УДК 622.245.44

АНАЛИЗ КОНСТРУКТОРСКИХ РЕШЕНИЙ УПЛОТНИТЕЛЬНОГО УЗЛА ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАКЕРОВ

–––––––

ANALYSIS OF DESIGN SOLUTIONS OF SEALING KNOT OF HYDRO MECHANICAL PACKERS

Архипов Константин Иванович
кандидат технических наук, доцент,
профессор кафедры нефтегазового
оборудования и технологии машиностроения,
Альметьевский государственный нефтяной институт
89518953021@mail.ru

Ганиев Роберт Ирекович
магистрант кафедры нефтегазового оборудования
и технологии машиностроения,
Альметьевский государственный нефтяной институт
89518953021@mail.ru

Arkhipov Konstantin Ivanovich
Candidate of technical sciences,
Associate professor, Professor of
oil and gas equipment and
technology engineering department,
Almetyevsk state oil institute
89518953021@mail.ru

Ganiev Robert Irekovich
Undergraduate of oil and gas equipment
and technology engineering department,
Almetyevsk state oil institute

Аннотация. Произведен детальный анализ существующих конструкторских решений узла уплотнения пакеров и предложено принципиально другое конструктивное решение с использованием набухающих эластомеров.

Ключевые слова: пакер, уплотнитель, манжета, эластомер.

Annotation. The detailed analysis of the existing design solutions of knot of consolidation of packers is made and other constructive solution with use of the bulking-up elastomers is proposed essentially.

Keywords: packer, gasket, cuff, elastomer.

Эксплуатация нефтяных и газовых скважин сопровождается проведением в них самых разных технологических операций и эксплуатационных работ, требующих временного, длительного или постоянного разобщения участков скважины по вертикали. Это, например, разобщение пластов, осуществление раздельной добычи продукции из разных горизонтов, гидроизоляция зон поглощения, гидроразрыв пласта, заканчивание скважины и др. Применяемые для этого пакеры чрезвычайно разнообразны по конструктивному исполнению. Однако основную часть любого пакера составляют уплотнительные элементы, собственно и являющиеся пакерами – упаковщиками.

Классификация пакеров чрезвычайно сложна; в их числе наиболее, пожалуй, распространены пакеры гидромеханического принципа действия. В этих пакерах опорный (заякоривающий, шлипсовый) узел приводится в действие созданием во временно перекрываемом центральном канале (полом стволе пакера) перепада давления, нагнетаемый с поверхности рабочей жидкости, а затем приспуском колонны труб деформируется уплотнительный резиновый элемент, обеспечивая герметизацию кольцевого пространства между бурильными или насосно-компрессорными трубами, на которых спускается пакер, и обсадной колонной труб.

Следовательно, как показано на рисунке 1, эластичный уплотнительный элемент зажимается между двумя металлическими деталями и вынужден деформироваться в радиальном направлении. Процесс сжатия резинового элемента происходит в три стадии: 1) деформация до соприкосновения со стенками обсадной трубы; 2) деформация под действием перепада давления до полного перекрытия зазора; 3) дополнительное сжатие до создания необходимого контактного давления.

Увеличение длины манжеты не обеспечивает соответствующего увеличения герметизирующей способности уплотнителя.

Рабочей поверхностью уплотнения является наружная поверхность, т.е. уплотнитель относится к поршневому типу, в отличие от уплотнителей по внутренней поверхности, относящихся к типу штоковых.

По другому признаку, т.е. по направлению действия нагрузки, уплотнитель относится к типу осевых. Сразу же виден недостаток такого уплотнителя, так как эффективный участок уплотнения $\ell_{эф}$ не охватывает всей потенциально возможной площади уплотнения. Несмотря на принципиальный недостаток уплотнителей осевого типа, они широко применяются, так как создание уплотнителей радиального действия сталкивается с серьезными трудностями.

