

## **Шероховатость поверхности и герметичность контактных уплотнительных устройств**

# 05, май 2013

DOI: 10.7463/0513.0565094

Никитин О. Ф.

УДК 621.22(075.8)

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

[nof1936@yandex.ru](mailto:nof1936@yandex.ru)

### **Введение**

Герметичность контактных уплотнительных устройств, составляющих до 90% всех уплотнительных устройств гидропривода, существенно определяется микрогеометрией - шероховатостью уплотняемых поверхностей. В неподвижных контактных уплотнительных устройствах зазор близок к нулю. При соприкосновении двух твердых поверхностей образуется система впадин, капилляров произвольной формы и отдельных пятен касания. При действии перепада давления по образовавшимся отдельным капиллярам происходит утечка. Для уменьшения путей утечки - уменьшения величин микронеровностей и заполнение впадин микроканалов вводятся прокладки из эластомерных материалов. Диапазон принятых в практике величин шероховатостей уплотняемых поверхностей недостаточно обоснован. Целью и задачей проводимого исследования являются определение и обоснование граничных величин шероховатости уплотняемой поверхности и поджатия эластичных уплотнительных колец. Целенаправленных исследований по затронутому вопросу последние 25-30 лет не проводилось.

### **Основная часть**

Резина различных марок - эластичный материал, широко применяемый в гермотехнике и представляющий собой сложную композицию из каучука и ингредиентов, относится к классу полимеров, называемых эластомерами. С точки

зрения эксплуатационных свойств резина является уникальным конструкционным материалом. Высокая эластичность, практически очень малая проницаемость для газов и жидкостей, амортизационная способность и другие свойства делают ее незаменимым материалом уплотнений и многих технических деталей. По своему механическому поведению резины качественно отличаются от привычных материалов - металлов, низкомолекулярных твердых и жидких тел. Подобно упругим твердым телам резине свойственна способность легкой деформируемости и быстрого восстановления первоначальной геометрической формы после снятия нагрузки. Это свойство обеспечивает заполнение микронеровностей уплотняемых поверхностей уплотнения, сохранение герметичности соединения и восстановление своей формы после разгрузки. Величина микронеровностей регламентируется шероховатостью  $Ra$ , обеспечиваемой видом механической обработки уплотняемой поверхности контртела [1, 2].

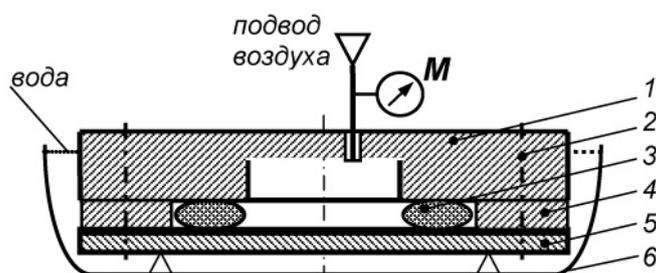
Возникающие напряжения в таком деформированном кольце способствуют заполнению - перекрытию профиля неровностей и обеспечивают герметичность. Шероховатость поверхностей, сопряженных с уплотнительными устройствами, существенно влияет на герметичность и долговечность работы уплотнения [3].

Нарушение герметичности уплотнительного устройства проявляется утечкой уплотняемой среды по не перекрытым каналам, образованным профилем поверхностей и неровностей контртела и поверхностью деформированного кольца.

### **Схемно-конструктивное исполнение стенда**

Учитывая композиционную сложность структуры эластомерного материала уплотнительного кольца и разнообразие профиля (шероховатости) уплотняемой поверхности, исследования герметичности проводилось пузырьковым методом - подводом сжатого воздуха к уплотнительному устройству и помещением последнего в ванну с водой (рис. 1).

Исследование влияния шероховатости поверхности  $Ra$  контртела, коэффициента поджатия  $\varepsilon$  и ширины  $l$  уплотняющего пояса, образовавшегося при поджатии и зависящего от давления рабочей среды  $p$ , на герметичность уплотнительного устройства проводилась на приспособлении, схемно-конструктивное исполнение которого показано на рис. 1.



