



Оригинальная статья / Original article

УДК 621.818

DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/1814-3520-2019-1-8-15>

Сравнение эффективности использования многодисковых шлифовальных головок при формировании уплотнительной поверхности затворного узла трубопроводной арматуры

© Н.В. Вулых, С.Н. Гайсин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Резюме: Цель работы – экспериментальное сравнение эффективности использования многодисковых шлифовальных головок, формирующих и восстанавливающих уплотнительные поверхности запорной трубопроводной арматуры на примере детали, имитирующей «седло» клапана низкого давления DN 65. Эксперименты по уплотнению контактных поверхностей в затворном узле клапана осуществлены с помощью шлифовальных головок с тремя и пятью рабочими дисками. Увеличение числа рабочих дисков в многодисковых шлифовальных головках с 3-х до 5-ти повысило качество обработанной поверхности за счет снижения отклонения от плоскости для абразивного инструмента фирмы EFCO с 6,57 до 5,14 мкм; для шлифовальной шкурки Л251СМ40 – с 8,14 до 7,14 мкм, а также снижения усредненного значения параметра шероховатости Ra с (0,226–0,277 мкм) до (0,087–0,148 мкм) в зависимости от типа абразивной шкурки. Увеличение градиента коэффициента трения при многодисковой обработке способствует улучшению качества обработки уплотнительных поверхностей. Поскольку после обработки показатель отклонения от номинальной плоскости является определяющим, то для притирки уплотнительных поверхностей рекомендуется применять 5-дисковую шлифовальную головку с использованием абразивной шкурки EFCO, что подтверждается формированием замкнутой зоны контактных пятен на уплотнительных поверхностях деталей-свидетелей, обеспечивающих герметичность затворного узла запорной трубопроводной арматуры. Для притирки уплотнительных поверхностей рекомендуется применять 5-дисковую шлифовальную головку с использованием абразивной шкурки EFCO, обеспечивающей герметичность затворного узла запорной трубопроводной арматуры.

Ключевые слова: трубопроводная арматура, уплотнительная поверхность, шлифовальные устройства, герметичность

Информация о статье: Дата поступления 17 декабря 2018 г.; дата принятия к печати 18 января 2019 г.; дата онлайн-размещения 28 февраля 2019 г.

Для цитирования: Вулых Н.В., Гайсин С.Н. Сравнение эффективности использования многодисковых шлифовальных головок при формировании уплотнительной поверхности затворного узла трубопроводной арматуры. *Вестник Иркутского государственного технического университета*. 2019;23(1):8–15. DOI: 10.21285/1814-3520-2019-1-8-15.

Comparison of application efficiency of multi-disk grinding heads when forming the sealing surface of the pipeline fitting gate valve

Nikolay V. Vulykh, Sergey N. Gaisin

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract: The purpose of the paper is the experimental comparison of the application efficiency of multi-disk grinding heads forming and restoring the sealing surfaces of pipeline valves on example of the part simulating the “saddle” of DN 65 low pressure valve. Experiments on contact surface sealing in the gate valve are conducted with the use of grinding heads with three and five working disks. Increase in the number of working disks in multi-disk grinding heads from three to five has improved the quality of the processed surface by reducing the deviation from the plane for EFCO abrasive tool from 6.57 to 5.14 μm ; for L251SM40 grinding cloth – from 8.14 to 7.14 μm , as well has decreased the average value of the roughness parameter Ra from (0.226 – 0.277 μm) to (0.087 – 0.148 μm) depending on the type of the abrasive cloth. An increase in the gradient of the friction coefficient at multidisc treatment improves the processing quality of sealing surfaces. Since the deviation from the nominal plane is decisive after processing, grinding of sealing surfaces is recommended to perform with the use of a 5-disk grinding head with EFCO abrasive cloth. This is confirmed by the formation of a closed zone of contact spots on the sealing surfaces of witness parts providing the tightness of the gate valve assembly of pipeline fittings. For sealing surface lapping, it is recommended to use a 5-disc grinding head with the use of EFCO abrasive cloth, which ensures the tightness of the gate valve assembly of the pipeline fittings.

Keywords: pipeline fittings, sealing surface, grinding devices, tightness



Information about the article: Received December 17, 2018; accepted for publication January 18, 2019; available online February 28, 2019.

