

И.С. Пятов¹; Л.В. Воробьева¹; А.Н. Корчагин¹; Ю.В. Кирпичев¹; А.В. Радлевич¹; В.Н. Ивановский²; А.В. Булат²

¹ ООО «РЕАМ-РТИ» (Балашиха, Россия).

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (Национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина» (Москва, Россия).

Модернизированная фильтрующая перегородка из проволочного проницаемого материала упруго-растянутого и ее свойства

В статье рассматриваются инновационные решения для тонкой и особо тонкой фильтрации, требуемой при подготовке воды системами заводнения и в системах поддержания пластового давления.

Одним из осложняющих факторов механизированной добычи нефти из скважин является вынос со скважинной жидкостью на прием насосного оборудования твердых частиц – пропанта и песка. Это приводит к износам, промывкам и заклиниваниям скважинного оборудования. Считается, что наиболее эффективным способом очистки скважинной жидкости является фильтрация с применением скважинных фильтров. Чаще всего в составе скважинных насосных установок применяют щелевые фильтры. Однако данный способ имеет существенный недостаток, а именно засорение фильтра в процессе работы. Для его очистки требуется проведение специальных процедур, связанных с остановкой насосной установки и ее промывкой, что требует затрат времени и дополнительного оборудования. В таблице приведены отличия упругих фильтрующих систем от фильтрующих систем других видов.

Особенностями изделий из проволочно-проницаемых материалов (ППМ) являются:

- объемная 3D-структура и тонкость фильтрации 3–500 мкм;
- возможность работы при температурах до 900 °С;
- стойкость к сульфидно-коррозионному растрескиванию под напряжением (СКРН) и воздействию агрессивных кислотных сред (рН 0–13). Фильтр из ППМ по сравнению с решеткой Джонсона:

- имеет до семи раз большую скважность при одинаковой площади поверхности;
- обладает до четырех раз большей пропускной способностью;
- не создает дополнительного препятствия току жидкости за счет проволок круглого сечения;
- не подвержен эрозионному износу за счет проволочной структуры.

Проволочная структура фильтрующего элемента за счет гибкости придает ему еще одно ключевое отличие: она позволяет использовать фильтры из ППМ в т. ч. в искривленных скважинах и в других условиях с отклонением от вертикали.

Кроме того, гибкая структура позволяет стенке фильтроэлемента при росте перепада давления изгибаться, давая возможность избежать дополнительных напряжений и задерживать частицы

на внешней поверхности фильтрующего элемента под действием перепада давления. При остановке потока жидкости (при остановке насоса либо вследствие циклического режима работы) частицы, находящиеся на поверхности фильтроэлемента, под действием упругих сил сбрасываются с поверхности фильтроэлемента, позволяя ему самоочищаться или регенерировать.

В процессе многолетнего производства фильтрующих элементов из ППМ в ООО «РЕАМ-РТИ» столкнулись с ограничениями технологии производства ППМ, к числу которых относятся:

- сложность изготовления фильтрующих элементов диаметром более 170 мм;
- высокая металлоемкость решения для фильтрации частиц менее 5 мкм;
- необходимость изготовления дополнительной оснастки для освоения новых габаритов фильтроэлементов либо

Отличия фильтрующих систем

| | Решетка Джонсона | Проволочный проницаемый материал | Фильтр скважинный пенометаллический многослойный | Проволочно-проницаемый материал упруго-растянутый |
|--|-------------------------|----------------------------------|--|---|
| Характеристики фильтрующих систем | Тип фильтрующей системы | | | |
| | Щелевые проволочные | | Открыто-пористые | |
| | Вид фильтрующей системы | | | |
| | Проволочные каркасные | Проволочные упругие | Пенометаллические | Многослойные упругие |
| Упругие свойства | Нет | Да | Нет | Да |
| Стойкость к воздействию агрессивных сред | Слабая | Да | Слабая | Да |

