

УДК 622.23.05

Колмаков Егор Андреевич, аспирант
(ФГАОУ ВПО «СФУ», г. Красноярск)
Kolmakov Egor Andreevich, Postgraduate student
(FGAOU VPO "SFU", Krasnoyarsk)

Зеньков Игорь Владимирович, проф., д.т.н.
(СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН, г. Красноярск)
Zenkov Igor Vladimirovich, prof., doctor of engineering sciences.
(SKTB "Nauka" KNC SO RAN, Krasnoyarsk)

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ФИЛЬТРОВ ПОГРУЖНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

CALCULATION OF ESP FILTERS PARAMETERS

Аннотация

В данной статье рассмотрены основные характеристики и параметры фильтров, которые используются в составе установок электроцентробежного насоса (УЭЦН), а также проведен их анализ. Представлены основные методы расчета параметров для различных конструкций фильтров.

Annotation

In this article describes the main characteristics and parameters of filters, which are used in electrical submersible pumps (ESP) as well as their analysis is carried out. Presents the basic methods of calculation parameters for various filter designs.

При эксплуатации механизированного фонда на Российских нефтепромысловых площадках, очень острым стоит вопрос борьбы с проблемами эксплуатации осложненной части механизированного фонда скважин. Как известно, одной из важнейших проблем является проблема выноса твердых частиц с забоя скважины и попадание их в погружное насосное оборудование, что ведет к преждевременным отказам и существенно снижающих текущую наработку, принося тем самым дополнительные расходы на восстановление работоспособности оборудования.

Давно известно, что проблему легче предупредить, чем в последствии решать, однако в нашем случае это не всегда возможно. При борьбе с выносом механических примесей используется широкий спектр технических и технологических средств, но для сокращения издержек, нефтегазовые компании не стремятся к комплексному решению проблемы, а наоборот, пытаются решить задачу меньшими затратами. Наиболее экономически выгодным и эффективным с инженерной точки зрения решением, яв-

ляется применение фильтрационного оборудования, установленного непосредственно на приеме насоса. Такое техническое решение нашло широкое применение при эксплуатации установок штангового глубинного насоса (УШГН) и установок электроцентробежного насоса (УЭЦН). В случае с УШГН, основная доля которых используется на юге РФ, решение проблемы выноса механических примесей несколько проще, так как дебит таких установок обычно составляет до 20 м³/сут в некоторых регионах [1]. В связи с этим нет необходимости внедрять в компоновку УШГН фильтры обеспечивающие тонкую фильтрацию пластового флюида вкуче с обеспечением высокой пропускной способностью. В УЭЦН же наоборот, эти два параметра должны быть обеспечены для достижения высоких показателей. Наиболее часто применяемые УЭЦН имеют габариты 5, 5А и 6 (внешний диаметр корпусной трубы насоса 92 мм, 103 мм и 114 мм соответственно), дебиты которых разнятся от 25 м³/сут до 1250 м³/сут. В случае с малыми дебитами применение УЭЦН является экономически не выгодным, в связи с тем, что стоимость УШГН значительно ниже стоимости УЭЦН.

Подбор фильтра к скважине обусловлен гранулометрическим составом пласта, а также тип фильтра зависит от условий внутри скважины и применяемой установки ЭЦН. Однако эти критерии хоть и являются необходимыми, но все же, не достаточными. Для корректного подбора фильтра к скважине и эксплуатируемой установке, с целью достижения максимально возможных технико-экономических показателей, необходимо знать значения основных параметров, влияющих на работу фильтра.

