

К ВОПРОСУ О КАЧЕСТВЕ ПРОТИВОПЕСОЧНЫХ ФИЛЬТРОВ

УДК 658.562.64

С.О. Оводов, ООО «Газпром ВНИИГАЗ» (Москва, РФ), s_ovodov@vniigaz.gazprom.ru

В.Ю. Хвостова, к.х.н., ООО «Газпром ВНИИГАЗ», v_khvastova@vniigaz.gazprom.ru

Статья посвящена оценке качества противопесочных фильтров, применяющихся для задержания пластового песка при эксплуатации нефтяных и газовых скважин. Качество противопесочного фильтра оценивается с точки зрения технических характеристик этого механического устройства и по его пескоудерживающей способности. Приводится краткая классификация противопесочных фильтров по конструкции. Рассмотрены особенности оценки качества противопесочных фильтров в сравнении с другим нефтегазовым оборудованием. Акцентировано внимание на отсутствии нормативной базы в области противопесочных фильтров и контроля пескопроявлений в нефтяных и газовых скважинах, что значительно затрудняет сертификацию противопесочных фильтров в целях подтверждения характеристик, влияющих на их качество.

Приведены характеристики, от которых зависит качество противопесочных фильтров как механических устройств: материал базовой трубы; количество перфорационных отверстий в базовой трубе на 1 пог. м и их диаметр; форма сечения проволоки рубашки фильтра; наружное давление смятия и внутреннее давление разрыва; нагрузка на растяжение; допустимый радиус изгиба; допустимый крутящий момент. На основании этих данных предлагаемый авторами подход к рассмотрению вопросов качества противопесочных фильтров исключительно как механических устройств, без рассмотрения технологии их установки, вполне оправдан.

В статье обозначены проблемы, возникающие при оценке качества противопесочных фильтров, решение которых авторы видят в необходимости разработки и принятии соответствующих стандартов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПРОТИВОПЕСОЧНЫЙ ФИЛЬТР, КАЧЕСТВО, ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЕ, СМИНАЮЩЕЕ ДАВЛЕНИЕ, РАЗРЫВНОЕ ДАВЛЕНИЕ, БАЗОВАЯ ТРУБА.

Одним из наиболее эффективных способов задержания пластового песка при эксплуатации нефтяных и газовых скважин в слабосцементированных коллекторах на месторождениях и подземных хранилищах газа (ПХГ) является установка противопесочных фильтров (термины и определения приведены в таблице) [1, 2]. По конструкции противопесочные фильтры делятся на несколько основных типов:

- фильтры с проволочной обмоткой;
- фильтры с металлической сеткой (сетчатые фильтры);
- фильтры с предварительной гравийной набивкой;
- фильтры бескаркасные.

По способу установки в скважину противопесочные фильтры можно разделить на гравийно-намывные и автономные.

Вопрос оценки качества противопесочных фильтров в Российской Федерации представляется особенно острым в последние годы, с появлением на рынке значительного числа отечественных компаний – производителей противопесочных фильтров, предлагающих свою продукцию. Установка в призабойной зоне качественно изготовленного противопесочного фильтра не решает всех проблем с выносом песка. Практика показывает, что необходимые результаты (высокий дебит при низкой депрессии без выноса пластового песка) можно получить только в случае соблюдения всех технико-технологических требований без исключения, как к самому противопесочному фильтру, так и к технологии его установки.

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА

Качество противопесочного фильтра оценивается с точки зрения технических характеристик этого механического устройства, спроектированного и изготовленного в соответствии с требованиями нормативной и технической документации, имеющего определенные технические характеристики, и по его пескоудерживающей способности.

Далее будет рассмотрена оценка качества противопесочных фильтров только как механических фильтрующих устройств, изготавливаемых в заводских условиях, с точки зрения предъявляемых к ним требований и реализации этих требований в конечном образце.

Оценка пескоудерживающей способности противопесочных фильтров выведена за рамки дан-

Ovodov S.O., Gazprom VNIIGAZ LLC (Moscow, Russian Federation), s_ovodov@vniigaz.gazprom.ru

Khvostova V.Yu., Candidate of Sciences (Chemistry), Gazprom VNIIGAZ LLC, v_khvostova@vniigaz.gazprom.ru

On the quality of sand control screens

The article is devoted to the topical issue of assessing the quality of sand control screens used to collect formation sand during the operation of oil and gas wells. The quality of the sand control screen is assessed in terms of the technical characteristics of this mechanical device and its sand-retaining capacity. A brief classification of the sand control screens by design and methods of their installation in a well is presented. Quality evaluation features of sand control screens are considered in comparison with other oil and gas equipment. The lack of a regulatory framework in the field of sand control screens and sand control in oil and gas wells is emphasized. Thus, this issue significantly complicates the certification of sand control screens to confirm the features that directly affect their quality.