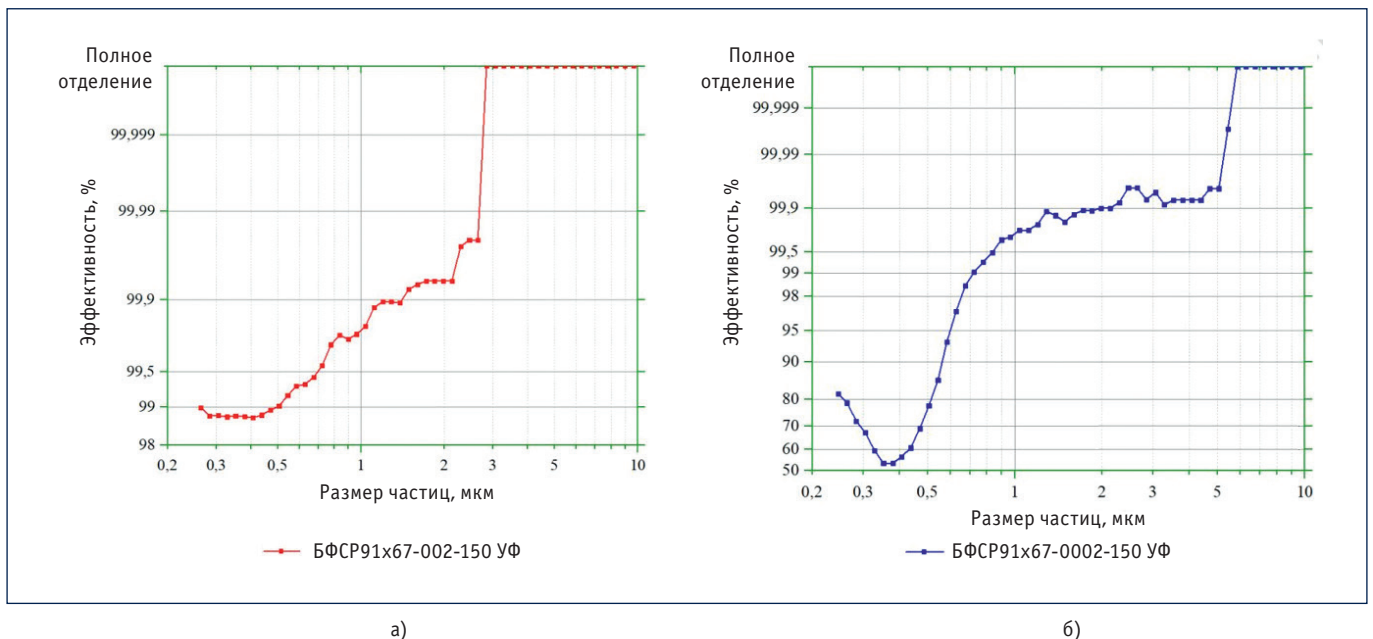


Рис. 1. Результаты испытаний на тонкость фильтрации при расходе воздуха 42 м³/ч: а) образец с тонкостью фильтрации 2,0 мкм; б) образец с тонкостью фильтрации 0,2 мкм

изменения габаритных, что увеличивает денежные и временные затраты.

На основе опыта изготовления ППМ была разработана технология производства фильтрующих блоков из проволочно-проницаемого материала упруго-растянутого (ППМ-УР). Технология позволила сохранить ключевые свойства ППМ и получить дополнительные преимущества, в числе которых возможность:

- сократить временные затраты на освоение новых типоразмеров фильтрующих блоков;
- уменьшить затраты на производство блока за счет широкого диапазона применяемых материалов (в т. ч. неметаллических);
- добиться особо тонкой фильтрации (от 0,2 мкм);
- сохранить высокую скважность и гибкость конструкции;
- обеспечить стойкость к сульфидному коррозионному растрескиванию под напряжением и воздействию агрессивных сред.

