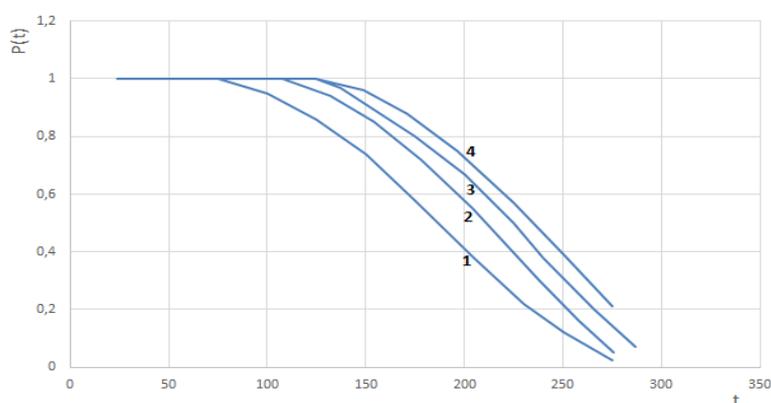


Рис.2 Графики распределения вероятностей безотказной работы элементов гидравлического блока НБ-125:

1- клапанов; 2- поршней; 3- цилиндрических втулок; 4- уплотнений цилиндрических втулок.

По данным табл.1 построены графики вероятности безотказной работы деталей гидравлической части буровых насосов НБ-125 (рис.2), позволившие установить, что эмпирическая функция вероятности безотказной работы принадлежит к семейству теоретических кривых, подчиняющихся нормальному закону распределения.

Близость функции плотности распределения характерна в основном для случаев, когда отказ машин и механизмов происходит вследствие износа деталей. Результаты количественного математического исследования,

Таблица 1.

№ интервала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Интервал, ч	0-24	24-48	48-72	72-96	96-120	120-144	144-168	168-192	192-216	216-240	240-264	264-288
Середина интервалов $t_{срi}$	12	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276
Число отказов в интервале, n_i	0	0	0	0	0	6	10	13	16	9	8	3
Число отказов к моменту времени $t_{срi}$. $\Pi(t_{срi})$	0	0	0	0	0	3	11	22,5	37	49,5	58	63,5
Число исправных деталей к моменту времени $t_{срi}$.	65	65	65	65	65	62	54	42,5	28	15,5	7	1,5
Частота отказов $\omega_i = \frac{n_i}{N}$; (1)	0	0	0	0	0	0,092	0,153	0,2	0,246	0,138	0,123	0,046
Оценка плотности распределения в интервале $f_i(t) = \frac{n_i}{N \cdot \Delta t}$; (2)	0	0	0	0	0	0,003	0,006	0,008	0,01	0,006	0,005	0,002
Находим промежуточную функцию $\varphi_i = (N - n_{\Sigma(i-1)})\Delta t$; (3)	1560	1560	1560	1560	1560	1560	1416	1176	864	480	264	72
Оценка интенсивности отказов в каждом интервале $\lambda(t) = \frac{n_i}{\varphi_i}$; (4)	0	0	0	0	0	0,0031	0,007	0,011	0,018	0,02	0,03	0,041
Оценка вероятности безотказной работы $P_i(t) = \frac{f_i(t)}{\lambda_i(t)}$; (5)	1	1	1	1	1	0,94	0,85	0,72	0,55	0,3	0,16	0,05

представленные на рис. 2, показали, что распределения наработок на отказ по различным элементам гидравлической части буровых насосов имеют различные значения. Так анализ отказов цилиндрических втулок показывает, что около 20% всех отказов приходится на долю случаев, когда время работы достигает 175 ч. Тогда как наибольшее число отказов (около 70%) происходит в интервале от 175 до 250 ч, а оставшаяся часть отказов (около 10%) относится к периодам от 250 до 300 ч. Самое низкое значение вероятности безотказной работы у клапанов. Так при наработке в 100 часов, вероятность безотказной работы одного клапана составляет 0,847, а рабочего комплекта (в количестве 8 штук) одного насоса за это же время составит всего 0,265.

Для прогнозирования безотказности буровых насосов рассмотрены два варианта структурно-функциональных схем бурового насоса. В первом варианте гидравлический блок представлен в виде последовательного соединения элементов. Тогда вероятность безотказной работы гидравлического блока определяется из выражения:

$$P(t) = P_1^2(t) P_2^2(t) P_3^8(t) P_4^2(t) P_5^2(t); \quad (6)$$

где $P_1(t)$ – поршень;

$P_2(t)$ – втулка цилиндрическая;

$P_3(t)$ – клапан;

$P_4(t)$ – шток;

$P_5(t)$ – уплотнение цилиндрической втулки.

Во втором варианте предусматривается техническое обслуживание с групповыми заменами изнашиваемых деталей, при котором ввод в эксплуатацию и снятие с эксплуатации запасной части производится одновременно для всех взаимосвязанных элементов гидравлической части. Вероятность безотказной работы гидравлического блока для второго варианта при одновременной замене деталей определяется из выражения:

$$P(t) = P_1(t) P_3(t) P_4(t) P_5(t); \quad (7)$$

По составленным логическим уравнениям (6) и (7) установлена вероятность безотказной работы сменных элементов и гидроблоков.

С помощью расчетов, приведенных в табл. 2, получен график зависимости вероятности безотказной работы гидроблоков насосов от времени для двух вариантов (рис.3). Как видно из табл.2 и рис.3, вероятность безотказной работы гидроблока второго варианта значительно выше показателей первого варианта. Так для второго варианта расчетной схемы, установленная вероятность безотказной работы гидравлической части насоса при 100 ч составляет 0,796, тогда как для первого варианта 0,605.

