

**СЕКЦИЯ 4. НОВЕЙШИЕ СИСТЕМЫ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ПОДВОДНОГО ИЗУЧЕНИЯ ШЕЛЬФА АРКТИКИ
И ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ**

здесь $b_1 = \frac{a_2 a_7 - a_3 a_6}{a_1 a_2 - a_6^2}$, $b_2 = \frac{a_1 a_3 - a_7 a_6}{a_1 a_2 - a_6^2}$, а коэффициенты m_0 , a_j^i определены в [1].

Уравнения (5) дополняются граничными условиями:

$$W^{(i)} = 0, \quad \partial^2 W^{(i)} / \partial \xi^2 = 0 \quad \text{при} \quad \xi = \pm 1. \quad (6)$$

Решение уравнений (3) с условиями (4) определялось для режима установившихся гармонических колебаний в виде $T = A_T \cos \tau + B_T \sin \tau$. Под T понимаются P , U_ξ , U_ζ , коэффициенты A_T , B_T для P зависят только от ξ , а для U_ξ , U_ζ они зависят от ξ и ζ . Решение уравнений (5) с учетом условий (6) определялось в виде

$$w_i^{(i)} = w_m^{(i)} W^{(i)} = w_m^{(i)} \sum_{k=1}^{\infty} \left(R_k^{0(i)} + R_k^{(i)}(\tau) \right) \cos((2k-1)\pi\xi/2), \quad i = 1, 2 \quad (7)$$

здесь верхний индекс 0 означает решение, соответствующие давлению p_0 .

Таким образом, составлена математическая модель для исследования колебаний упругих трёхслойных стенок и давления жидкости, обусловленного ее сдавливанием трехслойными упругими стенками канала. Данная модель позволяет исследовать колебания стенок канала при заданном на его торце гармоническом законе пульсации давления, а также определять резонансные частоты колебаний.

Литература

1. Горшков, А.Г. Механика слоистых вязкоупругопластических элементов конструкций. М.: Физматлит, 2005. – 576 с.
2. Могилевич Л.И., Попов В.С., Христофорова А.В. Математические вопросы гидроупругости трехслойных элементов конструкций. Саратов: Изд-во КУБиК, 2012. 123 с.
3. Ageev R.V., Mogilevich L.I., Popov V.S., Popova A.A., Kondratov D.V. Mathematical model of pulsating viscous liquid layer movement in a flat channel with elastically fixed wall // Applied Mathematical Sciences. 2014. Т. 8. № 157-160. С. 7899-7908.
4. Могилевич Л.И., Попов В.С. Прикладная гидроупругость в машино- и приборостроении. Саратов: Саратовский ГАУ, 2003. 156 с.

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПАКЕРОВ ДЛЯ МАНЖЕТНОГО
ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ СКВАЖИН**

И.А. Сугаков

Научный руководитель старший преподаватель А.В. Епихин

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия**

Все большую популярность приобретает заканчивание открытым стволом с применением манжетного цементирования или просто с использованием фильтров. То есть заканчивание без цементирования выскрытого интервала продуктивного пласта. В этих условиях становятся особо важными задачи разобщения пластов. Прежде всего, если скважина с горизонтальным участком ствола большой протяженности, то разобщение пластов применяется для выравнивания профиля притока, чтобы не возникал приток воды из напорных горизонтов к передней части

скважины. Для отдельной эксплуатации объектов и отдельного нагнетания также необходимо осуществлять изолирование объектов. Изоляция объектов может применяться и как способ борьбы с осложнениями процесса бурения: зоны поглощения, газовые шапки, зоны обводнения, зоны трещиноватости, зоны повышенной проницаемости. Решить эти задачи позволяют заколонные пакеры.

