

# Наука — виробництву

УДК [622.742:621.928.235]:622.24.065

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ НА ПОЛИЧАСТОТНОМ ГРОХОТЕ МВГ

<sup>1</sup>А.Ф. Булат, <sup>1</sup>В.Г. Шевченко\*, <sup>1</sup>Г.А. Шевченко, <sup>2</sup>Б.В. Бокий

<sup>1</sup>Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины;  
49005, г. Днепрпетровск, ул. Симферопольская, 2а, e-mail: office.igtm@nas.gov.ua

<sup>2</sup>ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько»; 86065, Донецкая обл., г. Авдеевка, проезд Индустриальный, 1,  
e-mail: info@zasyadko.net

Мета – визначення ефективності технології очищення бурового розчину на вібраційному полічастотному грохоті МВГ. Методи досліджень - механіки рідких і сипучих середовищ, промислові випробування технології очищення бурового розчину від породних часток на грохоті МВГ, оцінка результатів з використанням методів математичної статистики. Відмінні риси розробленої технології: реалізація полічастотних коливань і збільшення в більш ніж 25 разів прискорень сит грохотів МВГ у порівнянні з типовими грохотами; забезпечення підвищення продуктивності та ефективності очищення бурових розчинів, у порівнянні із традиційних віброситами з моночастотним збудженням сит; збільшення припустимої швидкості буріння, що обмежується ступенем очищення бурових розчинів від породних часток, і підвищення техніко-економічних показників буріння свердловин. До переваг технології відноситься: забезпечення очищення бурового розчину від твердих породних часток і колоїдної глини на більш високому рівні, ніж на стаціонарних апаратах Brandt, які застосовуються для очищення бурового розчину на буровій К-160. У порівнянні з віброситами Brandt очищення бурового розчину на грохоті МВГ дозволяє зменшити втрати бурового розчину з виділеними породними частками; при очищенні бурового розчину від твердих породних часток і глини на грохоті МВГ отвори сита не забиваються твердими породними частками, не відбувається налипання глини на поверхню сита. Подачі додаткової розмивочної води на сито грохота (як при очищенні на ситі вібросита Brandt) не потрібно; при збільшенні розміру осередків сит на грохоті МВГ практично пропорційно зростає і продуктивність очищення бурового розчину. Продуктивність очищення на грохоті МВГ1.0 із ефективною площею поділу просівання 0,9 м<sup>2</sup> при осередку сита 25 мкм становить 6 м<sup>3</sup>/годину, при 56 мкм - 6,5 м<sup>3</sup>/годину, при 80 мкм - 10 м<sup>3</sup>/годину, при 150 мкм - 28 м<sup>3</sup>/годину, що не менше, ніж на апаратах Brandt. По технічних і технологічних параметрах розроблена технологія перевершує традиційно застосовувані технології очищення бурових розчинів по надійності, простоті обслуговування, вартості заміни сит, дозволяє скоротити кількість і типи застосовуваних апаратів, при цьому забезпечується поліпшення якості очищення бурових розчинів і підвищується продуктивність очищення, а, отже, і швидкість буріння свердловин.

Ключові слова: технологія очищення бурових розчинів, полічастотні грохоти, вибурена порода, швидкість буріння свердловин, поліпшення якості бурового розчину.

Цель – определение эффективности технологии очистки бурового раствора на вибрационном поличастотном грохоте МВГ. Методы исследований - механики жидких и сыпучих сред, промышленные испытания технологии очистки бурового раствора от породных частиц на грохоте МВГ, оценка результатов с использованием методов математической статистики. Отличительные особенности разработанной технологии: реализация поличастотных колебаний и увеличение в более чем 25 раз ускорений сит грохотов МВГ в сравнении с типовыми грохотами; обеспечение повышения производительности и эффективности очистки буровых растворов, по сравнению с традиционных виброситами с моночастотным возбуждением сит; увеличение допустимой скорости бурения, которые ограничиваются степенью очистки буровых растворов от породных частиц, и повышение технико-экономических показателей бурения скважин. К преимуществам технологии относится: обеспечение очистки бурового раствора от твердых породных частиц и колоидной глины на более высоком уровне, чем на стационарных аппаратах Brandt, которые применяются для очистки бурового раствора на буровой К-160. В сравнении с виброситами Brandt очистка бурового раствора на грохоте МВГ позволяет уменьшить потери бурового раствора с выделенными породными частицами; при очистке бурового раствора от твердых породных частиц и глины на грохоте МВГ

отверстия сита не забиваются твердыми породными частицами, не происходит налипание глины на поверхность сита. Поддачи дополнительной розмывочной воды на сито грохота (как при очистке на ситах вибросита Brandt) не требуется; при увеличении размера ячеек сит на грохоте МВГ практически пропорционально возрастает и производительность очистки бурового раствора. Производительность очистки на грохоте МВГ1.0 с эффективной площадью разделения  $0,9 \text{ м}^2$  при ячейке сита  $25 \text{ мкм}$  составляет  $6 \text{ м}^3/\text{час}$ , при  $56 \text{ мкм}$  -  $6,5 \text{ м}^3/\text{час}$ , при  $80 \text{ мкм}$  -  $10 \text{ м}^3/\text{час}$ , при  $150 \text{ мкм}$  -  $28 \text{ м}^3/\text{час}$ , что не меньше, чем на аппаратах Brandt. По техническим и технологическим параметрам разработанная технология превосходит традиционно применяемые технологии очистки буровых растворов по надежности, простоте обслуживания, стоимости замены сит, позволяет сократить количество и типы применяемых аппаратов, при этом обеспечивается улучшение качества очистки буровых растворов и повышается производительность очистки, а, следовательно, и скорость бурения буровых скважин.

