УДК 622.276

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ МЕТОДИКИ ПОДБОРА ЩЕЛЕВЫХ РАСШИРЯЕМЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ

DEVELOPING THE TECHNIQUES FOR SELECTION OF SLOTTED EXPANDABLE SCREENS FOR SAND CONTROL

В. Е. Ханжина, В. В. Коновалов
V. E. Khanzhina, V. V. Konovalov

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Ключевые слова: ***пескопроявление, щелевой расширяемый фильтр, прочностные расчеты щелевых трубных изделий, метод конечных элементов***

Key words: ***sand control, slotted expandable sand screen, strength calculations of slotted tubular goods, finite element method***

В современных условиях добычи нефти проблема выноса песка из терригенных коллекторов является актуальной даже для тех регионов, добыча углеводородов в которых до недавнего времени не осложнялась пескопроявлением. Согласно данным ОАО «Гипровостокнефть» в Самарской области первые случаи отказов погружного оборудования в результате повышенного содержания количества взвешенных частиц в добываемой продукции были зафиксированы в 2002 году [1]. Такой эффект был вызван форсированным отбором жидкости на некоторых месторождениях высоковязкой нефти северной группы Самарской области. Это объясняется разрушением слабо- и среднеконсолидированных терригенных пород призабойной зоны. Данная проблема особенно актуальна на месторождениях высоковязкой нефти из-за повышенных депрессий на пласт. Пескопроявление стало основной причиной отказа УЭЦН на Славкинском нефтяном месторождении, что экспериментально доказано исследованием образца шламовых отложений физико-аналитическими методами с применением высокоточного оборудования [2].

К наиболее распространенным методам предотвращения суффозии относится экранирование поверхности породы механическими фильтрами различной конфигурации [3].

Механические фильтры без гравийной упаковки имеют ряд достоинств: простота установки и сравнительно невысокая стоимость. К недостаткам относятся низкие (по сравнению с гравийной упаковкой) показатели эффективности и надежности. Снижение эффективности и надежности обусловлено большим зазором между фильтром и стенкой скважины, который в процессе эксплуатации заполняется мелкодисперсными частицами, в результате чего на поверхности фильтра образуется практически непроницаемая корка. Для устранения данной проблемы были изобретены гравийные упаковки и расширяемые фильтры.

Несмотря на то, что гравийные упаковки зарекомендовали себя как эффективный и надежный способ борьбы с пескопроявлением, сложность эксплуатации и высокая стоимость установки ограничивают применение данного метода.

Системы щелевых расширяемых фильтров ESS, разработанные компанией Weatherford, зарекомендовали себя в мировой нефтедобывающей промышленности как эффективный и надежный метод контроля пескопроявления. Более того, известны случаи, когда щелевые расширяемые фильтры (ЩРФ) успешно эксплуатировались в скважинах, где гравийная упаковка оказалась неэффективной [4].

Высокая продуктивность скважин, оборудованных ESS, объясняется большой площадью, открытой для фильтрации, что приводит к уменьшению скин-эффекта. Контакт поверхности фильтра со стенкой скважины направлен на быструю стабилизацию пласта и минимизацию движения частиц песка возле фильтра [5]. Более того, по сравнению с гравийными упаковками ЩРФ более просты в установке и эксплуатации.

Впервые данная технология была применена в конце 90-х годов XX века. К 2009 году зафиксировано уже более 570 внедрений ESS [6] с отказами на начальной стадии эксплуатации менее 5 %.

В основе системы ESS лежит щелевой расширяемый трубчатый элемент, в котором щели располагаются продольно (вдоль оси) по всей длине трубы. При расширении щели открываются в форме «бриллианта», что обеспечивает максимальную площадь фильтрации. Типичная расширенная щелевая труба представлена на рис. 1.

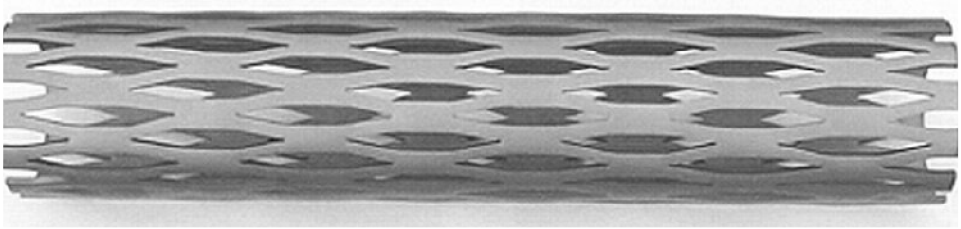

Рис. 1. ***Расширенная щелевая труба***

Отсечение песка в этой системе обеспечивается использованием проволочной сетки датского или голландского саржевого плетения «датский твил». Сетка защищена во время установки и эксплуатации фиксирующим слоем. Таким образом, система состоит из трех слоев.

