

УДК 621.357.74:76

Совершенствование технологии и оборудования при восстановлении гетайей трубопроводной арматуры

В.А. СКРЯБИН, д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза, 440026, РФ

E-mail: vs_51@list.ru

DOI: 10.31044/1684-2561-2024-0-8-17-26

Поступила в редакцию 25.01.2024

После доработки 26.03.2024

Принята к публикации 07.05.2024

В статье приведены сведения о неисправностях функциональных поверхностей задвижек трубопроводной арматуры в процессе эксплуатации. Разработаны технологические мероприятия по их устранению. Приведены обобщенные маршрутные технологические процессы ремонта корпуса и клина задвижки трубопроводной арматуры. Показана модернизация переносного станка и технологической оснастки для шлифования и притирки уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры в процессе ремонта исполнительных поверхностей задвижек. Приведены перспективы развития технологии и оборудования при восстановлении уплотнительных поверхностей задвижек трубопроводной арматуры.

Ключевые слова: уплотнительные поверхности, задвижки трубопроводной арматуры, шлифование и притирка, обобщенные маршрутные технологические процессы ремонта, переносной станок, модернизация, ремонт, перспективы развития технологии и оборудования.

Information on malfunctions of functional surfaces of valves of pipe fittings during operation is provided. Technological measures have been developed to eliminate them. The generalized route technological processes of repair of the casing and wedge of the valve of pipeline fittings are given. The modernization of a portable machine and technological equipment for grinding and lapping sealing surfaces of pipe fittings in the process of repairing the actuating surfaces of valves is shown. The development prospects of technology and equipment for the renewal of sealing surfaces of valves of pipeline fittings are given.

Keywords: sealing surface, valve, pipeline fittings, grinding, lapping, generalized route technological process, repair, portable machine, modernization, development, technology, equipment.

Введение

Функциональной особенностью задвижек, отличающей их от других типов запорной арматуры, является динамика работы запорного элемента при перекрытии транспортируемого потока [1–3]. У задвижек запираение осуществляется при поступательном перемещении запорного элемента перпендикулярно направлению движения транспортируемого потока.

Задвижки широко применяют для перекрытия потоков газообразных и жидких сред в трубопроводах с диаметрами условных проходов D_N от 50 до 2000 мм при рабо-

чих давлениях 0,4–20 МПа и температуре среды до 450 °С [3, 4].

На отечественных магистральных нефтепроводах обычно применяют задвижки из серого чугуна марок СЧ20, СЧ25 и др. и стальные клиновые задвижки (стали 20Л, 25Л, 20Х13 и др) с электро- или гидropневмоприводом.

Материалы и методы

Возможность использования задвижек при эксплуатации во многом зависит от материала, из которого изготовлены корпусные детали. Материал определяет проч-

ностные, коррозионные, износостойкие и другие свойства задвижек (рис. 1). В настоящее время задвижки изготавливают из чугуна, стали, цветных материалов, различных сплавов, плакированных химически и износостойкими материалами.

Плотность (непроницаемость уплотнительных поверхностей деталей арматуры-задвижки и корпуса) в процессе ремонта достигается притиркой, которая представляет собой процесс чистовой обработки уплотнительных поверхностей, при котором зерна абразивного материала свободно распределены в виде пасты или суспензии. Инструментом служит притир, на поверхность которого наносится паста или суспензия.

К деталям арматуры, обрабатываемым притиркой, предъявляются следующие требования:

- шероховатость поверхности не ниже $R_a = 0,08$ мкм;
- отклонения от плоскостности и прямолинейности поверхности — в пределах 80—90% площади, проверяемой плитой на краску;
- отсутствие на подлежащей притирке поверхности забоин, вмятин, царапин глубиной более 0,2 мм.

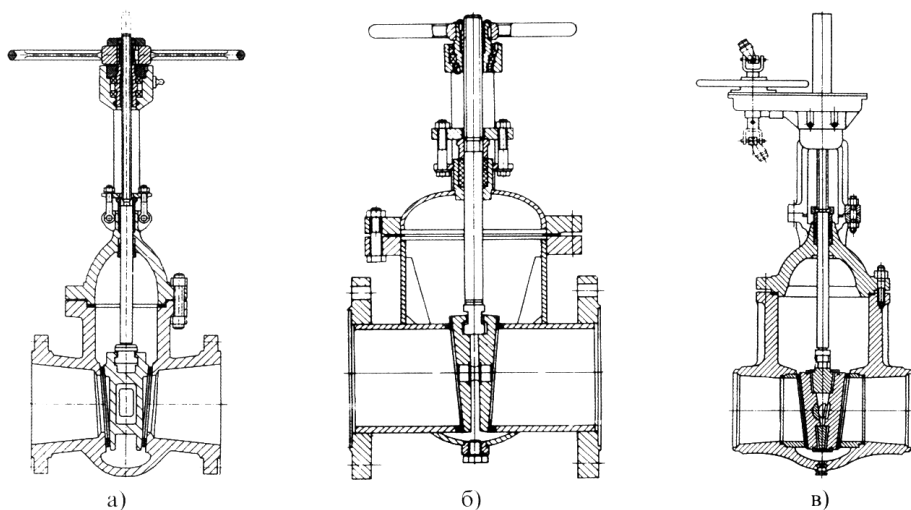


Рис. 1. Задвижки клиновые:

