

УДК 622.24.054

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
ВИБРАЦИОННЫХ СИТ**

**MAIN DIRECTIONS FOR SHALE SHAKERS IMPROVEMENT**

**Голенко А.В., Ямалиев В.У.**

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Уфа, Российская Федерация**

**A.V. Golenko., V.U. Yamaliev**

**Ufa State Petroleum Technological University,  
Ufa, the Russian Federation**

**e-mail: lina\_golenko@list.ru**

**Аннотация.** Вибрационное сито – элемент системы очистки бурового раствора, предназначенный для очистки бурового раствора от частиц выбуренных пород при бурении скважин. Вибросито – первая ступень очистки, очищает раствор от 10 - 20% шлама размером более 75-100 мкм. На вибрационные сита приходится большая часть очистки бурового раствора от шлама, это самое распространенное средство очистки бурового раствора, поэтому именно им следует уделять особое внимание.

В статье представлена классификация вибрационных сит по типу устанавливаемых сеток, по типу колебаний и по количеству уровней очистки.

В процессе эксплуатации вибрационного сита, как и любого другого оборудования, возникают различные отказы. Отказы вызваны работой вибрационного сита в достаточно тяжёлых условиях: очищаемый раствор содержит множество примесей, способствующих коррозии металла, абразивные частицы в растворе, приводят к гидроабразивному износу

сетки, негативное воздействие на вибросито оказывает вибрация. Произведен анализ возможных отказов вибросит, на его основе разработана классификация отказов. Классификация отказов вибрационных сит наглядно демонстрирует возникающие в его работе неисправности и позволит разработать конкретные профилактические мероприятия по предупреждению возникновения и по устранению отказов с целью повышения надежности и эффективности работы оборудования

Рассмотрены основные направления совершенствования вибрационных сит: переход от гибких натяжных ситовых кассет к каркасным ситовым кассетам, применение вибросит в составе ситогидроциклонных сепараторов и повышение эффективности очистки бурового раствора за счет изменения типа и частоты колебаний.

**Abstract.** Shale shakers are components drilling mud cleaning which used for purification of drilling mud fluid of particles cuttings well drilling. Shale shaker is the first stage of the process, purifies solution from 10 - 20% larger than the sludge 75-100 microns. Shale shakers are involved in the large part of the mud cleaning from cuttings, this most widespread means of purification of drilling mud fluid, so they should be given special attention.

This article presents the shale shakers classification according to the type of screens set, the type of oscillations and the number of cleaning levels.

In the process of shale shakers operation, like in case with any other equipment, failures occur. Failures caused by shale shaker work in quite difficult conditions: the cleaning solution contains many impurities that contribute to corrosion of metal, abrasive particles in solution, lead to hydroabrasive wear mesh, negative impact on the shale shaker has a vibration. An analysis of possible shale shakers failures has been conducted, on the basis of which the classification of failures has been developed.

The main directions for shale shakers improvement have been considered: the transition from flexible stretching screen cassetts to framed screen cassettes,

general using of shale shakers as a part of mud cleaners and the improvement of mud cleaning efficiency by changing the type and frequency of oscillations.

**Ключевые слова:** вибросито, очистка бурового раствора, классификация вибрационных сит, отказы вибрационных сит, ситовая кассета, ситогидроциклонный сепаратор, изменения типа и частоты колебаний вибросит.

**Key words:** shale shaker, drilling mud cleaning, classification of shale shakers, refusals of shale shakers, pre-tensioned screen panel, mud cleaner, changes in the type and frequency of the shale shakers.

Во время бурения ствола скважины происходит интенсивное разрушение горной породы, которая загрязняет призабойную зону. Для промывки забоя и выноса шлама на поверхность применяются промывочные жидкости. Они способны удерживать частицы породы во взвешенном состоянии. С углублением ствола скважины происходит постоянное насыщение бурового раствора выбуренной породой, это ведет к ухудшению физико-механических свойств раствора, снижает его выносную способность. Постоянное накопление шлама в растворе ведет к высокому содержанию твердой фазы, увеличению плотности. Абразивные частицы, находясь в растворе при циркуляции, ведут к разрушению оборудования. Высокое содержание твердой фазы уменьшает механическую скорость бурения, а высокая плотность приводит к интенсивным поглощениям бурового раствора, что может привести к аварии.

