

УДК 621.9 (031)
DOI: 10.12737/22093

В.В. Плешаков, С.М. Симановский, А.Н. Шурпо

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ЦИЛИНДРОВ

Выявлены закономерности изменения размеров продуктов износа резиновых уплотнительных колец цилиндров в зависимости от конструкторских и технологических факторов. Показана высокая эффективность применения алмазного вы-

глаживания рабочих поверхностей цилиндров для обеспечения их надежности.

Ключевые слова: цилиндры, уплотнительные кольца, износ, алмазное выглаживание, полирование.

V.V. Pleshakov, S.M. Simanovsky, A.N. Shurpo

RELIABILITY INCREASE OF CYLINDERS SEALING ARRANGEMENTS

Wear of rubber sealing arrangements in cylinders depends on a number of design parameters and technological factors of working surfaces treatment. The dimension of detachable rubber particles reaches in some cases some millimeters. Such particles not only decrease cylinders reliability, but also result in a violation of efficiency of devices mating them. On the basis of the analysis of industrial experiment data are

revealed the regularities of the wear products formation in rubber rings. By development testing there is shown high effectiveness in the application of the surface strengthening methods for cylinder working surfaces. The recommendations developed ensure the increase of error-free running time of cylinders 1.8-2 times.

Key words: cylinders, sealing rings, wear, diamond smoothing, polishing (buffing).

Введение

В процессе эксплуатации цилиндров гидравлических и воздушных систем происходит износ уплотнительных резиновых колец. Продукты износа колец отличаются по своим размерам и могут достигать 5...7 мм. Разный размер отделяемых частиц резины обусловлен различными процессами изнашивания.

Наличие крупных частиц резины между трущимися поверхностями приводит к повышению скорости изнашивания уплотнительных устройств, а в случае их попадания в сопрягаемые устройства - к нарушению работоспособности всей системы, что, в свою очередь, может привести к катастрофе.

Для выявления закономерностей процессов износа уплотнительных резиновых колец устройств, в зависимости от конструкторских параметров этих устройств и технологических факторов обработки деталей цилиндров, был проведен пассивный эксперимент. На ремонтном заводе производилась разборка цилиндров одного наименования с разными наработками в процессе эксплуатации (от 50 до

300 часов). Уплотнительное устройство штока цилиндра представляло собой последовательность четырех уплотнительных колец (ГОСТ 9833-73) не имеющих дополнительных устройств, для предотвращения их закусывания.

В процессе разборки контролировались следующие факторы: наработка цилиндра в процессе эксплуатации изделия, натяг кольца по внутреннему диаметру, шероховатость рабочей поверхности цилиндра, уплотняемый зазор, порядковый номер кольца. Выходные параметры - максимальный размер отделившихся от колец резиновых частиц, износ колец.

После разборки цилиндров содержащаяся в них рабочая жидкость пропускалась через фильтр для того, чтобы оценить размер самых крупных резиновых частиц. В результате анализа полученных данных была получена следующая зависимость размеров резиновых частиц как от наработки цилиндров, так и от конструкторско-технологических факторов уплотнительного устройства:

$$I_s = 1,312 - 0,0688\tau - 5,538\eta + 0,004398\tau\eta + 14,91R_a + 0,03562\tau R_a - 29,62\eta R_a + 27,25R_a^2 + 0,02736\delta + 0,0008651\tau\delta + 0,1634\eta\delta - 0,4713R_a\delta \text{ мкм,}$$

где τ – наработка цилиндра в процессе эксплуатации изделия, ч; η – натяг кольца по внутреннему диаметру, равный разнице диаметра уплотняемой поверхности штока и диаметра кольца, мм; R_a – параметр шероховатости рабочей поверхности цилиндра, мкм; δ – уплотняемый зазор, мкм.