а — корпусные детали литые; *б* — корпусные детали сварные; *в* — корпусные детали из поковок

Форма притира должна быть зеркальным отображением обрабатываемой поверхности. Точность обрабатываемой поверхности определяется точностью притира. Однако форма притира непрерывно изменяется в процессе притирки, поэтому он должен быть жестким и незначительно изнашиваться под действием паст. Материал должен отличаться однородностью состава, структуры и твердости, так как это оказывает существенное влияние на точность получаемой поверхности и на производительность процесса.

Для притирки деталей арматуры применяют притиры, изготовленные из ферритно-перлитного чугуна СЧ 15 с твердостью 163—190 НВ или металлические диски с самоклеющейся шкуркой. Материал притира должен иметь однородную структуру. Материал, используемый для изготовления притира, должен быть подвергнут естественному или искусственному старению.

Самыми распространенными притирочными материалами являются корунд, электрокорунд, карбид кремния и карбид бора.

По размерам зерна притирочные порошки делятся на три группы:

- шлифпорошки зернистостью 5—3 — для грубой доводки;
- микропорошки от М28 до М14 — для предварительной доводки;
- микропорошки от М10 до М5 — для окончательной доводки.

Кроме порошков для притирки используют абразивные пасты на основе упомянутых выше порошков.

В целях повышения производительности притирки, особенно когда ремонт производится без вырезки из тру-

бопровода, применяют синтетические алмазы. Синтетические алмазы выпускают в виде порошков и паст. Пасты из синтетических алмазов необходимы для окончательной операции — доводки до $R_a = 0,16—0,08$ мкм. Использование алмазных паст взамен паст, изготовленных на базе электрокорунда, карбида кремния, окиси хрома, дает возможность получить увеличение производительности в 2—3 раза, производить обработку твердых и хрупких материалов (азотированных поверхностей, твердых сплавов).

Для обработки уплотнительных поверхностей находят применение пасты из эльбора. При одинаковых технологических условиях обработки уплотнительных поверхностей стойкость эльборовых паст в 1,5—2 раза выше стойкости паст из синтетических алмазов и в 3—5 раз выше стойкости обычных абразивных паст. В первую очередь этими пастами следует производить притирку уплотнительных поверхностей деталей запорных элементов главных паровых задвижек, главного и импульсного предохранительных клапанов и некоторой другой арматуры, установленной на наиболее ответственных узлах энергооборудования. Кроме того, применение паст из эльбора эффективно в тех случаях, когда оборудование остановлено для аварийного ремонта и его необходимо как можно скорее ввести в работу.

Производительность процесса доводки и достигаемая при этом шероховатость поверхности зависят не только от абразивного инструмента, но и от технологии притирки: скорости перемещения притира, удельного давления между притиром и деталью, способа подачи доводочного материала.

С увеличением скорости перемещения притира до 4 м/с производительность притирки возрастает прямо пропорционально скорости. При притирке шаржированными притирами дальнейшее увеличение скорости приводит к чрезмерному нагреву тру-

щихся поверхностей и снижению точности деталей. При притирке абразивной суспензией увеличение скорости снижает производительность вследствие большой центробежной силы, которая стремится отбросить абразивную суспензию от центра притира. Процесс протекает ненормально, притиры начинают вибрировать и перемещаться рывками, что отражается на производительности и качестве притирки.

Производительность процесса тем больше, чем выше давление между притиром и деталью. Эта зависимость сохраняется до давления 0,3 МПа. При большем давлении происходит быстрое раскалывание и истирание абразивного зерна и нагревание трущихся поверхностей, что приводит к деформации деталей. Чрезмерное увеличение давления может также вызывать задиры на поверхности притира.