Несмотря на то, что фильтры ESS были разработаны для скважин с открытым забоем, они вполне успешно используются и в обсаженных скважинах.

На сегодняшний день разработки отечественных конструкций подобного рода отсутствуют, методика подбора оптимальной конструкции фильтра к конкретной скважине является коммерческой тайной зарубежных компаний.

Методика подбора ЩРФ для предотвращения пескопроявления требует выбора программного обеспечения для надежного расчета перфорированных трубных изделий, определения типичного гранулометрического состава выносимой породы и соответствующей конфигурации сетчатого слоя фильтра, установления зависимости прочностных характеристик фильтра от его геометрических параметров в пластовых условиях (размер и количество щелей, толщина стенки основной перфорированной трубы, процент расширения фильтра), а также расчета скин-эффекта при различных вариантах перфорации.

Первым этапом создания методики подбора конструкционных особенностей ЩРФ является выбор метода и соответствующего программного обеспечения для получения надежных данных прочностных расчетов.

В настоящее время утвержденная расчетная документация с описанием методики по определению прочностных характеристик перфорированных труб отсутствует. Существуют лишь отечественные и зарубежные стандарты по расчету обсадных труб и изделий на их основе (ГОСТ 632-80, API Bull 5C3), в которых влияние перфорации на прочность трубы не рассматривается. Значительное количество информации о поведении перфорированной трубы может быть получено с помощью метода конечных элементов (МКЭ) при моделировании в программном обеспечении ANSYS [7]. Например, уровень напряжений, установленный в течение расширения перфорированного элемента, очень неравномерный, пластическая деформация концентрируется в области конца щелей. Результаты моделирования перфорированного трубного элемента представлены на рис. 2.

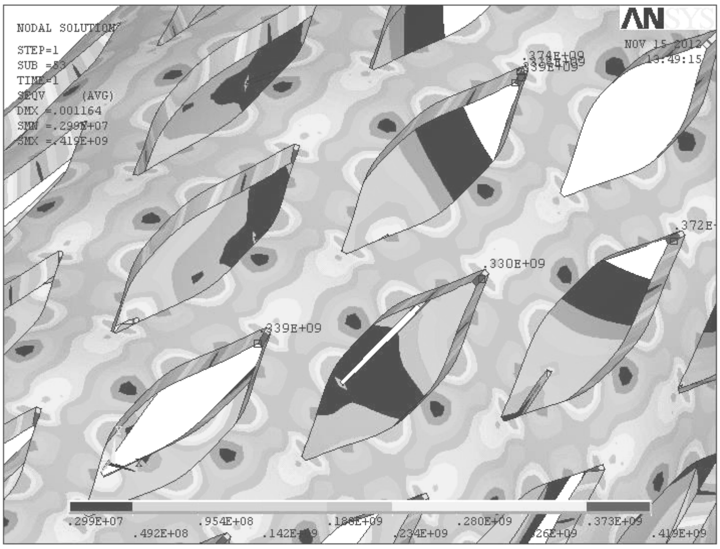
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =53
TIME=1
SEQV (AVG)
DMX =.001164
SMN =.299E+07
SMX =.419E+09
ANSYS
NOV 15 2012
13:49:15
.374E+09
.339E+09
.372E+
.330E+09
.339E+09
.299E+07
.492E+08
.954E+08
.142E+09
.188E+09
.234E+09
.280E+09
.326E+09
.373E+09
.419E+09

Рис. 2. ***Распределение напряжений расширенной перфорированной оболочки***

Для получения корректных результатов прочностных расчетов МКЭ необходимо задать минимальную длину модели и минимальное количество элементов.

С целью установления минимальной длины исследуемого образца, при которой в соответствии с теорией С. П. Тимошенко будет получен верный результат расчета критических нагрузок, была использована труба диаметром 146 мм с толщиной стенки 9,5 мм [8]. После анализа полученных данных (рис. 3) необходимо отметить, что при смятии малого участка трубы, длина которого не превышает 5 его диаметров, получаемый результат соответствует результатам не длинной трубы, а так называемого кольца (длина которого равна его диаметру).

