

СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВАЛА РЕДУКТОРА В СОЕДИНЕНИИ «ВАЛ-МАНЖЕТА» С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕМОНТНОЙ ВТУЛКИ И ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ИГНАТКИН ИВАН ЮРЬЕВИЧ, докт. техн. наук, доцент

E-mail: ignatkinivan@gmail.com

ДРОЗДОВ АНДРЕЙ ВИКТОРОВИЧ

E-mail: 18vik18@mail.ru

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана; 105005, Российская Федерация, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, 5

Обосновано применение способа восстановления изношенной поверхности вала редуктора в соединении «вал-манжета» с помощью ремонтной втулки и полимерного материала. Рекомендуется применение селективной сборки с обеспечением переходной посадки с максимально возможным натягом 0,02 мм и с максимально возможным зазором 0,16 мм. Экспериментальные образцы ремонтных втулок изготовлены из тонкостенных сортовых труб из стали 30ХГСА ГОСТ 8734-75. Фиксация втулки на валу осуществлялась с помощью анаэробного полимерного состава Унигерм-6. Анализ результатов испытаний показал, что прочность на сдвиг не соответствует данным производителя для рассматриваемого размера сопряжения, но при этом значения прочности выше допусковых. Разброс полученных усилий не велик и коррелирует с величиной зазоров в образцах. Подтверждена полимеризация состава в зазоре, близком к 0,3 мм. Установлено, что рекомендованный максимально возможный зазор 0,16 мм обеспечивает достаточную прочность соединения и точность центрирования заготовки на валу (максимально возможное биение вала 0,18 мм). При получении натяга в сопряжении предлагается нагревать втулку перед установкой до 150°C, что будет достаточно для перекрытия натяга и в то же время не повлияет на свойства полимерного состава.

Ключевые слова: восстановление, ремонт, вал, манжета, втулка, полимер, анаэроб.

Формат цитирования: Игнаткин И.Ю., Дроздов А.В. Способ восстановления изношенной поверхности вала редуктора в соединении «вал-манжета» с применением ремонтной втулки и полимерных материалов // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 6(94). С. 40-45. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-40-45.

METHOD OF RESTORING THE WORN SURFACE OF A REDUCTION GEAR SHAFT IN A 'SHAFT-TO-COLLAR' CONNECTION USING A REPAIR BUSHING AND POLYMERIC MATERIALS

IVAN YU. IGNATKIN, DSc (Eng), Associate Professor

E-mail: ignatkinivan@gmail.com

ANDREI V. DROZDOV

E-mail: 18vik18@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University; 105005, Russian Federation, Moscow, 2nd Baumanskaya Str., 5

The authors prove the feasibility of applying a method for restoring the worn surface of a reduction gear shaft in a "shaft-sleeve" connection using a repair bushing and a polymer material. It is recommended to use selective assembly with a transition fit with the maximum possible interference fit of 0.02 mm, and the maximum possible clearance of 0.16 mm. The experimental samples of repair bushings are made of thin-walled high-quality pipes made of steel 30XGSA GOST 8734-75. The sleeve was fixed on the shaft using the Unigerm-6 anaerobic polymer composition. An analysis of the test results showed that the shear strength does not correspond to the manufacturer's data for the considered size of the fit, but the strength values are higher than permissible ones. The dispersion of the obtained force values is not large and correlates with the clearance sizes in the samples. The study confirmed the composition polymerization in a clearance of approximately 0.3 mm. The recommended maximum possible clearance of 0.16 mm ensures sufficient strength of the coupling and the centering accuracy of the workpiece on the shaft (at the maximum possible shaft runout of 0.18 mm). To ensure tightness in the fit, it is proposed to heat the bushing before installation to 150°C, which is sufficient enough to obtain an interference fit but does not affect the properties of the polymer composition.

Keywords: restoration, shaft, sleeve, bushing, polymer, anaerobe.