Для регулирования содержания твердой фазы и уменьшения плотности бурового раствора можно использовать следующие способы:

- разбавление раствора водой;
- замещение части бурового раствора более легким;
- осаждение частиц шлама в отстойниках;

- очистка с помощью механических средств.

Наиболее эффективным является способ очистки буровых растворов с помощью оборудования для очистки:

- вибрационные сита (отделяют частицы размером до 75 мкм) ;
- гидроциклонные шламоотделители (песко(40мкм)- и илоотделители (20 мкм);
- центрифуги (отделяют частицы размером 2-10 мкм).

На средства грубой очистки, т.е. вибрационные сита, приходится большая часть очистки бурового раствора от шлама, поэтому именно им следует уделять особое внимание [2].

Классификация вибрационных сит представлена на рисунке 1.

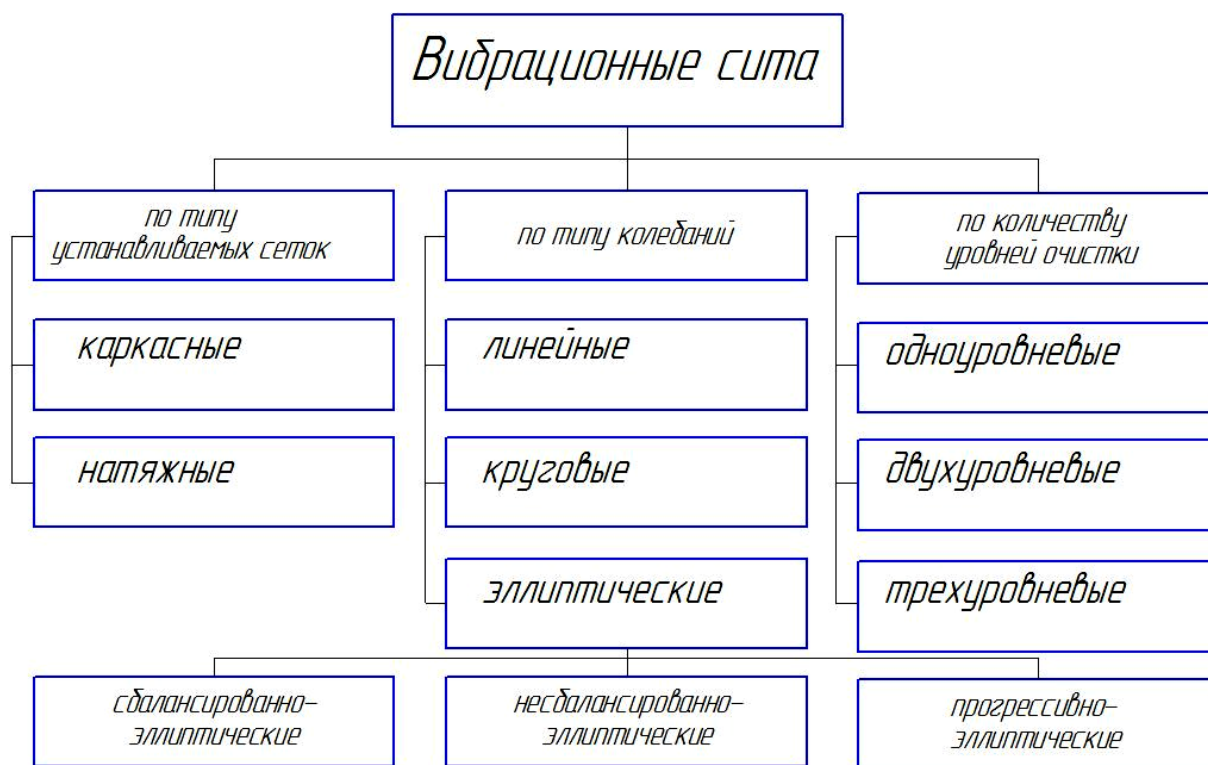


Рисунок 1. Классификация вибрационных сит

По типу устанавливаемых сеток различают каркасные и натяжные вибрационные сита. На сегодняшний день большинство производителей вибросит отдадут предпочтение каркасным сеткам, т.к. при их производстве сила натяжения задается заводом-изготовителем, что

исключает «человеческий фактора» при её установке (когда оператор может перетянуть или недотянуть сетку)

По типу колебаний различают линейные, эллиптические и круговые сита. Эллиптические сита, в свою очередь, подразделяются на сбалансированно-эллиптические, несбалансированно-эллиптические и прогрессивно-эллиптические;

Тип колебаний, применяемый на вибрационном сите, влияет на скорость транспортировки шлама, скорость износа ситовой поверхности, качество просеивания.[10, 11]

При линейном типе колебаний пропускная способность вибрационного сита по раствору (просачивание) и по шламу (скорость выноса) – достаточно высоки. При этом сбалансированно-эллиптические колебания позволяют лучше осушить шлам, меньше влияют на его разбивание на сетке, тем самым приводят к увеличению срока эксплуатации сетки.