Способ подачи притирочного материала в зону контакта притира с обрабатываемой поверхностью влияет на производительность притирки. Наибольшая производительность достигается при непрерывной подаче суспензии в центральную часть притира. Производительность снижается в 2,5—3 раза при предварительном шаржировании поверхности притира абразивным порошком. Припуск на предварительных притирочно-доводочных операциях составляет в среднем 0,02—0,05 мм, в некоторых случаях может быть доведен до 0,1—0,2 мм, на окончательных операциях притирки припуск изменяется в диапазоне 3—5 мкм. В качестве смазочных жидкостей при доводке используют керосин и олеиновую кислоту (оптимальное количество олеиновой кислоты в смеси с керосином должно составлять 2,5%) и другие составы смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС). Для предотвращения завалов и перекосов на притираемой поверхности необходимо правильно распределить усилия, прилагаемые к детали, а также определить центр тяжести детали.

В качестве примера рассмотрим технологию ремонта деталей задвижки $D_N = 150$ мм без демонтажа задвижки из трубопровода.

При малом и среднем ремонтах уплотнительные поверхности затвора задвижки (рис. 2, поверхности 2,3) обрабатывают по приведенным ниже обобщенным маршрутным технологическим процессам [1].

При наличии на уплотнительных поверхностях корпуса или клина задвижки повреждений большой глубины (размер в плане более 1,5 мм и глубина более 0,2 мм) предлагаются следующие технологические процессы ремонта.

I. Уплотнительные поверхности корпуса задвижки

1. Замер нижней части клиновой камеры задвижки (нутромер специальный) и оценка имеющегося припуска для возможности шлифования уплотнительных поверхностей (количество съема материала).

2. Шлифование уплотнительных поверхностей инструментальным блоком со шлифовальными кругами.

3. Притирка поверхностей инструментальным блоком с чугунными притирами с нанесением пасты.

4. Контроль шероховатости, угловых параметров и отклонений от плоскостности.

II. Уплотнительные поверхности клина

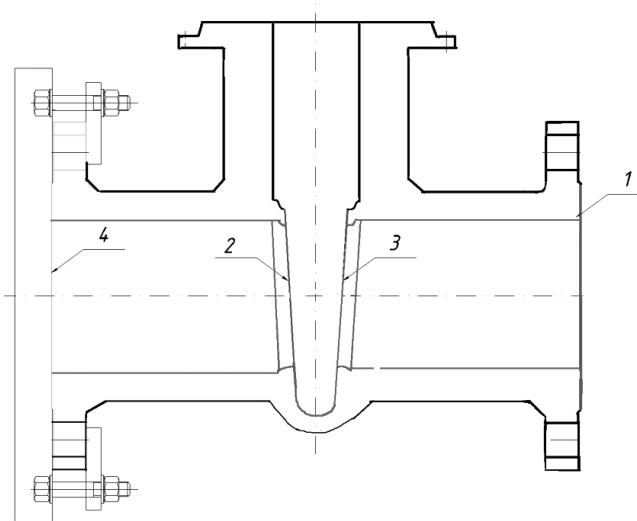


Рис. 2. Ремонтные места корпуса задвижки

1. Замер нижней части клиновой камеры задвижки (нутромер специальный) и оценка имеющегося припуска для возможности шлифования уплотнительных поверхностей (количество съема материала).

2. Шлифование уплотнения клина инструментальным блоком со шлифовальными кругами.

3. Притирка поверхностей инструментальным блоком с чугунными притирами с нанесением пасты.

4. Контроль шероховатости, угловых параметров и отклонений от плоскостности.

Этот техпроцесс применим для задвижек от D_N 100 мм.

При наличии на уплотнительных поверхностях корпуса и клина задвижки повреждений небольшой глубины (размер в плане менее 1,5 мм и глубина менее 0,2 мм) предлагаются следующие технологические процессы ремонта.

I. Уплотнительные поверхности для корпуса задвижки

1. Замер нижней части клиновой камеры задвижки (нутромер специальный) и оценка имеющегося припуска для возможности шлифования уплотнительных поверхностей (количество съема материала).

2. Шлифование уплотнительных поверхностей инструментальным блоком со шлифовальными шкурками.

3. Притирка поверхностей инструментальным блоком чугунными притирами с нанесением пасты или инструментальным блоком с самоклеющимися шлифовальными шкурками.

4. Контроль шероховатости, угловых параметров и отклонений от плоскостности.

II. Уплотнительные поверхности для клина

1. Замер нижней части клиновой камеры задвижки (нутромер специальный) и оценка имеющегося припуска для возможности шлифования уплотнительных поверхностей (количество съема материала).

2. Шлифование уплотнения клина инструментальным блоком со шлифовальными шкурками.

3. Притирка поверхностей инструментальным блоком с чугунными притирами с нанесением пасты или инструментальным блоком из стали 40Х с самоклеющимися шлифовальными шкурками.

4. Контроль шероховатости, угловых параметров и отклонений от плоскостности.

Этот техпроцесс применим для задвижек от D_N 50 мм.