For citation: Ignatkin I.Yu., Drozdov A.V. Method of restoring the worn surface of a reduction gear shaft in a 'shaft-to-collar' connection using a repair bushing and polymeric materials. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 6(94): 40-45. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-40-45 (In Rus.).

Введение. Редукторы широко применяются практически во всех отраслях промышленности. Нередко от их работоспособности зависит бесперебойность работы как отдельного станка, так и целого предприятия. Одной из самых распространённых причин выхода редукторов из строя является нарушение герметичности соединения «вал-манжета» (встречается у 70% ремонтируемых единиц). Износ посадочной поверхности вала под манжету носит абразивный характер и обусловлен эксплуатацией в запылённых условиях [1]. Частицы абразива проникают в зону контакта «манжета-вал» и, обладая высокой твердостью, внедряются в мягкий материал манжеты и фиксируются там. Формируется относительное движение в паре «вал-частица», приводящее к срезанию слоя материала с поверхности вала. В результате многократного повторения описанного процесса образуется и развивается канавка, нарушающая герметичность узла.

Помимо понесённых финансовых затрат, связанных с простым оборудованием, течь ГСМ ухудшает условия эксплуатации узла, повышает пожароопасность и экологическую нагрузку на окружающую среду, что особенно остро проявляется для мобильной техники. Такой износ пропорционален количеству циклов воздействия и интенсивнее протекает на быстроходном валу редуктора. Чаще всего он имеет место в соединении «вал-шестерня» – достаточно сложном и дорогом изделии, восстановление которого имеет экономический смысл.

На сегодняшний день наиболее распространены следующие методы восстановления наружной цилиндрической поверхности: точение под ремонтный размер; различные виды напыления; электроконтактная приварка ленты; использование полимерных материалов холодного отверждения; использование дополнительной ремонтной детали [2]. У каждого способа есть как преимущества, так и недостатки. Например, напыление позволяет получить функциональные покрытия с необходимыми свойствами, однако формируемое покрытие обладает низкой адгезионной прочностью, при этом электроконтактная приварка ленты имеет существенные ограничения по толщине восстанавливаемого слоя [3]. При точении на ремонтный размер необходима последующая закалка поверхности, а оборудование для поверхностной закалки является не универсальным и дорогостоящим. Использование полимерных материалов холодного отверждения требует изготовления одноразовой оснастки [4, 5].

По данным многочисленных исследований глубина износа в соединении «вал-шестерня» составляет не более 0,35 мм на радиус. В связи с чем целесообразно восстанавливать наружную цилиндрическую поверхность с применением дополнительной ремонтной детали [1].

Цель работы – обоснование способа восстановления изношенной поверхности вала редуктора в соединении «вал-манжета» с применением ремонтной втулки и полимерных материалов.

Задачи:

1. Обосновать предлагаемый метод восстановления.
2. Аргументировать выбор полимера и материал втулок.
3. Провести испытания по прочности клеевого соединения.

4. Обосновать выбор посадки в сопряжении «вал-втулка».

Материал и методы. Проведённый анализ применяемых способов восстановления подвёл к целесообразности реализации метода с использованием дополнительной ремонтной детали. В большинстве случаев фиксацию ремонтной детали осуществляют за счёт посадки с натягом, которая является концентратором напряжений и вынуждает проводить точную механическую обработку изношенной поверхности под ремонтную втулку. Предлагается перейти к переходной посадке и использовать анаэробный полимерный материал для фиксации втулки на валу [6, 7].

Из соображений технологичности предлагается изготовить ремонтные втулки из тонкостенных сортовых труб из стали 30ХГСА по ГОСТ 8734-75 [8]. Выбор данной стали обоснован требованиями, предъявляемыми упрочняющей химико-термической обработкой (азотированием) [9]. Именно данный способ предлагается для увеличения твёрдости поверхности втулки, так как изначальная твёрдость втулок (22 HRC) не соответствует техническим требованиям на восстановленный вал (50 HRC) [10].