Таблица 2.

Сменные детали:							
$P_1(t)$ – клапан	0,999	0,982	0,847	0,726	0,333	0,128	0,012
$P_2(t)$ – втулка	0,999	0,998	0,977	0,922	0,687	0,284	0,062
$P_3(t)$ – поршень	0,999	0,998	0,964	0,895	0,664	0,267	0,032
$P_4(t)$ – шток	0,999	0,999	0,993	0,981	0,845	0,714	0,624
$P_5(t)$ – уплотнение втулки	0,999	0,998	0,982	0,965	0,777	0,396	0,094
Гидравлический блок насоса:							
1 вариант	0,992	0,853	0,605	0,047	$1,35 \cdot 10^{-5}$	-	-
2 вариант	0,995	0,976	0,796	0,615	0,145	0,09	-
Вероятность безотказной работы гидроблока в целом определена по выражениям: а) 1 вариант расчетной схемы $P(t) = P_1^8(t) P_2^2(t) P_3^2(t) P_4^2(t) P_5^2(t)$; б) 2 вариант расчетной схемы $P(t) = P_1(t) P_3(t) P_4(t) P_5(t)$;							

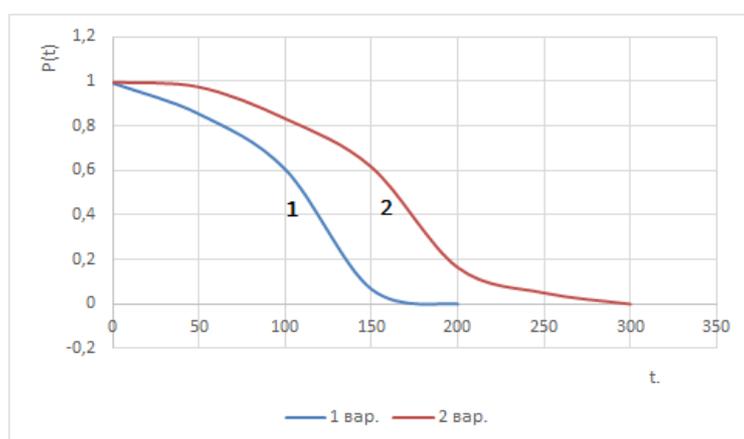


Рис. 3 Графики вероятности безотказной работы гидроблока бурового насоса НБ-125 в 1 и 2 вариантах.

Отсюда следует, что для повышения безотказности быстроизнашиваемых деталей бурового оборудования с последовательным соединением элементов, во время технического обслуживания целесообразно при выходе из строя хотя бы одного элемента системы,

одновременно заменить весь рабочий комплект. В результате получена закономерность показателей вероятности безотказной работы при замене однотипных деталей гидравлической части буровых насосов НБ-125, это позволило установить, что во время технического обслуживания целесообразно при выходе из строя хотя бы одного элемента системы, одновременно заменить весь рабочий комплект.

Второе защищаемое научное положение. Применение глинопорошков свободных от твердых абразивных примесей позволяет уменьшить износ оборудования и инструмента, повысить качество промывочной жидкости.

Основные сравнительные показатели промывочных жидкостей, полученных в лаборатории «Буровых промывочных и тампонажных

растворов» кафедры «СТБС» из глинопорошков с данными растворов, приготовленных из местных глин, полученных в лаборатории РУ-5 НГМК представлены в табл. 3.

Таблица 3.

№	Вид глинистого сырья	Сортность	Массовая доля песчаной фракции, % не более	Выход раствора, м ³ /т.	
				От	до
	1	2	5	3	4
1	Серпуховской глинопорошок	Б-4	6,0	10,0	11,0
2	Палыгорскитовый глинопорошок	П-5, П-6	9,8	3,9	5,0
3	Волжский бентопорошок	Б-3	4,0	13,2	15,6
4	Саригюхский бентопорошок	Б-3	5,8	13,5	14,5
5	Тохумбетская бентонитовая глина	Б-5	8,0	5,0	8,0
6	Глина Южного Букиная	Б-6	12,0	3,5	5,0

Лабораторные исследования позволили построить зависимость содержания твердых частиц песка от плотности бурового раствора (рис. 4).

Как видно из табл. 3 и рис. 4 массовая доля песчаной фракции глинопорошков в основном не превышает 6%, (за исключением палыгорскитового порошка), тогда как песок в растворах, полученных из местных глин составляет 10-12%. При этом средний выход раствора из бентопорошков 13-15 м³/т, а из глин местных

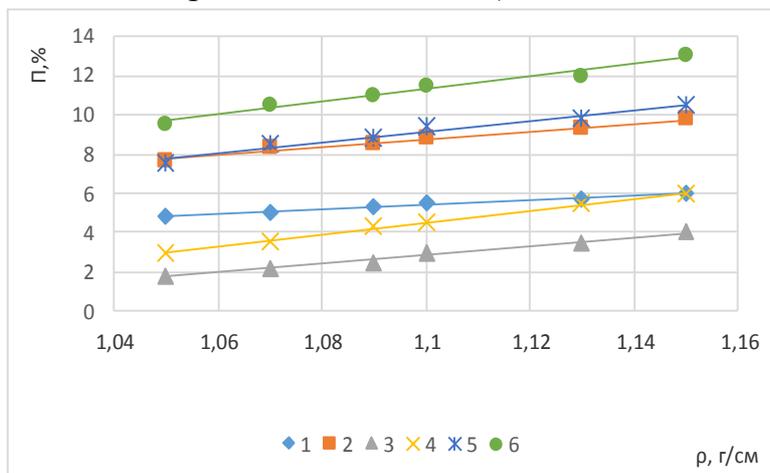


Рис. 4 Зависимость содержания твердых частиц песка от плотности промывочной жидкости.