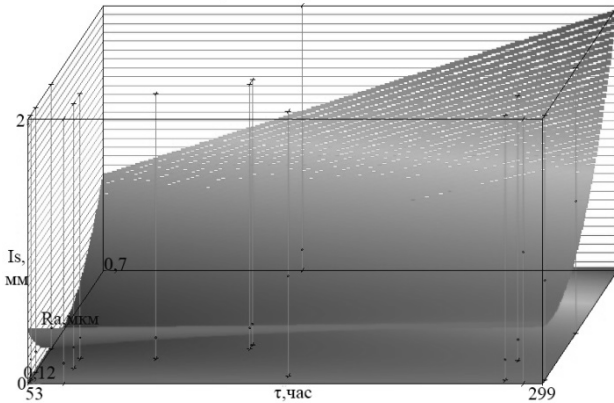


Рис. 1. Зависимость размера отделяющихся резиновых частиц от наработки цилиндра и шероховатости поверхности при натяге кольца $\eta = 0,11$ мм и уплотняемом зазоре $\delta = 72$ мкм

С увеличением шероховатости поверхности и наработки цилиндра заметно растёт размер отделяющихся частиц резины (рис.1). Хорошо заметна

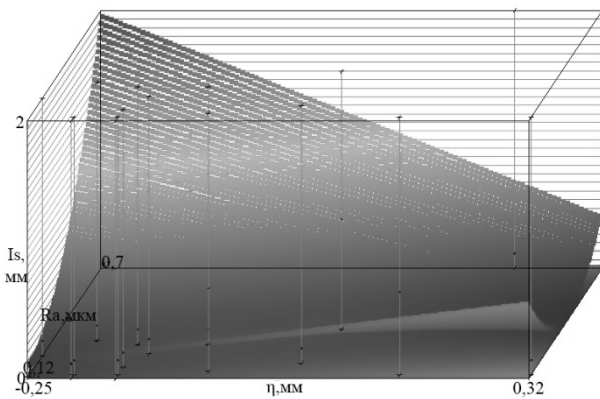


Рис. 2. Зависимость размера отделяющихся резиновых частиц от натяга кольца и шероховатости поверхности при наработке цилиндра $\tau = 180$ ч и уплотняемом зазоре $\delta = 72$ мкм

область равновесной шероховатости, при которой размер отделяющихся частиц стабильно небольшой ($R_a \sim 0,2$ мкм).

Наибольшие по размеру частицы до 2 мм отделяются от резиновых колец при максимальной исходной шероховатости рабочих поверхностей уплотнительных устройств (0,7 мкм) и низких значениях натяга колец (-0,25 мкм). При увеличении натяга колец до 0,32 мм наименьшие по размерам частицы износа обеспечиваются при шероховатости поверхности 0,3 мкм.

При увеличении уплотняемого зазора размер частиц увеличивается и при необеспечении равновесной шероховатости рабочих поверхностей достигает 2 мм и более (рис.3).

Износ колец был определен весовым методом. Взвешивание производилось при помощи аналитических весов ВЛР-200 с предельной нагрузкой 200 г допустимая погрешность $\pm 0,2$ мг после удаления жидкости АМГ-10. В ходе анализа полученных данных была выявлена следующая зависимость износа колец уплотнительного устройства от эксплуатационно-технических факторов (рис. 4 – 7):

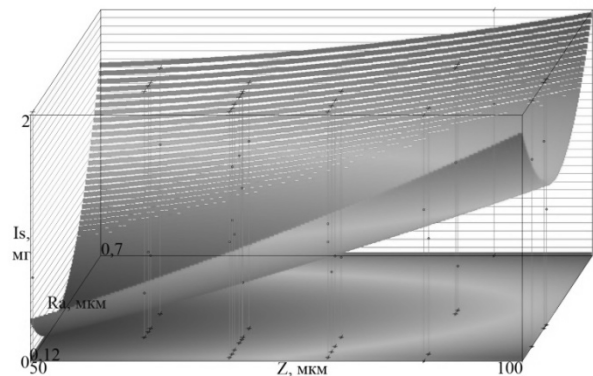


Рис. 3. Зависимость размера отделяющихся резиновых частиц от уплотняемого зазора и шероховатости поверхности при наработке цилиндра $\tau = 180$ ч и натяге кольца $\eta = 0,11$ мм

$$I = -45,05 - 15,72N + 11,17N^2 + 0,4268\tau - 0,08037N\tau - 0,0001571\tau^2 - 63,65\eta - \\ - 67,05N\eta + 0,2598\tau\eta + 112,4\eta^2 + 397,1R_a - 86,33NR_a + 0,3771\tau R_a + 206,5\eta R_a + \\ + 1,328\delta - 0,3184N\delta - 0,002287\tau\delta + 1,1342\eta\delta - 1,679R_a\delta + 0,001508\delta^2 \text{ мг.}$$

