



ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАБОТЫ УЗЦН В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ВЫНОСА МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

ЛЫКОВА Наталья Анатольевна

Начальник бюро фильтрационных систем
АО «Новомет-Пермь», к.т.н.

Вынос механических примесей из пласта обуславливает гидроабразивный и абразивный износ рабочих органов глубинно-насосного оборудования (ГНО), а также может приводить к засорению проточных каналов ступеней насосов. Оба фактора приводят к снижению производительности ГНО и сокращению межремонтного периода (МРП) работы скважин вследствие преждевременных отказов. По данным ПАО «НК «Роснефть» доля отказов ГНО по причине засорения проходных отверстий рабочих органов на некоторых месторождениях достигает 34%, а по причине осевого и радиального износа – 39% [1].

В качестве комплексного решения проблемы АО «Новомет-Пермь» предлагает защиту узлов УЗЦН от засорения и износа механическими примесями с помощью скважинных сепараторов и фильтров различных конструкций. В представленном материале обозначены области применения различных типов устройств и их основные преимущества.

Источниками выноса механических примесей с продукцией скважин могут быть как непосредственное разрушение горных пород, так и закачка в процессе гидроразрыва пласта (ГРП) проппанта, а также коррозия оборудования.

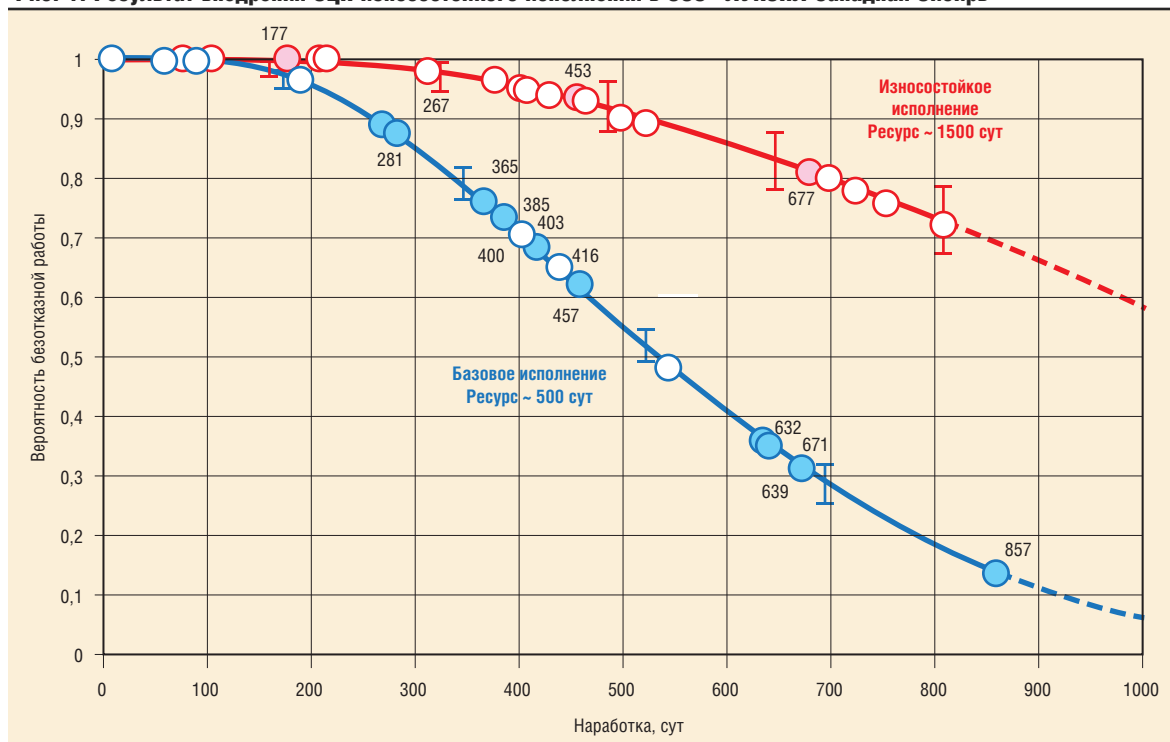
В зависимости от механизма методы защиты ГНО от абразивных частиц добываемого флюида делятся на три основные группы. К первой группе относятся мероприятия по предупреждению выноса песка из пласта в скважину. В настоящее время применение соответствующих технологий требует сравнительно высоких затрат, что в большинстве случаев делает их экономически неэффективными [6].