For citation: Vulykh N.V., Gaysin S.N. Comparison of application efficiency of multi-disk grinding heads when forming the sealing surface of the pipeline fitting gate valve. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Proceedings of Irkutsk State Technical University*. 2019;23(1): 8–15. (In Russ.) DOI: 10.21285/1814-3520-2019-1-8-15.

Введение

Запорная трубопроводная арматура, предназначенная для перекрытия потока разнообразных сред (вода, пар, продукты нефтепереработки и др.), широко используется в нефтехимических, энергетических производствах, в транспортных трубопроводах различного назначения.

Анализ дефектов запорной трубопроводной арматуры (ТА), связанных с неплотностью уплотнительных поверхностей (УП) показал, что на Ангарском нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ ОАО «АНХК») около 80% всех дефектов связано с коррозией УП и (10–15) % дефектов возникает по причине их механического износа. На ТЭЦ Иркутского авиационного завода почти 90% повреждений УП затворов происходит по причине механического износа, и около 3% за счет коррозионных процессов [1, 2].

В большинстве случаев утечки среды через детали и узлы не допускаются, так как эти показатели наряду с герметичностью определяют безопасность эксплуатации ТА. Большое число теоретических данных [3–9] посвящено утечкам рабочей среды через

уплотнения типа «металл-металл» в затворных узлах запорной ТА.

Герметичность затворного узла зависит от фактической площади контакта УП в затворном узле клапана (вентиля), а суммарная фактическая площадь контакта определяется наличием на контактируемых поверхностях волнистости (неплоскостности) и шероховатости [10, 11]. При уменьшении отклонений волнистости (в первую очередь) и шероховатости увеличится площадь контакта и долговечность затворного узла клапана [12]. Обработка УП однодисковой шлифовальной головкой показала низкий уровень качества обработанных поверхностей по параметрам волнистости и шероховатости [1, 2].

Целью исследования является экспериментальное сравнение эффективности применения многодисковых шлифовальных головок, формирующих и восстанавливающих уплотнительные поверхности запорной трубопроводной арматуры на примере детали, имитирующей «седло» клапана низкого давления DN 65.

Материал и методы исследования

Эксперименты были проведены с помощью шлифовальных головок с тремя и пятью рабочими дисками.

Исследуемые образцы – детали-свидетели (рис. 1), имитирующие «седло» клапана низкого давления, были изготовлены из стали 20Х13 (ГОСТ 5632), твердость поверхностного слоя УП составляла 169–184 НВ.

При проведении экспериментов – с целью получения достоверных показателей – было задействовано семь опытных образцов-свидетелей.

У изготовленных на токарно-винторезном станке деталей-свидетелей (см. рис. 1) до и после операции шлифования были замерены шероховатость и отклонения от номинальной плоскости УП. Волнистость измеряли машиной модели ACCURA_MASS методом автоматического сканирования в 360 равномерно расположенных точках контрольной окружности, т.е. через 1° . Характеристика шероховатости измерялась профилометром Surtronic (производитель Фирма Taylor Hobson Ltd., Великобритания) на трех радиально ориентированных отрезках пря-



мых линий, отстоящих друг от друга в угловом направлении на 120° .

Трех- и пятидисковые шлифовальные головки можно использовать как в стационарной установке по ремонту УП с использованием вертикально-сверлильного станка, так и в мобильном оборудовании с использованием электро- или пневмопривода.

Устройства многодисковых шлифовальных головок идентичны [8, 9], имеют сложную кинематику движения рабочих дисков, и, как следствие, процесса микрорезания УП образцов. Конструкция 5-дисковой шлифовальной головки (патент на полезную модель № 159912) представлена на рис. 2.

Шлифование деталей-свидетелей 3-х и 5-дисковыми шлифовальными головками проводилось на вертикально-сверлильном станке модели 2А125. Для шлифовки деталей-свидетелей использовали 2 типа шлифовальных шкурок: 1 – Л251СМ40; ГОСТ 10054 и 2 – абразивный инструмент фирмы EFCO (Германия) на основе оксида алюминия (Al_2O_3) зернистостью 30 мкм, показавшие наилучшие результаты при обработке деталей-свидетелей [13–15]. Каждая деталь-свидетель обрабатывалась новым комплектом шлифовальной шкурки. Обработка деталей-свидетелей производилась путем базирования деталей в 3-кулачковом патроне по $\varnothing 76k6$ с использованием разжимной оправки. Патрон располагался на рабочем столе станка.

