

## Влияние конструктивно-технологических параметров на герметизирующую способность РЕЗИНО-ФТОРОПЛАСТОВЫХ КОЛЕЦ В УПЛОТНЕНИИ

К.Ю. Зерщиков, Ю.В. Семенов, ООО «Константа-2», г. Волгоград

Резиновые кольца во фторопластовой оболочке (РФК) обладают рядом преимуществ по сравнению с эластомерными, так как в них сочетаются свойства, отдельно наблюдаемые у различных типов резиновых колец: теплостойкость, стойкость в агрессивных средах, эластичность [1]. Кроме того, они обладают лучшими антифрикционными свойствами, стойкостью к декомпрессии, прочностью, радиационной стойкостью. Однако, применение этих уплотнений сдерживается отсутствием надежных критериев оценки их уплотняющей способности, ресурса при различных давлениях, температурах, скоростях относительного перемещения в узле. Для расширения применения резиновых колец во фторопластовой оболочке необходимо определить зависимость уплотняющей способности от их характеристик и геометрии сопрягаемых поверхностей.

Основным показателем уплотнения является его герметизирующая способность, то есть способность обеспечивать герметичность (отсутствие протечек) при заданной конструкции узла и характеристиках уплотнения. Исследование влияния характеристик уплотнения и геометрии посадочного места на герметичность проводили на установке (рис. 1). Эксперименты проводили с РФК с внутренним диаметром 88 мм, сечением 5,8 мм, имеющие оболочки толщиной от 0,2 до 0,7 мм и резиновые сердечники твердостью от 50 до 85 ед по Шор А. Усилие прижима верхней плиты контролировали

динамометром с точностью  $\pm 5$  кг. Ширину контактной площадки оценивали визуально через прозрачную прижимную плиту из полиметилметакрилата с нанесенными реперными линиями. Точность определения ширины составляла 10%. Герметичность определяли по классу А согласно ГОСТ Р 54808 – 2011 (отсутствие пропуска отдельных пузырьков воздуха через уплотнение, находящееся под давлением).

В экспериментах замечено, что при сжатии кольца круглого сечения между двумя плоскостями оно образует сечение с равномерными (радиусными) закруглениями по торцам, которые в хорошем приближении можно

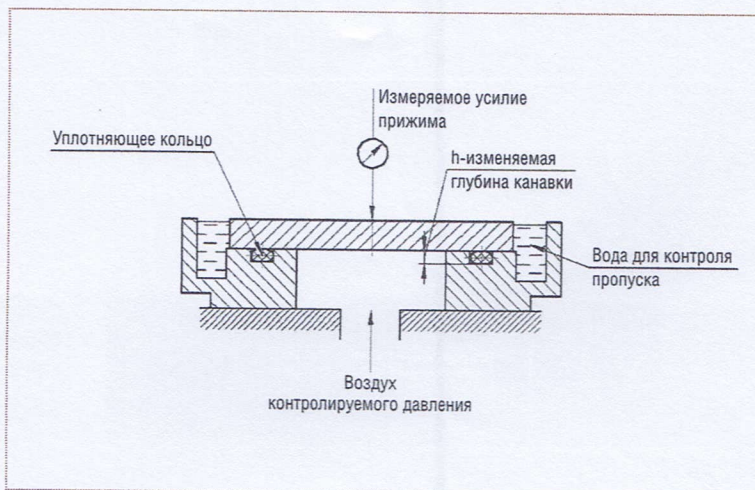


Рис. 1. Схема установки для испытания на герметичность



**cipre** Zhenwei Shanghai Petrochemical Show

6-я Китайская международная выставка нефтехимического оборудования и технологий CIPPE Шанхай

**Август 26-28.2014**

Shanghai New International Expo Centr (SNIEC)

[www.cipre.com.cn](http://www.cipre.com.cn)

**Самая крупнейшая  
нефтехимическая выставка в Азии**

выставочная площадь- 35.000 кв.м  
участники- 450 компаний  
профессиональные посетители-30.000