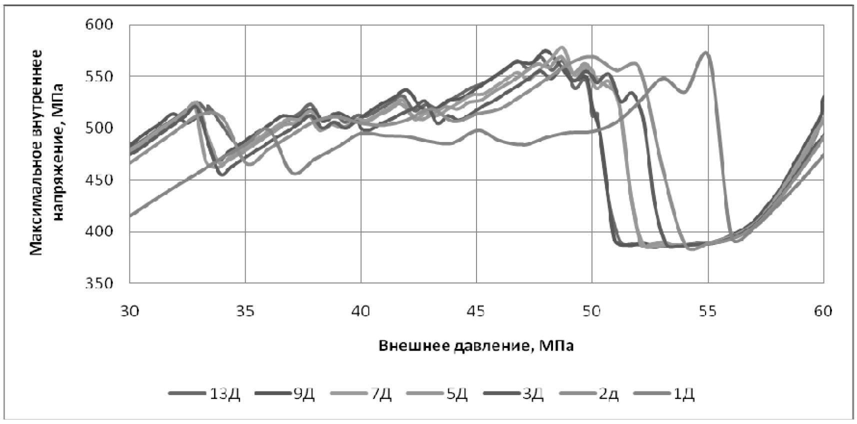

Рис. 3. ***Изменение внутренних напряжений в стенке трубы по Р. Мизесу под воздействием внешнего давления (30–60 МПа) для разных длин образцов [8]***

В настоящей работе (рис. 4) приведены результаты сопоставления критических нагрузок, рассчитанных по заложенной в ГОСТ 632-80 методике Г. М. Саркисова, с результатами критических нагрузок, полученных в программном обеспечении ANSYS методом конечных элементов при задании разной точности сетки модели (от 1 000 до 100 000 элементов при моделировании трубы длиной 650 мм и наружным диаметром 127 мм с толщиной стенки 5,6 мм).

С допустимой погрешностью (приблизительно 4 %) получено значение критического давления достижения конструкцией предела текучести (18,4 МПа) при сетке с количеством элементов 100 тысяч, критическое давление, найденное по формуле Г. М. Саркисова для тех же условий, составляет 17,7 МПа. Однако, анализируя зависимость критического давления от количества элементов, можно заметить, что адекватный результат был получен уже при сетке в 38 тысяч элементов, погрешность составила около 8 %, в то время как увеличение сетки с 38 тысяч до 100 тысяч элементов приводит к росту затрачиваемого на решение задачи машинного времени в 6–8 раз.

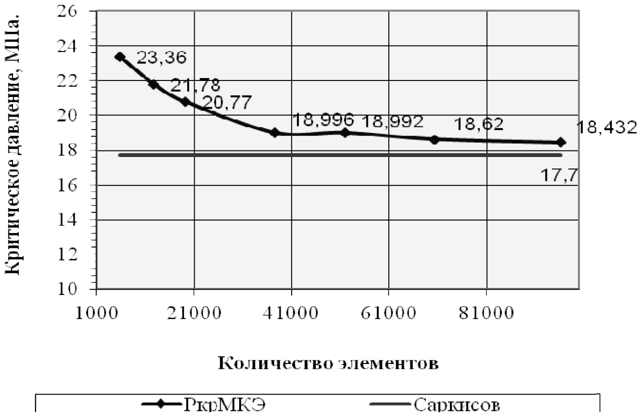

Рис. 4. ***Зависимость критического давления от количества элементов***

Таким образом, можно сделать определенные выводы.

- Щелевой расширяемый фильтр является высокоэффективной конструкцией для контроля пескопроявления, в то же время разработки отечественных конструкций подобного рода и методики их подбора к конкретной скважине на сегодняшний день отсутствуют.
- Для получения корректных результатов прочностных расчетов методом конечных элементов в программном обеспечении ANSYS необходимо задание минимальной длины модели и минимального количества элементов. При смятии малого участка трубы, длина которого не превышает 5 его диаметров, получаемый результат соответствует результатам не длинной трубы, а так называемого кольца. Приведенные результаты сопоставления критических нагрузок, рассчитанных по заложенной в ГОСТ 632-80 методике Г. М. Саркисова, с результатами критических нагрузок, полученных в программном обеспечении ANSYS методом конечных элементов при задании разной точности сетки модели (от 1 000 до 100 000 элементов при моделировании трубы длиной 650 мм и наружным диаметром 127 мм с толщиной стенки 5,6 мм) говорят о том, что адекватное значение было получено уже при сетке в 38 тысяч элементов (погрешность составила около 8 %).
- Исследования, проводимые в настоящее время, могут быть использованы для построения модели в программном обеспечении ANSYS с целью дальнейших прочностных расчетов щелевых трубных изделий, используемых для изготовления ЩРФ.