глинкарьеров, можно получить буровой раствор не более 8 м³/т.

Повышение качества глины и увеличение выхода раствора будут достигнуты в том случае, когда содержание песка

1- раствор, полученный из Серпуховского глинопорошка; 2- из Палыгорскитового порошка; 3- из Волжского; 4- из Саригюхского; 5- из Тохумбетской глины; 6- из глины Южного Букиная.

будет минимальным. Замена песка на чистую глину позволит увеличить выход промывочной жидкости, что видно из рис. 5.

Так, при искусственном уменьшении содержания песка влево от точек А, В, С и D глинопорошок по основным показателям – содержанию песка и выходу раствора из одной тонны глины значительно повышает свою сортность.

Несмотря на все преимущества очищенных глинопорошков, использование их на месте работ не представляется возможным, в связи с высокой их себестоимостью и большими неудобствами, связанными с транспортировкой их до места работ. Расход же, получаемый в результате замеса местных глин ничтожно мал.

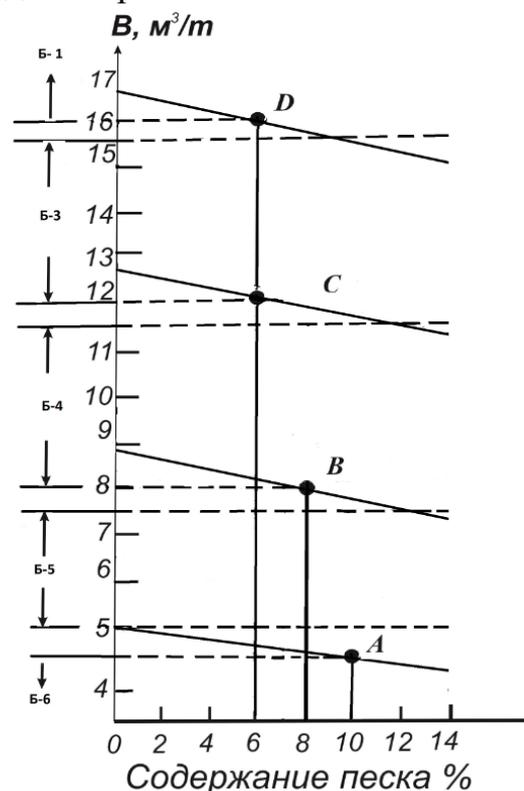


Рис. 5 Взаимосвязь между содержанием песка и выходом раствора

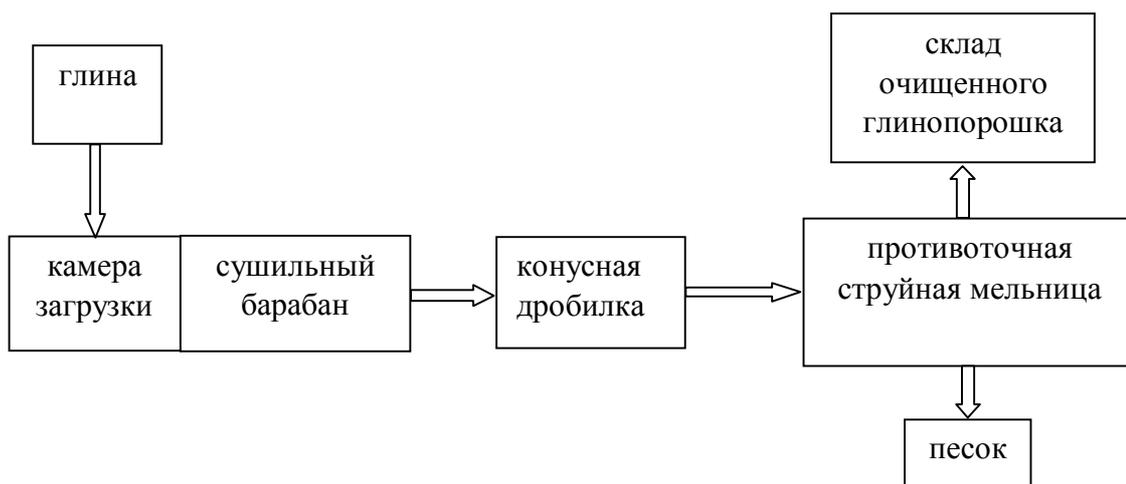
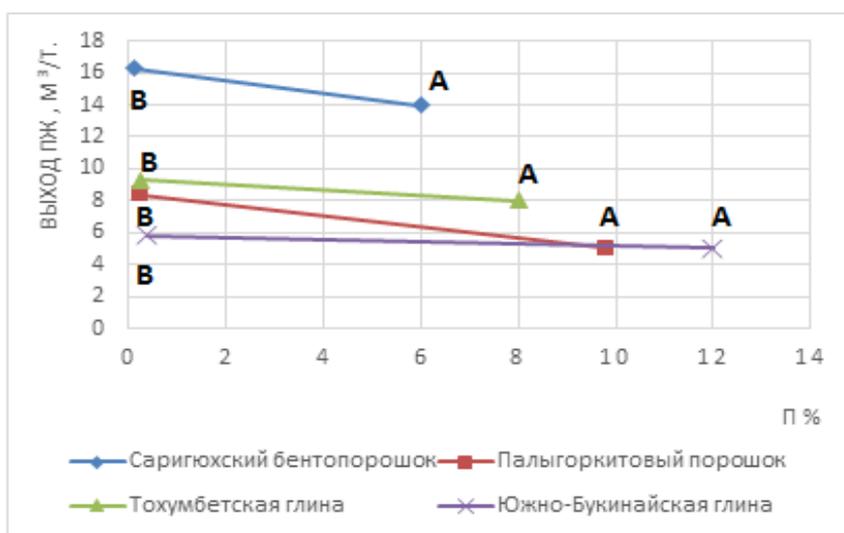