Ключевые слова: технология очистки буровых растворов, поличастотные грохота, выбуренная порода, скорость бурения скважин, улучшение качества бурового раствора.

*The objective of the article is to determine the effectiveness of the drilling mud cleaning technology with the help of the vibrating poly-frequency MBГ screen. The study methods include the mechanics of liquids and solids, field tests of the technology of drilling mud cleaning from rock particles with the help of the MBГ screen, and evaluation of the results using the methods of mathematical statistics. The distinctive features of the developed technology are the following: implementation of the poly-frequency vibrations and more than twenty-fivefold increase of the MBГ screen operation speed if compared to conventional screens; provision of improved productivity and efficiency of the drilling mud cleaning if compared to traditional vibrating screens with the sieve mono-frequency excitation; increase of the allowable drilling speed, which is usually limited by the degree of the drilling mud cleaning from rock particles, and improvement of the technical and economic indices of well drilling. The technology advantages include the following: provision of the higher degree of the drilling mud cleaning from solid rock particles and colloidal clay if compared with the stationary Brandt screens, which are used at the K-160 drilling rig for drilling mud cleaning. If compared to the Brandt screens, drilling mud cleaning with the help of the MBГ vibrating screen allows decreasing of drilling mud loss together with separated rock particles; when the drilling mud is cleaned from the solid rock and clay particles with the help of the MBГ screen, the sieve meshes are not clogged with solid rock particles and clay does not adhere to the surface of the sieve. Thus, there is no need to feed any additional wash water to the screen sieve (as it is required when cleaning with the help of the Brandt screen sieves); when the size of the sieve meshes on the MBГ screen increases, productivity of the drilling mud cleaning increases almost proportionally. Cleaning productivity of the MBГ 1.0 screen with the effective screening area of  $0,9 \text{ м}^2$  and at the sieve mesh size of  $25 \text{ }\mu\text{m}$  is equal to  $6 \text{ м}^3/\text{hour}$ , at  $56 \text{ }\mu\text{m}$  -  $6.5 \text{ м}^3/\text{hour}$ , at  $80 \text{ }\mu\text{m}$  -  $10 \text{ м}^3/\text{hour}$ , at  $150 \text{ }\mu\text{m}$  -  $28 \text{ м}^3/\text{hour}$ ; these figures are not less than the ones for the Brandt screens. According to technical and technological parameters, the developed technology exceeds traditional technologies of drilling mud cleaning in terms of reliability, ease of maintenance, and cost of sieve replacement; moreover, it reduces the number and types of the devices used and, at the same time, improves quality and productivity of the drilling mud cleaning and drilling operations speed.*

Keywords: drilling mud cleaning technology, poly-frequency screens, cuttings, drilling speed, improvement of drilling mud quality.

Совершенствование технологий очистки буровых растворов от выбуренной породы, увеличение скорости бурения скважин и улучшение качества бурового раствора является актуальной проблемой, имеющей важное значение для нефте- и газодобывающей отрасли [1-4]. В Институте геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины разработана технология очистки буровых растворов от выбуренной породы нового технического уровня на вибрационном поличастотном грохоте МВГ [5-7]. Отличительной особенностью разработанной технологии является, реализация поличастотных колебаний и увеличение в более чем 25 раз ускорений сит грохотов МВГ в сравнении с типовыми грохотами, что обеспечивает повышение производительности и эффективности очистки буровых растворов на грохотах МВГ по сравнению с традиционных виброситами с моночастотным возбуждением сит. Это позволяет поднять допустимую скорость бурения, которая ограничивается степенью очистки буровых растворов от породных частиц, и способствует увеличению технико-экономических показателей процесса бурения.

Колебания сит в грохотах МВГ осуществляются от дебалансных инерционных вибровозбудителей, широко применяемых в типовых

вибрационных грохотах. Вибровозбудители закреплены на коробе грохота. При их возбуждении гармонические колебания короба с ускорениями не более нескольких десятков  $\text{м/с}^2$  в упруго-механических виброударных системах, закрепленных также на коробе, за счет резонансных явлений усиливаются до сотен и более  $\text{м/с}^2$ , преобразуются в поличастотные и через рабочие органы (ударники) передаются на сита и разделяемую сыпучую среду. При этом в грохоте значительным ускорениям подвержены только рабочие органы и сита, а другие узлы грохота разгружены, что обеспечивает их долговечность. В отличие от типовых грохотов, тонкое сито на грохоте МВГ установлено на коробе без натяжения, что в свою очередь увеличивает его относительную долговечность. Поскольку грохоты МВГ являются двухмассными зарезонансными системами, то колебания короба не передаются на опорную поверхность, что обеспечивает их установку без закрепления на основании, в том числе на перекрытиях зданий и сооружений, и необходимого обустройства специальных фундаментов.