С целью увеличения уплотняемой поверхности создатели пакеров уже давно перешли на использование двух или трех коротких резиновых манжет, разделяемых металлическими кольцами Эффект от этого выражается просто – $\ell'_{эф} + \ell''_{эф} > \ell_{эф}$ (рис. 2).

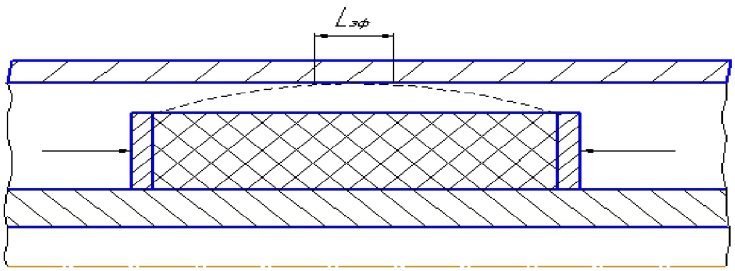


Рисунок 1 – Схема работы длинной манжеты

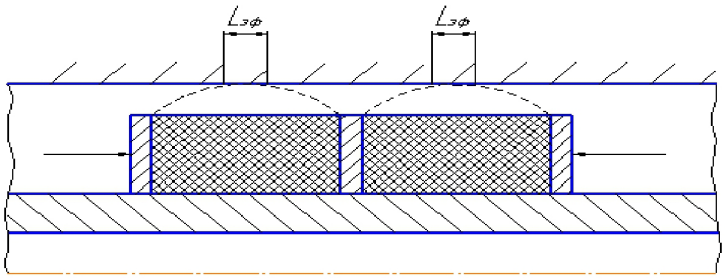


Рисунок 2 – Схема работы двух коротких манжет

К еще одному серьезному недостатку конструкции уплотнителей рассматриваемого типа относится явление затекания резины. Поскольку в местах стыка сопряженных металлических деталей имеются зазоры, а в различных зонах узла уплотнения действуют напряжения разной величины и направления, то в условиях больших контрактных напряжений (более 30 МПа) материал эластичных манжет может проникать в зазоры (рис. 3).

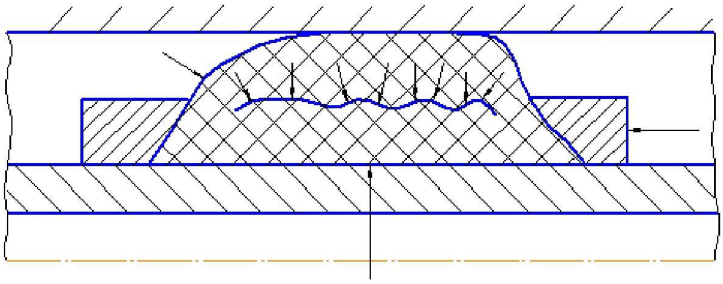


Рисунок 3 – Затекание резины в зазор

Находясь длительное время в этой зоне (в зазоре) под постоянной нагрузкой в 50–100 кН и более, манжеты теряют свою упругость, прилипают к обсадной колонне, что приводит к заклиниванию пакера в скважине, а после подъема пакера к невозможности его использования с находившимися в нем манжетами.

Затекание связано со свободным объемом, который уменьшает долю деформируемого объема *Z*. Было установлено, что контакт резиновых манжет с металлическими деталями по полным поверхностям площади нагружения отрицательно влияет на качество уплотнения, имея в виду здесь и явление затекания материала. Очевидно, что в этом направлении предпринимаются поиски рациональных конструктивных решений.

Обычно с целью увеличения эффективного использования объема уплотнителя длина манжет ограничивается (150–225 мм), и они выполняются со срезами на углах и фасками (рис. 4).

Рекомендуются углы среза $\alpha = 15 - 30^{o}$. Исследованию с последующими попытками практического внедрения подвергаются самые различные схемы конструктивного исполнения узла уплотнения [3]. В частности, один из возможных вариантов показан на рисунке 5.