Получают линейные колебания следующими способами:

- установка двух вибродвигателей, вращающихся в разные стороны на виброрамае так, чтобы ось, проходящая между вибродвигателями, проходила через центр тяжести; это позволяет получить равномерные гармоничные колебания по всей ситовой поверхности;

- установка двух вибродвигателей, наклоненных в одной плоскости и вращающихся в разные стороны по бокам от виброрамаы.

Сбалансированно-эллиптический тип колебаний можно получить следующими способами:

- установка вибраторов по бокам от виброрамаы, вращаются в разных направлениях;

- запатентованный компанией M-I SWACO способ использования третьего вибродвигателя: два вибратора задействованы, когда необходимо получить линейный тип колебаний, третий включается в работу при необходимости получить сбалансированно-эллиптический тип колебаний виброрамаы.

Несбалансированно-эллиптические колебания получают установкой одного вибродвигателя вне центра тяжести виброрама.

Круговые колебания можно получить установкой одного вибродвигателя в центре тяжести вибрационной рамы. При этом получают равномерные гармоничные колебания во всех точках виброрама [6, 8].

По количеству уровней очистки различают одноуровневые, двухуровневые и трехуровневые вибрационные сита.

Самыми распространенными типами сит являются одноуровневые. Основное их преимущество - наглядность процесса очистки и удобный контроль степени износа сетки.

Двухуровневые сита применяют для увеличения площади просеивания бурового раствора, не увеличивая занимаемую оборудованием площадь.

Трехуровневые сита применяются и для увеличения площади просеивания, и для восстановления различных добавок в буровой раствор. При таком восстановлении обычно на первом уровне очистки происходит грубая очистка бурового раствора, на втором уровне - восстановление добавки с её возвратом в активную растворную систему, на третьем уровне происходит тонкая очистка бурового раствора. На всех трех уровнях устанавливаются сетки различного размера.

Вибросито работает в довольно тяжёлых условиях. Во-первых, на сетку и виброрама воздействует коррозионно-агрессивная жидкость, так как очищаемый раствор, поступающий из скважины, содержит множество коррозионно-агрессивных примесей, способствующих коррозии металла.

Во-вторых, по сетке течет глинистый раствор, который содержит большое количество твёрдых абразивных частиц, приводящих к гидроабразивному износу сетки.

В-третьих, вибрация оказывает негативное воздействие на само вибросито, тем самым вызывая его быстрый выход из строя. Особенно

сильное воздействие вибрация оказывает на электродвигатель и подвеску виброрамы [9].

Полностью вибросито не демонтируют. Вышедшие из строя детали заменяют запасными или восстановленными. Вал вибратора и электродвигатель могут быть сняты и направлены в ремонт, а остальные детали, вышедшие из строя, восстановлению не подлежат [12, 13].

Поэтому в процессе эксплуатации вибрационного сита, как и любого другого оборудования, возникают отказы. Они могут быть связаны с различными техническими неисправностями. Отказы, связанные с работой вибрационного сита приведены в таблице 1.

Таблица 1. Возможные отказы вибрационного сита СВ-1Л

Вид дефекта	Характеристика дефекта	Основные детали и их поверхности, на которых выявлен дефект	Причины возникновения	Способы устранения
1	2	3	4	5
Механический износ	Изменение начальных размеров, искажение их геометрических форм	Манжеты	Трение поверхностей деталей	Замена уплотнений
Кручение	Поворот сечения относительно начального положения появление трещин	Вал электродвигателя	Действие крутящих моментов, превышающих допустимые нормы	Ремонт или замена вала электродвигателя
Прочие неисправности		Двигатель привода не запускается или медленно набирает обороты	Заклинен вал вибратора из-за отсутствия смазки	Промывка и смазка подшипниковых узлов
Прочие неисправности		Двигатель привода не запускается или медленно набирает обороты	Вышел из строя подшипник вибратора	Замена подшипника
Прочие неисправности		Недостаточная эффективность очистки раствора	Повышенный износ сит	Замена сита