ППМ-УР является упругой многослойной структурой, содержащей:

- 1) внутренний упругий каркас;
- 2) фильтрующий упругий экран;
- 3) защитный экран.

Демпфирующий слой упругого каркаса обеспечивает открыто-пористую,

упругую и эластичную систему. Задачей упругого фильтрующего экрана является обеспечение заданной тонкости фильтрации.

Структура ППМ-УР позволяет накапливать на поверхности фильтрующего упругого экрана механические частицы, образующие предфильтр, и регенерировать фильтр за счет упругих свойств материала аналогично ППМ.

Наиболее перспективными областями применения ППМ-УР являются:

- тонкая фильтрация в системах водоподготовки для поддержания пластового давления;
- улавливание мелкодисперсной пыли в системах газоочистки;
- предварительная очистка сточных вод;
- металлургическая промышленность;
- машиностроение;
- химическая промышленность.

Для проведения испытаний на тонкую фильтрацию были изготовлены образцы фильтрующих блоков ППМ-УР высотой 150 мм в 4-м габарите с фильтрующим слоем из политетрафторэтилена (тефлона) с тонкостью фильтрации 2,0 и 0,2 мкм. Проведены испытания на эффективность очистки газа от пыли и на гидравлическое сопротивление. Испытания на тонкость фильтрации были проведены в Санкт-Петербург-

ской аккредитованной лаборатории «Сатек ТМ» на воздушном стенде компании Palas и гидравлическом стенде лаборатории.

Воздушные испытания на тонкость фильтрации подтвердили номинальную тонкость образца 2,0 мкм при более чем 99,9 %-ной эффективности задерживания частиц. Для образца с фильтрующим слоем с тонкостью фильтрации 0,2 мкм эффективность задерживания частиц размером 0,2 мкм составила 82 %. Для частиц размером более 1 мкм эффективность задерживания составила 99,9 % (рис. 1).

При гидравлических испытаниях максимальный перепад давления достиг 300 кПа при расходе чистой воды 120 л/мин для образца с тонкостью фильтрации 2,0 мкм и 450 кПа при 91 л/мин для образца с тонкостью фильтрации 0,2 мкм (рис. 2).

Испытания также подтвердили способность образцов к регенерации. Так, после двух загрязнений на расходах до 12 л/мин при концентрации пыли 60 мг/л перепад давления на образце с тонкостью фильтрации 2,0 мкм увеличился менее чем на 1 кПа (рис. 2а). Для образца с тонкостью фильтрации 0,2 мкм перепад давления после двух циклов загрязнения увеличился на 10 кПа (рис. 2б).