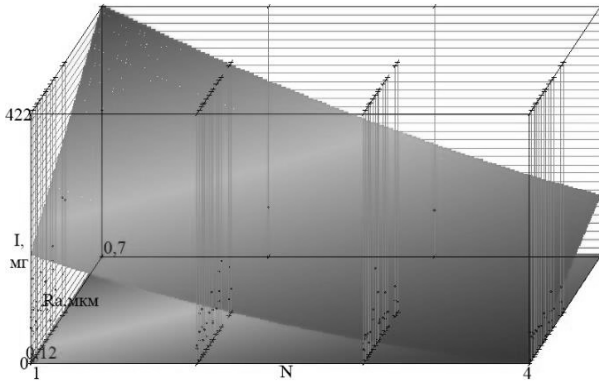


Рис. 4. Зависимость износа уплотнительных колец от номера кольца и шероховатости поверхности при наработке цилиндра 165 ч, натяге кольца 0,06 мм и уплотняемом зазоре 75 мкм

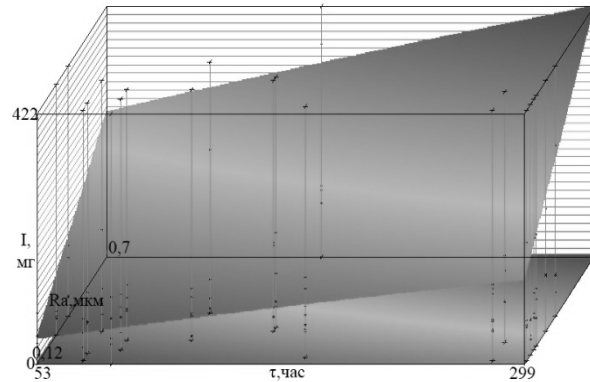


Рис. 5. Зависимость износа первого уплотнительного кольца от наработки цилиндра и шероховатости поверхности при натяге кольца 0,06 мм и уплотняемом зазоре 75 мкм

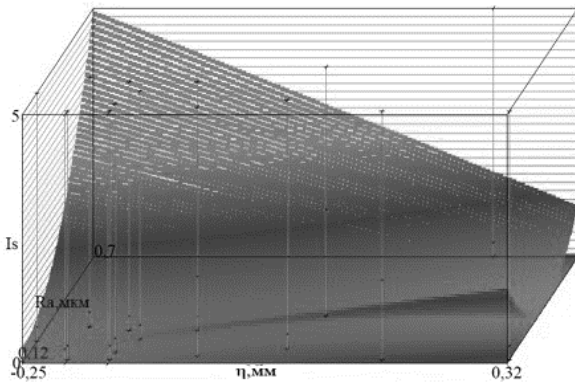


Рис. 6. Зависимость износа первого уплотнительного кольца от его натяга и шероховатости поверхности при наработке цилиндра 165 ч и уплотняемом зазоре 75 мкм

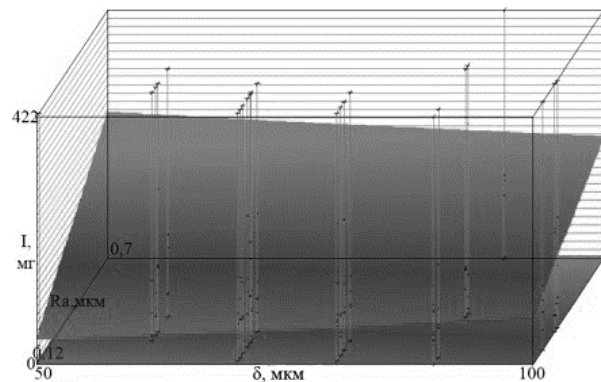


Рис. 7. Зависимость износа первого уплотнительного кольца от уплотняемого зазора и шероховатости поверхности при наработке цилиндра 165 ч и натяге кольца 0,06 мм