1	2	3	4	5
Прочие неисправности		Недостаточная амплитуда колебаний	Ослаблены пружины	Замена пружин
Прочие неисправности		Нагрев подшипников сверх установленной нормы	Дефект подшипника	Замена подшипника
Прочие неисправности		Двигатель привода не запускается или медленно набирает обороты	Обрыв одной из фаз	
Прочие неисправности		Недостаточная эффективность	Забиты ячейки сит	Очистка сита
Прочие неисправности		Нагрев подшипников сверх установленной нормы	Применена не соответствующая марка масла	Замена масла
Прочие неисправности		Боковые колебания	Несимметричное расположение дебалансов, разница их масс	Правильная установка дебалансов (в случае разницы их массы – балансировка)
Прочие неисправности		Нагрев подшипников сверх установленной нормы	Отсутствие смазки в подшипниковом узле	Промывка и смазка подшипников
Прочие неисправности		Двигатель привода не запускается или медленно набирает обороты	Неисправна пусковая электроаппаратура	Устранение дефекта
Прочие неисправности		Нагрев подшипников сверх установленной нормы	Трение корпуса подшипника о бортовину в результате ослабления высокопрочных болтов	Подтяжка болтов ключом для затяжки высокопрочных болтов

Анализ возможных отказов вибростанов позволил разработать классификацию отказов, представленную на рисунке 2.



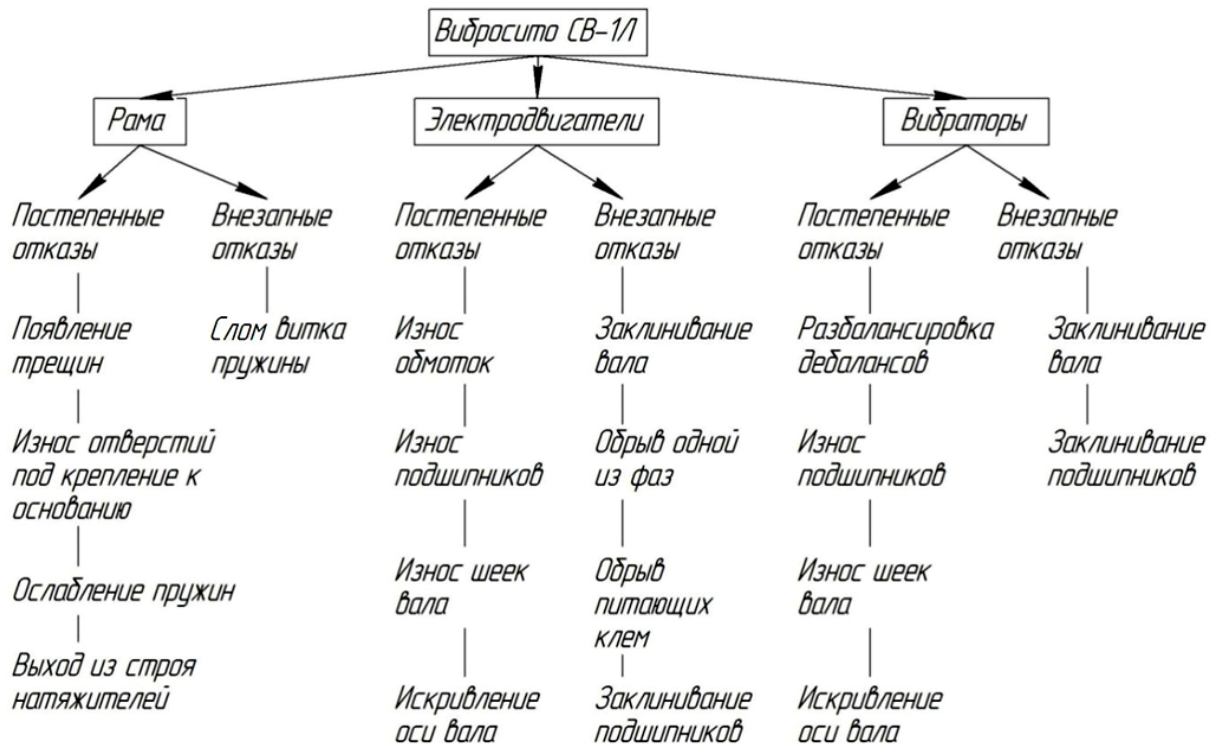


Рисунок 2. Классификация отказов вибрационного сита СВ-1Л

Классификация отказов вибрационных сит наглядно демонстрирует возникающие в его работе неисправности и позволит разработать конкретные профилактические мероприятия по предупреждению возникновения и по устранению отказов с целью повышения надежности и эффективности работы оборудования.