Рис. 6 Функциональная схема установки для производства глинопорошка.

С целью использования низкосортных местных комовых глин Тохумбетского и Южно-Букинайского месторождений предлагается технологическая схема получения качественных глинопорошков (рис.6).

Принцип действия предлагаемой установки заключается в первоначальной сушке материала, в сушильном барабане, с последующим предварительным измельчением в конусной дробилке. Далее осуществляется подача полученного глинопорошка в противоточную струйную мельницу с дополнительным устройством для максимального удаления песка из сырья при одновременном его измельчении.* В этом и заключается главное отличие данной установки от известных противоточных струйных мельниц, которые не обеспечивают удаление измельчаемого материала от твердых абразивных примесей.

Ранее проведенные исследования на данной лабораторной установке показали, что при измельчении 200 кг бентонита Саригюхского



месторождения марки Б-3 с содержанием песка 6% (рис. 7 точка А), получен бентопорошок содержание песка в котором составило всего 0,13% с выходом 87,5% (точка В). При этом сортность глинопорошка увеличилась до марки Б-2.

Рис. 7 Закономерность повышения качества глинопорошков за счет измельчения и удаления песка с помощью специальной установки.

Для суждения об эффективности очистки глинопорошка

струйного помола от песка введены понятия: коэффициента очистной способности (K_o) и эффективности очистки ($K_э$).

$$K_o = \frac{\Pi_{и}}{\Pi_о} = 44,7; \quad (8)$$

$$K_э = \frac{\Pi_{и} - \Pi_о}{\Pi_{и}} 100\%, \quad (9)$$

где $\Pi_{и}$ - содержание песка в исходном глинопорошке;

$\Pi_о$ – содержание песка в очищенном глинопорошке.

Благодаря введенным коэффициентам и полученным числовым значениям в

*Авторское свидетельство №1058609А. Бабаян Г.Б., Ганджумян Р.А., Финкельштейн Б.И., Акунов В.И. и Литвинов Г.П. 1983 г.

работе делается прогноз применительно к местным глинам (рис.7): массовая песчаная фракция Южно-Букинайского глинистого сырья составляющая 12%, после очистки на рассмотренной установке будет содержать всего 0,39% песка.

На наш взгляд предложенный комплекс технологического оборудования, в состав которого входит противоточная струйная мельница, с дополнительным устройством для удаления песка, целесообразно использовать на месте работ. Внедрение данной схемы позволит обеспечить получение максимально очищенных от твердых примесей материалов, из местных глин, расположенных вблизи от производства работ, сократить время на приготовление промывочной жидкости, увеличить ее выход.

Немаловажного внимания заслуживает очистка промывочной жидкости от шлама при циркуляции в процессе бурения выходящей из устья скважины на поверхность. Если не принимать мер к очистке раствора, то за короткое время он настолько обогатится частицами выбуренных пород, что не будет пригоден для бурения. Существующая при сооружении ГТС система очистки раствора в желобах и отстойниках обеспечивает лишь частичное удаление шлама.

В связи с этим предлагается ввести разработанную схему двухступенчатой системы очистки промывочной жидкости от шлама, состоящей из малогабаритного и эффективного оборудования (рис. 8).

Отличие предлагаемой схемы очистки заключается в конструкции устройства грубой очистки. Сливной патрубок смонтирован выше конусного основания емкости. Тем самым основная масса всего песка слоями осаждается в нижней части данного устройства, а очищенная от грубой фракции промывочная жидкость, через сливной патрубок поступает в гидроциклон для полного очищения бурового раствора.

Предложенная система очистки для специфических условий Кызылкумского региона позволит:

- максимально очистить буровой раствор от частиц выбуренной породы;
- увеличить свободное пространство вблизи скважины, за счет малых габаритов предложенной схемы;
- значительно сократить время и облегчить физический труд на очистку системы от накопившегося шлама, монтажно-демонтажные работы, связанные с перевозкой оборудования на новую скважину;

-отказаться от комплекса габаритных механических устройств (вибрационные сита, сепараторы, центрифуги и др.).