Первое и второе (со стороны действующего рабочего давления) кольца изнашиваются сильнее, нежели третье и четвертое, из-за большей воспринимаемой нагрузки. Главную роль в степени износа уплотнительных колец играет шероховатость поверхности. Таким образом, для повышения износостойкости уплотнительных колец в процессе производства и ремонта цилиндров необходимо обеспечить наименьшую возможную шероховатость стальных поверхностей, находящихся в контакте с кольцами.

Исследование влияния метода обработки рабочих поверхностей на износостойкость резиновых колец проводилось при испытаниях цилиндров на стендах типа У 402-70.

Давление рабочей среды (АМГ-10) составляло до 1,8 МПа, температура - $80 \pm 5^\circ\text{C}$, период цикла срабатывания - 10 с, базовое число циклов нагружения - 3500. Величина уплотняемого зазора составляла 100 мкм, степень сжатия колец в посадочных местах - 12-15%. Износ резиновых колец определялся путем их взвешивания до и после испытаний на аналитических весах с точностью до $\pm 0,1$ мг. Удаление жидкости АМГ-10 из колец проводилось в термостате при 200°C в течение 20 часов. Одновременно испытывались 4 цилиндра, рабочие поверхности которых обрабатывались различными методами. Стаканы цилиндров подвергались хо-

нингованию и алмазному выглаживанию, а хромированные штоки поршней - полированию и алмазному выглаживанию. Результаты стендовых испытаний представлены на рис. 8 а, б.

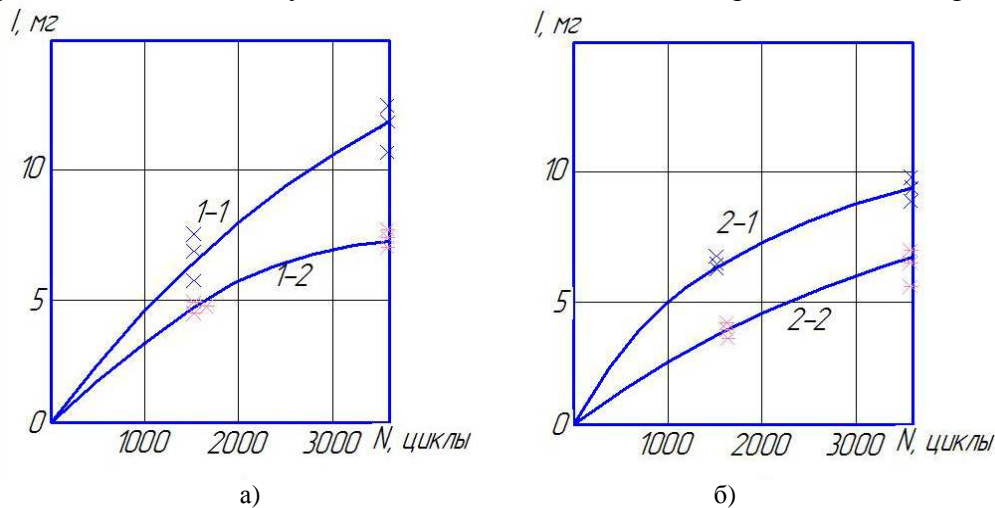


Рис. 8. Зависимость износа резиновых уплотнительных колец цилиндров гидравлической системы от методов обработки рабочей поверхности цилиндра и поршня: 1-2 и 2-2 – алмазное выглаживание; 1-1 – хонингование; 2-1 – полирование

Заключение

Установлено, что алмазное выглаживание рабочих поверхностей деталей уплотнительных устройств снижает износ резиновых колец на 20-25%, а также уменьшает количества отделяемых средних и крупных частиц резины по сравнению с абразивными методами обработки