На рис. 1 приведен фрагмент осциллограммы ускорений колебаний рабочего органа грохота при синхронной круговой частоте вращения и вынуждающей силе инерционного

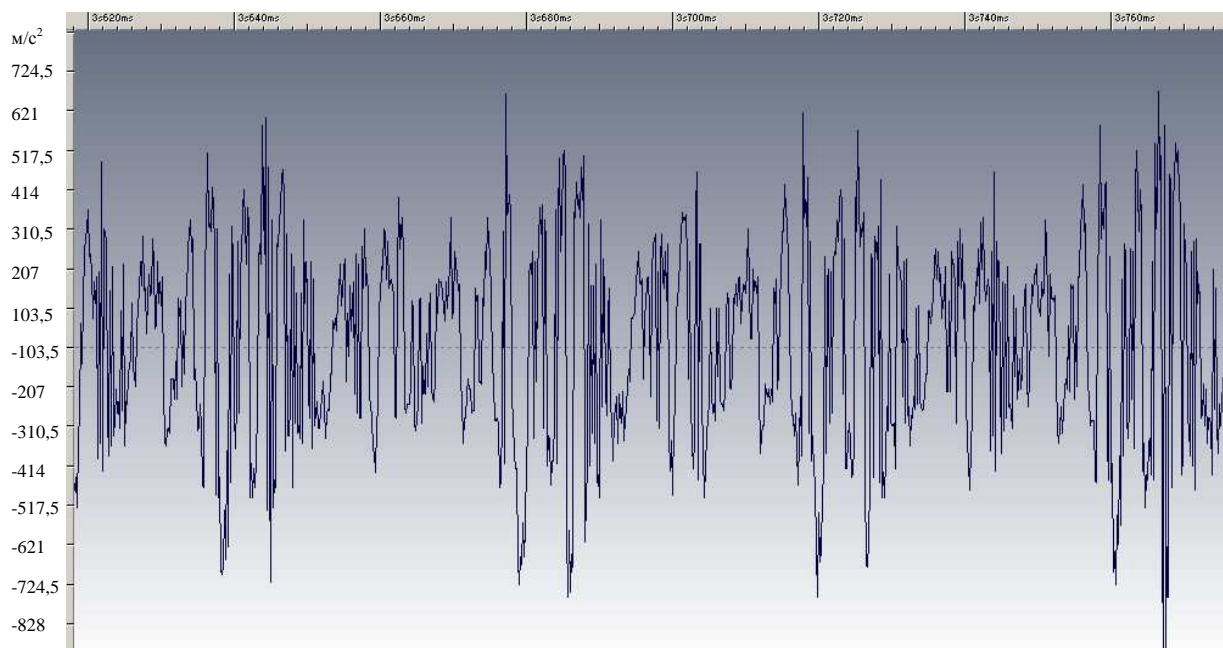


Рисунок 1 – Фрагмент осциллограммы ускорений колебаний рабочего органа грохота

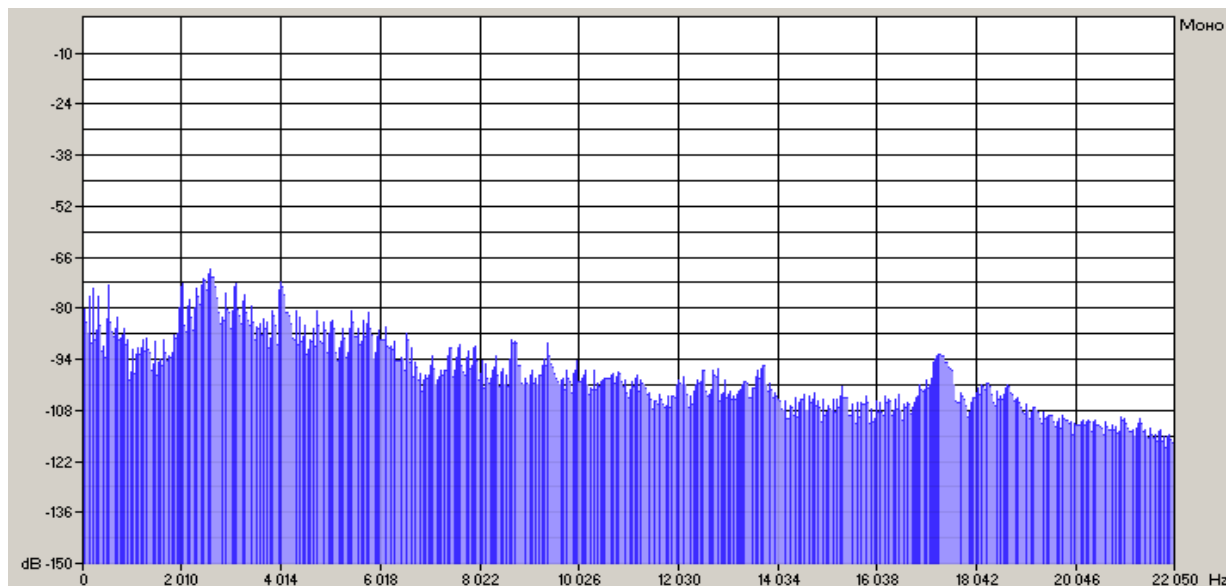


Рисунок 2 – Спектрограмма ускорений колебаний рабочего органа грохота

вибровозбудителя колебаний, соответственно равными 157 рад/с и 13,5 кН. Анализ осциллограммы показывает, что рабочий орган грохота совершает колебания с амплитудами ускорений превышающими 600 м/с<sup>2</sup>. Такой уровень ускорений достигается в результате резонансного усиления колебаний корпуса грохота в упруго-механических виброударных системах и преобразования их в поличастотные. Об этом свидетельствует спектральный анализ колебаний, приведенный на рис. 2. Спектр непрерывный и в изменении амплитудных значений возбуждаемых частот отсутствует какая-либо закономерность. Такой спектр характерен для непериодических колебаний и, следовательно, в целом рабочий орган грохота совершает непериодические или хаотические колебания. При этом амплитуды ускорений колебаний на некоторых

частотах превышают амплитуду на частоте внешнего возбуждения, что свидетельствует о резонансном усилении колебаний рабочего органа.

В результате виброударного нагружения в рабочем органе грохота возникают сложные колебательные формы. Они зависят от параметров воздействия и механических свойств виброударной системы грохота. Поличастотные колебания сит и разделяемых сред на сите с ускорениями в сотни м/с<sup>2</sup> и значительными энергиями обеспечивают возникновение резонансных явлений в связанных системах с упруго восстанавливающими силами, таких, например, как твердые частицы застрявшие в упругих ячейках сита, частицы прилипшие к поверхности сита за счет поверхностных сил адгезии и т. д. Это обеспечивает разрушение свя-



Рисунок 3 – Промышленные образцы вибрационных поличастотных грохотов MBG

зей и постоянную самоочистку сит за счет высвобождения застрявших частиц из ячеек и отрыв прилипших частиц, например, за счет поверхностного натяжения жидкости от поверхности сита.

Разработаны математические модели грохота, которые, в том числе, учитывают влияние несимметрии параметров и ограниченность мощности источника вибровозбуждения на динамику и позволяют выбирать рациональные параметры при проектировании грохота. Создан типовой ряд грохотов, отличающихся эффективной площадью просеивающих поверхностей в 1,0; 1,5; 2,0 и 4,0 м<sup>2</sup> (рис. 3) [6].

Цель статьи – определение эффективности технологии очистки бурового раствора на вибрационном поличастотном грохоте MBG.