Режимы шлифования многодисковыми головками:

- частота вращения шпинделя – 96,5 об/мин;
- усилие на шлифовальную головку – 25 Н;
- время шлифования – 50 с.

Кинематика обработки деталей-свидетелей шлифовальными головками. Низкое качество обработки УП однодисковой шлифовальной головкой непосредственно связано с кинематикой движения точек шлифующей поверхности притира. Каждая точка однодискового притира (шлифовальной шкурки) 1 совершает вращательное движение по окружности (указано стрелками с пунктирными линиями), ограниченной минимальным ($R1$) и максимальным ($R2$) радиусом УП 2 (рис. 3 а).

При обработке многодисковой шлифовальной головкой каждая точка притира 1 совершает сложное вращательное движение в обратном направлении относительно главного вращательного движения инструмента за счет сил трения в зоне рабочего контакта. Таким образом, траектория перемещения каждой точки притира пройдет по дуге окружности с радиусом r (см. рис. 3 б), который, в свою очередь, зависит от сил трения на контакте притира 1 и УП 2. При этом (теоретически) значение r может изменяться от r_{min} до r_{max} .

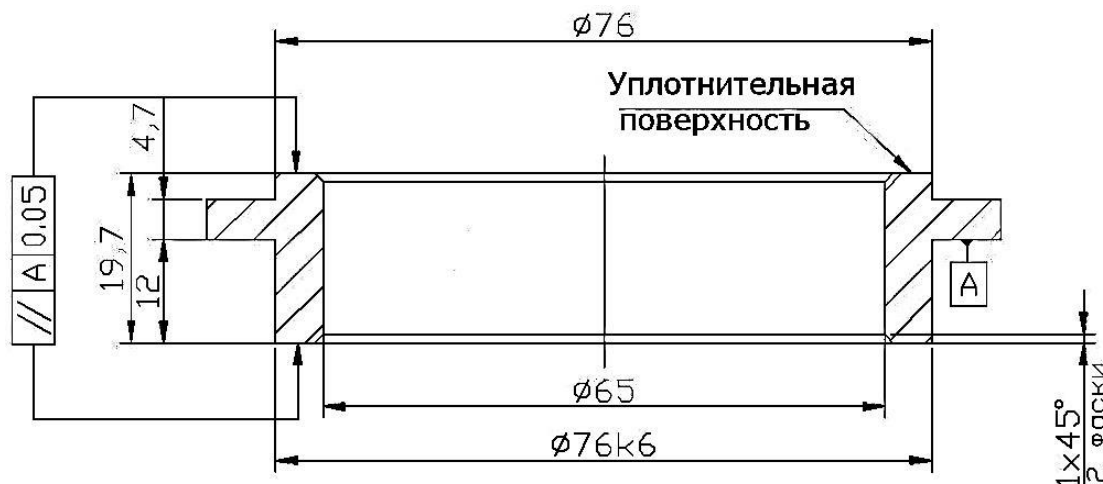


Рис. 1. Опытная деталь, имитирующая «седло» клапана низкого давления DN 65
Fig. 1. Pilot part simulating the "saddle" of DN 65 low pressure valve