Одной из проблем строительства боковых стволов скважин является непосредственно крепление этого ствола. Как правило, крепление вторых стволов скважин осуществляется путем спуска и цементирования потайной обсадной колонны - «хвостовика». Особое значение при этом приобретает надежное разобщение пластов при цементировании скважины. Рациональным решением этой проблемы является крепление скважин с применением заколонных проходных пакеров. Конструкция пакера предусматривает надежное крепление уплотнительного элемента пакера к его корпусу. Непосредственно уплотнительный элемент пакера перекрывающий затрубное пространство выдерживает перепады давления между разобщающимися зонами в несколько раз больше, чем цементное кольцо аналогичной высоты [1].

Заколонные пакеры уже на протяжении 25-30 лет считаются основным способом изоляции заколонного пространства или разобщения пластов. Самый простой вариант - это пакер, сделанный на несущей трубе из химически активного материала, то есть метилбутадиеновая резина или что-то подобное, который при попадании в углеводородную среду или в среду раствора при достижении определенной температуры разбухает, увеличивается в объеме в 2-3 и более раз. Это простая система, не требующая никаких дополнительных работ. Второй уровень - это пакеры, используемые сейчас при спуске расширяемых систем, то есть систем, которые допускаются и развальцовываются либо механически, либо давлением. На третьем уровне находится надувной пакер, внутренняя часть которого заполнена химически активным материалом. То есть берется пакер первого уровня и помещается в стандартную резиновую оболочку стандартного заколонного пакера. И четвертый уровень - этот известный надувной заколонный пакер, который раздувается либо раствором, либо цементом. Для того чтобы он держал максимальный перепад давления рекомендуем раскреплять его цементом. Заколонный надувной пакер, раскрепленный цементом, до сих пор в отрасли считается самым надежным барьером.

Проведем сравнительный анализ гидравлических пакеров применяемых при цементировании скважин.

Известен пакер двухступенчатого и манжетного цементирования ПДМ, разработанный ОАО НПО «Буровая техника» - ВНИИБТ, содержащий уплотнительный элемент и клапанный узел. Уплотнительный элемент содержит корпус, резинотканевый или резинотросовый уплотнитель, надетый на корпус и герметично соединенный с ним с помощью обжимных колец. Клапанный узел включает: корпус с каналами и отверстиями, нижнюю втулку с кольцом, уплотнительными кольцами и впускными отверстиями, установленную в корпусе на срезных винтах; втулку с уплотнительными кольцами и отверстиями, установленную внутри нижней втулки на срезных штифтах; верхнюю втулку с уплотнительными кольцами, седлом и кольцом, установленную на срезных штифтах на гильзе с разрезным пружинным фиксатором и фиксирующими канавками. Для соединения с обсадными трубами пакер имеет верхний и нижний переводники [3].

**СЕКЦИЯ 4. НОВЕЙШИЕ СИСТЕМЫ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ПОДВОДНОГО ИЗУЧЕНИЯ ШЕЛЬФА АРКТИКИ
И ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ**

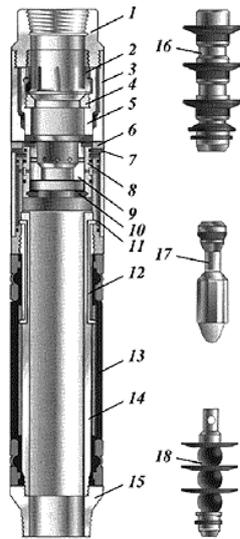


Рисунок 1 - Заколонный гидравлический пакер типа ПДМ для ступенчатого и манжетного цементирования скважин: 1 — переводник верхний; 2 — втулка защитная; 3 — корпус патрубка; 4 — седло верхнее; 5 — втулка верхняя; 6 — отверстие циркуляционное; 7 — винт срезной; 8 — втулка нижняя (верхняя); 9 — седло нижнее; 10 — кольцо упорное; 11 — канал корпуса впускной; 12 — канал осевой; 13 — уплотнитель рукавный; 14 — патрубок уплотнителя; 15 — переводник нижний; 16 — пробка запорная; 17 — пробка падающая; 18 — пробка продавочная

Эффективность пакера доказана в цементировании скважин на месторождениях Северного Кавказа, Пермской области и шельфа Вьетнама и заключается в следующих факторах: простота конструкции и отсутствие дополнительных пробок; надежное сохранение давления между корпусом и уплотнителем пакера.