В качестве анаэробного клея предлагается использовать продукт «ФГУП НИИ полимеров» Унигерм-6. Он отверждается при зазоре до 0,3 мм, что позволит снизить точность механической обработки, а заявленный предел прочности на сдвиг 1,5 МПа – достаточен для описанных условий эксплуатации [11]. Отметим, что из-за действия силы трения со стороны манжеты достаточно прочности 0,01 МПа (для цилиндрической поверхности диаметром 34 мм и шириной 15 мм).

Размер предварительной обработки изношенной поверхности определяется, исходя из технических требований к восстанавливаемой шейке, а также ограничениями по допустимой величине зазора для полимера. Стоит упомянуть, что ГОСТ 8734-75 не регламентирует допуск на внутренний диаметр труб (регламентируется наружный диаметр и толщина труб). Допуск и отклонения внутреннего диаметра труб можно определить по теории расчёта размерных цепей, так как известны допуск и отклонения наружного диаметра ($\varnothing 35 \pm 0,4$ мм) и толщины стенки трубы ($1 \pm 0,12$ мм). В результате расчёта по методу «максимум – минимум» получим $\varnothing 33 \pm 0,64$ мм.

Из-за такого разброса размеров внутреннего диаметра необходимо проводить индивидуальный подбор пар сопрягаемых размеров.

Для оценки предела прочности соединения на сдвиг проведены экспериментальные исследования. Фактические размеры экспериментальных образцов (втулок и оправок) приведены в таблице. Помимо прочности

в разрушенных образцах оценивались равномерность распределения полимера в зазоре и полнота полимеризации анаэроба в условиях больших зазоров.

Согласно рекомендациям изготовителя клея, значение шероховатости склеиваемых поверхностей составляет

Ra 1,6...6,3 мкм, при этом стоит избегать получения поверхностей очень гладких, так как уменьшается коэффициент сцепления материалов [12, 13].

Для проведения испытаний были изготовлены образцы (рис. 1а).

Общие сведения и результаты испытаний

General information and test results

Полимерный состав <i>Polymer composition</i>	Унигерм-6 <i>Unigerm-6</i>			
Обезжириватель <i>Degreaser</i>	Ацетон <i>Acetone</i>			
Шероховатость поверхности оправок Ra (определить по образцу-свидетелю) <i>Surface roughness of the mandrels Ra (determined by a witness sample), microns</i>	7,248 мкм 7,248 microns			
Оборудование <i>Equipment</i>	Пресс гидравлический Instron VHS8800 <i>Hydraulic press Instron VHS8800</i>			
Теоретическая сила срыва, Н <i>Theoretical breakaway force, N</i>	21000			
Параметр <i>Parameter</i>	Значение <i>Value</i>			
Номер образца <i>Sample number</i>	1	2	3	Среднее <i>Average</i>
Материал оправки <i>Mandrel material</i>	Ст 3			–
Материал втулки <i>Sleeve Material</i>	30ХГСА			–
Шероховатость внутренней поверхности втулки Ra, мкм <i>Roughness of the inner surface of the R_a bushing, microns</i>	0,940	0,788	0,743	0,824
Диаметр оправки, мм <i>Mandrel diameter, mm</i>	Ø33 ^{-0,223} _{-0,229}	Ø33 ^{-0,202} _{-0,207}	Ø33 ^{-0,099} _{-0,109}	–
Внутренний диаметр втулки, мм <i>Inner diameter of the bushing, mm</i>	Ø33 ^{+0,160} _{+0,140}	Ø33 ^{+0,160} _{+0,140}	Ø33 ^{+0,180} _{+0,150}	–
Максимальный зазор на радиус, мм <i>Maximum radius gap, mm</i>	0,195	0,184	0,145	0,175
Сила срыва F_с, Н <i>Breakaway force F_с, N</i>	705 0	2996	11488	7178
Предел прочности на сдвиг, МПа <i>Shear strength, MPa</i>	0,54	0,23	0,89	0,55