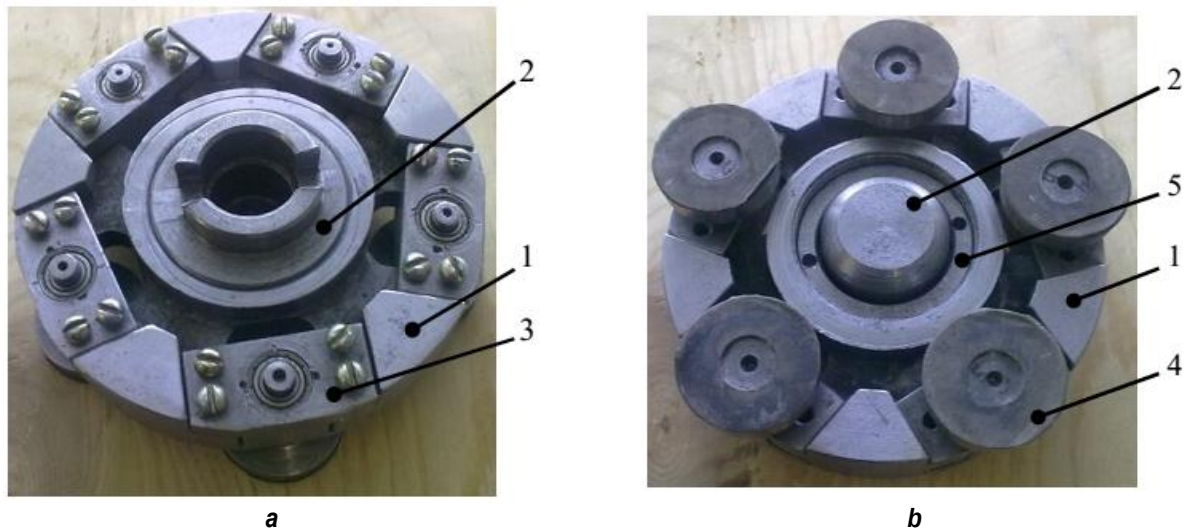


Рис. 2. Пятидисковая шлифовальная головка: а – вид сверху; б – вид снизу; 1 – планшайба; 2 – съемная ступица; 3 – вставка; 4 – рабочий диск с абразивной шкуркой; 5 – контрольная гайка
Fig. 2. Five-disk grinding head: a – top view; b – bottom view; 1 – faceplate; 2 – removable hub; 3 – insert; 4 – working disk with abrasive cloth; 5 – control nut

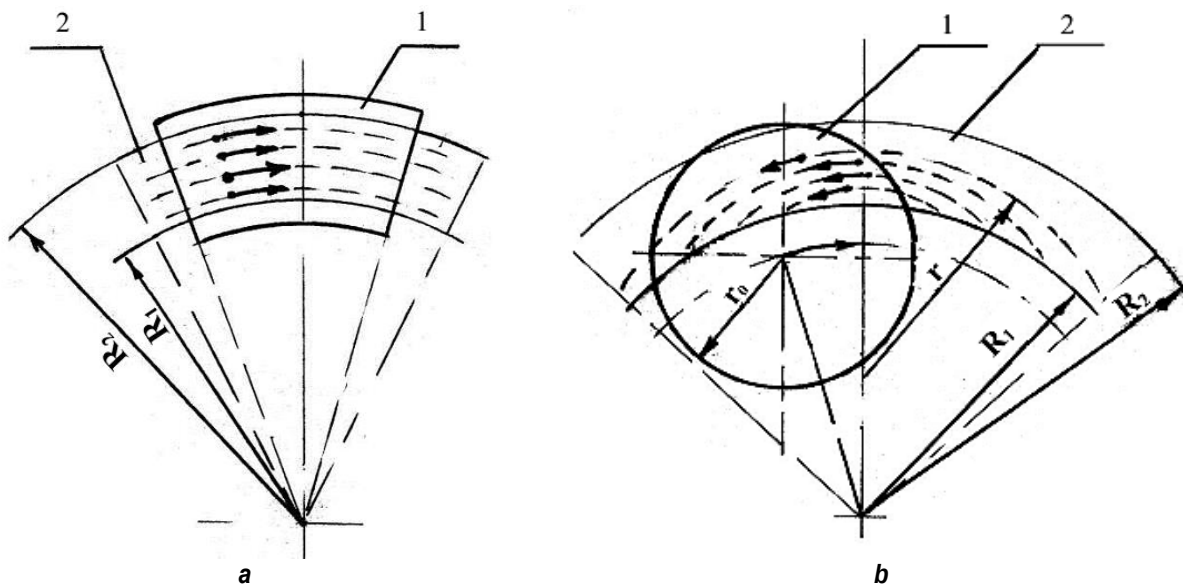


Рис. 3. Кинематика обработки деталей-свидетелей одно- (а) и многодисковыми (б) шлифовальными головками
Fig. 3. Kinematics of witness part processing by one (a) and multi-disk (b) grinding heads

$$\begin{cases} r_{min} > r_0 \text{ при } f \rightarrow 1 \\ r_{max} < (R_1 \div R_2) \text{ при } f \rightarrow 0 \end{cases} \quad (1)$$

где r_0 – радиус многодискового притира; f – коэффициент трения на контакте притира и УП.