Пакеры ПДМ, в зависимости от конструкции скважины и вида цементирования, применяются: при двухступенчатом цементировании обсадных колонн в скважинах, с углом наклона не более 30° до места установки пакера; при манжетном цементировании обсадных колонн в вертикальных, наклонно направленных и горизонтальных участках ствола скважины.

Таким образом, применением пакеров типа ПДМ для манжетного цементирования и создания конструкции открытого забоя скважины кроме повышения качества ее крепления позволяет сократить время ее заканчивания, причем исключается загрязнение продуктивного пласта тампонажным раствором и, следовательно, увеличивается продуктивность скважины [1].

Пакер ПГМЦ состоит из двух объединенных в одно целое устройств: гидравлического пакера и цементировочной муфты. Муфтовая часть устройства представляет собой систему механически связанных между собой втулок, закрепленных на срезных винтах, перекрывающих цементировочные отверстия и вход в подрукавную полость. Муфтовая часть устройства состоит из следующих частей: в корпусе 1 на срезном винте 5 размещена перекрывающая втулка 2, с закрепленным в ней седлом 4 под полуку цементировочную пробку. Втулка снабжена фиксатором 3. Цементировочные отверстия 7 перекрыты втулкой 6 размещенной внутри корпуса 1, на срезном винте 8. Втулка 6 механически связана с расположенной ниже втулкой 9, с седлом под шар 11. Втулка 6 закреплена срезным винтом 10 и перекрывает доступ жидкости в пакерную часть устройства. Конструкция пакерной части устройства аналогична конструкции пакера ППП.

Устройство работает следующим образом. Перед цементированием вовнутрь транспортировочной колонны сбрасывается шар диаметром 25 мм, который прокачивается до посадки в седло 11. Повышением давления до 4.0 МПа± 10% срезаются срезные винты 10, втулка 9 перемещается вниз, до упора в буртик связанной с ней втулки 6, открывая таким образом доступ жидкости к клапанной системе 12 пакерной части устройства. После этого давление сбрасывается до 0, и клапанная система подготавливает пакер к срабатыванию. При повторном

наращивании давления до 6-8 МПа, рукав 13 раздувается, герметично разобщая цементируемую и нецементируемую части хвостовика по затрубному пространству. Последующий сброс давления до 0 переключает клапанную систему и закрывает доступ жидкости в пакерную часть устройства. Следующим циклом повышения давления до 12.0 МПа (давление открытия регулируется путем выворачивания срезных винтов) разрушаются срезные винты 8 и втулка 6 смещается вниз открывая цементируемые окна 7. После затворения и продавки тампонажного раствора, полая цементируемая пробка (совместно с верхней цементируемой пробкой) садится в гнездо 4, и повышением внутреннего избыточного давления до 5 МПа срезные винты 5 разрушаются и втулка 2 перемещается вниз, перекрывая цементируемые окна 7. От обратного перемещения при разбурировании втулка фиксируется фиксатором 3.

Пакеры ПГМЦ2 и ПГМЦ4 работают аналогичным образом, но они не требуют сброса давления для подготовки клапанной системы к пакеровке [2].