**Рис. 1. Схемно-конструктивное исполнение стенда по исследованию герметичности колец**

1- корпус; 2 - винт; 3 - исследуемое кольцо; 4 - кольцо - шайба; 5 - подошва; 6 - ванна с водой

Стендовое приспособление состоит из корпуса 1, кольца - шайбы 4 переменной толщины, исследуемого кольца 3 и подошвы 5 с контактной поверхностью с исследуемой шероховатостью. Вся конструкция стягивается до упора винтами 2 и помещается в ванночку 6 с водой.

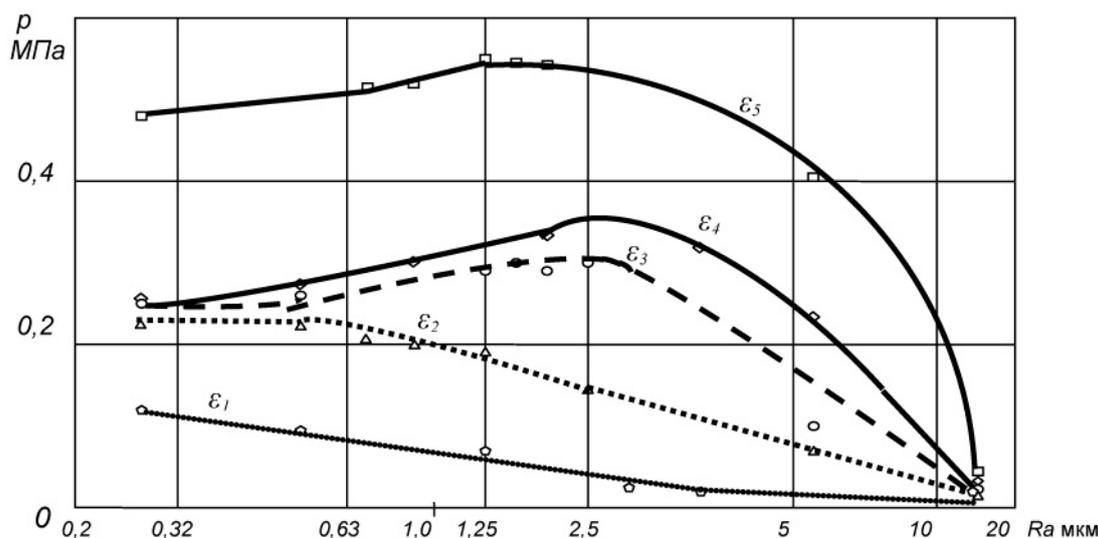
Использование набора колец-шайб из 12 штук с разницей по толщине в 0,1 мм позволяет обеспечить широкий диапазон коэффициент сжатия  $\varepsilon = 0 \dots 0,35$  при переменной глубине канавки  $h$ , т.е.  $\varepsilon = var$ .

Контактные поверхности корпуса и колец выполнены с шероховатостью не хуже  $Ra = 0,32$  мкм. Шероховатость контактной плоскости каждой из всего набора подошв имеет свою шероховатость из диапазона от 20 до 0,32 мкм.

В сборочную единицу подводится воздух с регистрацией давления по манометру  $M$ . Момент потери герметичности определяется по появлению пузырьков в воде (выход воздуха).

### Экспериментальные результаты и их анализ

Экспериментальные результаты замера давления, при котором нарушается герметичность, при определенном коэффициенте  $\varepsilon_i$  сжатия и шероховатости контактной поверхности подошвы представлены на рис. 2 в виде семейства графических зависимостей  $p = f(Ra)$  при  $\varepsilon_{var}$  (рис. 2).



**Рис. 2. Экспериментальные характеристики зависимости давления потери герметичности от шероховатости поверхности контртела.**

Анализ экспериментальных материалов показывает, что:

- максимальная величина давления рабочей среды (воздуха), при которой нарушается герметичность, происходит при шероховатости  $Ra = 2,0 \dots 1,6$  мкм и  $\varepsilon > 0,15$ ;

- при  $\varepsilon > 0,15$  и  $Ra < 1,6$  мкм наблюдается некоторое снижение контактного давления вследствие радиальной (во все стороны) деформации кольца и перемещения контактных поверхностей чему еще способствует уменьшение трения из-за использования более гладких поверхностей (испытания проводились при свободном расположении уплотнительного кольца в канавке);

- при  $\varepsilon = 0 \dots 0,15$  во всем диапазоне  $Ra$  от 20 до 0,32 мкм давление монотонно возрастает, видимо сказывается незначительная деформация и малые радиальные деформации.