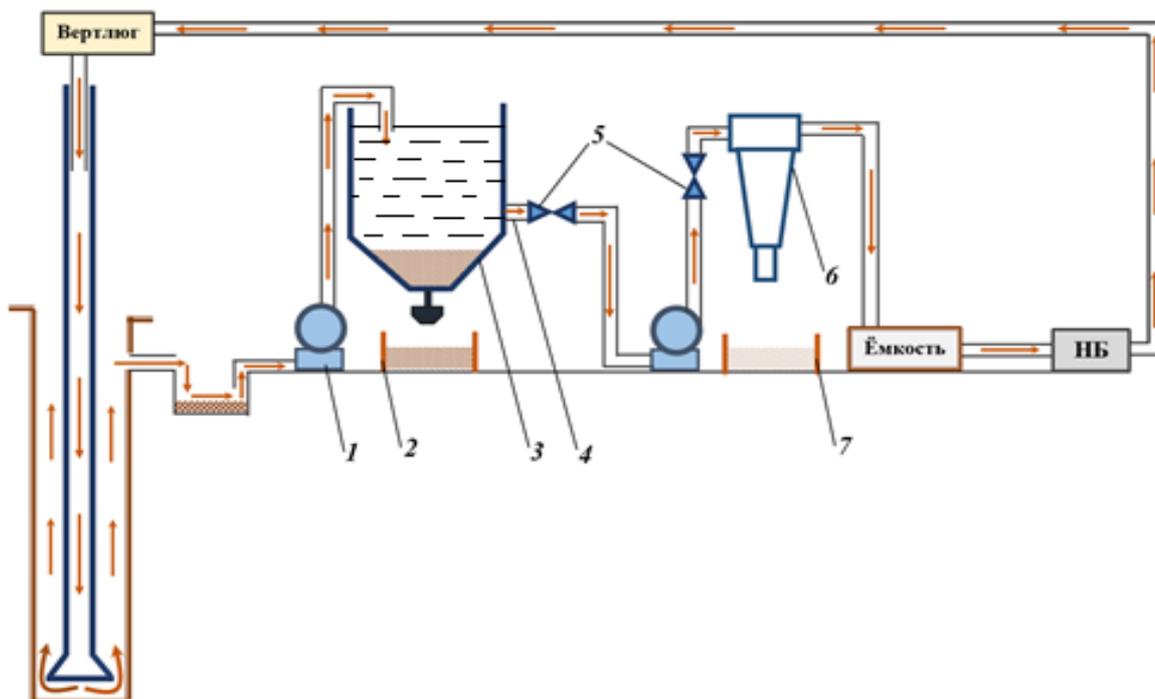


Рис. 8 Предлагаемая схема двухступенчатой системы очистки раствора от шлама.

1- центробежный насос; 2-урна для сбора шлама; 3- устройство грубой очистки; 4- патрубок; 5-задвижка; 6- гидроциклон; 7- урна для сбора ила.

Третье защищаемое научное положение. Интенсифицировать вынос выбуренной породы в кольцевом пространстве и песка, отделившегося от стенок скважины на дневную поверхность в наиболее неблагоприятных условиях бурения геотехнологических скважин следует путем поиска рациональной величины соотношения диаметров бурильных труб и скважины.

Из установленной нами зависимости (рис.9) для пород, не растворяющихся в промывочной жидкости следует, что чем выше скорость бурения, тем больше объем выбуренной породы. При недостаточной скорости выноса шлама будет происходить скопление его и повторное измельчение, что приведет не только к преждевременному износу долота, но и снижению скорости бурения.

По данным ряда исследователей увеличение содержания твердой фазы на 1% приводит к снижению механической скорости бурения в среднем на 7%. Полученная зависимость скорости бурения от насыщенности ее твердыми частицами шлама (рис. 10) показывает, что с повышением шлама в промывочной жидкости, скорость бурения резко снижается.

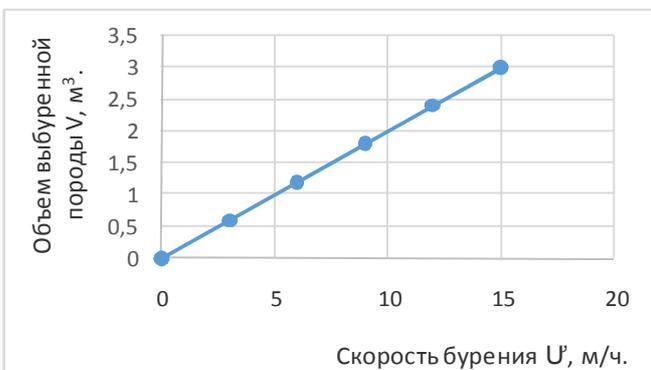


Рис. 9 Зависимость объема выбуренной породы от скорости бурения.

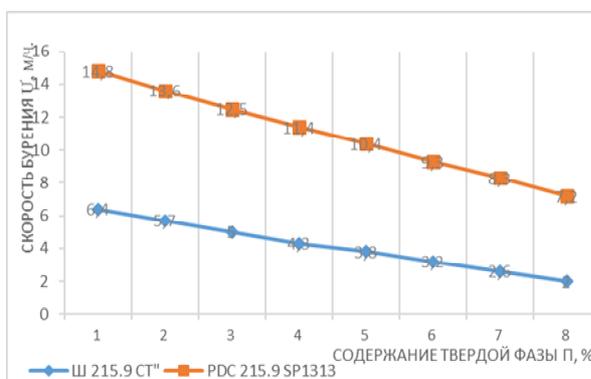


Рис. 10 Зависимость скорости бурения от содержания твердой фазы в промывочной жидкости при бурении трехшарошочным долотом Ш 215,9 СТ и долотом PDC 215,9.

Поскольку насыщенная выбуренной породой промывочная жидкость является одной из основных причин повышенного износа гидравлического оборудования, нами был определен оптимальный зазор (см. рис. 11-12 и табл. 9) в затрубном пространстве для используемого породоразрушающего инструмента на ГТС в НГМК, обеспечивающий необходимую скорость восходящего потока промывочной жидкости (V_b , м/с).