Интересно, что манжетам могут придаваться разные функции – часть манжет выполняет роль «подкладок», предотвращающих затекание резины основной уплотнительной манжеты в кольцевой зазор; такие манжеты делаются короче основных, а форма манжет и основных, и ограничительных при этом меняется.

Уплотнительные элементы разделяются промежуточными металлическими деталями различных форм – шайбами, кольцами, обоймами, втулками, выполняющими роль ограничителей длины. Одновременно промежуточные детали могут выполняться в виде обойм, выполняющих функции антизатекателей.

Различные варианты такого исполнения показаны на рисунке 6.

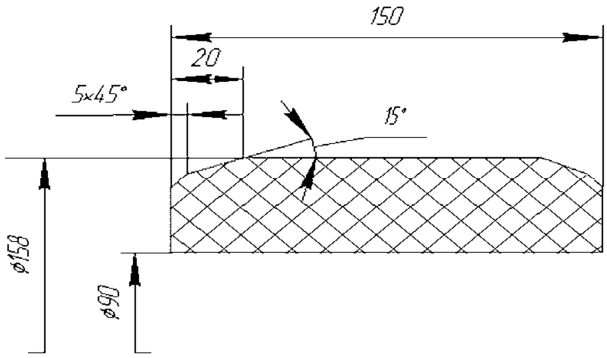
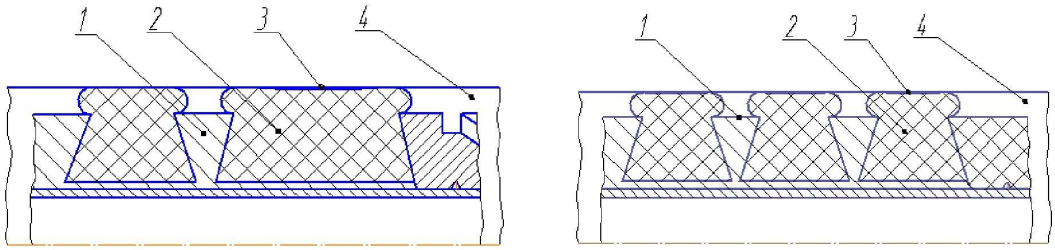
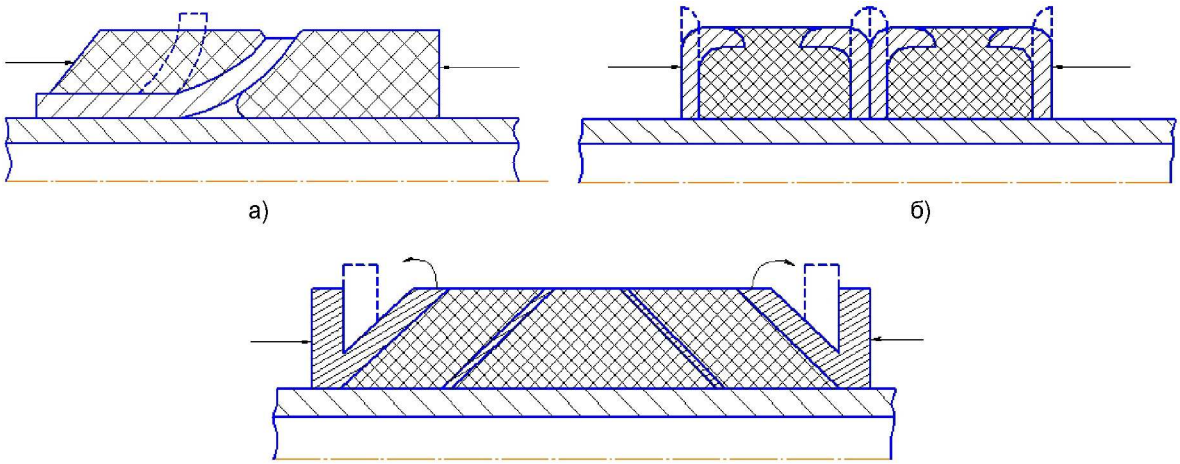