Проведенные испытания охватывают широкий круг пассивных неподвижных контактных уплотнений. В активных неподвижных контактных уплотнениях, устанавливаемых в закрытые канавки, тело уплотнительного кольца давлением уплотняемой среды поджимается к стенкам канавки, что увеличивает площадь контакта и улучшает условия обеспечения герметизации. Выполнение шероховатости  $Ra = 2,0 \dots 1,6$  мкм поверхности контртела в полной мере обеспечивает герметичность соединений.

## Заключение

Учитывая полученные результаты, можно рекомендовать:

- выполнять контактные поверхности с шероховатостью  $Ra = 1,6 \dots 2,0$  мкм;
- при дальнейшем повышении гладкости контактной поверхности ( $Ra < 1,2$  мкм) герметичность снижается (снижается давление нарушения герметичности) вследствие уменьшения сил трения в паре упругое кольцо-контртело;
- при установке упругого уплотнительного кольца с незначительным сжатием  $\varepsilon < 0,05$  даже при давлении рабочей среды 0,05 МПа улучшаются условия уплотнения вследствие увеличения площади контакта упругого уплотнительного кольца с контртелом.

## Список литературы

1. Мельник В.А. Торцовые уплотнения валов : справочник. М.: Машиностроение, 2008. 320 с.
2. Пындак В.И. Пакетные манжетные уплотнения высокого давления и их напряженно-деформационное состояние // Вестник машиностроения. 2012. № 10. С. 33-36.
3. Кондаков Л.А. Рабочие жидкости и уплотнения гидравлических систем. М.: Машиностроение, 1982. 216 с.

**Surface roughness and airtightness of contact sealing devices**

# 05, May 2013

DOI: [10.7463/0513.0565094](https://doi.org/10.7463/0513.0565094)

Nikitin O. F.

Bauman Moscow State Technical University, 105005, Moscow, Russian Federation  
[nof1936@yandex.ru](mailto:nof1936@yandex.ru)

The aim of this work is to determine the effect of the value of surface roughness of the contact body on airtightness of contact sealing devices with elastomeric (rubber) rings. Rough edges of two sealing surfaces in contact between two solid surfaces form a system of cavities and capillaries of an arbitrary shape. Assumed values of roughness are not sufficiently justified. Studies of airtightness considering complex structure of the elastomer O-ring on the compositional level and variety of roughness of the sealing surface were carried out using the bubbling method. The obtained results of the experimental studies justify the values of contact surface roughness used in industry and allow to work out guidelines for choosing values of surface roughness of contact bodies and a compression ratio of elastic rings which provide airtightness.

---

**Publications with keywords:** [roughness](#), [surface roughness](#), [sealing device](#), [the elastic sealing ring](#), [rubber O-ring](#), [compression ring](#), [the compression ratio of the ring](#), [groove](#), [O-ring deformation](#)

**Publications with words:** [roughness](#), [surface roughness](#), [sealing device](#), [the elastic sealing ring](#), [rubber O-ring](#), [compression ring](#), [the compression ratio of the ring](#), [groove](#), [O-ring deformation](#)

---

## References

1. Mel'nik V.A. *Tortsovye uplotneniia valov : spravochnik* [Face seal of shafts: a Handbook]. Moscow, Mashinostroenie, 2008. 320 p.
2. Pyndak V.I. Paketnye manzhetnye uplotneniia vysokogo davleniia i ikh napriazhenno-deformatsionnoe sostoianie [Batched cup-type high pressure seals and their stress and strain state]. *Vestnik mashinostroeniia*, 2012, no. 10, pp. 33-36.
3. Kondakov L.A. *Rabochie zhidkosti i uplotneniia gidravlicheskih sistem* [Operating fluids and seals of hydraulic systems]. Moscow, Mashinostroenie, 1982. 216 p.