

**К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ НАДУВНЫХ ПАКЕРОВ  
МНОГОРАЗОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ**  
ON APPLICATION OF REUSABLE INFLATABLE PACKERS

**В. Н. Светашов, С. А. Фролов, Д. Д. Водорезов**  
V. N. Svetashov, S. A. Frolov, D. D. Vodorezov

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

*Ключевые слова: пакер; разобщение в скважине; ремонт скважин;  
герметизирующий элемент*  
*Key words: packer; separation in the well; workover; the sealing element*

В процессе бурения, освоения или капитального ремонта нефтяных и газовых скважин часто возникает необходимость постоянного или временного разобщения скважин на отдельные участки. Для этих целей применяют специальное оборудование — пакеры.

Пакеры широко применяют при проведении различных технологических операций: гидравлическом разрыве пластов, кислотных и термических обработках пласта, водогазоизоляционных работах, при испытании и т. д.

В настоящее время все большую популярность получают наливные (надувные) пакеры, у которых герметизирующий элемент представляет собой оболочку, закрепленную на корпусе или выполненную заодно с ним. При этом оба ее конца или один неподвижны. Разобщение в скважине достигается за счет растяжения и прижатия оболочки к стенкам скважины под действием избыточного давления закачиваемой или находящейся в скважине жидкости [1].

В России разработкой надувных пакеров начали заниматься около 50 лет назад. Первые опытные образцы данного вида пакеров были созданы в результате совместных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ НПО «Буровая техника» — ВНИИБТ и Научно-исследовательского института резиновой промышленности «НИИРП» диаметром 168 мм и предназначались они для испытателей пластов в нефтяных и газовых скважинах. В лабораторных условиях [1, 2] надувные пакеры обеспечивали герметичное разобщение в металлической трубе стенда при перепадах давления до 23 МПа. В промышленных условиях герметичной пакеровки также достигали в скважинах диаметром 190 и 214 мм. При этом величина отношения диаметра скважины к диаметру пакера доходила до 1,29 [1].

Исследования силы трения пакера о стенки скважины отражены в работах В. Л. Михеева и В. И. Масич [3]. Авторы работы [3] изучали силу трения надувных

резиновых пакеров конструкций ВНИИБТ, которые используются в качестве герметизирующих устройств в компоновках испытателей пластов без опоры на забой.

Герметизирующий элемент, который применяется для надувных пакеров, изготовлен на основе нитрильных каучуков, подвижность молекулярных цепей которых обуславливает множество конформаций в пределах среднеквадратичного расстояния между концами макромолекулы и существенно влияет на прочность и деформационное поведение резины. Ученые пришли к выводу, что сила трения резины при контакте с горными породами зависит от многих факторов: состава и свойств среды, природы и площади поверхностей контакта, нормального давления, скорости деформирования и т. д. Также исследователи отметили, что наибольшая величина сухого трения возникает при контакте резины с твердыми горными породами (песчаник, известняк, гипс и соль). В этом случае фрикционные сопротивления достаточно велики и энергия, которая необходима для деформирования резины, расходуется на разрушение материала в процессе вязкопластического течения [1, 3].

Как правило, технология надувных пакеров является экономически эффективной, так как позволяет сократить количество спуско-подъемных операций при выполняемых внутрискважинных работах, а также предусматривает многократное применение самого оборудования.

Авторами в ходе анализа российских и зарубежных источников, посвященных применению наливных пакеров, были выявлены основные направления их использования [3–8].