Рисунок 4 – Типовая резиновая манжета



а) б)

Рисунок 5 – Варианты конструктивного исполнения уплотнителя:
1 – ограничительное кольцо; 2 – манжета в рабочем состоянии;
3 – абразивные частицы, попавшие под уплотнительную манжету; 4 – скважина



а) б)

в)

Рисунок 6 – Уплотнители с обоймами-антизатекателями

При действии осевой нагрузки «усики» фигурных антизатекателей, показанные пунктиром в исходном положении, отгибаются и занимают положение, перпендикулярное к оси пакера, достигая стенки обсадной колонны и перекрывая зазор, т.е. создавая замкнутый контур для эластичного материала с вытекающими из этого преимуществами. Для выполнения этих функций обоймы выполняются из мягкого материала. Недостаток вариантов уплотнителя с обоймами заключается в том, что обоймы не восстанавливают свою первоначальную форму и съем пакера с места требует предварительных операций по искусственному износу «усиков» расхаживанием колонны труб с пакером.

Последним объясняется поиск более рациональных решений, к которым можно отнести, например, уплотнительный узел пакера с выемками (рис. 7), практический результат применения которого неизвестен [1].

Проделанный анализ конструкции уплотнительных узлов в пакерах гидромеханического действия показывает, что попытки совершенствования надежности уплотнителей при использовании осевого поджатия манжет достаточно бесперспективны. Направлением создания качественных узлов уплотнителей должно быть создание конструкций с радиальным поджатием эластичных элементов – это могут быть уплотнители надувного, набухающего или чего-то подобного типа, в которых будет

обеспечена равнораспределительная эпюра контактного давления по всей длине уплотнения без затекания эластомера в кольцевой зазор между трубами и возможностью герметизации пакера в свободной, необсаженной скважине.

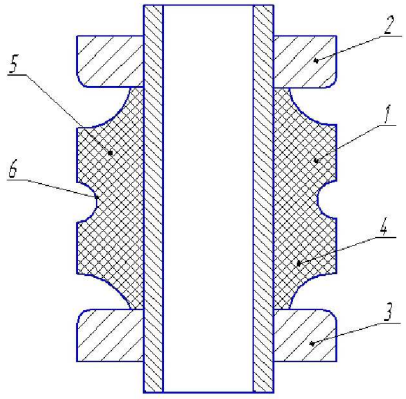
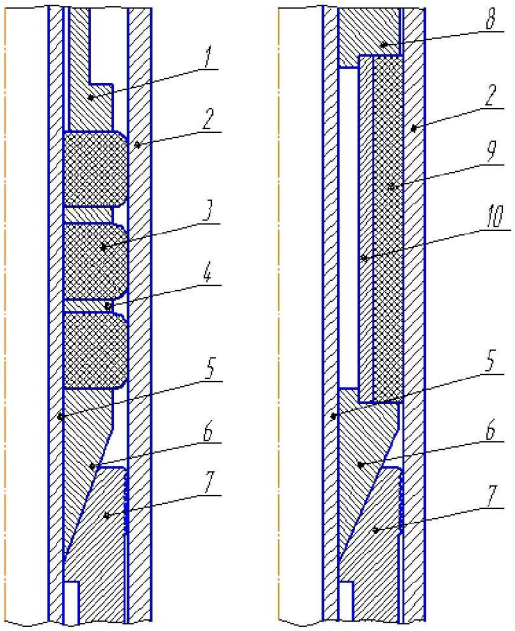


Рисунок 7 – Уплотнительный узел однопроходного пакера:
1 – упругий элемент; 2, 3 – шайба; 4 – ствол; 5 – торец; 6 – кольцевая полусферическая выемка

С этой целью мы предлагаем использовать нагрузки в области подбора эластомеров, увеличивающих свой объем в той или иной жидкой скважинной среде и используемых в набухающих пакерах, обзор которых дан в [6].