Необходимо отметить, что в формуле (1) представлены предельные значения коэффициента трения f . Так при f , несущественно превышающем нулевое значение силы трения на контакте притира 1 по УП 2 (см. рис. 3) будут практически отсутство-

вать, и притир (теоретически) будет скользить по УП 2, описывая радиус скольжения в диапазоне равном или немного меньшем – от R_1 до R_2 . На практике [16–18], в момент касания вращающегося притира 1 и УП 2 (см. рис. 3) коэффициент трения между ними будет иметь максимальное значение – точка «К» на диаграмме (рис. 4). Затем коэффициент трения начнет снижаться вследствие приработки притира и УП – область А (см. рис. 4). В основной период обработки



силы трения стабилизируются и постепенно возрастают вследствие незначительного износа абразивных зерен – область «В» (см. рис. 4). По окончании обработки выкрашивание абразивных зерен с рабочей поверхности притира становится значительным, что приводит к увеличению контактной площади между притиром и УП, и как следствие к возрастанию коэффициента трения – область «С» (см. рис. 4), при этом радиус траектории вращения точек притира r (см.

рис. 3 б) будет стремиться к минимальному своему значению r_0 . Таким образом, изменение коэффициента трения при обработке УП имеет сложный характер, влияющий на изменение траектории перемещения точек притира, и чем это изменение будет значительней, тем с более высоким качеством будет сформирован микропрофиль обработанной поверхности за более короткий промежуток времени.

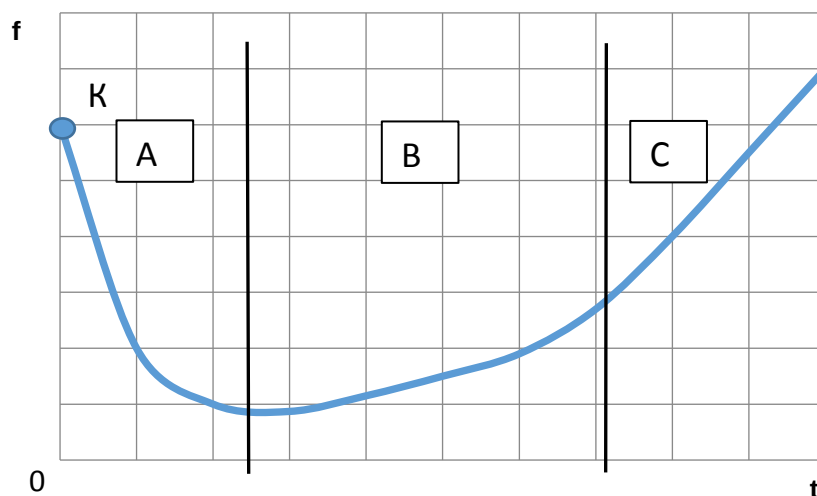


Рис. 4. Условная зависимость коэффициента трения (f) между рабочей поверхностью притира и уплотнительной поверхностью затворного узла от времени обработки (t)
Fig. 4. Conditional dependence of the friction coefficient (f) between the working surface of the lapping tool and the sealing surface of the gate valve assembly on processing time (t)

Результаты исследования и их обсуждение

Значения усредненных показателей отклонений от плоскости деталей-свидетелей Δ^{cp} , а также величина их шероховатости R_a^{cp} (2) до и после шлифования представлены в табл. 1.

$$\begin{cases} R_a^{cp} = \sum_{i=1}^7 R_{ai} / 7 \\ \Delta^{cp} = \sum_{i=1}^7 \Delta_i / 7 \end{cases} \quad (2)$$

где i – число опытов в каждой серии экспериментов.

Определение наличия замкнутой зоны уплотнительного контакта. В исследованиях [1, 2] установлено, что условие

уплотнения контактных поверхностей в затворном узле клапана будет выполняться при образовании непрерывной цепочки из хаотически разбросанных пятен контакта. Для исследования пятен контакта нанесли тонкий слой черной краски на УП отшлифованных деталей-свидетелей. На специализированной притирочной плите с использованием притирочной пасты из карбида титана произвели доводку УП с усилием 2 Н в течение 1 мин., создавая имитацию процесса запираания поверхностей затвора. Формирование белых контактных пятен УП представлено на рис. 5.