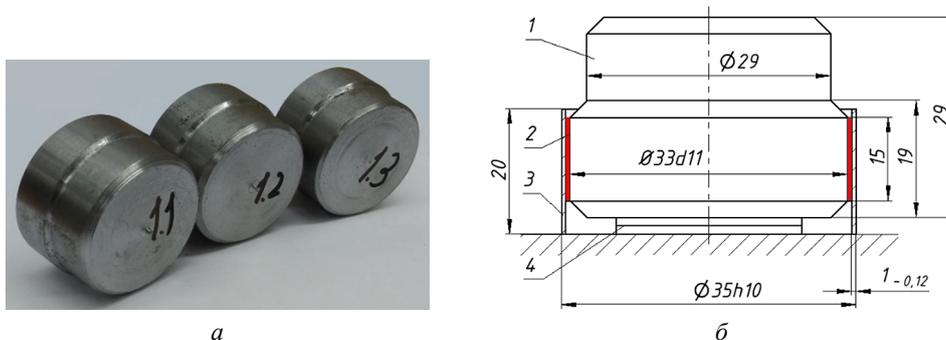


Рис. 1. Общий вид (а) и схема образца (б):
1 – оправка, 2 – полимерный состав, 3 – втулка, 4 – подкладные шайбы

Fig. 1. General view (a) and of the sample scheme (b):
1 – a mandrel, 2 – polymer composition, 3 – a bushing, 4 – washers

Склеивание образцов проводилось по схеме, представленной на рисунке 16. Отверждение состава осуществляется в вертикальном положении. Такое решение исключает негативное влияние гравитации на равномерность распределения полимерного состава в зазоре и предотвращает вытеснение полимера массивной оправкой. Для обеспечения возможности взаимного перемещения деталей образца при испытаниях на прессе образцы отверждаются с осевым смещением на подкладных шайбах.

Определение предела прочности соединения при сдвиге проводится в соответствии с ГОСТ 14759-69 [14].

Определяется разрушающая сила при сжатии образца, состоящего из двух цилиндров, один из которых перемещается внутри другого [15].

Результаты и обсуждение. Результаты испытаний представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Анализ результатов проведённых испытаний показал, что прочность на сдвиг не соответствует данным производителя (рис. 2). Разброс полученных усилий коррелирует с величиной зазоров в образцах. Подтверждена полимеризация состава в зазоре, близком к 0,3 мм.

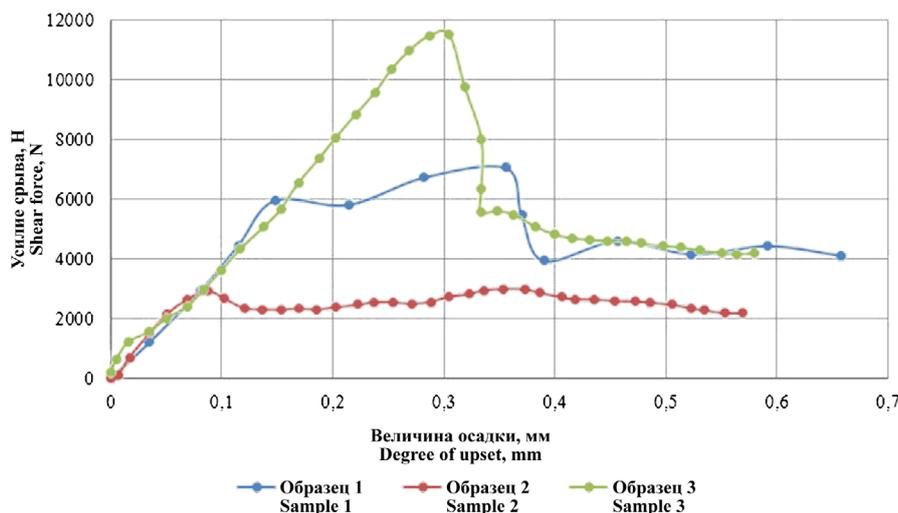


Рис. 2. График распределения усилий срыва

Fig. 2. Diagram of the distribution of shear force

Также было установлено, что применение посадки с большим зазором приводит к неравномерному распределению полимерного состава (смещение втулки относительно вала в радиальном направлении даже при вертикальном расположении вала в процессе отверждения полимера). Гарантированный зазор упрощает процесс сборки, однако при зазоре более 0,18 мм точность позиционирования неудовлетворительная, радиальное биение наружной поверхности превышает допустимые значения.