Материалом шлифовальных кругов является хромотитанистый электрокорунд марок 91А или 92А зернистостью F60 (Z 25). Материал притиров — серый чугун СЧ 20 ГОСТ 1412, паста на основе хромотитанистого электрокорунда марки 91А (92А) или белого электрокорунда марки 15А (25А) со смазкой-маслом индустриальным И-12А или И-20А ГОСТ 20799—88.

Для черновой обработки используют шкурку 91А16-Н (Р80); 91А10-Н (Р120); 15А16-Н (Р80); 15А10-Н (Р120), для чистовой обработки — 91АМ63-Н (Р240); 15АМ63-Н (Р240).

Шлифовальная и притирочная операции с целью удобства обработки вместо вертикально-сверлильного станка выполняются на специальном переносном станке для обеспечения заданного качества обработки (рис. 3).

Сущность процесса доводки заключается в том, что на первом этапе происходит микрорезание (резание-царапание), в результате чего исправляется форма и изменяются размеры обрабатываемой поверхности, а на втором этапе происходит трение с пластическим оттеснением материала, при котором уменьшается высота неровностей, «выглаживается» обрабатываемая поверхность. Химические процессы при доводке определяют очень быстрые образования окисных пленок и адсорбированных слоев, интенсивность которых зависит от химической активности жидких компонентов пасты или суспензии.

Для получения высокого качества обрабатываемой поверхности при доводке (при-

тирке) необходимо учитывать следующие факторы:

- скорость резания (скорость вращения доводочного диска, величина которой зависит от характера доводочной операции);
- давление (или усилие прижима), величина которого зависит как от характера доводочной операции, так и от вида обрабатываемого материала;
- вид абразива (паста, суспензия, порошок и др.).

При производстве или ремонте запорных (уплотнительных) деталей трубопроводной арматуры (в частности при мелком ремонте, т.е. восстановлении уплотнительных поверхностей корпусов клиновых задвижек) главным критерием является обеспечение герметичности затвора. Для этого необходимо получить качественную поверхность. Одним из вариантов финишной обработки является доводка с применением переносного станка (рис. 3) для шлифования и при-

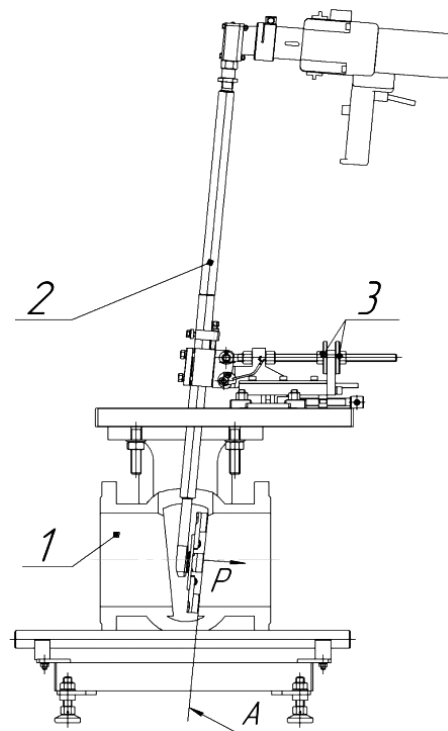


Рис. 3. Схема абразивной доводки:

1 — обрабатываемый корпус; 2 — станок; 3 — установочное приспособление с регулировочными гайками для приложения усилия; А — обрабатываемая поверхность корпуса задвижки

тирки уплотнительных поверхностей корпусов клиновых задвижек [1—4].

Приспособление установочное 3 является универсальным приспособлением и закрепляется на среднем фланце корпуса задвижки как фланцевой, так и бесфланцевой арматуры. Оно предназначено для закрепления механизма привода станка 2, регулировки положения и угловой коррекции (угол γ) инструментального блока, погруженного внутрь корпуса задвижки.

Шлифование уплотнительных поверхностей корпуса клиновой задвижки (рис. 4) осуществляется как при изготовлении, так и при ремонте.

Корпус клиновой задвижки 2 размещают на приспособлении 3. На станок 1 устанавливают инструментальный блок 4 со шлифовальными кругами. Затем станок с закрепленным на нем инструментальным блоком монтируют в корпусе клиновой задвижки. При монтаже необходимо обеспечить равномерное расположение шлифовальных кругов над уплотнительной поверхностью,

что осуществляют при помощи установочного приспособления станка [5, 6].