Оптимальная скорость восходящего потока достигается при условии использования колонны бурильных труб $\varnothing 108$ мм.

Этому условию полностью удовлетворяет гладкоствольная колонна сварной конструкции ТБС-108 с толщиной стенки 4,5 мм, разработанная проф. Л.А. Лачиняном для ГТС в НГМК взамен колонны бурильных труб СБТ-73 с толщиной стенки 7 мм и выступающими наружу замками, то есть с сохранением массы последней. Применение такой колонны бурильных труб позволит довести V_b бурового раствора при максимальной подаче насосом НБ-125 до 0,66 м/с, что видно из рис. 11-12 и табл. 4.

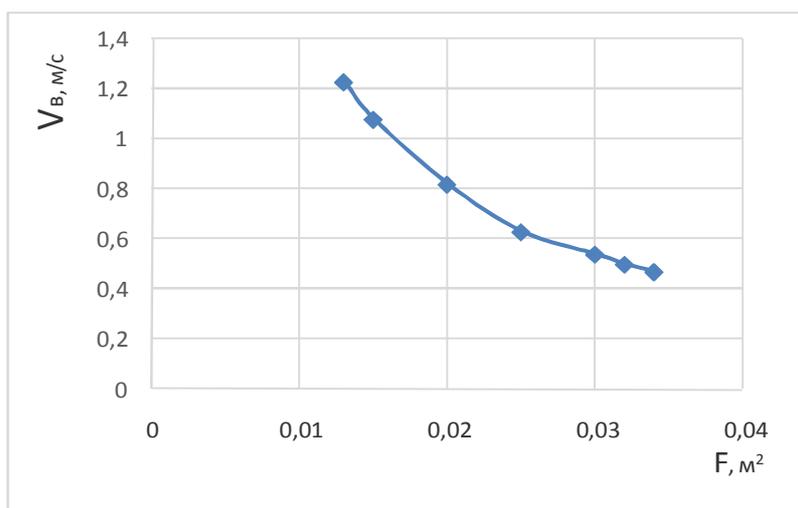


Рис. 11 Зависимость скорости восходящего потока промывочной жидкости от изменения площади кольцевого пространства.

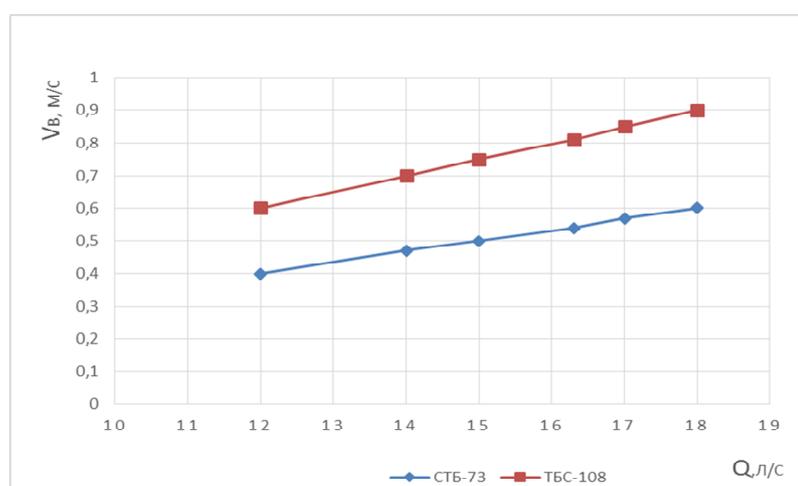


Рис. 12 Зависимость скорости восходящего потока промывочной жидкости от подачи насоса для труб ТБС-108 и СБТ-73.

Таблица 4.

Тип бурильных труб	$d_y/D_{\text{СКВ}}$	d_t/d_y	$d_t/D_{\text{СКВ}}$	$V_{\text{в}}, \text{ м/с}$	$F, \text{ м}^2$	$M, \text{ кг}$ 1 м трубы
Рекомендуемые значения:	0,8-0,85	0,7	0,6	0,6	-	-
Трубы СБТ-73 (1-вариант)	0,42	0,41	0,34	0,35	0,036	13,4
Трубы ТБС-108 (2-вариант)	0,82	0,64	0,53	0,66	0,031	13,2

Таким образом, можно сделать вывод, что применение гладкоствольной бурильной колонны не только позволит улучшить условия работы, повысить ресурс и безотказность ее, но также обеспечит рост скорости восходящего потока промывочной жидкости почти в 2 раза (рис. 13) и одновременно резко снизит разрушительное действие бурильных замков на стенки скважины, имеющее место при использовании стандартных бурильных труб.

Темп накопления шлама на забое зависит от скорости проходки. Объемная доля твердых частиц в растворе, находящаяся в кольцевом

пространстве определяется соотношением:

$$C_T = D_{\text{СКВ}}^2 V_M / (D_{\text{СКВ}}^2 - d_{\text{БТ}}^2) V_{\text{Ш}}; \text{ м}^3, \quad (10)$$

где: C_T - объемная доля твердых частиц в жидкости, находящейся в кольцевом пространстве;

V_M – механическая скорость проходки;

$V_{\text{Ш}}$ – средняя скорость подъема шлама.