Таблица 1

Показатели качества уплотнительной поверхности при обработке
многодисковыми шлифовальными головками

Table 1

Indicators of sealing surface quality when processed by multi-disk grinding heads

Показатели качества уплотнительной поверхности	R_a^{cp} , мкм	Δ^{cp} , мкм
До шлифования УП деталей-свидетелей	4,343	23,43
Обработка деталей-свидетелей трехдисковой шлифовальной головкой:	–	–
• после шлифования абразивной шкуркой Л251СМ40 ГОСТ 10054-82	0,226	8,14
• после шлифования абразивной шкуркой EFCO	0,277	6,57
Обработка деталей-свидетелей пятидисковой шлифовальной головкой:	–	–
• после шлифования абразивной шкуркой Л251СМ40 ГОСТ 10054-82	0,087	7,14
• после шлифования абразивной шкуркой EFCO	0,148	5,14



a



b

Рис. 5. Формирование белых контактных пятен уплотнительных поверхностей деталей-свидетелей:
a – после обработки трехдисковой шлифовальной головкой с абразивной шкуркой EFCO; b – после
обработки пятидисковой шлифовальной головкой с абразивной шкуркой EFCO

Fig. 5. Formation of white contact spots on the sealing surfaces of witness parts:
a – after processing by a three-disk grinding head with EFCO abrasive cloth;
b – after processing by a five-disk grinding head with EFCO abrasive cloth

Анализируя представленные образцы (см. рис. 5), очевидно, что область белых контактных пятен, формирующих замкнутую зону на УП, образуется на деталях-свидетелях, обработанных пятидисковой шлифовальной головкой с использованием

абразивной шкурки EFCO. Таким образом, опытная конструкция пятидисковой шлифовальной головки, при использовании абразивной шкурки EFCO, соответствует своему функциональному назначению.

Заключение

1. Увеличение числа рабочих дисков в многодисковых шлифовальных головках с 3-х до 5-ти повысило качество обработанной поверхности за счет снижения отклоне-

ния от плоскости для абразивного инструмента фирмы EFCO с 6,57 до 5,14 мкм; для шлифовальной шкурки Л251СМ40 – с 8,14 до 7,14 мкм, а также снижения усредненного



значения параметра шероховатости Ra с (0,226–0,277 мкм) до (0,087–0,148 мкм) в зависимости от типа абразивной шкурки.

2. Увеличение градиента коэффициента трения при многодисковой обработке способствует улучшению качества обработки уплотнительных поверхностей.

3. Поскольку после обработки показатель отклонения от номинальной плоско-

сти является определяющим, то для притирки уплотнительных поверхностей рекомендуется применять 5-дисковую шлифовальную головку с использованием абразивной шкурки EFCO, что подтверждается формированием замкнутой зоны контактных пятен на уплотнительных поверхностях деталей-свидетелей, обеспечивающих герметичность затворного узла запорной ТА.