Инструментальный блок 4 (см. рис. 4) получает вращение от пневматического или электрического привода (в зависимости от модификации станка), верхнего и нижнего редуктора, соединенных между собой консолью 1 привода. На верхнем редукторе закреплен электропривод или пневмопривод, а нижний редуктор 4 имеет выходной вал со встроенной шарнирной муфтой. Вращательное движение выходной вал получает при помощи цепной передачи, расположенной в консоли привода. Инструментальный блок 4 вращается с угловой скоростью $\omega_{\text{дв}}$, за счет чего происходит обработка уплотнительной поверхности. Выбор скорости зависит от диаметра обрабатываемой уплотнительной поверхности. Чем больше диаметр, тем меньше скорость. Так как шлифовальные круги 3 (рис. 5) не жестко закреплены на рычагах инструментального блока, происходит вращение шлифовальных кругов относительно своей оси, что обеспечивает равномерную обработку всей ширины уплотнительной поверхности. Съем металла происходит при приложении усилия на инструментальный блок. Прижим осуществляется механически при помощи установочного приспособления. Величина усилия прижима рекомендована в зависимости от условного прохода корпуса задвижки

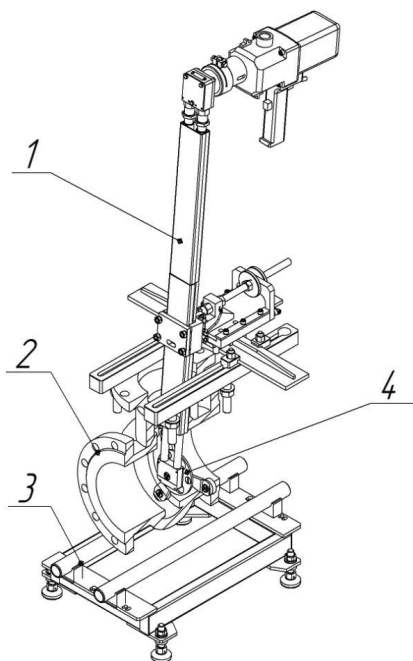


Рис. 4. Схема шлифования уплотнительных поверхностей корпуса клиновой задвижки:

1 — механизм привода станка; 2 — корпус клиновой задвижки в разрезе; 3 — установочное приспособление; 4 — инструментальный блок со шлифовальными кругами

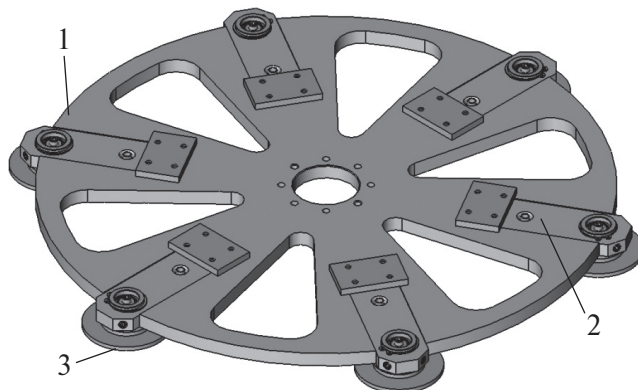


Рис. 5. Инструментальные блоки для шлифования и притирки:
1 — диск; 2 — планка; 3 — блок со шлифовальным или притирочным элементом:

$D_N = 400, 500, 600, 700—800, 900—1000$ мм

ки и площади кольцевой уплотнительной поверхности задвижки. Инструментальный блок 3 (см. рис. 5), предназначенный для шлифования (притирки) уплотнительных поверхностей корпуса (клина), состоит из основных деталей: диска и инструментальных головок. Инструментальный блок 3, закрепленный на выходном валу нижнего редуктора, приводится во вращательное движение при помощи шарнирной муфты. Конструкция инструментальных блоков 3 предусматривает настройку размера шлифования (притирки) D в пределах от $D_{\min}$ до $D_{\max}$ с помощью планки 2 [7].

Следует отметить, что шлифование уплотнительных поверхностей корпуса клиновой задвижки выполняют шлифовальными кругами из электрокорунда хромитистого 91А или 92А с бакелитовой связкой для достижения заданного качества поверхностей деталей при последующей абразивной доводке. Стойкость кругов из вышеприведенного материала в 4—5 выше, чем у применяющихся в базовых технологических процессах шлифовальных кругов из электрокорунда белого 24А или 25А.

Доводку уплотнительных поверхностей осуществляют на этом же станке. Вместо инструментального блока со шлифовальными кругами на станок устанавливают инструментальный блок с притирами. Принцип действия станка основан на сообщении абразивному инструменту сложного вращательного движения (абсолютного и относительного) по круговой траектории. При обработке клина задвижки используют специальное приспособление.

Обеспечением процесса доводки является приложение усилия прижима инструментального блока к уплотнительной поверхности. В переносном станке для шлифования и притирки приложение усилия прижима $F(P_y)$ происходит за счет подкручивания регулировочных гаек установочного приспособления 3 (см. рис. 3). Для

визуального контроля параметров в станке предусмотрены датчики. Перед началом обработки на пульте управления датчик прикладываемого усилия обнуляется. При подкручивании регулировочных гаек на табло пульта управления отражаются цифровые значения, которые показывают, какое усилие приложено. Для разных видов обработки (черновая, получистовая или чистовая) усилие прижима инструментального блока к обрабатываемой поверхности различное. Рекомендуемые значения усилия прижима приведены в табл. 1

Давление определяется по зависимости:

$$P = F/S,$$

где S — площадь обрабатываемой уплотнительной поверхности детали.