1. Борьба с асфальтосмолопарафинистыми отложениями (АСПО).
  2. Глушение скважин. Надувной пакер чаще используется в качестве мостовой пробки и устанавливается в НКТ над пакером.
  3. Гидравлический разрыв пласта. Основным преимуществом технологии наливных пакеров при ГРП — это возможность расширенного контроля параметров благодаря возможности оборудования компоновки линией контроля, а также возможность проведения нескольких ГРП в определенных интервалах.
  4. Заколонные пакеры при заканчивании. Надувные пакеры могут применяться в качестве заколонных при разобщении продуктивных интервалов в вариантах заканчивания с цементированным хвостовиком.
  5. Испытание пластов и проведение гидродинамических исследований (ГДИ). Благодаря возможности многократного использования в открытом стволе надувные пакеры и двухпакерные компоновки используются при испытании пластов при бурении и ГДИ скважин.
  6. Консервация и ликвидация скважин. Надувные пакеры применяются в качестве мостовых пробок при консервации и ликвидации скважин. Причина, по которой используют данные пакеры, заключается в том, что они позволяют загерметизировать скважину по кондуктору через выфрезерованный интервал эксплуатационной колонны.
  7. РИР. Ремонтно-изоляционные работы являются основным видом работ, при котором применяются надувные пакеры. Варианты применения данной технологии разнообразны. Надувные пакеры используются в качестве мостовых пробок и двухпакерных компоновок для селективной обработки интервалов с высокой обводненностью. Устанавливаются в горизонтальных стволах для изоляции интервалов посередине и в конце ствола. Также используются при закачке цемента.
  8. Кислотные обработки. Надувные пакеры, в основном в виде двухпакерных компоновок, широко применяются при солянокислотных обработках (СКО) для селективной обработки интервалов пласта.
- Однако не смотря на многообразие их применения, надувные пакеры обладают рядом недостатков.
- Риск разрушения внешнего резинового эластомера при спуско-подъемных операциях (СПО).

- Возникновение проблем при установке в открытом стволе с овальной формой и наличием каверн.
- Выдавливание резины через армирование, металлические полоски и концевые шайбы.
- Главные причины выхода надувных пакеров из строя: разрыв пузыря из-за низкого качества резины и изготовления; применение кабельного армирования при большом коэффициенте расширения; низкая толерантность пакера к дифференциальным давлениям, не предусмотренным планом работ и конструкцией пакера; проблемы с извлечением из-за нарушений внешнего слоя эластомера; использование надувного пакера не по назначению.

В настоящее время основными поставщиками оборудования и услуг в области надувных пакеров являются иностранные нефтесервисные компании, поэтому, на наш взгляд, необходимо разрабатывать комплекс технологий и оборудования, способных создать конкуренцию иностранным и заместить значительную долю импорта соответствующей продукции.

Так, к примеру, компанией Weatherford разработан и внедрен надувной цементировочный пакер, предназначенный для проведения ремонтно-восстановительных работ, и имеющий в своем составе надувной элемент с высокой степенью расширения, закрепленный на прочном основании. Однако предлагаемый пакер представляет собой инструмент однократной установки, имеющий стационарную конструкцию, и допускает работу с инструментами, выпускающимися компанией Weatherford.

Техническое устройство компании Weatherford не подходит для внутрискважинных работ в обсаженных скважинах и многократного использования. Интересным в данной технологии является система тарельчатого клапана со срезными штифтами, которая препятствует преждевременному надуванию, что сводит к минимуму число неудачных СПО и обеспечивает экономию времени.

Компания TAM предлагает четыре типа наливных элементов, позволяющих применять их в вертикальных, горизонтальных, обсаженных или открытых стволах, с расширением 3:1 и температурой до 177 °С.

Пример применения надувного пакера компании TAM при ремонтно-изоляционных работах представлен на рис. 1 [9].

Также компания предлагает систему из двух наливных пакеров многоразового применения, соединенных и контролируемых при помощи одной трубки, изготовленной из нержавеющей стали. Регулировка расстояния между пакерами производится при помощи патрубков и/или перфорированных труб.

Компания Halliburton предлагает надувные пакеры для цементирования ESIPC. Данный пакер выдерживает до 275 атм дифференциального давления и может применяться при заканчивании скважин. Уплотнительный элемент пакера создает герметичный контакт с породой. Однако данный пакер не позволяет производить внутрискважинные работы в обсадной колонне и не является пакером многократного использования.



*Рис. 1. Пример применения надувного пакера компании TAM при ремонтно-изоляционных работах*

Пакер Blue Whale компании Baker Hughes является пакером многократного использования и может использоваться как в обсадной колонне, так и в открытом стволе. Различные исполнения пакеров показаны на рис. 2.



Рис. 2. Исполнения пакеров Blue Whale

Отличие в исполнениях наливных пакеров заключается в особенностях якорных элементов. В пакерах для обсадных колонн в качестве якоря выступают металлические полоски, являющиеся частью надувного пузыря и обнаженные в одном или двух местах. Благодаря наличию данных полосок при активации пакера металлические полоски с усилием прижимаются к стенке обсадной колонны, в результате высокая сила трения соединения металл — металл фиксирует пакер вдоль оси.