Согласно ГОСТ 8752-89, радиальное биение вала относительно манжеты при частоте вращения до 1000 мин⁻¹ не должно превышать 0,18 мм. Половину этого числа обычно составляют динамические звенья размерной цепи, определяющие величину суммарного радиального биения вала (радиальное биение поверхности вала под манжету относительно поверхностей под подшипники, радиальные зазоры в подшипниках, биение внутренних колец дорожки колец подшипников и т.д.) [16, 17].

Поэтому максимально возможный зазор при клеевом соединении, с целью обеспечения запаса точности по радиальному биению, должен быть не более 0,09 мм, что обеспечивает достаточную прочность соединения и точность центрирования заготовки на валу. При этом натяг здесь невозможен из-за стальной тонкостенной втулки, материал которой может перейти в зону пластических деформаций даже при натяге 0,01 мм. Таким образом, можно определить размеры вала при заданном размере втулки (трубы). Например, на ремонтное предприятие поступила

труба с внутренним диаметром $\varnothing 33,238$ мм, тогда необходимо вал шлифовать под размеры $d_{\max} = 33,238$ мм и $d_{\min} = 33,148$ мм, что вполне приемлемо по величине допуска на обработку операций шлифования, который будет равен 0,09 мм или 90 мкм.

Выводы

1. Предлагаемый способ восстановления вала с помощью упрочнённой ремонтной детали является простым в реализации и позволяет получить восстановленную поверхность с требуемыми характеристиками.
2. Ремонтные втулки изготавливаются из тонкостенных сортов труб из стали 30ХГСА по ГОСТ 8734-75. Анаэробный полимерный материал Унигерм-6 «ФГУП НИИ полимеров» позволяет добиться достаточной прочности клеевого соединения при зазорах до 0,3 мм
3. Требуемые прочность соединения, точность позиционирования и простота сборки обеспечиваются при применении переходной посадки. Прочность соединения при больших зазорах (близким к 0,3 мм) составляет не менее 0,23 МПа при необходимой 0,01 МПа.
4. Необходимо проведение индивидуального подбора размеров склеиваемых пар для обеспечения посадки с зазором от 0 до 0,09 мм. Натяг недопустим с целью предотвращения пластической деформации втулки, наибольший зазор должен ограничиваться величиной предельного радиального биения с двукратным запасом точности 0,09 мм.