The main characteristics of sand control screens that affect their quality as a mechanical device are detailed: the base tube material; the number of perforations in the base pipe by 1 linear meter and their diameter; the cross-sectional shape of the screen wire wrap; the external collapsing pressure and the internal burst pressure; tensile strength; permissible bending radius; and permissible torque. Therefore, the approach suggested by the authors is fully justified, it considers quality issues of sand control screens as mechanical devices, without any regard to the technology of their installation.

The article outlines the issues that arise when assessing the quality of sand control screens. According to the authors, the solution of these problems is in developing and adopting appropriate standards.

KEYWORDS: SAND CONTROL SCREEN, QUALITY, SAND PROBLEM, COLLAPSING PRESSURE, BURST PRESSURE, BASE PIPE.

ной статьи, так как она зависит от большого количества факторов: состояния пласта-коллектора, технологии установки противопесочного фильтра в скважину, технологического оборудования, технологических жидкостей и т. д. Эти факторы в первую очередь влияют на функциональные характеристики гравийно-намывных фильтров, но также имеют немаловажное значение и для автономных.

Если рассматривать фильтры с проволоочной обмоткой, то кроме габаритных размеров, размера щелей, наличия или отсутствия герметизирующих пробок в базовой трубе никаких требований, касающихся конструктивных и функциональных особенностей противопесочных фильтров, как правило, не предъявляется.

Противопесочные фильтры, в отличие от другого нефтегазового оборудования, имеют ряд особенностей, не позволяющих оценивать их только по заявленным производителем техническим характеристикам. В качестве примера рассмотрим гидравлический пакер, представляющий собой отдельное устройство, имеющее область применения и технические характеристики, соответствие которых заявленным гарантирует производитель. Технические ха-

рактеристики пакера полностью отражают его эксплуатационные и функциональные возможности. Выбор модели пакера под конкретные условия и задачи можно произвести на основании лишь технических характеристик. Но данный подход не применим к противопесочным фильтрам.

Как уже было отмечено, характеристики противопесочных фильтров, такие как габаритные размеры, размер щелей или размер ячеек сетки, не отражают эксплуатационные и функциональные возможности фильтров из-за того, что эффективность применения противопесочных фильтров будет определяться не только их техническими характеристиками, но и технологией их установки в скважине (в наибольшей степени это касается гравийно-намывных фильтров).

В большинстве случаев в руководстве по эксплуатации или паспорте на противопесочный фильтр, которым производитель снабжает свою продукцию описание, технологии его установки отсутствуют, тогда как для другого нефтегазового оборудования правила монтажа, настройки, испытаний и эксплуатации жестко установлены в соответствующей документации.

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Следует отметить, что в России отсутствуют национальные стандарты, предъявляющие требования к характеристикам противопесочных фильтров для нефтяных и газовых скважин, а также регламентирующие основные положения технологии их установки в скважине. Исключение представляет ГОСТ 32504–2013 [3], являющийся модифицированным переводом международного стандарта ISO 17824:2009 [4]. ГОСТ 32504–2013 распространяется на противопесочные фильтры, предназначенные для нефтяных и газовых скважин, и устанавливает требования к их проектированию, испытаниям, изготовлению, хранению и транспортированию. Данный стандарт не регламентирует особенности конструкции и технические характеристики противопесочных фильтров, не устанавливает технические требования к ним, а только определяет методику проверки основных характеристик фильтров. Кроме того, в стандарт не включены все типы противопесочных фильтров, применяемые в настоящее время в нефтяных и газовых скважинах на месторождениях и ПХГ РФ. Таким образом, стандарт определяет методики испытаний

Термины и определения [3, 4]
Terms and definitions [3, 4]