поверхностей, которые находятся в контакте с уплотнительными кольцами (рис. 8). Внедрение разработанных рекомендаций обеспечило повышение наработки цилиндров гидравлической системы на отказ в 1,8 – 2,0 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плешаков, В. В. Технология и инструменты отделочно-упрочняющей обработки деталей поверхностным пластическим деформированием: справочник: в 2 т. / В. В. Плешаков, В. Ю. Блюменштейн, Р.В. Гуков [и др.]; под общ. ред. А. Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2014. – Т. 1. – 480 с.
2. Плешаков, В. В. Режимы механической обработки при изготовлении и ремонте деталей колесных и гусеничных машин / В.В. Плешаков. – М.: МГУПИ, 2006. – 100 с.
3. Плешаков, В. В. Механическая обработка деталей колесных и гусеничных машин из трудно-

обрабатываемых материалов / В.В. Плешаков. – М.: МГУПИ, 2006. – 115 с.

4. Плешаков, В. В. Конструкционные и защитно-отделочные материалы в транспортном машиностроении / В. В. Плешаков, Е. А. Егорушкин. – М.: МГУИТРЭ (МГУПИ), 2015. – 142 с.
5. Симановский, С. М. Оценка оптимальной шероховатости поверхностей уплотняемых деталей цилиндров гидравлических и воздушных систем / С. М. Симановский, В. В. Плешаков. – М.: МГУПИ, 2014. – С. 31-39.

1. Pleshakov, V.V. *Technology and Tools for Finishing-Strengthening Treatment of Parts with Surface Plastic Forming: Reference Book in 2 Vol.* / V.V. Pleshakov, V. Yu. Blumenstein, R.V. Gurov [et al.]; under the general editorship of A. G. Suslov. – М.: Mechanical Engineering, 2014. – Vol. 1. – pp. 480.
2. Pleshakov, V.V. *Machining Modes at Manufacturing and Repair of Wheel- and Caterpillar Machinery Parts* / V.V. Pleshakov. – М.: MSU, 2006. – pp. 100 с.

3. Pleshakov, V.V. *Hard-to-machine Parts Machining for Wheel- and Caterpillar Machinery* / V.V. Pleshakov. – М.: MSU, 2006. – pp. 115.
4. Pleshakov, V.V. *Structural and Protective Finishing Materials in Transport Engineering* / V.V. Pleshakov, E. A. Yegorushkin. – М.: MSU, 2015. – pp. 142.
5. Simanovsky, S. M. Estimate of Optimum Roughness in Surfaces of Sealed Parts in Cylinders of Hydraulic and Air Systems / S. M. Simanovsky, V.V. Pleshakov. – М.: MSU, 2014. – pp. 31-39.

Статья поступила в редколлегию 11.07.2016.

Рецензент: д.т.н., профессор
Шентунов С.А.

Сведения об авторах:

Плешаков Виктор Викторович, к.т.н., доцент, профессор кафедры «Транспортные средства и бортовые информационно-управляющие системы» Московского технологического университета, тел.: 8-985-987-7625, e-mail: pleshakov_vv@mgupi.ru, pleshakovvv@yandex.ru.

Симановский Сергей Михайлович, аспирант кафедры «Транспортные средства и бортовые информационно-управляющие системы» Московского технологического университета, тел.: 8-925-521-9545, e-mail: simanovskiysm@gmail.com.

Шурпо Александр Николаевич, к.т.н., ст. научный сотрудник лаборатории №1 ИКТИ РАН, тел.: 8-910-451-9812, e-mail: a-shurpo@yandex.ru.

Pleshakov Victor Victorovich, Can.Eng., Assistant Prof. of the Dep. "Vehicles & Airborne Information-Control Systems", Moscow technological University, Phone: 8-985-987-7625, e-mail: pleshakov_vv@mgupi.ru, pleshakovvv@yandex.ru.

Simanovsky Sergey Mikhailovich, Post graduate student of the Dep. "Vehicles & Air-borne Information-Control Systems", Moscow Technological University, Phone: 8-925-521-9545, e-mail: simanovskiysm@gmail.com.

Shurpo Alexander Nikolayevich, Can.Eng., Senior researcher of Lab. №1 IKTI RAS, Phone: 8-910-451-9812, e-mail: a-shurpo@yandex.ru.