Библиографический список

1. Мельников О.М. Работоспособность соединений «Вал-манжета» и повышение их надёжности // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2018. № 2 (84). С. 50-54. DOI 10.26897/1728-7936-2018-2-50-54.
2. Молодык Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин: справочник. М.: Машиностроение. 1989. 480 с.
3. Стручков Н.Ф. Исследование влияния технологических параметров электродуговой металлизации на микроструктуру и микротвёрдость покрытий // Труды ГОСНИТИ. 2015. С. 173-175.
4. Баурова Н.И. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учеб. пособие / Н.И. Баурова, В.А. Зорин. М.: МАДИ, 2016. 264 с.
5. Кононенко А.С., Дмитраков К.Г. Повышение стойкости полимерных композитов холодного отверждения к воздействию рабочих жидкостей использованием наноматериалов // Международный технико-экономический журнал. 2015. № 1. С. 89-94.
6. Кононенко А.С., Кузнецов И.А. Восстановление посадочных мест под подшипники качения в корпусных деталях машин полимерными нанокompозитами // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 124 (2). С. 81-85.
7. Кононенко А.С. Герметизация неподвижных фланцевых соединений анаэробными герметиками при ремонте сельскохозяйственной техники: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Кононенко Александр Сергеевич. М., 2001. 156 с.
8. ГОСТ 8734-75. Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент (с Изменениями N1, 2, 3). Введ. 1977-01-01. М.: Стандартиформ, 2007.
9. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1990. 528 с.
10. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов деталей машин: учеб. пособие для студ. техн. спец. вузов / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. 8-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 496 с.
11. Анатерм. Клеи и герметики [Электронный ресурс]: URL: <https://унигерм.рф/унигерм-6/унигерм/унигерм-6> (дата обращения 03.12.18).
12. Буркрафт [Электронный ресурс]: URL: <https://ооппфиксатор.рф/соединение-цилиндрических-деталей.html> (дата обращения 05.03.2019).
13. Кононенко А.С., Гайдар С.М. Адгезионная прочность герметиков и нанокompозиций на их основе // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2011. № 6. С. 38-42.
14. ГОСТ 14759-69. Метод определения прочности при сдвиге. Введ. 1970-01-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 1999.
15. Устройство для оценки адгезионных свойств герметиков при сдвиге: А.с. RU180309U1 C1 G01 N3/24 / А.С. Кононенко, А.А. Соловьёва.
16. Ерохин М.Н., Леонов О.А., Катаев Ю.В., Мельников О.М. Методика расчёта натяга для соединений резиновых армированных манжет с валами по критерию начала утечек // Вестник машиностроения. 2019. № 3. С. 41-44.
17. Erokhin M.N., Leonov O.A., Kataev Yu.V., Mel'nikov O.M. Tightness and Leakage in Applying Reinforced Rubber Sleeves to Shafts // Russian Engineering Research, 2019; 39(6): 459-462. DOI: 10.3103/S1068798X19060121

References

1. Mel'nikov O.M. Rabotosposobnost' soyedineniy 'Val-manzhet' i povysheniye ikh nadozhnosti [Operability of the "shaft-to-collar" connections and ways of increasing their reliability]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2018; 2 (84): 50-54. DOI 10.26897/1728-7936-2018-2-50-54. (In Russian)
2. Molodyk N.V., Zenkin A.S. Vosstanovleniye detaley mashin: spravochnik [Restoration of machine parts: reference book]. Moscow, Mashinostroyeniye. 1989: 480. (In Russian)
3. Struchkov N.F. Issledovaniye vliyaniya tekhnologicheskikh parametrov elektrodugovoy metallizatsii na mikrostrukturu i mikrotvordost' pokrytiy [Study of the influence of technological parameters of electric arc metallization on the microstructure and microhardness of coatings]. *Trudy GOSNITI*. 2015: 173-175. (In Russian)
4. Baurova N.I., Zorin V.A. Primeneniye polimernykh kompozitsionnykh materialov pri proizvodstve i remonte mashin: ucheb. Posobiye [Use of polymer composite materials in the manufacture and repair of machines: Study manual]. Moscow, MADI, 2016: 264. (In Russian)
5. Kononenko A.S., Dmitrakov K.G. Povysheniye stoykosti polimernykh kompozitov kholodnogo otverzhdeniya k vozdeystviyu rabochikh zhidkostey ispol'zovaniyem nanomaterialov [Use of nanomaterials to improve the resistance of cold cured polymer composites to the effects of working fluids]. *Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskyy zhurnal*. 2015; 1: 89-94. (In Russian)
6. Kononenko A.S., Kuznetsov I.A. Vosstanovleniye posadochnykh mest pod podshpniki kacheniya v korpusnykh detalyakh mashin polimernymi nanokompозитами [Restoration of seats for roller bearings in the body parts of machines with polymer nanocomposites]. *Trudy GOSNITI*. 2016: 124 (2): 81-85. (In Russian)
7. Kononenko A.S. Germetizatsiya nepodvizhnykh flantsevyykh soyedineniy anaerobnymi germetikami pri remonte sel'skokhozyaystvennoy tekhniki: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.03 [Sealing fixed flange joints with anaerobic sealants in the repair of agricultural machinery: PhD (Eng) thesis: 05.20.03]. Moscow, 2001: 156. (In Russian)
8. GOST 8734-75. Truby stal'nyye besshovnyye kholodnodeformirovannyye. Sortament (s Izmeneniyami N1, 2, 3). Vved. 1977-01-01 [GOST 8734-75. Cold-deformed seamless steel pipes. Assortment (with Amendments No. 1, 2, 3). Introduced on 1977-01-01.]. Moscow, Standartinform, 2007. (In Russian)
9. Lakhtin Yu.M., Leont'yeva V.P. Materialovedeniye: uchebnik dlya vysshikh tekhnicheskikh uchebnykh zavedeniy [Material science: Study manual for higher technical educational institutions]. 3rd ed., reviewed and extended. Moscow, Mashinostroyeniye, 1990: 528. (In Russian)
10. Dunayev P.F., Lelikov O.P. Konstruirovaniye uzlov detaley mashin: ucheb. posobiye dlya stud. tekhn. spets. Vuzov [Designing the units of machine parts: Study manual for students of technical universities]. 8th ed., reviewed and extended. Moscow, Izdatel'skiy tsentr "Akademiya", 2004: 496. (In Russian)
11. Anaterm. Klei i germetiki [Anaterm. Adhesives and sealants] [Electronic resource]: URL: <https://унигерм.рф/унигерм-6/унигерм/унигерм-6> (Access date 03.12.18). (In Russian)

