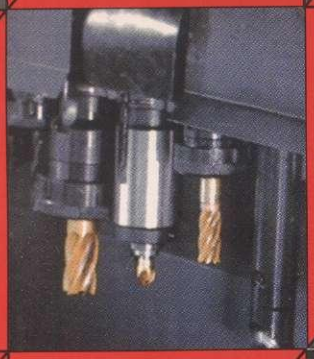
ISSN 1684-2561

РВМ

РЕМОНТ ВОССТАНОВЛЕНИЕ МОДЕРНИЗАЦИЯ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ,
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



5
2020

РВМ

СОДЕРЖАНИЕ № 5/2020

ПРАКТИКА РЕМОНТА, ВОССТАНОВЛЕНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ

Гаркунов Д.Н., Бабель В.Г., Мельников Э.Л., Щедрин А.В., Минязева Л.Х.

Уплотнение вращающегося вала 3

Ерофеев М.Н., Кравченко И.Н., Шарко А.А. Применение альтернативных видов топлива в качестве энергетического сырья для автотракторных двигателей. 6

ДИАГНОСТИКА И ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ

Григорьев И.В., Куницкая О.А., Рудов С.Е. Новые технические решения для управления долговечностью автомобильных шин 12

Скрябин В.А. Методы диагностирования состояния задвижек трубопроводной арматуры . . 16

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Ипатов А.Г., Шмыков С.Н. Характеристики работоспособности модифицированных металлополимерных покрытий. 22

ОБЩИЕ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

Чэн Хайин, Селиверстов Н.Д., Макарова Д.А. Пути развития оборудования для ремонта и восстановления дорожных покрытий с использованием вспененных битумов. 27

Фёдоров В.К., Сладкова Л.А. Концепция технического обслуживания и ремонта строительно-дорожных машин по состоянию 34

Сливинский Е.В. К повышению эксплуатационной надежности ходовых частей тепловоза 2ТЭ116 38

Схиртладзе А.Г. Восстановление работоспособности поршневых механизмов 43

УДК 621.454.2

Методы диагностирования состояния задвижек трубопроводной арматуры

В.А. СКРЯБИН, д-р техн. наук, профессор
Пензенский государственный университет, г. Пенза, 440026, РФ
E-mail: vs_51@list.ru
DOI: 10.31044/1684-2561-2020-0-5-16-21
Поступила в редакцию 23.07.2019
После доработки 22.10.2019
Принята к публикации 27.01.2020

Рассмотрены методы диагностирования состояния задвижек трубопроводной арматуры. Определена область их применения в зависимости от степени коррозионного и напряженно-деформированного состояния, а также размеров дефектов трубопроводов. Рассмотрена технология подготовки поверхностей к диагностированию.
Ключевые слова: *методы диагностирования состояния задвижек трубопроводной арматуры, коррозионное и напряженно-деформированное состояние, размеры дефектов, технология подготовки поверхностей к диагностированию.*

Diagnosis methods of a state of pipe fitting valves are discussed. The area of their using depending on the degrees of corrosion and stress-strain state as well as defect sizes of pipelines was determined. A technique of surface preparation for the diagnosis is considered.
Keywords: *diagnosis method, state, pipe fitting, valve, stress-strain state, defect size, surface preparation.*

В связи со старением в процессе эксплуатации магистральных трубопроводных систем важное значение приобретают методы их технического диагностирования, в которые входят оценка коррозионного и напряженно-деформированного состояния трубопроводов. Получение такой информации — неотъемлемая часть вопроса определения остаточного ресурса до наступления предельного состояния (накопление микроструктурных дефектов в локальных зонах концентрации пластических деформаций), когда дальнейшая эксплуатация объекта становится невозможна. К таким зонам можно отнести следующие: локальные участки трубопровода, подверженные неоднородным статическим или знакопеременным нагрузкам; коррозионные области под напряжением; зона поперечного сварного соединения и околошовная зона, находящиеся также под действием динамической или статической нагрузок. В процессе длительной эксплуатации магистральных трубопроводов доминирующее значение имеют местные или локализованные повреждения, а не общее ухудшение свойств материала по всей длине трубопровода.