В заколонных наливных пакерах в качестве якоря выступает сам эластомер, так как металлические пластинки в данном случае создадут менее эффективный контакт с породой.

Основные направления развития надувных пакеров следующие.

- Армирование эластомера различными композитными материалами, тканями, также металлическими структурами.
- Применение различных по форме и конфигурации металлических пластинок для обеспечения фиксации пакера в колонне.

- Изменение свойств взаимодействия слоев уплотнительного элемента.
- Создание новых способов активации пакеров.
- Создание механизмов управления пакерами с помощью различных манипуляций.
- Оборудование пакеров каналами связи.

На базе производственной площадки Технополиса Тюменского индустриального университета в рамках прикладных научных исследований разрабатываются технологии разобщения внутриколонного пространства скважин посредством надувных пакеров. Цель заключается в повышении эффективности внутрискважинных работ с применением надувных пакеров на этапах строительства, эксплуатации и ремонта скважин. Областью внедрения результатов исследований являются сервисные и добывающие компании нефтегазовой отрасли.

В настоящее время авторами разрабатывается надувной пакер, создающий герметичное разобщение полостей обсаженной скважины при широком диапазоне температур и давлений, с возможностью многократной оперативной установки и снятия в ходе одной или ряда внутрискважинных операций. На данный момент проводятся стендовые испытания опытного образца, а также подана заявка на полезную модель конструкции пакера.

#### Список литературы

1. Аванесов В. А. Пакеры для проведения технологических операций и эксплуатации скважин: учеб. пособие / В. А. Аванесов, Е. М. Москалева. – Ухта: УГТУ, 2008. – 91 с.
2. Ясагин А. М. Испытание скважин / А. М. Ясагин. – М.: Недра, 2000. – 185 с.
3. Масич В. И. Пакеры и якоря / В. И. Масич, З. И. Захарчук, В. Л. Михеев. – М.: Недра, 1990. – 259 с.
4. Loginov A. (2013, May 6). Plug and Abandonment Applications for Inflatable Packers in the Gulf of Mexico, USA. Offshore Technology Conference. doi:10.4043/23923-MS
5. Anand, S., Parasher, A., Singh, A. K., Kale, S., & Gupta, K. (2014, March 25). Successful Coil Tubing Based Selective Stimulation of a Remote Well in Challenging Offshore Environment - A Case Study. Offshore Technology Conference. doi:10.4043/24896-MS

6. Baker, R. (1981, July 1). Latest Developments In Inflatable Packer Drill-stem Testing. Petroleum Society of Canada. doi:10.2118/81-03-10
7. JPT staff. (2014, February 1). Young Technology Showcase: Fiber Optic Feed-Through Packer Technology Assists Multizone Fracturing and Production Monitoring. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/0214-0034-JPT
8. Bybee, K. (2000, October 1). Thermally Compensated Inflatable Packers and Plugs. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/1000-0026-JPT.
9. Интернет-сайт компании TAM Internation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tamintl.com>.

#### *Сведения об авторах*

**Светашов Владимир Николаевич**, заместитель директора, Технополис, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. +792204444764, e-mail: [svetashov@mai.ru](mailto:svetashov@mai.ru)

**Фролов Сергей Андреевич**, директор, Технополис, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. +79068203000, e-mail: [frolov\\_72@inbox.ru](mailto:frolov_72@inbox.ru)

**Водорезов Дмитрий Дмитриевич**, инженер, Технополис, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. +79068203000, e-mail: [vodorezov@gmail.com](mailto:vodorezov@gmail.com)

#### *Information about the authors*

**Svetashov V. N.**, Deputy Director, Technopolis, Industrial University of Tyumen, phone: +792204444764, e-mail: [svetashov@mai.ru](mailto:svetashov@mai.ru)

**Frolov S. A.**, Director, Technopolis, Industrial University of Tyumen, phone: +79068203000, e-mail: [frolov\\_72@inbox.ru](mailto:frolov_72@inbox.ru)

**Vodorezov D. D.**, engineer, Technopolis, Industrial University of Tyumen, phone: +79068203000, e-mail: [vodorezov@gmail.com](mailto:vodorezov@gmail.com)