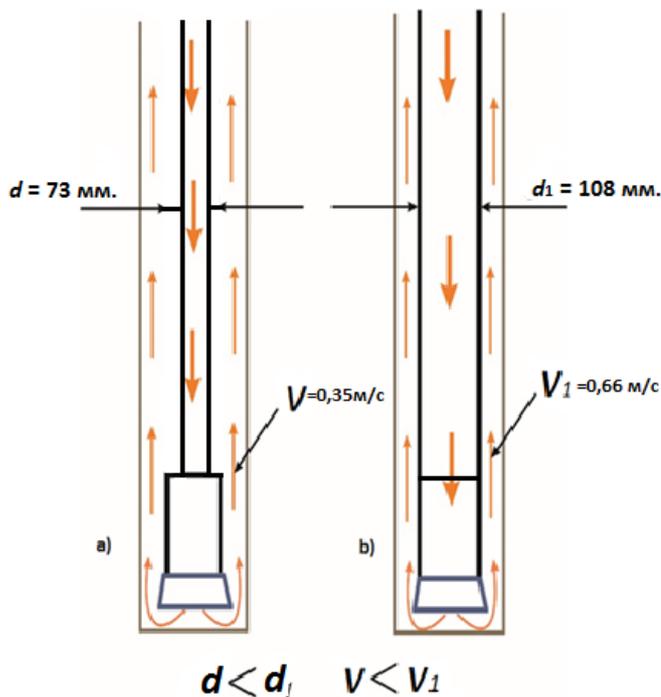


Рис.13 Расположение в скважине труб СБТ-73 (а) и гладкоствольных труб ТБС-108 (б).

Из выражения (10) определим скорость подъема шлама:

$$V_{\text{Ш}} = D_{\text{СКВ}}^2 / (D_{\text{СКВ}}^2 - d_{\text{БТ}}^2) C_T, \text{ м/с};$$

Для более точного определения накопления шлама в промывочной жидкости, предлагается использовать коэффициент шламонасыщенности ($\Pi_{\text{Ш}}$) представляющий собой отношение объема шлама ($V_{\text{Ш}}$) к объему промывочной жидкости ($V_{\text{ПЖ}}$).

$$\Pi_{\text{Ш}} = V_{\text{Ш}} / V_{\text{ПЖ}} \quad (11)$$

$V_{\text{ПЖ}}$ для глубины (L) скважины получим из выражения:

$$V_{\text{ПЖ}} = \frac{\pi}{4} (D_{\text{СКВ}}^2 - d_{\text{БТ}}^2) L; \text{ м}^3, \quad V_{\text{ПЖ}} = 15,3 \text{ м}^3.$$

Усредненная мощность песконосных горизонтов в скважине для условий Кызылкумского региона составляет 30-35%. Оставшиеся 65% выбуренной породы в основном относятся к глинам. Как известно, содержание песка в местных глинах составляет 13-15%. В результате чего общее количество твердых частиц песка в составе выбуренной породы составит 44,75%.

Отсюда $V_{ш}=6,84 \text{ м}^3$.

Тогда $\Pi_{ш}= 6,84/ 15,3= 0,45$.

Избежать возникновения нежелательных эффектов шламонакопления в кольцевом пространстве, в интервалах песконосных горизонтов возможно путем ввода над УБТ шламоприемника (рис.14).

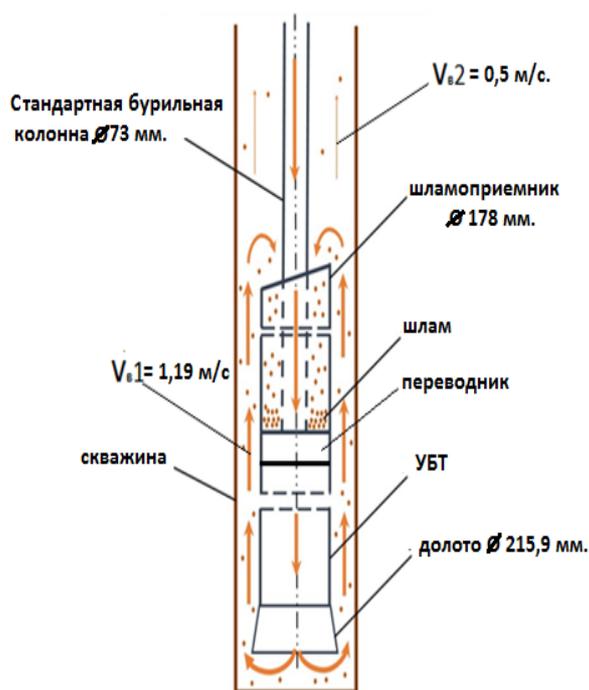


Рис.14 Принципиальная схема шламоприемника.

Шламоприемник применяется в сочетании со стандартной колонной, имеет простую конструкцию и может быть изготовлен в механических мастерских бурового предприятия из обсадной трубы 178x5,9 длиной 7м, при длине бурильных труб 8м. При этом обеспечивается запас на переподъем, то есть предотвращение затаскивания талевого блока на кронблок. Полезный объем шламоприемника $0,12 \text{ м}^3$.

В призабойной зоне $V_{в1}=1,19 \text{ м/с}$, а выше шламоприемника $V_{в2}= 0,5 \text{ м/с}$, то есть почти в 2,4 раза больше, в результате чего крупные частицы шлама оседают в шламовой трубе.

С целью уточнения времени подъема шламоприемника проведены лабораторные опыты по времени осаждения частиц шлама и песка в воде и в промывочной жидкости плотностью 1150 кг/м^3 . Данные полученные в результате этих опытов отражены в табл.5.