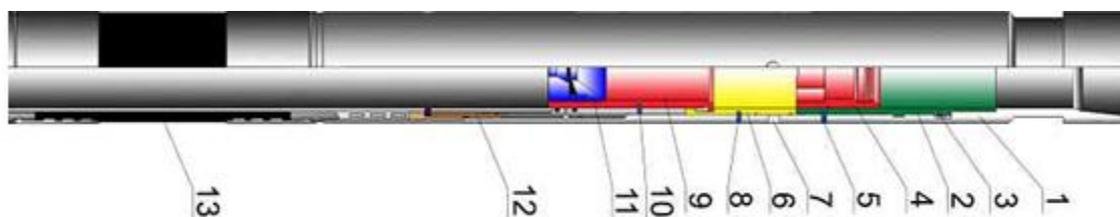


Рисунок 2 – Пакер гидравлический ПГМЦ

Пакер типа ПЗГ предназначен для установки в составе обсадной колонны как в интервале цементирования, так и вне его, для обеспечения надежной изоляции продуктивных пластов. Кроме функции разобщения пластов и предотвращения межпластовых перетоков жидкостей и газа пакер обеспечивает оптимальные условия для формирования цементного кольца в прилегающей к пакеру зоне затрубного пространства. В частности, исключает возможность проникновения газа и агрессивных жидкостей в твердеющую тампонажную смесь, центрирует обсадную колонну в скважине и вызывает образование над ним зоны седиментационного уплотнения смеси [3].

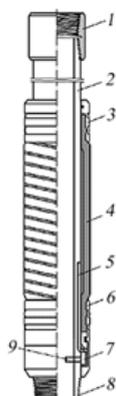


Рисунок 3 – Пакер типа ПЗГ: 1 — муфта обсадной колонны; 2 — корпус; 3 — подвижный обжимной стакан; 4 — уплотнительный элемент; 5 — канал для подвода жидкости; 6 — неподвижный обжимной стакан; 7 — узел клапанный; 8 — резьба обсадных труб; 9 — полый срезной штифт

В составе обсадной колонны, при необходимости, может быть больше одного пакера типа ПЗГ. Пакер может быть использован отдельно, а также совместно с муфтой ступенчатого или манжетного цементирования.

СЕКЦИЯ 4. НОВЕЙШИЕ СИСТЕМЫ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОДВОДНОГО ИЗУЧЕНИЯ ШЕЛЬФА АРКТИКИ И ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

По своему назначению и способу приведения в действие пакер типа ПКЗ аналогичен серийному пакеру типа ППП и отличается меньшей длиной, весом, отсутствием в проходном канале подвижных деталей, которые могут быть сдвинуты или повреждены в процессе эксплуатации. Кроме того, отличительной особенностью этого пакера является возможность его использования вне зоны цементирования, пакеровка давлением, не превышающим допустимого для уплотнительного элемента и возможность ступенчатой пакеровки с разрывом во времени после цементирования.

Пакер типа ПЗМ предназначен для обеспечения высокой технологичности изоляции продуктивного пласта перед гидравлическими разрывами или нагнетанием вытесняющих агентов при особо интенсивных режимах эксплуатации скважин.

Пакер гидравлический проходной для предотвращения межпластовых перетоков типа ППП предназначен для надежной изоляции газонефтеводоносных пластов. Пакер состоит из двух основных узлов: рукавного уплотнителя и клапанного узла. ППП, ППП1 и ППП6 оснащены клапанной системой с пружиной. Пакер работает следующим образом: при прохождении через пакер цементировочной пробки она сбивает полый штифт, открывая доступ жидкости в клапанный узел. Таким образом, производится подготовка к срабатыванию. После получения сигнала «стоп» и сброса давления происходит подготовка клапанной системы к процессу пакеровки, и при последующем повышении давления в колонне жидкость из обсадной колонны поступает в подрукавную полость. После сброса давления в пакерах ППП, ППП1 и ППП6 клапанная система переключается и отсекает жидкость в подрукавной полости, сохраняя ее объем под рукавом. В пакере ППП2 при достижении заданного давления происходит автоматическое закрытие клапанной системы без сброса давления.