Библиографический список

1. Гайсин С.Н., Зайдес С.А. Условие внутренней герметичности затворов трубопроводной арматуры // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 6 (89). С. 45–49.
2. Zaides S.A., Gaisin S.N. Creating sealing surface of shutoff assembly of pipeline fittings // Chemical and Petroleum Engineering. 2017. P. 106–110.
3. Гуревич Д.Ф. Основы расчета трубопроводной арматуры. М.-Л.: Mashgiz, 1962. 411 с.
4. Калашников В.А. Оборудование и технологии ремонта трубопроводной арматуры. М.: Машиностроение, 2001. 232 с.
5. Сейнов С.В. Трубопроводная арматура. Исследования. Производство. Ремонт. М.: Машиностроение, 2002. 392 с.
6. Pogodin V.K., Livshits V.I. Determination of structural and technological parameters of detachable joints // Chemical and Petroleum Engineering. 2005. Vol. 41. № 1-2. P. 81–84.
7. Pogodin V.K. Provision for airtightness of detachable joints in high-pressure equipment // Chemical and Petroleum Engineering. 2001. Vol. 37. № 9-10. P. 462–467.
8. Гайсин С.Н., Балакирев В.А., Цвик Л.Б., Безносков С.А. Универсальная многодисковая головка для финишной обработки плоских уплотнительных поверхностей элементов трубопроводной арматуры // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 11. С. 8-15.
9. Пат. № 159212, Российская Федерация. У1. МПК В24В 15/00. Устройство для шлифования и притирки уплотнительных поверхностей запорной трубопроводной арматуры / С.Н. Гайсин, С.А. Зайдес, Л.Б. Цвик. № 2015123513/02. Заявл. 17.06.2015. Опубл. 10.02.2016. Бюл. № 4.
10. Вулых Н.В., Горбунов А.В. Центробежное обкатывание нежестких валов для достижения минимальной шероховатости и максимальной несущей способности поверхности // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 10 (69). С. 34–39.
11. Кондрашов Ю.И., Сергеев Р.Н. О некоторых вопросах оценки герметичности клапанных уплотнений // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2017. Т. 16. № 3. С. 155–164. DOI: 10.18287/2541-7533-2017-16-3-155-164
12. Скрыбин В.А. Этапы обработки при восстановлении запорных деталей трубопроводной арматуры // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26. № 2. С. 228–245.
13. Гайсин С.Н., Цвик Л.Б., Балакирев В.А. Формирование уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры однодисковыми и многодисковыми шлифовальными головками // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2012. № 5. С. 44–50.
14. Zaides S.A., Gaisin S.N. Mobile System for Restoring the Sealing Surfaces of Pipeline Valves // Russian Engineering Research. 2018. Vol. 38. No. 6. P. 442–445.
15. Зайдес С.А., Гайсин С.Н. Восстановление уплотнительной поверхности затворных узлов трубопроводной арматуры // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2017. № 11. С. 15–21.
16. Александров И.К. Определение соотношения между коэффициентами трения покоя и трения скольжения фрикционной пары // Современные инновации в науке и технике: сб. науч. тр. 8-й Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. 2018. С. 13–18.
17. Логинов Д.В., Мясин М.И., Фоминых А.В. Стенд для испытаний образцов на трение и износ // Техническое обеспечение технологий производства сельскохозяйственной продукции: сб. статей по материалам II Всероссийской (национальной) науч.-практ. конф. 2018. С. 25–29.
18. Ряховский А.М. К расчету износостойкости металлических материалов трущихся пар. Сообщение 4. Определение коэффициента трения и давления на абразивном контакте // Вестник машиностроения. 2010. № 8. С. 29–36.

References

1. Gaisin S.N., Zaides S.A. Inner pressure-tight condition of pipeline valves. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of Irkutsk State Technical University]. 2014, no. 6 (89), pp. 24–27. (In Russian)
2. Zaides S.A., Gaisin S.N. Creating sealing surface of shutoff assembly of pipeline fittings. *Chemical and Petroleum Engineering*. 2017, pp. 106–110.
3. Gurevich D.F. *Osnovy rascheta truboprovodnoy armatury* [Bases of pipeline valves calculation]. Moscow, Leningrad: Mashgiz Publ., 1962, 411 p. (In Russian)
4. Kalashnikov V.A. *Oborudovanie i technology remonta*



truboprovodnoy armatury [Equipment and technologies for pipeline valve repair]. Moscow: Mechanical engineering Publ., 2001, 232 p. (In Russian)

5. Seynov S.V. *Truboprovodnoy armature. Issledovaniya. Proizvodstvo. Remont* [Pipeline valves. Researches. Production. Repair]. Moscow: Mechanical engineering Publ., 2002, 392 p. (In Russian)

6. Pogodin V.K., Livshits V.I. Determination of structural and technological parameters of detachable joints. *Chemical and Petroleum Engineering*. 2005, vol. 41, no. 1-2, pp. 81–84.

7. Pogodin V.K. Provision for airtightness of detachable joints in high-pressure equipment. *Chemical and Petroleum Engineering*. 2001, vol. 37, no. 9-10, pp. 462–467.