На буровой К-160 «Володарская-2» ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько» (пос. Ольшаны, Дергачевский р-н, Харьковская обл.) проведены промышленные испытания технологии очистки бурового раствора на вибрационном поличастотном грохоте MBG 1.0 с площадью просеивающей поверхности 0,9 м<sup>2</sup> (далее, грохоте MBG 1.0).

Показатели очистки бурового раствора на грохоте MBG 1.0 сравнивались с показателями работы стационарного оборудования для очистки, установленном на буровой К-160, состоящем из двух однотипных вибросит Brandt, песко- и илоотделителей Brandt и центрифуги ОГШ 490У-01. На каждом из вибросит Brandt установлены по четыре карты 3-х слойных стальных сит общей площадью просеивающей поверхности 2,0 м<sup>2</sup> (на первом с размером ячейки 151,5 мкм, на втором - с размером ячейки 192,4 мкм). Во время сравнительных испытаний буровой раствор очищался только на первом вибросите Brandt.

В песко- и илоотделителях Brandt, состоящих из батарей гидроциклонов, происходит отделение частиц, соответственно, по крупности 50 и 25 мкм.

Грохот MBG1.0 с эффективной площадью просеивающей поверхности 0,9 м<sup>2</sup> был установлен в технологическую цепочку стационарного оборудования буровой для очистки бурового раствора, параллельно основным аппаратам (рис. 4). Также как и на виброситах Brandt очистка бурового раствора на грохоте MBG1.0 осуществляется на колеблющихся ситовых поверхностях. Отличие между виброситами Brandt и грохотом MBG заключается в различной конструкции их просеивающих поверхностей, интенсивности и характере их колебаний. На грохоте MBG возбуждаются поличастотные колебания просеивающих поверхностей с ускорениями в сотни м/с<sup>2</sup>, что позволяет осуществлять эффективное выделение твердых частиц на ситах с ячейкой от 20 мкм.

На вибросите Brandt разделение происходит на четырех картах 3-х слойных стальных сит, сложных в изготовлении и, поэтому, относительно дорогостоящих. Процесс разделения частиц на поличастотном грохоте MBG осуществляется на многослойных ситах, состоящих из опорного стального сита с крупной ячейкой и тонкого сита для разделения. Опорное сито стационарно устанавливается на рабочем органе грохота с натяжением и не меняется при изменении крупности разделения, а тонкое - свободно без натяжения укладывается на опорное и подлежит замене при изменении крупности разделения. Отсутствие растягивающих напряжений позволяет увеличить долговечность тонкого сита и, кроме того, использовать относительно недорогие полимерные сита, изготовленные из тонких полимерных нитей (лески). В качестве тонких сит для разделения на грохоте MBG могут применяться сита капроновые и полиамидные, ситоткани, сита тканые нержавеющей. В качестве опорных сит используются сетки тканые нержавеющей с большой ячейкой (10–20 мм). Для защиты тонкого сита между опорным и тонким ситом укладывается полимерное сито с большей, чем у тонкого сита ячейкой (от 1 мм).