Анализ основных направлений совершенствования вибрационных сит показал, что можно выделить следующие основные моменты:

1. Переход от гибких натяжных ситовых кассет к каркасным ситовым кассетам;
2. Применение вибросит в составе ситогидроциклонных сепараторов;
3. Повышение эффективности очистки бурового раствора за счет изменения типа и частоты колебаний.

Первое направление в развитии вибросит - переход от гибких натяжных ситовых кассет к каркасным ситовым кассетам.

При изготовлении гибких ситовых кассет для повышения их долговечности при очистке буровых растворов мелкоячеистая сетка

равномерно, по всей поверхности, термически спекается с нижней крупноячеистой сеткой посредством пластмассовой решетки. Кассета при порыве отдельных ячеек может быть отремонтирована путем заклейки-заливки или вулканизации порванных ячеек. Допускается ремонт не более 10% ситовой поверхности. Края натяжных кассет с двух сторон заделаны в замки, которые позволяют закрепить и одновременно натянуть сеточное полотно на вибросите.

Среди натяжных кассет классифицируют односеточные, двухсеточные и многосеточные кассеты.

Сеточное полотно односеточной кассеты состоит из одной сетки. Армируются пластиком только края. Используются такие кассеты для предварительной очистки от крупных фракций.

Сеточное полотно двухсеточной кассеты состоит из двух сеток: рабочей (размеры ячеек задаются условиями сепарации) и крупноячеистой сетки (выполняет роль поддержки). Применяют такие кассеты при основной и предварительной очистке.

Сеточное полотно многосеточной кассеты состоит из двух и более рабочих сеток с мелкой ячейкой и крупноячеистой сетки. Такие сеточные полотна используют при основной очистке. Сеточное полотно армируется пластиковой решеткой методом спекания сеток с мелкой и крупной ячейками с целью придания прочности кассете и защиты мелкоячеистой сетки. Это сокращает полезную площадь кассеты, уменьшает пропускную способность, но существенно увеличивает срок службы.

Каркасные кассеты имеют жесткое крепление сеточного полотна к раме из металлического профиля. Изготавливаются такие кассеты наклеиванием предварительно натянутого сеточного полотна на раму, сваренную из профильной трубы. Преимущества такой конструкции: увеличение пропускной способности, повышение качества фильтрации бурового раствора, увеличение срока эксплуатации.

Закрепляются каркасные кассеты клиньями, это позволяет быстро заменять неисправные кассеты и исключает возможность повреждения вновь устанавливаемой.



Рисунок 3. Крепление каркасных кассет

Каркасные кассеты состоят из двух и более рабочих сеток с мелкой ячейкой и крупноячеистой сетки, которая выполняет роль поддержки.

Работоспособность гибких кассет напрямую зависит от качества их натяжения: даже небольшое провисание, возникающее вследствие «человеческого фактора» или дефектов конструкции приводит к прекращению транспортирования шлама по всей поверхности кассеты. Причиной этому является возникновением в плохо растянутых местах ситового полотна собственных колебаний сетки в противофазе с виброрамой. В месте провисания сетка быстро истирается и выходит из строя. Основное преимущество каркасных кассет – независимость их работоспособности от действий оператора. Хорошее натяжение ситовой поверхности (отсутствие провисаний) обеспечивает лучшие условия для транспортирования шлама и большую долговечность. Еще один недостаток гибких кассет – выгнутая вверх рабочая поверхность, приводящая к течению раствора вдоль бортов. У жестких кассет такого недостатка не наблюдается. Единственный недостаток каркасных кассет в сравнении с гибкими – высокая стоимость. Сейчас многие российские

заводы производят вибросита с каркасными кассетами. Например, ООО «Производственно-коммерческая фирма «Кубаньбурмаш» предлагает линейные вибрационные сита с каркасными кассетами СВЛК-1, СВЛК-2, СВЛК-3.