Термин Term	Определение Definition
Автономный фильтр Autonomous screen	Противопесочный фильтр, не требующий внешнего гравийного массива Sand control screen that does not require an external gravel pack
Базовая труба Base pipe	Труба, имеющая перфорационные отверстия или прорезы, позволяющие потоку флюида проходить через рубашку фильтра Pipe that have perforations or slots to allow fluid flow through the screen jacket
Гравийно-намывной фильтр Gravel-precoat screen	Забойное средство задержания пластового песка, включающее противопесочный фильтр и гравийный массив Bottom hole sand trap, including a sand control screen and gravel pack
Гравийный массив Gravel pack	Сортированный гравий или синтетический проппант, размещенный в кольцевом пространстве снаружи противопесочного фильтра в процессе гравийной набивки Graded gravel or synthetic proppant placed in the annular space on the outside of the sand control screen during gravel packing
Противопесочный фильтр Sand control screen	Механическое фильтрующее устройство, применяемое для задержания пластового песка или гравийного массива, обеспечивающее проход флюидов в насосно-компрессорной трубе Mechanical filtration device used to retain the formation sand or annular gravel pack while allowing the passage of fluids into the production tubing
Рубашка фильтра Screen jacket	Сборный узел противопесочного фильтра, который включает фильтрующий элемент, объединенный с опорными компонентами (ребрами), закрепленный на базовой трубе Sub-assembly of the sand control screen that includes filter media and associated support components and which is secured to the base pipe
Фильтр бескаркасный Rod based wire wrapped screens	Противопесочный фильтр с проволочной обмоткой, в конструкции которого отсутствует базовая труба Sand control screen with a wire wrap without base pipe in the construction
Фильтр с металлической сеткой Metal-mesh screen	Противопесочный фильтр, содержащий один или более слоев металлической сетки в качестве фильтрующего элемента Sand control screen that consists of one or more layers of metal-mesh as the filter media
Фильтр с предварительной гравийной набивкой Pre-pack screen	Противопесочный фильтр, содержащий две концентрические рубашки фильтра, кольцевое пространство между которыми заполнено сортированным гравием или синтетическим проппантом, используемым в качестве фильтрующего материала Sand control screen consisting of two concentric screen jackets with the annulus in between containing a sized distribution of sand or synthetic proppant used as the filter media
Фильтр с проволочной обмоткой Wire-wrap screen	Противопесочный фильтр, состоящий из проволочной обмотки, спирально намотанной и приваренной к цилиндрически расположенным внутренним ребрам, использующейся в качестве фильтрующего элемента Sand control screen consisting of a wrap-wire helically wrapped and welded to a cylindrical array of internal support ribs positioned in the axial or long direction of the cylinder and used as the filter media

противопесочных фильтров для определения (подтверждения) таких характеристик, как наружное давление смятия и внутреннее давление разрыва, но не регламентирует величины этих параметров.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОТИВОПЕСОЧНЫХ ФИЛЬТРОВ

В связи с тем, что ГОСТ 32504–2013 [3] сравнительно новый, не имеющий аналогов в СССР и в РФ, до настоящего времени существует неоднозначность в вопросе терминологического определения некоторых характеристик фильтров, т. е. производитель и заказчик могут понимать под одной характеристикой разные величины. Например, показатели «допустимое избыточное давление»

или «рабочее давление» нередко привязывают к прочностным характеристикам базовой трубы фильтра. Здесь неясно, идет ли речь о наружном или внутреннем давлении. Наружное избыточное давление (давление смятия) изменяется в зависимости от количества перфорационных отверстий в базовой трубе, а внутреннее избыточное давление (давление разрыва) зависит от прочностных свойств рубашки фильтра. Кроме того, для бескаркасных фильтров, у которых базовая труба отсутствует, параметр «давление смятия» будет одним из определяющих, но никак не связанным с прочностью базовой трубы.

Заказчиков также интересует допустимая осевая нагрузка противопесочных фильтров. Осо-

бое положение противопесочных фильтров в ряду нефтегазового оборудования обусловлено тем, что их устанавливают в скважине в составе фильтровой компоновки, включающей несколько отдельных секций фильтров. При этом осевая нагрузка, при которой будут происходить потеря устойчивости и изгиб фильтровой компоновки, включая отдельные секции противопесочных фильтров, зависит от длины всей компоновки, прочностных свойств фильтров и надфильтровых труб, зенитного угла ствола скважины в интервале установки фильтров, наличия/отсутствия гравийного массива и др. В каждом случае осевая нагрузка, при которой будет происходить изгиб фильтров, будет разной, а от величины из-

гиба зависит нарушение размера щелей (для фильтров с проволоочной обмоткой). Поэтому величина допустимой осевой нагрузки, которую указывают некоторые производители для своей продукции в отсутствие стандартизированной методики ее измерения, не содержит объективной информации.

Отсутствие нормативных документов, предъявляющих требования к конструкции и характеристикам противопесочных фильтров, затрудняет сертификацию данной продукции, в результате чего на рынке появляются фильтры, фактические характеристики которых могут отличаться от заявленных. Некоторые их характеристики могут быть даже не документированы.