Список литературы

1. Альтернативы решения проблемы пескопроявления при добыче высоковязких нефтей на месторождениях севера Самарской области/ В. И. Колганов, А. С. Немков, Г. А. Ковалева, В. Ю. Пилягин, А. А. Фомина, Д. А. Майданик // Разработка, эксплуатация и обустройство нефтяных месторождений. Сборник научных трудов. – № 64 – 2005. – С. 20-36.
2. Проблема выноса песка на месторождениях нефти и защита скважин с помощью щелевых расширяющихся фильтров / С. Н. Кантария, В. А. Ольховская, В. Е. Ханжина, В. Б. Иванов // Нефтепромысловое дело. – № 5. – 2012. – С. 44-47.

3. Башкатов А. Д. Прогрессивные технологии сооружения скважин. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 554 с.

4. An Alternative Wellbore Stabilization and Sand Control Technology – Application of Expandable Sand Control System in multi-lateral Wells/ J.L. Wang, S. Aitken, G. Ren and M. Yuan // SPE Paper no 80445, SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, Jakarta, 2003.

5. Expandable Sand Screen Selection, Performance and Reliability: A Review of the First 340 Installations/ C. Jones, M. Tollefsen, P. Metcalfe, J. Cameron, D. Hillis and Q. Morgan// SPE Paper no 97282, Middle East Drilling Technology Conference, Dubai, U.A.E., 2005.

6. The use of slotted expandable technology for sand control applications / Badrak R. P., Hillis D. J. and Howie W. R. // Corrosion. – 2005, Paper no. 05125.

7. Лицезия ANSYS Multiphysics, пользовательский номер № 620214.

8. К вопросу о потере несущей способности трубных изделий и изделий на их основе под действием внешнего давления / В. Е. Ханжина, Д. А. Аверьянов, С. Н. Кантария // Нефтепромысловое дело, 2014.

Сведения об авторах

Ханжина Василина Евгеньевна, *ассистент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», Самарский государственный технический университет», г. Самара, тел. 89277505114, e-mail: Khanzhinave@gmail.com*

Коновалов Виктор Викторович, *к. х. н., заведующий кафедрой «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», Самарский государственный технический университет, г. Самара, тел. 89277285507, e-mail: Konovalov-samgtu@yandex.ru*

Khanzhina V. E.*, assistant of the chair «Development and operation of oil and gas fields», Samara State Engineering University, phone: 89277505114, e-mail: Khanzhinave@gmail.com*

Konovalov V. V. *Candidate of Sciences in Chemistry, head of the chair «Development and operation of oil and gas fields», Samara State Engineering University, phone: 89277285507, e-mail: Konovalov-samgtu@yandex.ru*

Проектирование, сооружение и эксплуатация систем трубопроводного транспорта

УДК 519.63+533.6

ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХМЕРНОГО ВОСХОДЯЩЕГО ЗАКРУЧЕННОГО ПОТОКА ГАЗА

NUMERICAL CALCULATION OF VELOCITY CHARACTERISTICS OF 3D UPWARD SWIRLING FLOW OF GAS

Л. В. Абдубакова, А. Г. Обухов
L. V. Abdubakova, A. G. Obukhov

Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень

Ключевые слова: ***система уравнений газовой динамики, полная система уравнений Навье — Стокса, краевые условия***
Key words: ***system of equations of gas dynamics, complete system of Navier-Stokes equations, boundary conditions***

Для описания сложных течений газа используются модели упругой сплошной среды, основанные на численном решении полной системы уравнений Навье — Стокса [1]. Подобного рода решения наиболее адекватно описывают физические процессы в указанных течениях, поскольку в них учитываются диссипативные свойства упругой сплошной среды — вязкости и теплопроводности.

Теоретические и численные исследования, проведенные в работах [2–6], подтвердили предложенную в [7] общую схему возникновения и последующего функционирования восходящего закрученного потока. В указанных работах были изучены течения газа в разных частях восходящего закрученного потока. Основная