**Рисунок 4 – Грохот МВГ в технологии очистки бурового раствора на буровой «Володарская-2» ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько»**

При испытаниях, для регулирования крупности выделяемых из бурового раствора породных частиц и сравнения технико-экономических показателей очистки со стационарным оборудованием, на грохоте МВГ устанавливались полиамидные сита из стандартных ситотканей с размерами ячеек 150, 100, 80, 56 и 25 мкм, что, в том числе, соответствует крупности разделения на вибросите (151,5 мкм), песко- и илоотделителе Brandt (соответственно 50 и 25 мкм).

Регулирование производительности и качества очистки на грохоте МВГ осуществлялось за счет изменения угла наклона короба, а, следовательно, и просеивающей поверхности грохота к горизонту. При испытаниях устанавливались отрицательные по отношению к выгрузке из грохота углы наклона просеивающей поверхности к горизонту, равные -2,5; -8 и -12°.

Подача бурового раствора в грохот МВГ для очистки осуществлялась погружным шламовым насосом из питающей емкости первого вибросита Brandt. Оптимальная производительность подачи бурового раствора насосом устанавливалась исходя из минимальных потерь раствора в выделенном надрешетном продукте. Поэтому, в каждом опыте производительность подачи уменьшалась, до тех пор, пока не устанавливалась минимальная влажность надрешетного продукта (шлама), которая уже не изменялась при дальнейшем снижении производительности. Очищенный буровой раствор, прошедший через сито грохота МВГ (подрешетный продукт), сливался в емкость с очищенным раствором; надрешетный продукт (шлам) – по желобу сбрасывался в шламонакопитель.

Качество очищенного бурового раствора оценивалось: по изменению удельного веса

раствора подаваемого на очистку, после очистки на грохоте МВГ и на вибросите Brandt; по полевому анализу проб надрешетного продукта (шлама), выделенного из раствора на грохоте МВГ; по реологическому анализу бурового раствора до и после очистки на грохоте МВГ и оборудовании Brandt.

Испытания проводились в три этапа:

1. На первом этапе испытаний оценивалась возможность доочистки бурового раствора на грохоте МВГ на сите 25 мкм, предварительно очищенного на стационарном оборудовании буровой, в том числе, с очисткой на центрифуге ОГШ 490У-01. В этих испытаниях буровой раствор подавался в грохот МВГ шламовым насосом из емкости с очищенным буровым раствором, т.е. с теми техническими характеристиками, с которыми он подается в скважину при бурении.

2. На втором этапе определялась технологическая возможность очистки бурового раствора и возможность улучшения его качества в процессе забуривания на забой (расширения скважины). Буровой раствор из скважины подавался в грохот шламовым насосом из питающей емкости вибросита Brandt.

3. На третьем этапе испытаний определялась технологическая возможность очистки бурового раствора и возможность улучшения его качества в процессе бурения забоя. Буровой раствор из скважины подавался на грохот шламовым насосом из питающей емкости вибросита Brandt.

Доочистка бурового раствора на сите 25 мкм.

В табл. 1 приведены удельные веса исходного бурового раствора, очищенного на стационарном оборудовании буровой и продуктов разделения на грохоте МВГ на сите 25 мкм, при угле наклона просеивающей поверхности грохота -

2,5<sup>0</sup> и оптимальной производительности подачи в 4,5 м<sup>3</sup>/ч. При этой производительности устанавливалась минимальная влажность шлама, выгружаемого из грохота. Анализ результатов показывает, что грохот обеспечивает доочистку бурового раствора. Процесс доочистки осуществлялся стабильно, отверстия сита не забивались твердыми породными частицами, не происходило налипание частичек глины на поверхность сита. Подача дополнительной размывочной воды на сито грохота (как при очистке на сита вибросит Brandt) не требовалась.

**Таблица 1 – Результаты доочистки на грохоте МВГ на сите 25 мкм бурового раствора, очищенного на стационарном оборудовании буровой**

Продукт	Удельный вес, г/см <sup>3</sup>
Исходный буровой раствор, очищенный на стационарном оборудовании	1,20
МВГ (надрешетный)	1,21
МВГ (подрешетный)	1,19

Очистка бурового раствора в процессе за-буривания на забой (расширения скважины). В процессе разбуривания скважины определялись удельные веса исходного бурового раствора и продуктов разделения на вибросите Brandt (сито 151,5 мкм) и грохоте МВГ (сито 150 мкм), при углах наклона грохота -2,5<sup>0</sup> и -8<sup>0</sup> и максимально возможной производительности подачи бурового раствора в грохот МВГ 25 м<sup>3</sup>/ч шламовым насосом. В этих опытах минимальная влажность шлама устанавливалась уже при максимальной производительности подачи бурового раствора шламовым насосом.