Схема процесса абразивной доводки приведена на рис. 6.

На рис. 7 приведена схема управления станком, предназначенная для управления электроприводом и отражения информации с датчиков: тахометр — скорость вращения; датчик силы — усилие прижима блока инструментального к обрабатываемой поверхности.

В базовой модели переносного станка в приводе передачи вращения на диск с инструментами присутствует цепная передача (рис. 8).

Она обладает определенными недостатками, и поэтому ее предложено заменить на коническую передачу (рис. 9—11).

Недостатками станка с применением цепной передачи являются:

1) преждевременный выход из строя цепи, из-за ее разрыва вследствие провисания;

1. Рекомендуемые значения усилия прижима

D_N	50	80	100	150	200	400	600	800	1000	1200
$S, \text{ см}^2$	11	20	28	47	85,4	193,2	290	617	805	1160
$F(P = 0,1 \text{ МПа}), \text{ кг}$	11	20	7	8	10	20	24	30	30	36
$F(P = 0,15 \text{ МПа}), \text{ кг}$	16,5	30	10,5	12	15	30	36	45	45	54
$F(P = 0,04 \text{ МПа}), \text{ кг}$	4,4	8	2,6	3	4	7,7	9,6	12	12	15

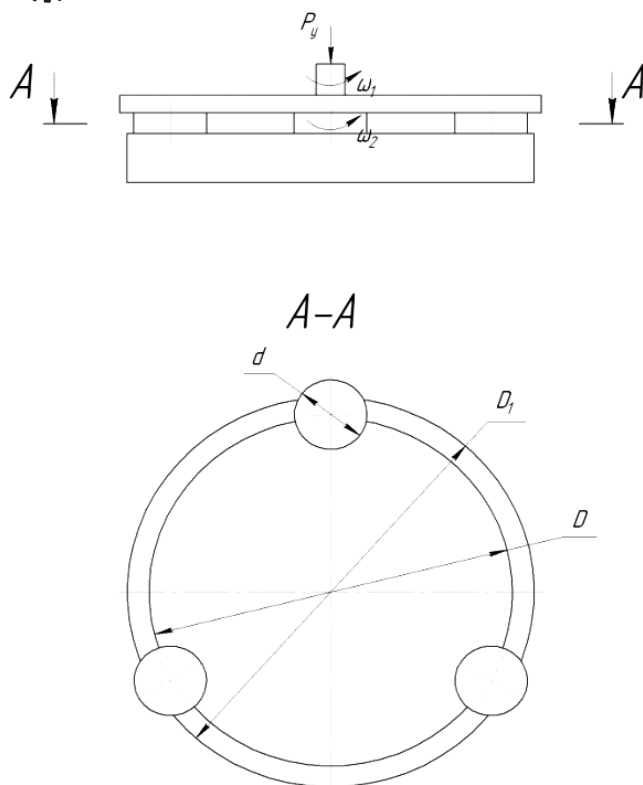


Рис. 6. Схема абразивной доводки

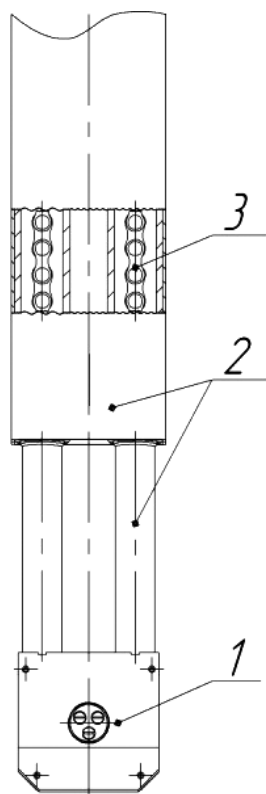


Рис. 8. Схема передачи вращательного движения с помощью цепной передачи:

1 — нижний редуктор; 2 — консоль привода; 3 — цепь

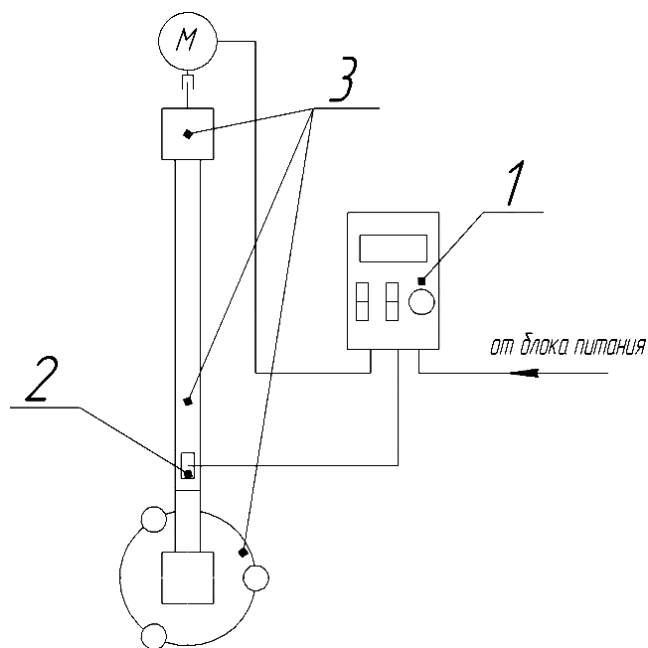


Рис. 7. Схема управления станком:

1 — пульт управления; 2 — датчики силы (усилие прижима) и скорости вращения (тахометр); 3 — станок

2) отсутствует возможность изменять высоту станка.

Преимуществами применения конической передачи являются:

- 1) возможность изменения высоты станка;
- 2) плавность и бесшумность работы;

На рис. 9 приведена предлагаемая конструкция станка.

Механизм привода 1 состоит из электропривода или пневмопривода, (в зависимости от модификации станка), верхнего 2 и нижнего 4 редукторов, соединенных между собой консолью привода 3. На верхнем редукторе 2 закреплен электропривод или пневмопривод, а нижний редуктор 4 имеет выходной вал со встроенной шарнирной муфтой 5. Вращательное движение выходной вал получает при помощи конической передачи (см. рис. 10).

Установочное приспособление и инструментальный блок будут идентичны с имеющимися. Засчет применения конической передачи для передачи вращательного движения от привода к инструментальному блоку изменяется конструкция консоли привода.

В имеющейся конструкции станка консоль привода состоит из двух видов труб, в которых устанавливается цепь, и кожух для придания эстетического вида. В предлагаемой конструкции вместо труб будет использоваться вал, который будет непосредственно закреплен с приводом и одним из колес конической передачи (рис. 11).

Обсуждение результатов

Таким образом, применение вала в качестве соединения привода и конической передачи позволяет использовать «наращиваемую» высоту конструкции станка, что необходимо при обработке энергетической арматуры, так как она имеет большие высотные габариты. При этом обеспечиваются также плавность и бесшумность работы.

Финансирование работы

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета ФГБОУ ВО «Пензенский государственный

университет» (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение). Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

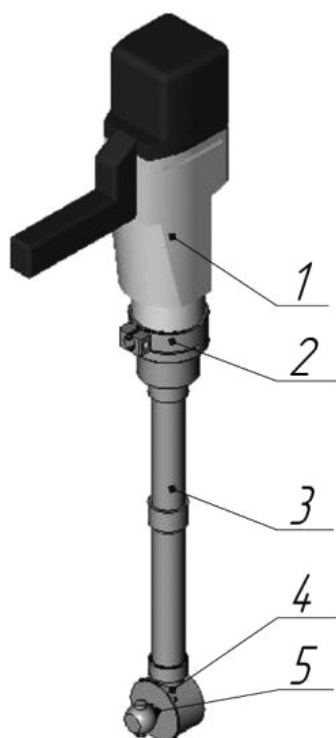


Рис. 9. Предлагаемая конструкция станка:
1 — привод; 2 — верхний редуктор; 3 — консоль привода;
4 — нижний редуктор; 5 — выходной вал со встроенной шарнирной муфтой