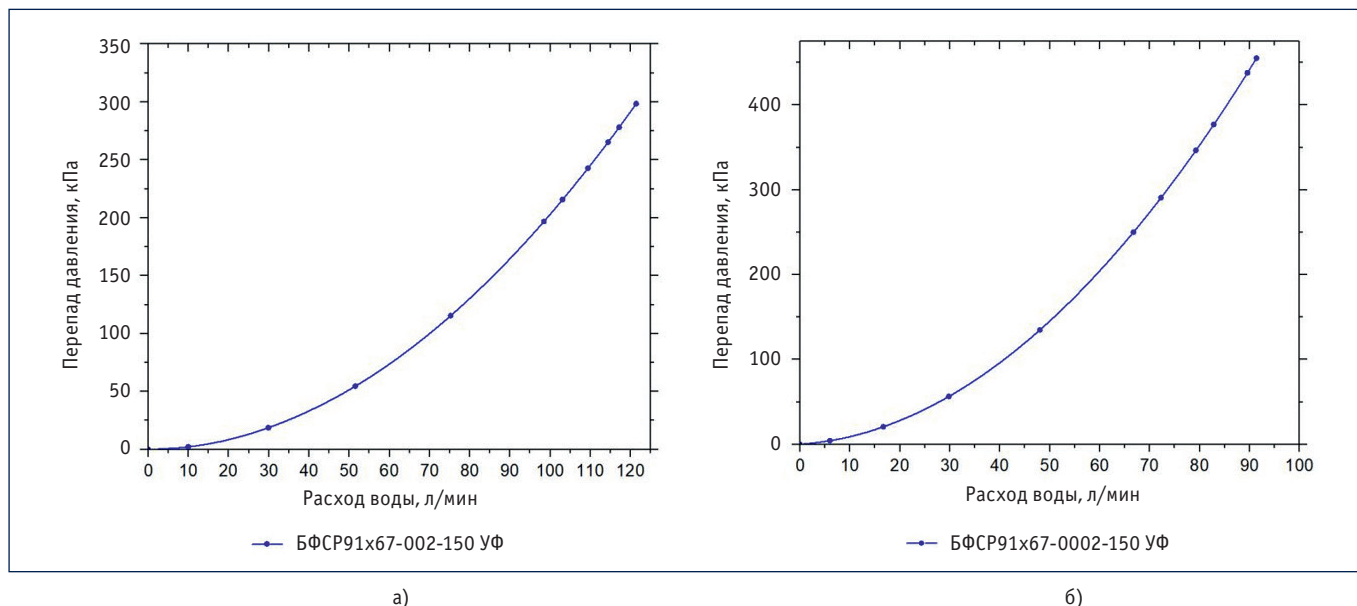


Рис. 2. Результаты гидравлических испытаний: а) образец с тонкостью фильтрации 2,0 мкм; б) образец с тонкостью фильтрации 0,2 мкм

Таким образом, по результатам испытаний фильтрующих элементов в лаборатории «Сатек ТМ» можно сделать следующие выводы:

- 1) в ходе гидравлических испытаний было установлено, что образцы фильтрующих блоков БФСР91х67-002-150 УФ (2,0 мкм) и БФСР91х67-0002-150 УФ (0,2 мкм) сохранили свою целостность на всем диапазоне расходов (от 0 до 120 л/мин). Максимальный перепад давления достигал значения 450 кПа при расходе рабочей жидкости 91 л/мин;
- 2) в ходе испытаний по загрязнению/регенерации образец БФСР91х67-0002-150 УФ загрязняется, наблюдаемый рост перепада давления при расходе 12 л/мин составил 10 кПа при введении 24 г загрязнителя. Наблюдается регенерация фильтра к начальным значениям перепада давления;
- 3) при испытаниях образца БФСР91х67-002-150 УФ не наблюдается роста перепада давления при расходе 12 л/мин при введении 24 г загрязнителя.

Еще одной особенностью ППМ-УР является то, что для борьбы с солевыми отложениями могут применяться как антиадгезионные покрытия ООО «РЕАМ-РТИ», так и агрессивнo-стойкие материалы для фильтрующего экрана, изначально не подверженные солевым отложениям.