Результаты использования каркасных ситовых кассет производства ООО ПКМ «Кубаньбурмаш» представлены в таблице 2

Таблица 2. Результаты использования каркасных ситовых кассет производства ООО ПКМ «Кубаньбурмаш»

Предприятие (район бурения)	Размер ячеек рабочей сетки, меш	Наработка, час	Степень износа после наработки
ООО «Анега-бурение» (скважина №412 куст №5 Крапивинского месторождения)	100	270	100%
ООО «Интегра бурение» (Лыаельское месторождение скважина №28 куст ОПУ-5ПН)	105	367	40-50%
ЗАО «Сибирская северная компания» (скважина №250 Южно-Славкинского месторождения)		214	исправна
ООО «Катойл дриллинг» (скважина №22 Барановского месторождения)	50-165	302	исправна

Второе наблюдаемое направление развития конструкций вибросит – повсеместное их применение в составе ситогидроциклонных сепараторов.

Ситогидроциклонный сепаратор СГС предназначен для очистки бурового раствора от частиц выбуренной породы при бурении нефтяных и газовых скважин. Применяется в составе циркуляционных систем буровых установок всех классов [4, 5].

Ситогидроциклонный сепаратор представлен на рисунке 4. СГС представляет из себя конструкцию, состоящую из вибросита и установленных на нем песко- и илоотделителей. На вибросите устанавливаются две гибкие трехслойные кассеты. Угол наклона виброрама вибросита можно регулировать. Песко- и илоотделители

изготавливаются из высокопрочного полиуретана, который обеспечивает продолжительность срока эксплуатации [3].

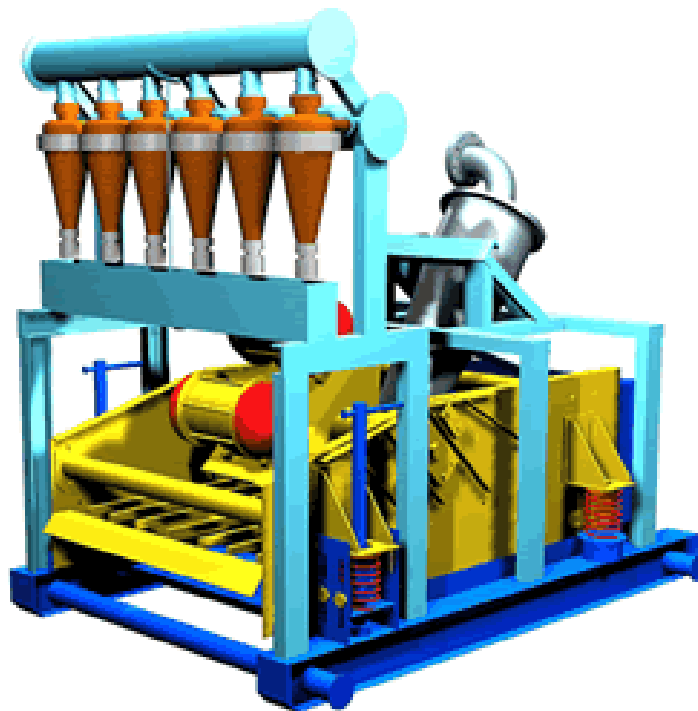


Рисунок 4. Ситогидроциклонный сепаратор

Третье заметное направление развития вибросит – повышение эффективности очистки бурового раствора за счет изменения типа и частоты колебаний.

Сейчас на рынке появились системы с однонаправленными эллиптическими траекториями колебаний. На зарубежных виброситах это достигается либо пространственным расположением вибраторов, либо добавлением третьего вибратора к имеющимся двум на обычном линейном вибросите. Рекламные проспекты производителей этих вибросит не объясняют в понятных для инженеров категориях, в чем заключаются преимущества этих систем. В свое время также без особых объяснений американская промышленность перешла от низкочастотных эллиптических вибросит к высокочастотным линейным. Кстати, если исходить из традиций российской научной школы, то для получения однонаправленных эллиптических траекторий колебаний виброрамы

совсем не обязательно использовать третий вибратор или разворачивать вибраторы в пространстве. Этого можно достичь соответствующим подбором положения по отношению к центру тяжести виброрама двух параллельно расположенных разных по вынуждающей силе вибраторов. Такое вибросито, разработанное в ООО «Компания «Техномехсервис», проходит промышленные испытания [1].