Кроме обычных характеристик противопесочных фильтров, таких как габаритные размеры (длина секции, диаметры базовой трубы и рубашки), размер щелей или размер ячеек сетки, наличие или отсутствие герметизирующих пробок в базовой трубе, тип присоединительных резьб, наличие центраторов, длины глухой (чистой) части базовой трубы фильтра и рубашки, скважность, также немаловажное значение имеют следующие характеристики:

- материал базовой трубы (углеродистая или нержавеющая сталь);
- число перфорационных отверстий в базовой трубе на 1 пог. м и их диаметр;
- форма сечения проволоки рубашки фильтра (для фильтров с проволоочной обмоткой);
- величина и острота углов, получаемые при профилировании проволоки круглого сечения;
- наружное давление смятия и внутреннее давление разрыва [3, 5];
- нагрузка на растяжение;
- допустимый радиус изгиба;
- допустимый крутящий момент.

Материал базовой трубы. Большинство противопесочных фильтров на российском рынке имеют



а) а)



б) б)

Пример различного количества перфорационных отверстий в базовой трубе противопесочных фильтров: а) базовая труба с большим количеством перфорационных отверстий; б) базовая труба с малым количеством перфорационных отверстий

An example of a different number of perforations in the base pipe of sand control screens: a) base tube with a large number of perforations; b) base tube with a small number of perforations

базовую трубу, изготовленную из насосно-компрессорной или обсадной трубы. Такой выбор понятен (стандартизованный размерный ряд, известные прочностные характеристики, сравнительно низкая стоимость) и оправдан, но только для скважин, в продукции которых отсутствует вода.

В ООО «Газпром ВНИИГАЗ» были проведены анализ работы противопесочных фильтров в скважинах подземных хранилищ газа, созданных в водоносных пластах, и дальнейшие исследования процесса их кольматации. Было установлено, что в присутствии минерализованной пластовой воды противопесочные фильтры, в конструкции которых базовая труба выполнена из углеродистой стали, а рубашка – из нержавеющей, подвержены интенсивной кольматации в результате протекающих сложных физико-химических и электрокинетических процессов. Кроме того, происходит ускоренная коррозия базовой трубы вследствие сопряжения разнородных материалов [6]. Поэтому в противопесочных фильтрах, эксплуатация которых будет осуществляться в присутствии пластовой воды, базовая труба и рубашка фильтра должны быть выполнены только из однородных коррозионностойких материалов.

Количество перфорационных отверстий в базовой трубе долж-

но быть максимальным при сохранении заданной прочности трубы. Малое количество отверстий вносит дополнительные сопротивления потоку флюида. Кроме того, наиболее негативную роль играет увеличение размеров так называемых мертвых зон, образующихся между базовой трубой и рубашкой фильтра, где скапливается различный кольматант (песок, глина, соли), что снижает открытую площадь фильтрации противопесочного фильтра. Мертвые зоны почти невозможно очистить при промывке внутренней полости фильтров с использованием кольтюбинга или при проведении реагентных обработок. Некоторые производители фильтров идут на удешевление технологического процесса путем сокращения перфорационных отверстий в базовой трубе, пренебрегая негативными последствиями для эффективности и долговечности эксплуатации такого противопесочного фильтра. Помимо этого при входном контроле крайне сложно определить реальное число отверстий в базовой трубе. На рисунке приведены фотографии базовой трубы противопесочных фильтров с большим (а) и малым (б) количеством перфорационных отверстий.

Форма сечения проволоки рубашки фильтра. Эффективность использования проволоки трапецеидального сечения для

изготовления рубашки фильтра общеизвестна. Проволока такого сечения используется всеми производителями противопесочных фильтров. Радиусы, скругления на углах, которые получаются при профилировании проволоки, оказываются различными. Исследования показывают, что рубашка противопесочного фильтра, выполненная из профилированной проволоки, имеющей острые углы без радиусов и скруглений, обладает лучшей пескоудерживающей способностью и менее подвержена механической кольматации.

Наружное давление смятия и внутреннее давление разрыва. Количественная величина и важность этих характеристик определяются в первую очередь условиями установки и эксплуатации противопесочного фильтра. Величина давления смятия становится актуальной, когда вокруг противопесочного фильтра создается гравийный массив, т. е. забойный гравийный фильтр, по одной из технологий, требующей высокого давления закачки гравийно-жидкостной смеси (например, frack pack или high rate water pack). Особенно актуальна величина сминающего давления для бескаркасных фильтров. Величина внутреннего давления разрыва может быть актуальной, если предполагается нагнетание

жидкостей в пласт с высокими скоростями.