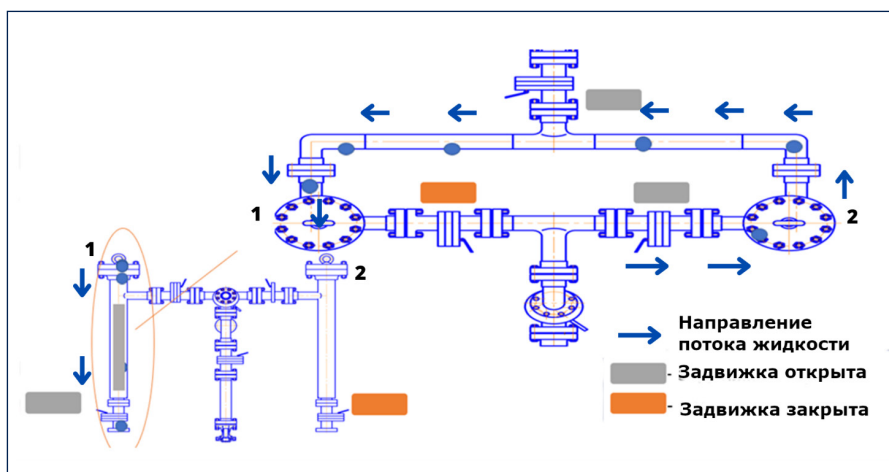


Рис. 3. Общая схема установки: 1 и 2 – фильтрующие блоки ППМ

Фильтрующие блоки из ППМ нашли широкое применение в системах подготовки воды (СПВ) для поддержания пластового давления разработки РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. На сегодняшний день специалистами достигнуты следующие результаты внедрения технологии.

Количество внедрений:

- систем подготовки воды – 28;
- сепараторов песка нефтяных циклонных трубных – 32.

Внедрение проходило в нескольких регионах России, а также на объектах в Казахстане и Румынии.

Модульная система очистки СПВ имеет две ступени фильтрации. На первой ступени поток поступает в циклонный

сепаратор (разработка РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина), в результате от потока жидкости отделяются механические примеси и попадают в шламоборник, а очищенная жидкость подается на вторую ступень фильтрации.

На рис. 3 представлена общая схема очистной установки РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, изображен принцип промывки 2-й ступени установки, где применены фильтрующие блоки ППМ 1 и 2. Стрелками показано направление потока жидкости. Без необходимости остановки работы системы благодаря переключению задвижек часть очищенной жидкости поступает через фильтрующий блок 1 в обратном направлении на один из двух блоков 1