Вторая группа методов – это применение износостойкого оборудования. Такие методы широко используются в мировой практике и эффективны в случае умеренной и малой интенсивности выноса песка. В свое время за счет разработки оборудования в износостойком исполнении и его внедрения, в частности на месторождениях в ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь», удалось существенно повысить конструкционную надежность оборудования и увеличить среднюю наработку [2] (рис. 1).

Однако в условиях интенсивного выноса твердых частиц проблема износа и засорения остается актуальной.

В России наиболее распространенным и экономически эффективным методом защиты насоса от интенсивного выноса механических примесей остается их отделение от добываемой жидкости перед входом

Рис. 1. Результат внедрения ЭЦН износостойкого исполнения в ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь»



в электроцентробежный насос защитными устройствами. В зависимости от условий добычи для этого применяют механические фильтры и устройства, основанные на принципах гравитационной либо центробежной очистки пластовой жидкости.

Специалисты АО «Новомет-Пермь» разработали ряд устройств, удерживающих механические примеси перед входом в насос (табл. 1). Ниже описаны предпосылки для разработки различных их типов.

ЩЕЛЕВЫЕ ФИЛЬТРЫ

Среди фильтров поверхностного действия, пожалуй, наиболее широкое применение получили фильтры на основе щелевых решеток. С 2006 года в ГК «Новомет» было изготовлено более 3500 входных щелевых фильтров. Особенно хорошо такие фильтры работают с достаточно крупными частицами, выносимыми из пласта.

Например, на одном из месторождений нефтедобывающей компании Нефтеюганского региона на скважинах после проведения ГРП благодаря установке фильтра наработка скважин увеличилась более чем в четыре раза (рис. 2, 3). Однако в некоторых случаях наблюдается быстрое засорение щелевых фильтров, чему способствуют интенсивный вынос мелкодисперсных частиц и отложение солей.

ГРАВИТАЦИОННЫЕ СЕПАРАТОРЫ

Более высокую надежность при интенсивном выносе механических примесей показывают гравитационные сепараторы твердых частиц (также их называют инерционными сепараторами или «десцендерами»). В АО «Новомет-Пермь» был разработан гравитационный сепаратор, эффективно отделяющий твердые частицы размером 100 мкм и более. Для решения задачи была предложена имитационная математическая модель отделения твердых частиц от жидкости в гравитационном сепараторе, с помощью которой инженеры компании разработали оптимальную конструкцию.

Для проведения физических экспериментов и подтверждения результатов моделирования были разработаны специальный испытательный стенд и методика испытаний, с использованием которых можно оценить коэффициент сепарации, т.е. массовую долю осевших в сепараторе частиц. Гравитационный сепаратор с оптимальными геометрическими параметрами был изготовлен и испытан на стенде. Расхождение расчетных и экспериментальных данных не превысило 5-7% [3].

Характеристики разработанного гравитационного сепаратора также были подтверждены в ходе испытаний в независимой лаборатории ООО «ЦОНИК имени

Таблица 1

Устройства для защиты УЗЦН

Принцип действия	Название
Фильтры объемного действия	• ФСД (фильтр скважинный дисковый)
Фильтры поверхностного действия	• ФВЩ (фильтр входной щелевой); • ФСЩ (фильтр скважинный щелевой)
Инерционные сепараторы	• ФСГ (фильтр скважинный гравитационный)
Комбинированные устройства	• ФСГЩ (фильтр скважинный гравитационно-щелевой); • ФСК (фильтр скважинный каскадный)
Центробежные сепараторы	• ШУМ (шламоуловитель модульный); • ПСМ (сепаратор механических примесей)

И.М. Губкина». В табл. 2 показано значение коэффициента сепарации для частиц различных размеров при расходе модельной воды от 200 до 400 м³/сутки.

На основе гравитационных сепараторов также были спроектированы комбинированные устройства, сочетающие в себе фильтр поверхностного действия и гравитационный сепаратор. За счет комбинации устройств можно увеличить продолжительность их работы в случае параллельного соединения (рис. 4) либо улучшить тонкость очистки в случае последовательного соединения (рис. 5) благодаря двум ступеням сепарации [4].