### Параллельные Выставки

6 - я Международная выставка оффшорного нефте- и газодобывающего оборудования  
Международная выставка технологий и оборудования СПГ и АЭС  
Международный форум закупок нефтехимических материалов и оборудования  
Международная выставка нефтепромысловых химических веществ и оборудования ГРП пропантанта



Beijing Zhenwei Exhibition Co., Ltd.  
Tianjin Zhenwei Exhibition Co., Ltd.  
Tel: +86-10-5823 6588 Fax: +86-10-5823 6567  
E-mail: cipre@zhenwelexpo.com

принять за полуокружности с радиусом, равным половине высоты канавки (см. рис. 2). Это позволяет теоретически рассчитать ширину контактной площадки исходя из величины деформации кольца. При этом предполагается, что деформация кольца не ограничена с боков. Принимая площадь сечения неизменной, получим:

$a = (S - \pi R^2)/h$ , где:  $S$  – площадь кольца,  $h$  – величина деформации кольца, которая равна глубине канавки.

Тогда общая ширина деформированного кольца  $b = a + h$ .

Площадь контактной поверхности рассчитывали по формуле:

$F = \pi Da$ , где  $D$  – диаметр средней линии кольца. Для рассматриваемых колец  $D = 94$  мм.

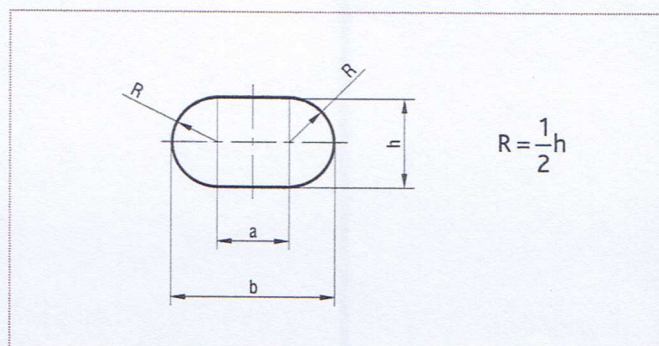


Рис. 2. Расчетная схема для определения ширины контактной площадки

Рассчитав таким образом ширину контактной площадки при разной степени деформации сжатия, сравнили ее с определенной экспериментально. Результаты измерений для колец с диаметром около 5,8 мм (в рамках допусков), представлены в табл. 1.

Таблица 1. Сравнение расчетной и экспериментально определенной ширины контактной площадки РФК

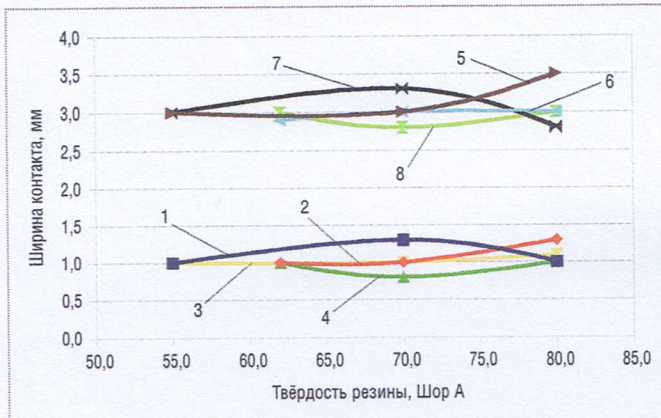
Деформация сжатия (глубина канавки) h, мм	Ширина площадки a, мм		Ширина кольца b, мм
	Расчетная	Эксперимент	
5,3	0,75	0,82	6,05
5,2	0,92	1,1	6,1
4,6	2	2,2	6,6
4,5	2,25	2,26	6,65
4,2	2,9	3,2	7,1
4,1	3	3,04	7,2

Очевидно, что с увеличением деформации сжатия ширина контактной поверхности растет, что должно согласно [2] благоприятно сказываться на герметичности уплотнения. При этом, как видно из таблицы, экспериментальные данные близки к расчетным (и даже несколько лучше). Это означает, что принятые допущения дают погрешность, приемлемую в сравнении с погрешностью измерений, позволяя рассчитывать площадь контакта исходя из величины деформации сжатия, задаваемой глубиной канавки.