Выбуренные породы были представлены преимущественно глиной и песком. Установлено, что грохот МВГ обеспечивает очистку бурового раствора на сите 150 мкм на уровне показателей его очистки на вибросите Brandt. В надрешетном продукте грохота МВГ присутствовал шлам с влажностью существенно ниже, чем шлам на вибросите Brandt. При увеличении угла наклона грохота МВГ до -8<sup>0</sup> показатели эффективности продуктов разделения не изменились, при этом надрешетный продукт стал с большей скоростью перемещаться по просеивающей поверхности и выгружаться из грохота. Следовательно, на сите 150 мкм возможно обеспечить большую производительность очистки при сохранении показателей эффективности разделения.

В целом при разбуривании скважины процесс очистки на грохоте МВГ осуществлялся стабильно, отверстия сита не забивались твердыми породными частицами, не происходило налипание частичек глины на поверхность сита. Подачи дополнительной размывочной воды на сито грохота (как при очистке на сита вибросита Brandt) не требовалось.

Очистка бурового раствора в процессе бурения забоя. В процессе этих испытаний установлено, что грохот МВГ обеспечивает очистку бурового раствора на сите 150 мкм при угле наклона 8<sup>0</sup> и максимальной производительности подачи 20-25 м<sup>3</sup>/ч на уровне показателей его очистки на вибросите Brandt. Выбуренные породы представлены глиной, песком, алевролитом и аргиллитом. В надрешетном продукте грохота МВГ - шлам, с влажностью ниже, чем шлам на вибросите Brandt, однако более влажный, чем в опытах при расширении скважины (этап 2). При замене сита на сито с ячейками 80 мкм оптимальная производительность подачи бурового раствора, при которой устанавливается минимальная влажность шлама, уменьшилась до 9,7 м<sup>3</sup>/ч. При этом в сравнении с ситом 150 мкм несколько увеличилась влажность шлама. На сите 56 мкм оптимальная производительность подачи уменьшилась до 6,4 м<sup>3</sup>/ч, при этом также несколько увеличилась влажность шлама, выгружаемого из грохота. Следовательно, влажность шлама зависит от выбуренных пород и при уменьшении крупности разделения влажность шлама увеличивается.

В табл. 2 приведены удельные веса исходного бурового раствора и продуктов разделения на вибросите Brandt (сито 151,5 мкм) и грохоте МВГ (сито 25 мкм) при производительности подачи бурового раствора 6,0 м<sup>3</sup>/ч и угле наклона грохота -2,5<sup>0</sup>.

**Таблица 2 – Результаты очистки бурового раствора на вибросите Brandt на сите 151,5 мкм и грохоте МВГ на сите 25 мкм при угле наклона грохота -2,5<sup>0</sup>**

Продукт	Удельный вес, г/см <sup>3</sup>
Исходный буровой раствор из скважины	1,21
МВГ (надрешетный)	1,19
Вибросито Brandt (подрешетный)	1,22

В целом во всех опытах этого этапа бурения процесс очистки бурового раствора на грохоте МВГ осуществлялся стабильно, отверстия сит не забивались твердыми породными частицами, не происходило прилипание частичек глины к поверхности сита. Подачи дополнительной размывочной воды на сита грохота (как при очистке на вибросите Brandt) не требовалось.

Выполнен геологический анализ шлама, выгружаемого из грохота МВГ. Полевое описание проб выполнено геологической службой буровой. Всего было отобрано 4 пробы на разных этапах очистки:

- проба № 1 (сетка 150 мкм, очистка при расширении забоя – этап 2). Образец пробы был представлен песком и песчаником и незначительной мерой алевролитом. Данные породы составлены кварцем и полевым шпатом на гли-

Таблица 3 – Результаты реологического анализа проб

Показатель	После виросита Brandt	После илоотделителя Brandt	После грохота МВГ (сетка 56 мкм)	После грохота МВГ (сетка 25 мкм)
Удельный вес (Н), г/см <sup>3</sup>	1,20	1,20	1,20	1,20
Водоотдача (В), см <sup>3</sup> /30 мм	3/05	не анализировалось	3/05	не анализировалось
Показатель среды (кислая / щелочная), рН	10,7	-	10,7	-
Сел (фунт/100 футов)	10/22	-	10/24	-
600 (скорость, об/мин)	49	53	48	49
300 (скорость, об/мин)	29	33	28	30
200 (скорость, об/мин)	23	27	22	26
100 (скорость, об/мин)	15	17	13	15
60 (скорость, об/мин)	14	16	11	12
30 (скорость, об/мин)	10	8	9	8
6 (скорость, об/мин)	5	6	4	6
3 (скорость, об/мин)	4	5	4	2
Пластическая вязкость (PV), мПа	20	20	20	19
Динамическое напряжение сдвига (УР), Па	9	13	8	11

\* - забор осуществлялся одновременно (сравнивались данные столбцов 2 и 4; 3 и 5)

нистом цемента. Размер зерен колеблется от 0,25-1 мм;

- проба № 2 (сетка 80 мкм, очистка при бурении – этап 3). В образце наблюдается большее содержание глинистых минералов, как аргиллит и алевролит, но основную массу занимает песок. Размер зерен колеблется от 0,1-0,5 мм;

- проба № 3 (сетка 56 мкм, очистка при бурении – этап 3). Образец почти не визуализируется, представленный мелкозернистым песком и перлитовым материалом. Размер зерен не превышает 0,25 мм;

- проба №4 (сетка 25 мкм, очистка при бурении – этап 3). Не визуализируется.