Нагрузка на растяжение. Данная характеристика будет актуальной как для бескаркасных фильтров в силу их конструкции с приварными присоединительными элементами, так и для противопесочных фильтров с базовой трубой, так как при существенном количестве перфорационных отверстий предельная растягивающая нагрузка для такой трубы будет существенно меньше, чем для неперфорированной трубы такого же диаметра.

С оставшимися характеристиками (допустимый радиус изгиба и допустимый крутящий момент) вопросов обычно не возникает, но это не делает их менее значимыми. От радиуса изгиба зависит размер щелей у противопесочных фильтров с проволоочной обмоткой, а допустимый крутящий момент более актуален для бескаркасных фильтров, и не всегда его величина связана только с типом присоединительных резьб на фильтре.

ВЫВОДЫ

Приведенные характеристики противопесочных фильтров могут рассматриваться в качестве основных, непосредственно влияющих на качество, но не исчерпывающих. Сертификация противопесочных фильтров на со-

ответствие требованиям стандартов, регламентирующих их технические характеристики, позволит производителям поднять свою продукцию на новый качественный уровень, а заказчикам – избежать приобретения и установки фильтров, имеющих недостатки конструкции или изготовления, с низкими прочностными характеристиками, не соответствующими данным геолого-техническим условиям.

Как уже было отмечено, в настоящий момент национальные стандарты в области противопесочных фильтров и контроля пескопроявлений в нефтяных и газовых скважинах отсутствуют. Но существуют отдельные нормативно-технические документы и технологические регламенты организаций на проведение работ в области контроля пескопроявлений и установки противопесочных фильтров.

Для того чтобы сертификат ответственности на противопесочный фильтр реально подтверждал его качественные характеристики, необходимы разработка и принятие соответствующих стандартов, в которых были бы регламентированы характеристики противопесочных фильтров, их минимальные значения для различных геолого-технических условий и методики их определения. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилко В.М., Алексеев В.С. Фильтры буровых скважин. М.: Недра, 1985. 334 с.
2. Сьюмен Д., Эллис Р., Снайдер Р. Справочник по контролю и борьбе с пескопроявлениями в скважинах. М.: Недра, 1986. 176 с.
3. ГОСТ 32504–2013 (ISO 17824:2009). Нефтяная и газовая промышленность. Оборудование скважинное. Фильтры противопесочные. Общие технические требования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200110381> (дата обращения: 20.02.2018).
4. ISO 17824:2009. Petroleum and Natural Gas Industries. Downhole Equipment. Sand Screens [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.iso.org/ru/standard/44632.html> (дата обращения: 20.02.2018).
5. Gillespie G. Collapse and Burst Test Methods for Sand Screens // SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Denver, 2008, SPE-116094-MS [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-116094-MS> (дата обращения: 20.02.2018).
6. Казарян В.П., Куделин Ю.И., Пятахин М.В. и др. Анализ работы гравийно-намывных фильтров в скважинах ПХГ // Наука и техника в газовой промышленности. 2007. № 1. С. 35–44.

REFERENCES

1. Gavrilko V.M., Alekseev V.S. Borehole Filters. Moscow, Nedra, 1985, 334 p. (In Russian)
2. Suman G., Ellis R., Snyder R. Sand Control Handbook. Moscow, Nedra, 1986, 176 p. (In Russian)
3. State Standard GOST 32504–2013 (ISO 17824:2009). Petroleum and Natural Gas Industries. Downhole Equipment. Sand Screens. Liquid Centrifugal Separators. General Technical Requirements [Electronic source]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/1200110381> (access date: February 20, 2018). (In Russian)
4. ISO 17824:2009 Petroleum and Natural Gas Industries. Downhole Equipment. Sand Screens [Electronic source]. Access mode: <https://www.iso.org/ru/standard/44632.html> (access date: February 20, 2018).
5. Gillespie G. Collapse and Burst Test Methods for Sand Screens. SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Denver, 2008, SPE-116094-MS [Electronic source]. Access mode: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-116094-MS> (access date: February 20, 2018).
6. Kazaryan V.P., Kudelin Yu.I., Pyatakhin M.V., et al. Analysis of Gravel-Precoat Filters Functioning in the Wells of the Underground Gas Storages. Nauka i tekhnika v gazovoy promyshlennosti = Science and Technology in the Gas Industry, 2007, No. 1, P. 35–44. (In Russian)