Важно, что ширина контактной площадки мало зависит от толщины оболочки и твердости резинового сер-



дечника. Это подтверждают экспериментальные данные при исследовании ширины контактной поверхности в зависимости от степени деформирования (рис. 3). Учитывая, что расчетная ширина контакта при сжатии кольца на 10% составляет 0,92 мм, а при деформации 30% – 3 мм, видно, что с учетом точности измерений наблюдается неплохое согласие расчета и опытных данных. Таким образом, можно считать, что ширина, а значит и площадь контакта, определяются только величиной деформации сжатия кольца.



Как указывается в [2], герметичность уплотнения зависит, главным образом, от ширины зоны контакта и величины контактного давления. Поэтому мы исследовали влияние конструктивных факторов и характеристик РФК на величину контактного давления в уплотнении. Уже в первых экспериментах [1] было отмечено, что зависимость усилия, необходимого для сжатия, от деформации является аддитивной величиной, определяемой свойствами компонентов комбинированного уплотнения: резинового сердечника и оболочки. На рис. 4 представлена зависимость удельного усилия сжатия на единицу длины кольца от величины деформации кольца, а также толщины оболочки и твердости резинового сердечника. Увеличение жесткости кольца за счет повышения твердости резины



Рис. 4. Зависимость линейного усилия от деформации сжатия кольца с диаметром сечения 5,8 мм: 1, 4 – РФК с сердечником твердостью 50 Шор А; 2, 5 – 70 Шор А; 3, 6 – 85 Шор А; 1, 2, 3 – толщина оболочки 0,2 мм; 4, 5, 6 – толщина оболочки 0,7 мм

и толщины оболочки приводит к росту усилия на контактных поверхностях и должно приводить к закономерному росту контактного давления, то есть благоприятно сказываться на герметичности уплотнения.

Зная усилия, возникающие при деформировании и умея определять площадь контактной поверхности исходя из задаваемой деформации сжатия, нетрудно рассчитать контактное давление в уплотнении (рис. 5). Как и ожидалось, контактное давление растет с ростом деформации сжатия, твердости резинового сердечника и толщины оболочки. Таким образом, используя экспериментально определяемые усилия, развивающиеся в уплотнении при задаваемых деформациях, можно рассчитывать контактное давление, что позволит назначать деформации для создания контактного давления заданной величины.

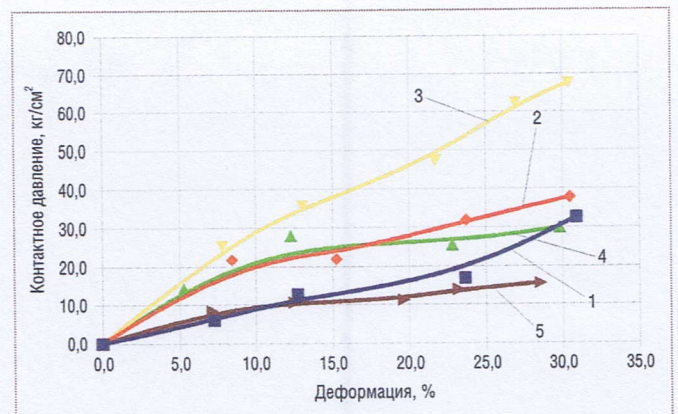


Рис. 5. Зависимость контактного давления от деформации сжатия и характеристик РФК диаметром 5,8 мм с сердечником твердостью 70 Шор А – 1, 2, 3; 55 Шор А – 4, 5 и толщиной оболочки 0,2 мм – 1, 5; 0,4 мм – 2; 0,7 мм – 3, 4

Многочисленные эксперименты показали, что характер уплотняющего действия РФК и резиновых колец круглого сечения различен. Если для резиновых колец характерно выдавливание резины в зазор и закупоривание его за счет этого, то уплотнение РФК создается за счет возникновения контактного давления  $P_k$  на сопрягаемых поверхностях (рис. 6). Отсюда следует, что герметизирующая способность РФК определяется, в первую очередь, развиваемым при деформации сжатия контактным давлением, что подтверждает необходимость расчета контактного давления.