Рис. 2. Результат внедрения щелевых фильтров на скважинах после проведения ГРП

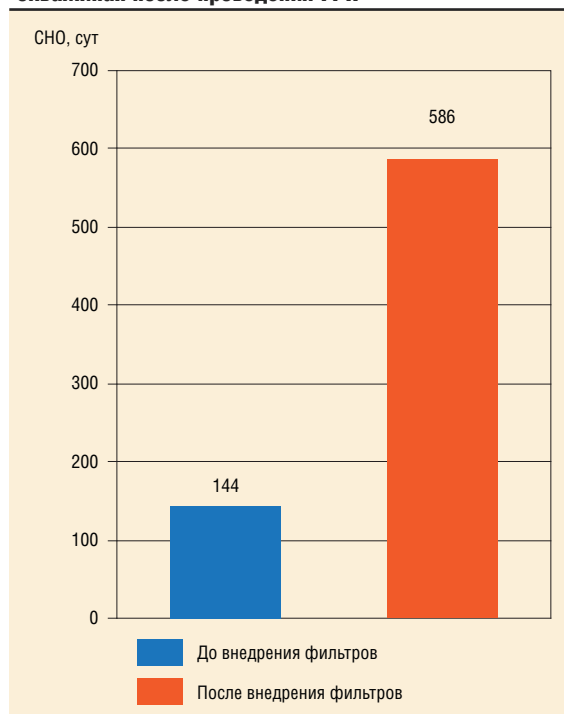


Рис. 4. Схема гравитационно-щелевого фильтра

Таблица 2			
Эффективность инерционного сепаратора			
Механические примеси	Проппант 30/60	Смесь 20/40+100 Mesh	Песок 100 Mesh
Средний размер частиц, мкм	463	376	166
Коэффициент сепарации, %	98,3	97,1	93,8

ИСПЫТАНИЯ ГРАВИТАЦИОННО-ЩЕЛЕВЫХ ФИЛЬТРОВ

Такой тип комбинированных устройств, как гравитационно-щелевые фильтры, широко внедрялись на месторождениях АО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз». Отсутствие движущихся частей и надежность обеспечивают возможность быстрого ремонта и многократного использования данных фильтров. По результатам их работы на более чем 200 скважинах фонда, осложненного выносом механических примесей, видно существенное увеличение СНО и повышение вероятности безотказной работы (рис. 6).

Несмотря на простоту и надежность конструкции, инерционные сепараторы обладают рядом ограничений. На рис. 7 приведена расчетная характеристика сепаратора при разных углах наклона скважины [5]. Видно, что, начиная с угла наклона скважины от вертикали 30°, коэффициент сепарации снижается до значения 40-50%.

Среди других ограничений применения инерционных сепараторов следует отметить вязкость пластовой жидкости. Установлено, что в интервалах расходов 100-200 м³/сут при увеличении вязкости от 1 до

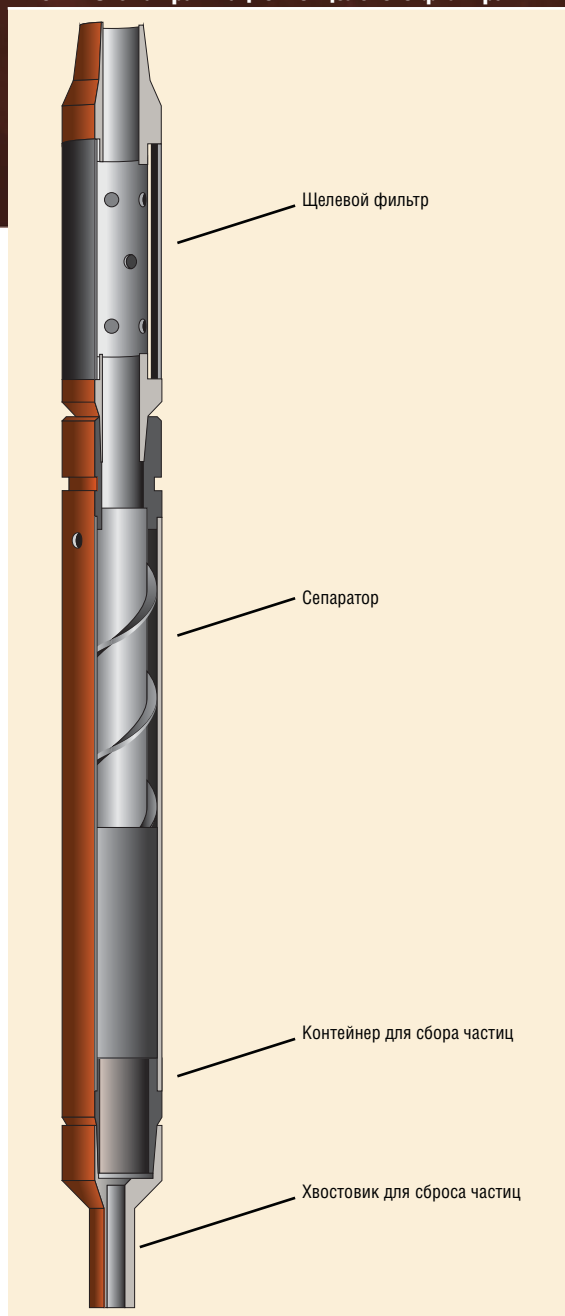
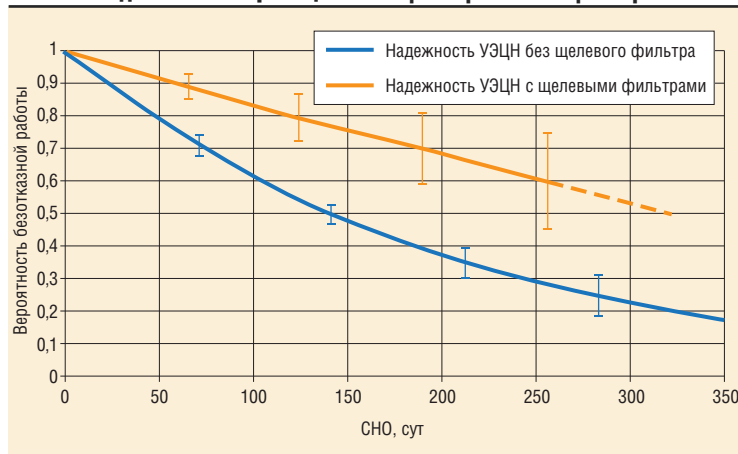