Результаты геологического анализа надрешетного продукта (шлама) свидетельствуют об очистке на грохоте МВГ бурового раствора от твердых породных частиц и глины.

Выполнен реологический анализ проб очищенного бурового раствора после аппаратов Brandt и после грохота МВГ при бурении скважины (этап 3). Результаты реологического анализа проб очищенного бурового раствора приведены в табл. 3. Измерения, выполненные на вискозиметре, свидетельствуют о меньшей вязкости бурового раствора после очистки на грохоте МВГ, данный показатель меньше, чем после вибросита и илоотделителя. Это свидетельствует о меньшем содержании частиц породы и коллоидной глины в растворе после его очистки на грохоте МВГ. Также после очистки грохотом МВГ уменьшается динамическое напряжение сдвига, что также свидетельствует о меньшем содержании частиц породы и коллоидной глины в растворе. Динамическое напряжение сдвига косвенно характеризует сопротив-

ление промывочной жидкости, возникающее при иницировании ее течения. С увеличением динамического напряжения сдвига увеличивается удерживающая способность промывочной жидкости, но вместе с тем возрастают гидравлические сопротивления в циркуляционной системе скважины, амплитуда колебаний давления при пуске и остановке насосов, а также вероятность образования застойных зон с аккумуляцией в них выбуренной породы.

Таким образом, качество раствора после очистки на грохоте улучшалось во всех случаях по сравнению с исходным раствором, и было на том же уровне или выше, чем после очистки аппаратами Brandt.

В табл. 4 приведено изменение производительности грохота при очистке бурового раствора в зависимости от крупности ячеек сит и угла наклона просеивающей поверхности к горизонту. Анализ данных табл. 4 свидетельствует об увеличении производительности с увеличением крупности ячеек сита. Так, с увеличением ячеек сита с 25 до 80 мкм производительность очистки при бурении увеличивается в два раза, в дальнейшем достигая 27,5 м<sup>3</sup>/ч при сетке с ячейкой 150 мкм.

На различных этапах исследований (разных процессах) наблюдалось отличие в производительности. Так на сетке 150 мкм большая производительность наблюдалась на третьем этапе при бурении забоя, чем на втором этапе при расширении скважины. При сетке в 25 мкм на третьем этапе при бурении также наблюдалась большая производительность, чем на первом этапе при доочистке раствора после центрифуги.

Таблица 4 – Изменение производительности грохота

Крупность ячеек сит, мкм	Угол наклона к горизонту, град	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Процесс
150	2,5	27,5	Расширение скважины
150	8	15	Расширение скважины
150	8	23,5	Бурение
100	12	9	Доочистка
80	8	9,7	Бурение
56	8	6,4	Бурение
25	2,5	4,5	Доочистка
25	2,5	6	Бурение

По итогам проведенных промышленных испытаний получены следующие результаты:

- грохот МВГ обеспечивает очистку бурового раствора от твердых породных частиц и коллоидной глины на уровне не ниже, чем стационарные аппараты Brandt, применяемые для очистки бурового раствора на буровой К-160. В сравнении с виброситами Brandt очистка бурового раствора на грохоте МВГ позволяет уменьшить потери бурового раствора с выделенными породными частицами;

- при очистке бурового раствора от твердых породных частиц и глины на грохоте МВГ отверстия сита не забиваются твердыми породными частицами, не происходит налипание глины на поверхность сита. Поддачи дополнительной размывочной воды на сито грохота (как при очистке на виброситах Brandt) не требуется;

- при увеличении размера ячеек сит на грохоте МВГ пропорционально возрастает и производительность очистки бурового раствора. Так, производительность очистки на грохоте МВГ1.0 с площадью просеивания 0,9 м<sup>2</sup> при ячейке сита 25 мкм составила 6 м<sup>3</sup>/ч, при 56 мкм - 6,5 м<sup>3</sup>/ч, при 80 мкм - 10 м<sup>3</sup>/ч, при 150 мкм - 28 м<sup>3</sup>/ч, что не меньше, чем на аппаратах Brandt.

По техническим и технологическим параметрам разработанная технология превосходит традиционно применяемые технологии очистки буровых растворов по надежности, простоте обслуживания, стоимости замены сит, позволяет сократить количество и типы применяемых аппаратов, при этом обеспечивается улучшение качества очистки буровых растворов и повышается производительность очистки, а следовательно, и скорость бурения скважин.

Результаты испытаний показывают хорошие технико-экономические показатели и позволяют рекомендовать применение вибрационных поличастотных грохотов МВГ при очистке буровых растворов взамен существующего оборудования.

В настоящее время разработан типоразмерный ряд грохотов с площадью просеивающей поверхности от 1 до 4 м<sup>2</sup> и различным числом ярусов, что обеспечивает возможность замены каждого из традиционных очистных аппаратов буровой грохотом МВГ. Технические

характеристики грохота МВГ2,0 с площадью просеивания 2 м<sup>2</sup>, как на вибросите Brandt приведены в табл. 5.