Компания M-I SWACO предлагает вибросито двойного действия Mongoose PT. В нем объединяются технологии линейного и сбалансированного эллиптического движений. При смене условий бурения вибросито Mongoose PT может быть отрегулировано «находу»: простым щелчком переключателя на блоке управления линейное движение вибросита изменяется на сбалансированное эллиптическое. При этом нет необходимости приостанавливать устройство или прекращать его работу. При функционировании вибросита в умеренном режиме сбалансированного эллиптического движения воздействие сил перегрузки на шлам снижается, время пребывания частиц на ситовых панелях увеличивается, твёрдая фаза становится суше, показатели восстановления бурового раствора улучшаются, срок службы ситовых панелей увеличивается, сокращаются эксплуатационные расходы.

Вопросы повышения эффективности очистки бурового раствора при изменении частоты колебаний - рассматривает А.И. Костюк. В его работах предложен вариант модернизации вибрационных сит путем замены низкооборотных вибраторов, работающих на частоте 25 Гц, на высокооборотные вибраторы, работающие на частоте 50 Гц, с сохранением величины виброускорения рамы вибрирующей вибросита позволяет перевести на более интенсивный режим обработки бурового раствора за счет увеличения в 2 раза частоты колебаний, повысить эффективность очистки бурового раствора как по увеличению пропускной способности, так и по возможности применения мелкоячеистых сеток, перейти на высокооборотные вибраторы (3000 об/мин вместо 1500 об/мин), что

приводит к существенному уменьшению габаритных размеров и массы вибраторов. Примеров практического применения этих исследований пока нет [7].

## **Выводы**

Таким образом, на основе анализа отказов разработана классификация отказов. Основными направлениями совершенствования вибрационных сит являются: переход от гибких натяжных ситовых кассет к каркасным ситовым кассетам, применение вибросит в составе ситогидроциклонных сепараторов и повышение эффективности очистки бурового раствора за счет изменения типа и частоты колебаний.

## **Список используемых источников**

- 1 Современные тенденции развития вибросит для очистки буровых растворов /М.В. Головин, А.А. Добик, А.В. Картунов, В.И. Мищенко//Бурение и нефть. 2014. №3. С.50-52.
- 2 Булатов А.И., Долгов С.В. Спутник буровика. М.: Недра, 2006. 379 с.
- 3 Мищенко В.И., Картунов А.В. Приготовление, очистка и дегазация буровых растворов. Краснодар: АртПресс, 2008. 336с.
- 4 Ишемгузин Е.И., Горшунова Л.П., Ямалиев В.У. Оценка развития отдельных направлений нефтяной техники с использованием спектрально-корреляционного анализа//Химическое и нефтегазовое машиностроение. 1991. №1. С.12-15.
- 5 Гиниятов Д.С., Ямалиев В.У. Исследование угла подъема винтовой поверхности при механическом транспортировании выбуренной породы из зоны работы долота// Нефтегазовое дело. 2015. Т.13, №4. С.29-35.
- 6 О необходимости учета вибрации при конструировании элементов бурильной колонны /М.Ф. Заляев, В.У. Ямалиев., Е.М. Абуталипова, А.Н. Авренюк // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2016. №9. С. 45-48.



7 Костюк А.И. Модернизация вибросит для очистки бурового раствора путем перевода их на высокочастотный режим колебаний// Бурение и нефть. 2014. №9. С.39-40.

8 Ишемгужин Е.И., Ямалиев В.У., Султанов Б.З. Использование спектра колебаний давления промывочной жидкости для оценки технического состояния долота при турбинном бурении// Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 1989. № 5. С. 31-34.

9 Ямалиев В.У., Имаева Э.Ш., Салахов Т.Р. О возможности распознавания технических состояний глубинного бурового оборудования// Нефтегазовое дело. 2005. Т. 3. С. 127-132.

10 Salakhov T.R., Yamaliev V.U., Dubinsky V. A field-proven methodology for real-time drill bit condition assessment and drilling performance optimization// В сборнике: Society of Petroleum Engineers - SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition 2008 Сер. "SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition 2008" 2008. С. 281-288.

11 Yamaliev V., Imaeva E., Salakhov T. About the deep drilling equipment technical condition recognition method// Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн. 2009. № 1. С. 27.

12 Ишемгужин И.Е., Ямалиев В.У., Ишемгужин Е.И. Диагностирование объектов нефтегазодобычи при случайных колебаниях технологических параметров бурения// Нефтегазовое дело. 2011. Т. 9. № 3. С. 17-20.