Преимущества данной модели в том, что пакер после срабатывания не перекрывает проходного канала обсадной колонны. На обсадной колонне может быть установлено несколько пакеров. Имеется двойная защита от преждевременного срабатывания во время спуска хвостовика. Возможность допакеровки в процессе ее освоения. Не требуется перепада заколонного и внутриколонного давлений

Пакер MPas прост в установке за счет того, что не требуется проведения дополнительных операций: ни дополнительных рейсов, ни манипуляций с колонной и давлением. То есть после попадания в целевой пласт он в нужное время сам себя активизирует. При этом время распакерки, в зависимости от того, какая среда присутствует в скважине, может занимать до двух месяцев. У расширяемых пакеров достаточно специфичная область использования. Применяются они обычно в компоновке с расширяемыми фильтрами или с пластырями с колоннами, или с глухими расширяемыми трубами для отсечения интервала в открытом стволе. Основное преимущество этой системы состоит в том, что, например, не для эксплуатационного интервала, а для продолжения бурения, расширяемые системы дают вам максимальное внутреннее проходное отсечение. Известны случаи, когда даже без потери диаметра продолжалось бурение [4].

Гидромеханический пакер NPaS. Он гидростатический, что означает, что после того как он приводится в действие, гидростатика, то есть столб жидкости, которая находится в стволе, его распакерывает. Гидростатическая камера с поршнем, приводимым в действие механически (внутренняя колонна с толкателем) или гидравлически. Поршень в сочетании с храповым кольцом позволяет

прикладывать дополнительное усилие распаковки на протяжении всего срока службы. В случае большинства пакеров после посадки уже нет возможности воздействия на пакер. У данного пакера гидростатическая камера в процессе всего срока службы скважины остается открытой, поэтому при любом перепаде давления в скважине или если есть необходимость, его можно добавить.

Данный пакер не надувной, резиновый элемент цельный, то есть отсутствует опасность его разрыва при спуске через окно в боковой ствол. Это цельная резина, которая в зависимости от типоразмера либо четырех-, либо шестислойная, с усилением из других материалов (тефлон, металлическая оплетка). Пакер обеспечивает долговременное разобщение пластов при наличии или отсутствии цемента. Испытания каждого существующего типоразмера проводятся в овальных трубах на стенде, для того чтобы симулировать ситуацию некалиброванного открытого ствола.

Из минусов этого пакера нужно отметить следующее - в нескольких типоразмерах за счет сложной конструкции пакера (несколько внутренних цилиндров, внутренних гильз) идет небольшое сужение внутреннего диаметра по сравнению с аналогичной колонной.

Анализ конструкций пакеров показывает, что условия проводки скважины определяют выбор оборудования. В случае пакеров при выборе необходимо учитывать следующие факторы: рабочие давления, длительность использования, важность сохранения диаметра скважины, категория работ, при которых должен быть использован пакер.

Литература

1. Абубакиров В.Ф. Комплектуемое оборудование для бурения и ремонта скважин. //Оборудование буровое противовыбросовое и устьевое.- М., 2007 г. – Т.2. - С. 550 – 732.
2. Овчинникова В.П., Грачев С.И., Фролова А.А. Разобщение продуктивных пластов. Цементирование скважин. //Справочник бурового мастера. – М., 2006 г. - Т.2. - С. 485 – 608.
3. Материалы с сайта <http://www.ngpedia.ru/id582797p1.html>
4. Материалы с сайта <http://masters.donntu.org/2008/ggeo/molchanyuk/library.htm>

ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ ТОМСКОГО ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА ПО ВЫПУСКУ МОРОЗОСТОЙКИХ СПЕЦСТАЛЕЙ И СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В АРКТИЧЕСКОМ ИСПОЛНЕНИИ

Н.В. Харитонов, Б.С. Страхов, А.В. Мананков

Научный руководитель профессор А.В. Мананков

***Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия***

Металлургия железа появилась тысячи лет назад. Железо и его сплавы - это основа современной технологии и техники, они занимают первое место и в ряду конструкционных металлов. Западно-Сибирский железорудный бассейн открыт практически случайно, начиная с опорной скважины около Колпашева при разведке нефти в 1950-ом году. За первые 10 лет выявлена форма бассейна, он в виде дугообразной полосы шириной 100-180 м прослежен на 2000 км в северо-восточном направлении от истоков р. Омь до севера Красноярья (рис. 1).