Таблица 5 – Техническая характеристика грохота МВГ2.0

Наименование параметров, единицы измерений	Значение
Частота вынужденных колебаний короба, Гц	25
Количество мотор вибраторов, тип ИВ-25-25	2
Мощность двигателя мотор вибратора, кВт	2,3
Крупность разделения, мм	0,02-20
Условные размеры просеивающей поверхности:	
- ширина, мм	1000
- длина, мм	2600
Эффективная площадь разделения, м <sup>2</sup>	2,0
Угол наклона просеивающей поверхности, град.	0-10
Производительность очистки буровых растворов, м <sup>3</sup> /ч	
- при сите 25 мкм;	17
- при сите 150 мкм;	80
Габаритные размеры грохота, мм	
- длина	3810
- ширина	1636
- высота при угле наклона 0°	1200
Масса грохота, кг	2600

Научное значение заключается в установлении характера и параметров виброударного воздействия, а также определении механических свойств виброударной системы грохота, реализующих поличастотные колебания сит и разделяемых сред на сите с ускорениями в сотни м/с<sup>2</sup> и значительными энергиями, которые обеспечивают возникновение резонансных явлений в связанных системах с упруго восстанавливающими силами, таких, например, как твердые частицы застрявшие в упругих ячейках сита, частицы прилипшие к поверхности сита за счет поверхностных сил адгезии и т. д.



Практическое значение заключается в разработке новой эффективной технологии очистки бурового раствора на вибрационном поличастотном грохоте МВГ.

### Выводы

1. Разработана технология очистки буровых растворов от выбуренной породы нового технического уровня на вибрационном поличастотном грохоте МВГ. Отличительной особенностью разработанной технологии является реализация поличастотных колебаний и увеличение в более чем 25 раз ускорений сит грохотов МВГ в сравнении с типовыми грохотами, что обеспечивает повышение производительности и эффективности очистки буровых растворов на грохотах МВГ по сравнению с традиционных виброситами с моночастотным возбуждением сит.

2. В результате проведенных промышленных испытаний технологии установлено, что в сравнении с традиционными аппаратами очистки бурового раствора на грохоте МВГ позволяет уменьшить потери бурового раствора с выделенными породными частицами. При очистке бурового раствора от твердых породных частиц и глины на грохоте МВГ отверстия сита не забиваются твердыми породными частицами, не происходит налипание глины на поверхность сита, подачи дополнительной размывочной воды для очистки на сито грохота не требуется. Производительность очистки на грохоте МВГ1.0 с площадью просеивания  $0,9 \text{ м}^2$  изменялась от  $6 \text{ м}^3/\text{ч}$  (при ячейке сита  $25 \text{ мкм}$ ) до  $28 \text{ м}^3/\text{ч}$  (при ячейке сита  $150 \text{ мкм}$ ).

3. По техническим и технологическим параметрам разработанная технология превосходит традиционно применяемые технологии очистки буровых растворов по надежности, простоте обслуживания, стоимости замены сит, позволяет сократить количество и типы применяемых аппаратов, при этом обеспечивается улучшение качества очистки буровых растворов и повышается производительность очистки, а, следовательно, и скорость бурения скважин.

### Література

- 1 Довідник з нафтогазової справи: за заг. ред. д-рів техн. наук В.С. Бойка, Р.М. Кондрата, Р.С. Яремійчука. – К.: Львів, 1996. – 620 с.
- 2 Бортко И.Н. Исследование процесса очистки бурового раствора вибрирующей сеткой / И.Н. Бортко, Т.С. Новикова, И.Н. Резниченко // Тр. ВНИИКРнефть. – Краснодар: Изд. ВНИИ-КРнефть, 1981. – С. 106-111.
- 3 Резниченко И. Н. Приготовление, обработка и очистка буровых растворов / И.Н. Резниченко. – М.: Недра, 1982. – 230 с.
- 4 Добик А.А. Об очистке неутяжеленных буровых растворов центрифугами / А.А. Добик, В.И. Мищенко, В.Ф. Мельников // Промывка скважин: сб. науч. тр. – Краснодар: Изд. ВНИИ-КРнефть, 1989. – С. 47-50.
- 5 Пат. 45544 Украина, МПК В07В 1/42. Привод поличастотного грохота / Булат А.Ф., Шевченко Г.А., Шевченко В.Г. – № u200906845; заявл. 30.06.09; опубл. 10.11.09, Бюл. №21. – 2 с.
- 6 Вибрационные поличастотные грохоты в технологиях переработки тонких фракций минерального сырья / А.Ф. Булат, Г.А. Шевченко, В.Г. Шевченко, М.А. Шляхова // Научно-техническое обеспечение горного производства: Сборник научных трудов / ИГД им. Д.А. Кунаева. – Алматы. – 2014. – Т. 86. – С. 112-118.
- 7 Технология очистки буровых растворов на вибрационном поличастотном грохоте МВГ / А.Ф. Булат, Г.А. Шевченко, В.Г. Шевченко, Б.В. Бокий // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2012. – № 3 (33). – С. 91-97.

Стаття надійшла до редакційної колегії  
13.06.16

Рекомендована до друку  
професором **Тарком Я.Б.**  
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)  
професором **Дирдою В.І.**  
(Інститут геотехнічної механіки  
ім. М.С.Полякова НАН України, м. Дніпро)