После рассмотрения всего многообразия, представленного на рынке фильтрационного оборудования для погружных скважинных центробежных насосов, можно сделать вывод что большинство производителей предлагают один и тот же продукт, но с разными маркетинговыми уловками. Большинство производителей в своих каталогах не указывают многие важные параметры фильтров различных конструкций. Для корректного выбора фильтра необходимо и достаточно знать следующие параметры:

- тип конструкции фильтра;
- тонкость фильтрации;
- выдерживаемую номинальную подачу насоса;
- допустимый перепад давления;
- гидравлическое сопротивление;
- скважинность;
- проницаемость фильтра;
- скин-фактор;
- габариты;
- масса;
- количество отверстий, щелей на погонный метр (применимо для щелевых, проволочных и сетчатых фильтров);

- материал корпуса фильтра и фильтроэлемента (ФЭ).

Основные характеристики фильтров, используемые в составе погружных насосных установок, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристики фильтров

Фильтрационные характеристики	Прочностные и коррозионные характеристики	Ресурсные характеристики	Структурные характеристики
Тонкость фильтрации	Коррозионная стойкость	Фильтруемость	Скважинность
Коэффициент сепарации	Прочность на изгиб	Грязеемкость	Гидравлическое сопротивление
Регенерируемость	Прочность на разрыв	Ресурс работы	Размер и форма фильтрационных ячеек

К погружным фильтрам, как и к любому другому глубинному скважинному оборудованию, предъявляются высокие прочностные требования. Фильтр должен обладать достаточной прочностью на разрыв, для предотвращения повреждения корпуса фильтра, а также ФЭ, в случаях заклинивания его в скважине при СПО. В этих же случаях важна прочность на изгиб, так как фильтры в составе погружных насосных установок эксплуатируются в наклонно-направленных скважинах. Помимо этого, фильтры должны обладать достаточной коррозионной стойкостью, это связано с агрессивными внутрискважинными условиями, в виду содержания солей, кислот и других элементов, способствующих разрушению структуры металла.

Тонкость фильтрации - качественный показатель, указывающий на степень отчистки пластового флюида, характеризующий размер механических примесей, задерживающихся фильтроэлементом [2]. Тонкость фильтрации бывает абсолютной и номинальной. Говорить об абсолютной тонкости фильтрации можно в том случае, когда эффективность задерживания частиц минимального размера составляет свыше 95%, в случае с номинальной тонкостью фильтрации, это значение должно быть в пределах от 90% до 95%.

Коэффициент сепарации – коэффициент показывающий массовое соотношение количества взвешенных частиц (КВЧ) содержащихся в добываемом пластовом флюиде до входа в фильтр к КВЧ на выходе из фильтра.

Коэффициент сепарации рассчитывают по формуле [3]:

$$\lambda = \frac{n_1}{n_2} \cdot 100 \quad (1)$$

где, n_1 - количество взвешенных частиц в пластовом флюиде до попадания в фильтр, мг/л; n_2 - количество взвешенных частиц в пластовом флюиде после прохождения в фильтре, мг/л.

Регенерируемость фильтра – степень восстановления рабочих параметров фильтра, при применении обратной промывки или других очищающих операций с фильтром.

Фильтруемость - способность фильтра пропускать через себя пластовую жидкость во времени. Данная характеристика указывает на ресурс работы фильтра. Количественным показателем фильтруемости является коэффициент фильтруемости, который можно найти по формуле [2]:

$$\Phi = \frac{dq}{dt} \quad n_{пу} \quad \Delta p = const \quad (2)$$

где, q – удельная пропускная способность фильтра, м³/ч; t – время прохождения пластового флюида через ФЭ фильтра, с.; Δp - перепад давления, Мпа.

Грязеемкость - масса твердого загрязнителя, задержанная фильтро-элементом, за время, прошедшее до достижения конечного перепада давлений на фильтроэлементе [5]. Грязеемкость ФЭ может изменяться в широких пределах в зависимости от свойств содержащихся во флюиде механических примесей и других факторов, поэтому этот показатель пригоден только для сравнительной оценки фильтрующих элементов.