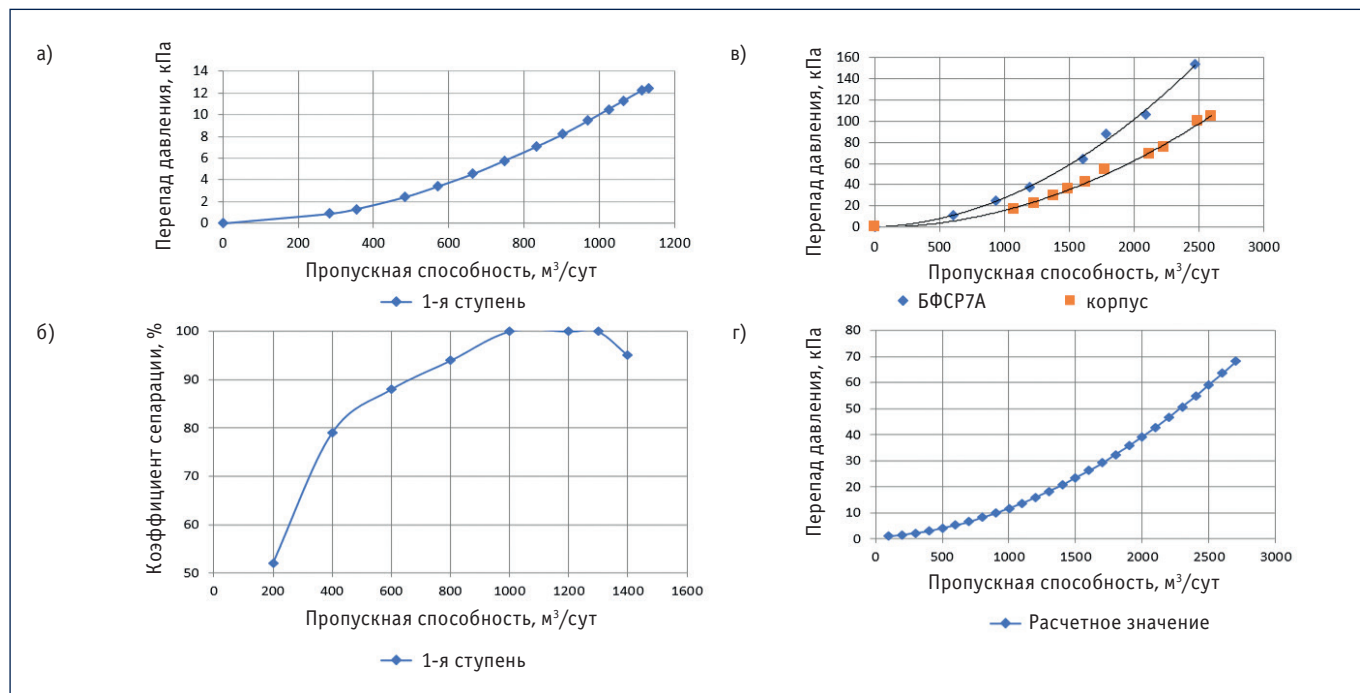


Рис. 4. Влияние перепада давления на эффективность работы системы подготовки воды: а) перепад давления на 1-й ступени очистки; б) эффективность работы гидроциклона на 1-й ступени очистки; в) перепад давления на 2-й ступени очистки; г) расчет пропускной способности в зависимости от перепада давления

и 2, что позволяет эффективно осуществлять обратную промывку.

Специалистами РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина была разработана методика проведения натурных стендовых испытаний СПВ. На базе завода-изготовителя был собран стенд, позволяющий моделировать различные условия работы – фильтрацию воды, регенерацию фильтров, очистку шламоборников, в т. ч. в автоматическом режиме. Компоненты стенда – насосный агрегат, перепускной коллектор, расходомер, засыпное устройство, манометр, циклонный сепаратор, блок фильтроэлементов, запорный кран, гибкий резиновый рукав, емкость для модельной жидкости.

Насосный агрегат позволяет создавать поток рабочей жидкости подачей до 2500 м³/сут и давлением до 1,52 МПа. Засыпное устройство обеспечивает наличие возможности регулировать концентрацию механических примесей и защищает насосный агрегат от износа. Методика и стенд сертифицированы в системе добровольной сертификации «ТЭКСЕРТ».

Результаты проведенных стендовых испытаний первой и второй ступеней

очистки позволят лучше изучить режим работы СПВ, настроить системы автоматизации управления, правильно определить моменты необходимости очистки шламоборников, регенерации и замены фильтров, поскольку эти параметры непостоянны и напрямую зависят от свойств очищаемой жидкости, а также содержания механических примесей. Данные работы позволяют повысить надежность и эффективность работы СПВ в течение всего периода эксплуатации.

На рис. 4а-б представлены графики перепада давления гидроциклона и эффективности его работы. Испытания подтвердили высокий коэффициент сепарации в рабочем диапазоне 1000–1250 м³/сут, при этом перепад давления составляет около 1,01 МПа. На рис. 4в показаны графики перепада давления на второй ступени очистки – для корпуса и блока фильтроэлемента БФСР7А. График на рис. 4г является расчетным и позволяет точно определить момент необходимости промывки фильтроэлементов, т. к. не учитывает сопротивление корпусных элементов СПВ.

Таким образом, модифицированная фильтрующая перегородка из ППМ-УР:

- за счет применяемых материалов может использоваться в условиях СКРН, высокого содержания солей и воздействия агрессивных сред;
- обладает высокой скважностью;
- делает фильтр невосприимчивым к резким перепадам давления и температуры за счет гибкости конструкции;
- обеспечивает наличие возможности многократной (от 50 циклов) регенерации (восстановления первоначальных фильтрующих свойств фильтра);
- за счет применения покрытий или материалов с гидрофобными (гидро-, олеофильными) свойствами обеспечивает сепарацию сред;
- обеспечивает тонкость фильтрации от 0,2 мкм.



000 «РЕАМ-РТИ»
143902, РФ, Московская обл.,
г. Балашиха, ул. Советская, д. 36
Тел.: +7 (495) 149-00-90
e-mail: info@ream-rti.ru
www.ream-rti.ru