13 Салахов, Т.Р., Ямалиев В.У. Обеспечение диагностирования состояния породоразрушающего инструмента в процессе бурения нефтегазовых скважин (на примере скважин Туймазинского управления буровых работ)// Нефтегазовое дело. 2010. Т. 8, № 2. С. 45-50.

## References

- 1 Sovremennye tendencii razvitija vibrosit dlja ochistki burovyh rastvorov /M.V. Golovin, A.A. Dobik, A.V. Kortunov, V.I. Mishhenko// Burenie i nef't'. 2014. №3. S. 50-52. [In Russian].
- 2 Bulatov A.I., Dolgov S.V. Sputnik burovika. M.: Nedra, 2006. 379 s. [In Russian].
- 3 Mishhenko V.I., Kortunov A.V. Prigotovlenie, ochistka i degazacija burovyh rastvorov. Krasnodar: ArtPress, 2008. 336s. [In Russian].
- 4 Ishemguzhin E.I., Gorshunova L.P., Jamaliev V.U. Ocenka razvitija otдел'nyh napravlenij nef'tjanoj tehniki s ispol'zovaniem spektral'no-korreljacionnogo analiza//Himicheskoe i nef'tegazovoe mashinostroenie. 1991. №1. S. 12-15. [In Russian].
- 5 Ginijatov D.S., Jamaliev V.U. Issledovanie ugla podema vintovoj poverhnosti pri mehanicheskom transportirovanii vyburennoj porody iz zony raboty dolota// Nef'tegazovoe delo, 2015. t.13. №4. S.29-35. [In Russian].
- 6 O neobhodimosti ucheta vibracii pri konstruirovanii jelementov buril'noj kolonny /M.F. Zaljaev, V.U. Jamaliev., E.M. Abutalipova, A.N. Avrenjuk// Himicheskoe i nef'tegazovoe mashinostroenie, 2016. №9. S.45-48. [In Russian].
- 7 A.I.Kostjuk. Modernizacija vibrosit dlja ochistki burovogo rastvora putem perevoda ih na vysokochastotnyj rezhim kolebanij. Burenie i nef't'. 2014g., №9. S. 39-40. [In Russian].
- 8 Ishemguzhin E.I., Jamaliev V.U., Sultanov B.Z. Ispol'zovanie spektra kolebanij davlenija promyvochnoj zhidkosti dlja ocenki tehničeskogo sostojanija dolota pri turbinnom burenii// Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Nef't' i gaz. 1989. № 5. S. 31-34. [In Russian].
- 9 Jamaliev V.U., Imaeva Je.Sh., Salahov T.R. O vozmozhnosti raspoznavanija tehničeskikh sostojanij glubinnogo burovogo oborudovanija// Nef'tegazovoe delo. 2005. T. 3. S. 127-132. [In Russian].

10 Salakhov T.R., Yamaliev V.U., Dubinsky V. A field-proven methodology for real-time drill bit condition assessment and drilling performance optimization// V sbornike: Society of Petroleum Engineers - SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition 2008 Ser. "SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition 2008" 2008. S. 281-288.

11 Yamaliev V., Imaeva E., Salakhov T. About the deep drilling equipment technical condition recognition method// Jelektronnyj nauchnyj zhurnal Neftegazovoe delo. 2009. № 1. S. 27.

12 Ishemguzhin I.E., Jamaliev V.U., Ishemguzhin E.I. Diagnostirovanie obektov neftegazodobychi pri sluchajnyh kolebanijah tehnologicheskikh parametrov burenija// Neftegazovoe delo. 2011. T. 9. № 3. S. 17-20. [In Russian].

13 Salahov, T.R., Jamaliev V.U. Obespechenie diagnostirovanija sostojanija porodorazrushajushhego instrumenta v processe burenija neftegazovyh skvazhin (na primere skvazhin Tujmazinskogo upravlenija burovyh rabot)// Neftegazovoe delo. 2010. T. 8. № 2. S. 45-50. [In Russian].

### **Сведения об авторах**

#### **About the authors**

Голенко А.В., ассистент кафедры «Технологические машины и оборудование», ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

A.V. Golenko, Assistant of the Chair "Technological Machinery and Equipment", FSBEI HE USPTU, Ufa, the Russian Federation

e-mail: lina\_golenko@list.ru

Ямалиев В.У., д-р техн. наук, профессор кафедры «Технологические машины и оборудование», ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

V.U. Yamaliyev, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair "Technological Machinery and Equipment", FSBEI HE USPTU, Ufa, the Russian Federation