Расчет ресурса фильтрующего материала прямыми методами осуществляется путем измерения количества пластовой жидкости с определенным количеством механических включений, находящихся во взвешенном состоянии, прошедших через фильтрующий элемент фильтра до достижения максимально допустимого перепада давления на нем. Расчетная зависимость для определения ресурса работы материала имеет вид [2]:

$$\Delta p = f(v) \quad (3)$$

где, v - объем прошедшей пластовой жидкости через ФЭ.

Гидравлическое сопротивление фильтрующего материала определяется его поровой структурой и характеризуется удельной пропускной способностью, т.е. количеством нефтепродукта, прошедшего через единицу поверхности фильтрующего материала в единицу времени при определенном перепаде давления. Обычно определяется гидравлическая характеристика фильтрующего материала, т.е. зависимостью удельной пропускной способности от перепада давления:

$$q = f(\Delta p) \quad (4)$$

Одним из важнейших параметров является скин-фактор. Скин-фактором называется безразмерный гидродинамический параметр, указывающий падение давления, вызванное ограничением притока в области ствола скважины и характеризует дополнительное фильтрационное сопротивление. Для разных конструкций фильтров формула может иметь различный вид. Для каркасно-проволочного исполнения фильтров используется следующее уравнение:

$$S_{ww} = \frac{2}{n} \cdot \ln \frac{2}{\pi \cdot \Omega} \quad (5)$$

где, n - количество щелей, шт.; Ω – внешний диаметр фильтра, мм.

В свою очередь для нахождения скин-фактора фильтра с гравийной набивкой формула для расчета представляет собой сумму скин-факторов без корпусного гравийного фильтра в зоне перфорации и скин-фактора каркасно-проволочного и имеет следующий вид:

$$S_g = \frac{96 \cdot \frac{K_r}{K_g} \cdot h \cdot L_p}{(D_{perf}^2) \cdot n} + S_{ww} \quad (6)$$

где, K_r –проницаемость коллектора, мД.; K_g –проницаемость гравийной набивки, мД.; h - мощность залежей, мм.; L_p - длина зоны перфорации, мм.; D_{perf} – диаметр перфорации, мм.; n - количество отверстий перфорации, шт.; S_{ww} - скин-фактор каркасно-проволочного фильтра.

Величина скин-фактора может варьироваться в широких пределах, чем ниже значение скин-фактора, тем лучше проницаемость через фильтр, и, соответственно, меньше значения перепада давления на фильтре и меньше его гидродинамического сопротивления.

Для достижения наилучших показателей работы фильтров, в составе погружных электроцентробежных насосов, необходим не только грамотный подбор фильтра к погружному насосному оборудованию и скважине, но также и соответствие характеристик фильтра условиям эксплуатации. Именно на этапе проектирования, на основании получившихся расчетов определенных значений, можно делать предварительные выводы о конкретном подборе фильтре, другими словами, в каких условиях наиболее рационально его применять.

Список литературы

1. Абуталипов У.М. Разработка и применение технологий ОРЭ в ОАО АНК «Башнефть» / Абуталипов У.М. - Инженерная практика. 2010. № 1. С.72-77
2. Коваленко В.П. Очистка нефтепродуктов от загрязнений./ Коваленко В.П., Турчанинов В.Е. - М.: Недра, 1990. С. 103-122
3. Коновалов В.М. Очистка рабочих жидкостей гидропривода станков / Коновалов В.М., Скрицкий В.Я., Рокшевский В.А. - М.:Машиностроение, 1976 г. С. 55-107
4. ГОСТ 3845-75. Трубы металлические. Метод испытания гидравлическим давлением [Текст]. – Взамен ГОСТ 3845-65; Введ. с 01.01.77 по 01.07.97. – Москва: Изд-во стандартов, 1988. – 5 с.
5. ГОСТ Р ИСО 16889-2011. Гидропривод объемный. Фильтры. Метод многократного пропускания жидкости через фильтроэлемент для определения характеристик фильтрования [Текст]. Введ. с 01.12.2012. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 40 с.