Таблица 5.

Материал	Размер частиц, мм	Время осаждения частиц песка в столбе воды высотой 1м, сек.	Время осаждения частиц в столбе ПЖ ($\rho_{п.ж} = 1,15 \text{ г/см}^3$) высотой 1м, сек.
Шлам	5-10	1-5	18-23
Песок	0,1-1,0	10	25-40
Мелкий песок (ил)	0,01-0,1	120	-

Расчеты показали, что для частицы бурового шлама сферической формы $d_q=10$ мм и плоской частицы $d_q=6$ мм, плотностью $\rho_q=2400$ кг/м³, в промывочной жидкости с плотностью $\rho=1200$ кг/м³, при пластической вязкости $\eta = 15$ МПа и динамическом напряжении сдвига $\tau_0 = 6$ Па, скорость падения частицы сферической формы составляет $u = 0,08$ м/с, а для плоской частицы $u \approx 0,04$ м/с, то есть в два раза меньше.

Основные выводы, рекомендации и заключение.

1. Установлено, что основной причиной отказов оборудования и инструмента, контактирующего с циркулирующим потоком бурового раствора является гидроабразивный износ.

2. Буровую установку в заданных условиях эксплуатации следует рассматривать как изнашиваемую термодинамическую систему, в которой одновременно протекают процессы различной скорости, приводящие к обратимым и необратимым изменениям.

3. Проведенные исследования и расчеты на основе статистических данных позволили выявить наиболее уязвимые и быстроизнашиваемые детали и узлы буровой установки, а также основные причины их отказов с учетом условий эксплуатации, установить законы распределения наработки до отказа этих деталей, что позволит повысить наработку на отказ бурового насоса только в результате резкого снижения содержания песка в промывочной жидкости.

4. Лабораторные исследования показали, что для приготовления промывочной жидкости целесообразно использовать бентонитовые глинопорошки серпуховского, волжского, саригюхского месторождений, так как качество раствора из этих глин значительно выше, чем приготовленных из местных комовых и полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым к глинам данного назначения.

5. Уточнена взаимосвязь содержания песка в буровом растворе с его выходом в глинопорошке струйного помола. Для получения глинопорошка высокого качества из местных комовых глин рекомендуется использовать разработанную схему технологического оборудования, в состав которого входит противоточная струйная мельница с дополнительным устройством для удаления песка. Внедрение данной схемы позволит сократить время на приготовление промывочной жидкости, увеличить ее выход и обеспечить получение глинопорошков из местных глин максимально очищенных от

твердых абразивных примесей. Для оценки качества по данной схеме введены понятия коэффициента очистной способности и эффективности очистки промывочной жидкости от шлама.

6. Разработана и рекомендована к практическому использованию схема наземной двухступенчатой системы очистки промывочной жидкости от шлама.

7. Оптимизирована величина зазора в затрубном пространстве и соответствующая компоновка бурильной колонны, что обеспечило надлежащую транспортировку шлама в сложных условиях бурения геотехнологических скважин. Использование гладкоствольной колонны ТБС-108 с приваренными замками и массой равной массе труб СБТ-73, позволит до 2-х раз увеличить скорость восходящего потока бурового раствора без увеличения трудоемкости спускоподъемных операций при бурении ГТС.

8. В интервалах песконосных горизонтов рекомендовано применение шламоприемника. Это позволит уменьшить абразивный износ гидравлического оборудования за счет сбора определенного количества шлама и крупных частиц пород в призабойной зоне. Также рекомендована периодичность подъема шламоприемника на дневную поверхность по мере его заполнения для данных условий бурения.

9. В результате проведенных исследований решена актуальная научно-техническая задача по повышению надежности гидравлического оборудования и инструмента, применяемого при бурении геотехнологических скважин на НГМК путем снижения до минимума интенсивности гидроабразивного изнашивания и оптимизации условий движения промывочной жидкости в затрубном пространстве.

Публикации. Основные результаты работы изложены в 7 печатных трудах, в том числе 4 научных статьи, вошедших в перечень ВАК, 3 тезисах.

В рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ:

1. Кахаров С.К., Ганджумян Р.А. Причины отказов бурового оборудования при эксплуатации. «Инженер – нефтяник» 2013, №2, с.32-33.

2. Кахаров С.К. Статистическая оценка показателей надежности буровых насосов НБ-125. Горный информационно-аналитический бюллетень «ГИАБ» 2014, № 8, с.366-368.

3. Ганджумян Р.А., Кахаров С.К. Предотвращение гидроабразивного

износа элементов циркуляционной системы при бурении геотехнологических скважин. «Инженер – нефтяник» 2015, №3, с. 42-44.

4. Ганджумян Р.А., Кахаров С.К. Преимущества гладкоствольных бурильных колонн для условий бурения геотехнологических скважин. «Вестник ассоциации буровых подрядчиков» 2015, №3, с 11-13.

В прочих изданиях:

1. Кахаров С.К. Специфика условий эксплуатации наземного оборудования для бурения геотехнологических скважин. XI международная научная конференция «Новые идеи в науках о земле» Доклады М.: 2013, с.241.

2. Кахаров С.К. Надежность буровых насосов при сооружении геотехнологических скважин (на примере НГМК). VII международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые – наукам о земле» Доклады М.: 2014, с.286.

3. Ганджумян Р.А., Кахаров С.К. Применение глинопорошков свободных от твердых примесей. XII международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о земле» Доклады М.: 2015, т.2, с.136-137.