Герметичность уплотнительного узла в значительной степени определяется геометрией посадочного места, так как от него зависит деформация уплотнения. До недавнего

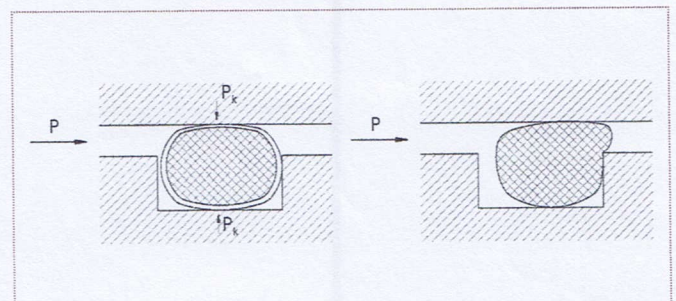


Рис. 6. Схема уплотнения РФК и резинового кольца в канавке



времени мы руководствовались данными зарубежных производителей. Серия экспериментов по определению герметичности при изменяющихся размерах канавки позволила сформулировать основные требования, которыми следует руководствоваться при проектировании канавок. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Рекомендуемые размеры посадочных мест

Диаметр сечения кольца, мм	Ширина канавки, мм
1,9	2,35
2,5	3,05
3,6	4,45
4,6	5,7
5,8	6,9
8,5	10,4

Одним из основных показателей, определяющих герметичность узла, является поддержание контактного давления на достаточном для уплотнения уровне в течение всего времени эксплуатации, так как в силу происходящих процессов релаксации напряжений в материале давление на контактной площадке падает. Критериями, по которым оценивается поведение уплотнителя во времени, является упругое восстановление размеров после заданной деформации или остаточная деформация при сжатии (ОДС). Для резиновых уплотнителей ОДС нормируется и считается удовлетворительным, если он составляет менее 30%. По результатам исследований [3], этот показатель для РФК при оптимальном сочетании компонентов также составляет не более 30%, а упругое восстановление диаметра сечения после сжатия составляет не менее 90%, что позволяет считать РФК работоспособными в течение всего времени эксплуатации.

Проведенные исследования обозначают ориентиры для конструирования уплотнительных узлов с применением резиновых колец во фторопластовой оболочке. Возможность регулирования жесткости, эластичности уплотнения, а значит, контактного давления в уплотнении за счет подбора материала сердечника и толщины оболочки расширяет диапазон применения РФК.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зерщиков К.Ю., Семенов Ю.В. Исследование эксплуатационных характеристик резиновых колец во фторопластовой оболочке. // ТПА 2009 г. №2. С. 83-84.
2. Уплотнения и уплотнительная техника. Справочник под ред. Голубева А.И., Кондакова Л.А., М.: Машиностроение, 1986 г.
3. Остаточная деформация сжатия комбинированных резино-фторопластовых уплотнений. / Зерщиков К.Ю., Семенов Ю.В., Талби Е.В., Кузахметова Е.К. // ТПА 2012 г. №4. С. 56-58.

Frankfurt am Main · 15 – 19 June 2015

# ACHEMA 2015

- World Forum and Leading Show for the Process Industries
- 3,800 Exhibitors from 50 Countries
- 170,000 Attendees from 100 Countries

Be informed.  
Be inspired.  
Be there.

[www.achema.de](http://www.achema.de)