Рис. 3. Надежность УЗЦН с щелевым фильтром и без фильтров



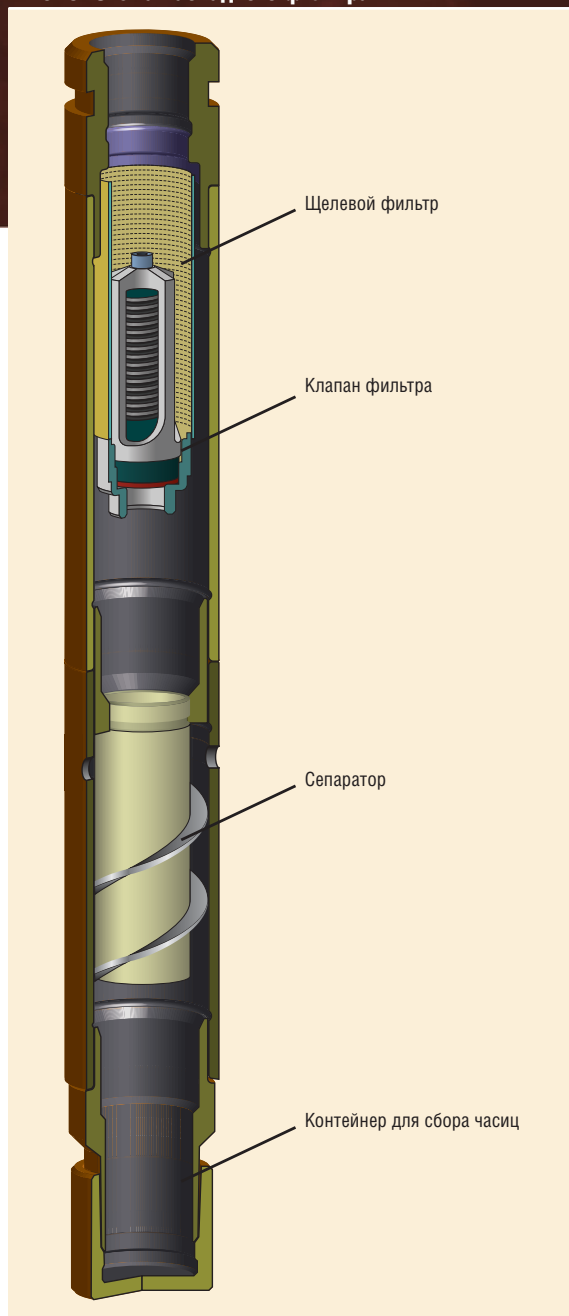
100 сПз коэффициент сепарации снижается со 100 до 20% [6]. На меньших расходах величина падения еще значительнее.