Целью нашего предложения является не рассмотрение особенностей и характеристик набухающих пакеров, а только использование результатов исследования набухающих элементов как возможных уплотнителей, применяемых в обычных манжетах. Сказанное просто иллюстрируется рисунком 8.



а) б)

Рисунок 8 – Узел уплотнения:
а) с резиновыми манжетами; б) с набухающими эластомером;
1 – подвижный упор; 2 – обсадная колонна; 3 – манжета; 4 – промежуточное кольцо; 5 – ствол пакера;
6 – конус; 7 – шлипсы; 8 – ограничитель; 9 – эластомер; 10 – базовая труба

Когда в пакерах, имеющих заякоривающие устройства, срабатывает шлипсовый механизм и пакер закрепляется в обсадной колонне, приспуском бурильной или насосно-компрессорной колонны труб обеспечивается осевой нажим (через условно обозначенную позицией 1 деталь) на комплект резиновых манжет, вследствие чего они выпучиваются и герметизируют кольцевой зазор (рис. 8, а).

Предлагаемый вариант (рис. 8, б) исключает необходимость в приспуске колонны труб и увеличивает площадь контакта уплотнителя с обсадной колонной. Это происходит через некоторое время после спуска пакера на место установки в результате того, что эластомер-уплотнитель разбухает от контакта со скважинной жидкостью. Надо отметить также, что конструкция узла уплотнения и пакера в целом упрощается.

Литература:

1. Джанахмедов А.Х., Мамедов В.Т., Гурбанов С.Р. Расчет и проектирование пакерных устройств. – Баку : Элм, 1998. – 86 с.
2. Архипов К.Н. Пакеры (скважинные уплотнители) : учебное пособие. – Альметьевск : АГНИ, 2003. – 122 с.
3. Зайцев Ю.В., Максутов Н.А., Асфандияров Х.А. Оборудование для предотвращения открытых фонтанов нефтегазовых и газовых скважин. – М. : Недра, 1973. – 224 с.
4. Пакеры, якори, разъединители колонн, инструменты и принадлежности для них : Каталог / под общей ред. Ш.Т. Джафарова. – М. : ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1984. – 40 с.
5. Масич В.И. Пакеры и якори / В.И. Масич, З.И. Захарчук, В.Л. Михеев. – М. : Недра, 1990. – 259 с.
6. Казымов Ш.Т., Абдуллаева Э.С., Раджабов Н.М. Обзор конструкций, набухающих пакеров и возможное их применения на месторождениях Азербайджана // Научные труды. – 2015. – № 3. – С. 43–51.

References:

1. Dzhanakhmedov A.H., Mamedov V.T., Gurbanov S.R. Calculation and design of packer devices. – Baku : Elm, 1998. – 86 p.
2. Arkhipov K.N. Packers (borehole sealant) : manual. – Almetyevsk : AGNI, 2003. – 122.
3. Zaytsev Yu.V., Maksutov N.A., Asfandiyarov H.A. Equipment for prevention of open fountains oil and gas and gas wells. – M. : Nedra, 1973. – 224 p.
4. Packers, anchor, disconnectors of columns, tools and accessories to them : The catalog / Under the general editorship of Sh.T. Dzhafarov. – M. : TsINTIHIMNEFTEMASh, 1984. – 40 p.
5. Masich V.I. Packers and anchor / V.I. Masich, Z.I. Zakharchuk, V.L. Mikheyev. – M. : Nedra, 1990. – 259 p.
6. Kazymov Sh.T., Abdullaeva E.S., Radzhabov N.M. The review of designs, the bulking-up packers and possible their applications on Azerbaijan fields // Scientific works. – 2015. – № 3. – P. 43–51.