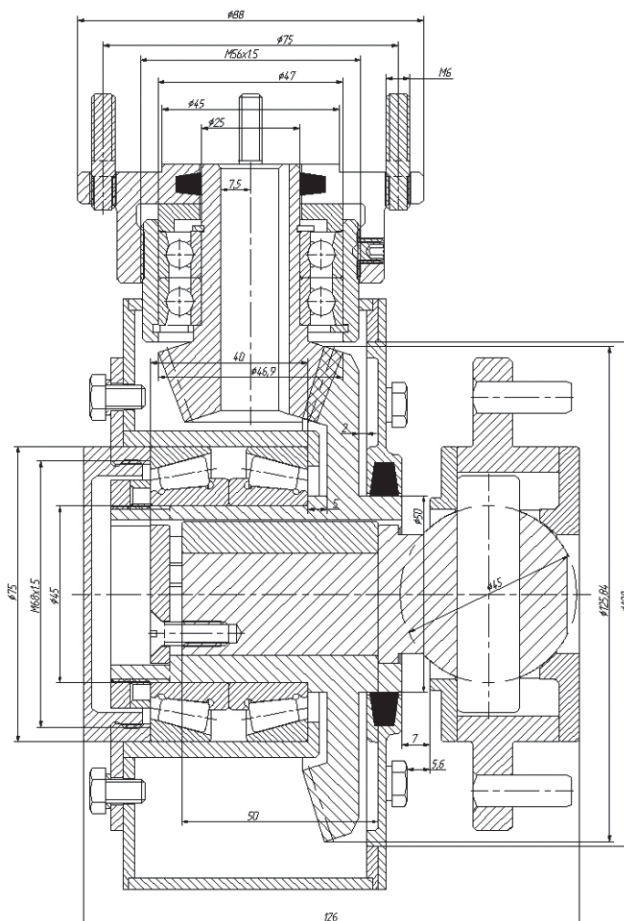
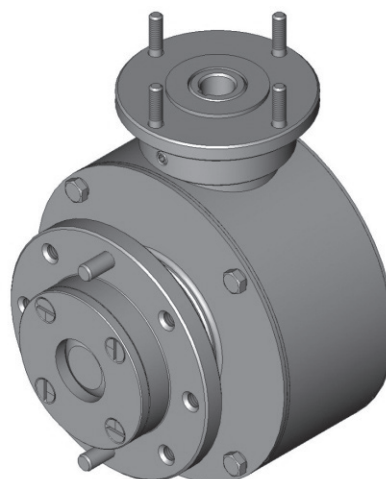


Рис. 10. Нижний редуктор с конической передачей

Конфликт интересов

Автор данной работы заявляет, что у него нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 50815—95. Промышленная чистота. Жидкости смазочно-охлаждающие. Требования к чистоте смазочно-охлаждающих жидкостей на операциях круглого наружного и плоского шлифования периферией круга.
2. ГОСТ 2424—83. Круги шлифовальные. Технические условия.
3. **Технология** обработки конструкционных материалов: Учебник для вузов / Под общ. ред. П.Г. Петрухи. М.: Высшая школа. 1991. 512 с.
4. **Сейнов С.В., Сейнов Ю.С., Мартынов А.Н.** Технологии и оборудование для притирки уплотнений арматуры: Технический справочник. М.: Прондо. 2013. 250 с.
5. **Скрябин В.А., Павлова Ж.В.** Модернизация переносного станка для шлифования и притирки уплотнительных поверхностей затворов задвижек трубопроводной арматуры // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2015. № 2. С. 8—13.
6. **Скрябин В.А., Павлова Ж.В.** Технология ремонта корпуса задвижки трубопроводной арматуры // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2015. № 3. С. 3—10.
7. **Скрябин В.А.** Восстановление деталей запорной арматуры // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2023. № 3. С. 3—8.

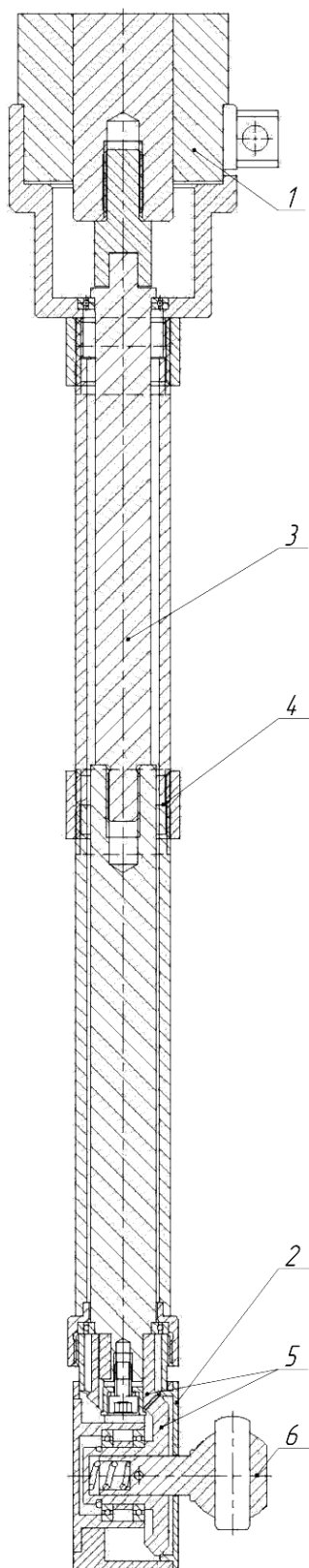


Рис. 11. Эскиз закрепления вала с приводом и конической передачей:

1 — верхний редуктор; 2 — нижний редуктор; 3 — модуль добавления высоты; 4 — место крепления модуля; 5 — коническая передача, 6 — ось