ДИСКОВЫЕ ФИЛЬТРЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

С целью снятия перечисленных выше ограничений специалисты АО «Новомет-Пермь» разработали новое устройство объемного типа – дисковый фильтр, отличительная особенность которого заключается в том, что задержание частиц механических примесей происходит в объеме сеточных дисков и на поверхности фильтра.

Скважинный фильтр содержит перфорированный каркас и концентрично размещенные на нем фильтрующие элементы в виде дисков из металлической

Рис. 5. Схема каскадного фильтра



сетки с центральным отверстием, образующие между собой каналы (рис. 8). За счет выбора типа металлической сетки для дисков с учетом фракционного состава механических примесей обеспечивается требуемая тонкость очистки пластовой жидкости.

Благодаря использованию поджимных колец диски деформируются в осевом направлении и образуют цельный фильтрующий элемент в форме цилиндра с приемлемой радиальной жесткостью для противодействия перепаду давления. Упругость и жесткость металлической сетки влияют на сжимаемость дисков. Конструкция фильтра защищена патентом РФ [7].

В процессе эксплуатации скважин с дисковым фильтром поток пластовой жидкости с механическими частицами распределяется по каналам и движется

Рис. 6. Результаты внедрения гравитационно-щелевого фильтра

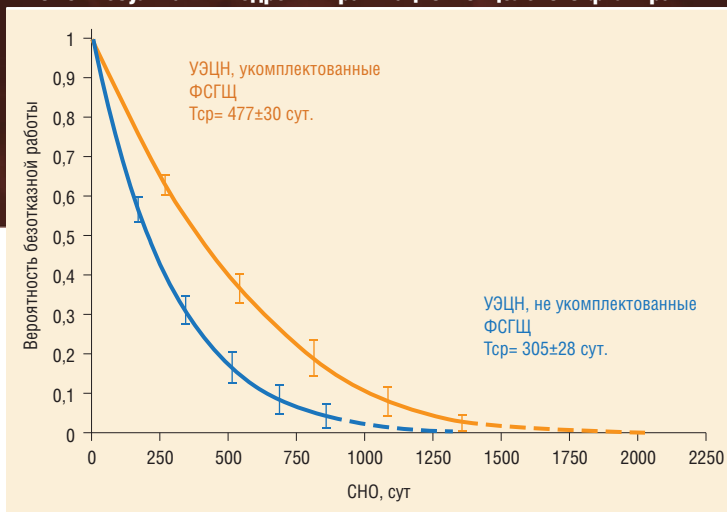


Рис. 7. Коэффициент сепарации при разных углах наклона скважин

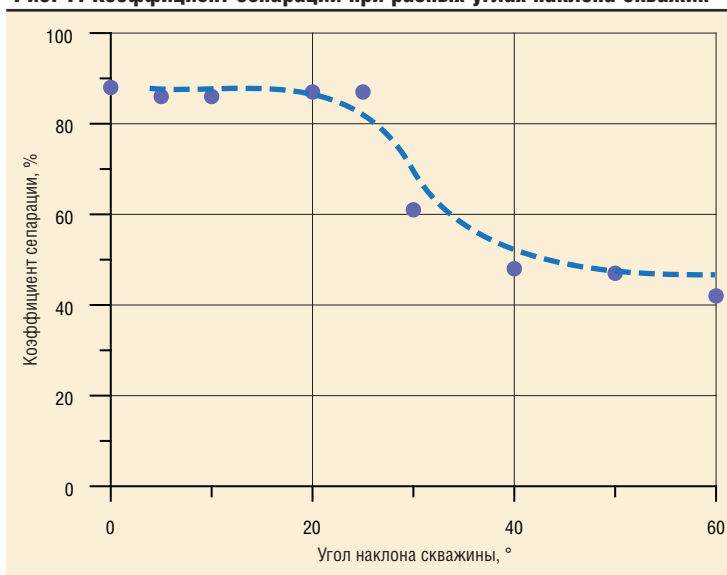


Рис. 8. Фильтр скважинный дисковый

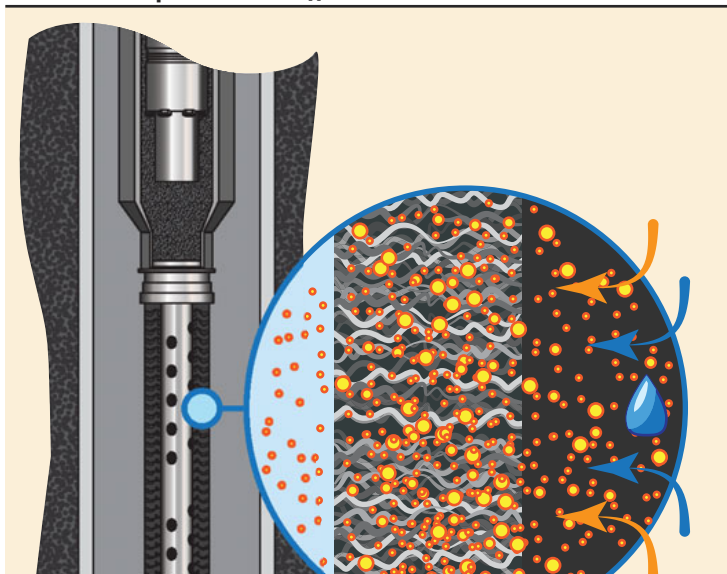


Таблица 3

Результаты опытно-промысловых испытаний						
До внедрения ФСД				После внедрения ФСД		
№ скважины	КВЧ, мг/л	НнО, сут	Причина отказа	КВЧ, мг/л	НнО, сут	Причина отказа
1	219	109	ГТМ, переход с УШГН на УЭЦН	112	777	Нарушение изоляции (R=0)
2	400	255, 259, 267	Клин; Засорение; Износ	241	369	Снижение подачи

преимущественно в радиальном направлении. При этом наиболее крупные частицы задерживаются снаружи, а частицы меньшего размера движутся с потоком жидкости по лабиринтообразным каналам. Во время движения частицы многократно сталкиваются с проволоками основы, изменяют траектории движения, теряют скорость и в конечном счете задерживаются в ячейках. На выходе из каналов фильтра жидкость попадает внутрь профильной трубы, а затем оказывается на приеме погружного насоса.