12. Burkraft [Burkraft] [Electronic resource]: URL: <https://oonppfiksator.rf/soyedineniye-tsilindricheskikh-detaley.html> (Access date 05.03.2019). (In Russian)

13. Kononenko A.S., Gaydar S.M. Adgezionnaya prochnost' germetikov i nanokompozitsiy na ikh osnove [Adhesive strength of sealants and nanocomposites obtained on their basis] // Remont. Vosstanovleniye. Modernizatsiya. 2011: 6: 38-42. (In Russian)

14. GOST 14759-69. Metod opredeleniya prochnosti pri sdvige. Vved. 1970-01-01 [GOST 14759-69. Method for determining shear strength. Introduced on 1970-01-01]. Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov, 1999. (In Russian)

15. Kononenko A.S., Solov'yova A.A. Ustroystvo dlya otsenki adgezionnykh svoystv germetikov pri sdvige: A.s. RU180309U1 S1 G01 N3/24 [Device for assessing the adhesive

properties of sealants in shear: A.C. RU180309U1 C1 G01 N3/24]. (In Russian)

16. Erokhin M.N., Leonov O.A., Katayev Yu.V., Mel'nikov O.M. Metodika rascheta natyaga dlya soyedineniy rezinovykh armirovannykh manzhet s valami po kriteriyu nachala utechek [Method of calculating the interference fit for connctions of rubber reinforced collars with shafts according to the leakage criterion]. *Vestnik mashinostroyeniya*. 2019; 3: 41-44. (In Russian)

17. Erokhin M.N., Leonov O.A., Kataev Yu.V., Mel'nikov O.M. Tightness and Leakage in Applying Reinforced Rubber Sleeves to Shafts. *Russian Engineering Research*, 2019; 39(6): 459-462. DOI: 10.3103/S1068798X19060121 (In English)

Критерии авторства

Игнаткин И.Ю., Дроздов А.В. выполнили теоретические исследования, на их основании проведен эксперимент. Игнаткин И.Ю., Дроздов А.В. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 16.10.2019

Опубликована 20.12.2019

Contribution

Ignatkin I.U., Drozdov A.V. performed theoretical studies, and based on them conducted an experiment. Ignatkin I.U., Drozdov A.V. have equal author's rights and bearequal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on October 16, 2019

Published 20.12.2019