8. Gaisin S.N., Balakiriev V.A., Zvik L.B., Beznosov S.A. Universal multi-disk head for finishing flat sealing surfaces of pipeline valves elements. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of Irkutsk State Technical University], 2011, no. 11, pp. 8–15. (In Russian)

9. Gaisin S.N., Zaides S.A., Zvik L.B. *Ustroystvo dlay shlifovaniya i prytyrky uplotnitelnykh poverkhnosty zapornoy truboprovodnoy armatury* [The device for grinding and reseating of sealing surfaces of valves and fittings]. Patent RF, no. 159212, 2016. (In Russian)

10. Vulykh N.V., Gorbunov A.V. Centrifugal rolling of nonrigid shafts to achieve minimum roughness and maximum surface bearing capacity. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* 2012, no. 10(69), pp. 34–39. (In Russian)

11. Kondrashov Yu.I., Sergeev R.N. Advanced methods for assessing sealing ability of valve seals. *Vestnik Samara University. Aerospace and Mechanical Engineering*. 2017, vol. 16, no. 3, pp. 155–164. DOI: 10.18287/2541-7533-2017-16-3-155-164. (In Russian)

12. Scrybikov V.A. The processing steps in the renew of plug forming details of pipeline fittings. *Vestnik Mordovskogo universiteta* [Mordovia University Bulletin], 2016, vol. 26, no. 2, pp. 228–245. (In Russian)

13. Gaisin S.N., Zvik L.B., Balakiriev V.A. Forming sealing areas of pipeline valves by single and multiple disk grinding heads. *Izvestiya vyshih uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building], 2012, no. 5, pp. 44–50. (In Russian) DOI 10.18698/0536-1044-2012-5. (In Russian)

14. Zaides S.A., Gaisin S.N. Mobile System for Restoring the Sealing Surfaces of Pipeline Valves. *Russian Engineering Research*. 2018, vol. 38, no. 6, pp. 442–445. (In Russian)

15. Zaides S.A., Gaisin S.N. Restoration of the sealing surface valve components of pipeline valves. *Remont. Vosstanovlenie. Modernizatsiya* [Repair. Reconditioning. Modernization], 2017, no. 11, pp. 15–21. (In Russian)

16. Aleksandrov I.K. *Opredelenie sootnosheniya mezhdu koefitsientami treniya pokoy i treniya skolzheniya friktsionnoi pary* [Determination of the ratio between the coefficients of static friction and a sliding friction of frictional couple]. *Sbornik nauchnykh trudov 8 Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem "Sovremennyye innovatsii v nauke i tekhnike"* [The collection of scientific articles of 8 of the All-Russian scientific and technical conference with international participation "Modern innovations in science and technology"]. 2018, pp. 13–18. (In Russian)

17. Loginov D.V., Mylin M.I., Fominykh A.V. *Stend dly ispytaniy na trenie i iznos* [Test bench for testing samples for friction and wear]. *Sbornik statey po materialam 2 Vserossiyskoy (natsionalnoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii "Tekhnicheskoye obespecheniye tekhnologiy proizvodstva sel'skokhozyaystvennoy produktsii"* [Collection of articles on the materials of II All-Russian (national) scientific and practical conference "Technical support of agricultural products production technologies"]. 2018, pp. 25–29. (In Russian)

18. Rychovskiy A.M. On calculation of wearing capacity of metal materials of friction pairs. Report 4. Determination of the friction coefficient and of pressure on abrasive contact. *Vestnik mashinostroeniya* [Bulletin of Mechanical Engineering], 2010, no. 8, pp. 29–36. (In Russian)

Критерии авторства

Вулых Н.В., Гайсин С.Н. заявляют о равном участии в получении и оформлении научных результатов, и в равной мере несут ответственность за плагиат.

Authorship criteria

Vulykh N.V., Gaisin S.N. declare equal participation in obtaining and formalization of scientific results and bear equal responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Вулых Николай Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов, e-mail: vulyx2011@yandex.ru

Гайсин Сергей Николаевич, заведующий лабораториями кафедры технологии и оборудования машиностроительных производств, e-mail: gaisinsn@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nikolai V. Vulykh, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Machine -Building Technologies and Materials, e-mail: vulyx2011@yandex.ru

Sergey N. Gaisin, Head of the Laboratories of the Department of Technology and Equipment of Machine-Building Productions, e-mail: gaisinsn@mail.ru