Использование тонких дисков из металлической сетки увеличивает число фильтрующих отверстий на единицу длины скважинного фильтра и общую площадь фильтрующей поверхности. Это, в свою очередь, повышает пропускную способность и ресурс работы фильтра. В результате стендовых испытаний по засорению щелевого и дискового фильтров одинаковой длины при размерах твердых частиц 0-200 мкм было установлено, что пропускная способность дискового фильтра в 6-8 раз выше (рис. 9). Это объясняется высокой удельной площадью открытых ячеек.

В таблице 3 показаны результаты опытно-промысловых испытаний дискового фильтра в одной из неф-

тедобывающих компаний Приволжского округа. Применение устройства позволило снизить концентрацию механических примесей и повысить наработку ГНО. Результаты испытаний были признаны успешными. Тот факт, что в пробах осадков из насосов наблюдалось содержание кальцита до 45%, позволяет прогнозировать возможность работы фильтра даже в условиях отложения солей.

ВЫВОДЫ

Для решения проблемы засорения и износа при добыче нефти в условиях интенсивного выноса механических примесей специалисты АО «Новомет-Пермь» разработали фильтры объемного, поверхностного действия, сепараторы и комбинированные устройства. Использование предложенных устройств позволило повысить надежность УЭЦН и увеличить среднюю наработку. Описаны наиболее благоприятные условия для применения различных групп устройств в зависимости от условий эксплуатации. ♦

ЛИТЕРАТУРА

1. Якимов С.Б., Шпортко А.А. О влиянии концентрации абразивных частиц на наработку электроцентробежных насосов с рабочими ступенями из материала нирезист тип 1 на месторождениях ОАО «НК «Роснефть» // Территория Нефтегаз. 2016. №3. С. 84-98.
2. Слепченко С. Д. Битва за ресурс в осложненных условиях // Нефтегазовая Вертикаль. №12. 2008. С. 116-119.
3. Антипина Н.А., Пещеренко С.Н. «Математическое моделирование движения твердых частиц в погружных сепараторах» // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. Физико-математические науки. 2012. №2(146). С. 62-68.
4. Лыкова Н.А. Защита УЭЦН от засорения: комплексный подход. Инженерная практика. 2016. №4. С. 44-50.
5. Антипина Н.А. Моделирование рабочих процессов в устройствах защиты нефтяных насосов от засорения с целью повышения их эффективности: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2012.
6. Якимов С.Б. Сепараторы песка для защиты погружных насосов. Текущая ситуация и перспективы применения технологии // Территория «Нефтегаз». 2014. №2. С. 44-58.
7. Патент RU 2473787. Скважинный фильтр / Ю.В. Данченко.

Рис. 9. Сравнение пропускной способности щелевого и дискового фильтра