Диагностирование состояния задвижек запорной арматуры трубопроводных систем (например, для транспортирования нефтепродуктов) обеспечивает обнаружение акустически активных зон или зон концентрации механических напряжений корпусов задвижек и оценки в этих зонах как поверхностных нарушений сплошности металла типа трещин, так и внутренних несплошностей. При диагностировании проверяется герметичность как при эксплуатации при рабочих давлениях действующего трубопровода, так и при испытаниях на герметичность на стендах в соответствии с требованиями нормативно-технической документации [1—4].

Неразрушающий контроль (НК) корпусов задвижек для магистральных трубопроводов является неотъемлемой частью работ, выполняемых до и после капитального ремонта задвижек.

Для проведения контроля корпусов задвижек должны быть обеспечены следующие условия:

- корпус должен быть очищен от грязи, отслаивающейся краски и рыхлых продуктов коррозии;
- участки корпусов, где должны устанавливаться преобразователи, работающие по методу акустической эмиссии (АЭ), а также подлежащие ультразвуковому контролю (УЗ), капиллярному или магнитопорошковому контролю,

должны быть очищены от краски и зачищены до металлического блеска;

- при контроле задвижек на испытательных стендах должно быть обеспечено энергоснабжение переменного тока напряжением 220 В;
- при контроле задвижек с большими диаметрами условных проходов должны быть обеспечены подмостки или леса для удобного расположения аппаратуры и дефектоскописта.

Подготовка задвижки под контроль (очистка от грязи, отслаивающейся краски и рыхлых продуктов коррозии) и удаление контактной смазки после АЭ и УЗ контроля, пенетрантов (жидкий дефектоскопический материал) после капиллярного контроля и магнитных суспензий после магнитопорошкового контроля в обязанности дефектоскопистов не входят и выполняются специально выделенным персоналом. К руководству и проведению работ по контролю запорной арматуры допускаются специалисты, аттестованные по соответствующим видам контроля в соответствии с действующими Правилами аттестации специалистов неразрушающего контроля Ростехнадзора, имеющие квалификацию не ниже II уровня.

При диагностировании задвижек используют следующие виды контроля:

- визуальный контроль;
- контроль с использованием АЭ метода;
- капиллярный (цветной) контроль;
- ультразвуковая дефектоскопия;
- контроль напряженного состояния металла корпусных деталей;
- радиографический контроль.

На рис. 1 представлена схема основных мест обследования задвижки.

Визуальный контроль

Визуальному контролю подвергают задвижки в случае обеспечения непосредственного доступа к их корпусам. Визуальный контроль наружной поверхности корпусных деталей проводят путем осмотра невооруженным глазом или с помощью оптических приборов с увеличением до 10 крат. Внутренняя поверхность корпуса также должна подвергаться визуальному контролю при обеспечении доступа к ней. При визуальном контроле должны быть выявлены недопустимые дефекты поверхности основного металла и сварных соединений.

Контроль с использованием АЭ метода

АЭ контролю подвергаются в обязательном порядке:

- новая задвижка перед монтажом на трубопроводе;
- задвижка, бывшая в эксплуатации и направленная на капитальный ремонт;
- арматура после капитального ремонта.

АЭ контроль проводят при стендовых испытаниях запорной арматуры на прочность и плотность материала корпусов. В процессе эксплуатации задвижки подвергать АЭ контролю можно только при обеспечении непосредственного доступа к корпусным деталям и возможности изменения давления в трубопроводе в соответствии с требованиями технологии АЭ контроля [1, 5]. В связи со сложностью обеспечения на действующем трубопроводе необходимых условий для проведения АЭ контроля арматуры при их эксплуатации рекомендуется такой контроль проводить при гидроопрессовке от-

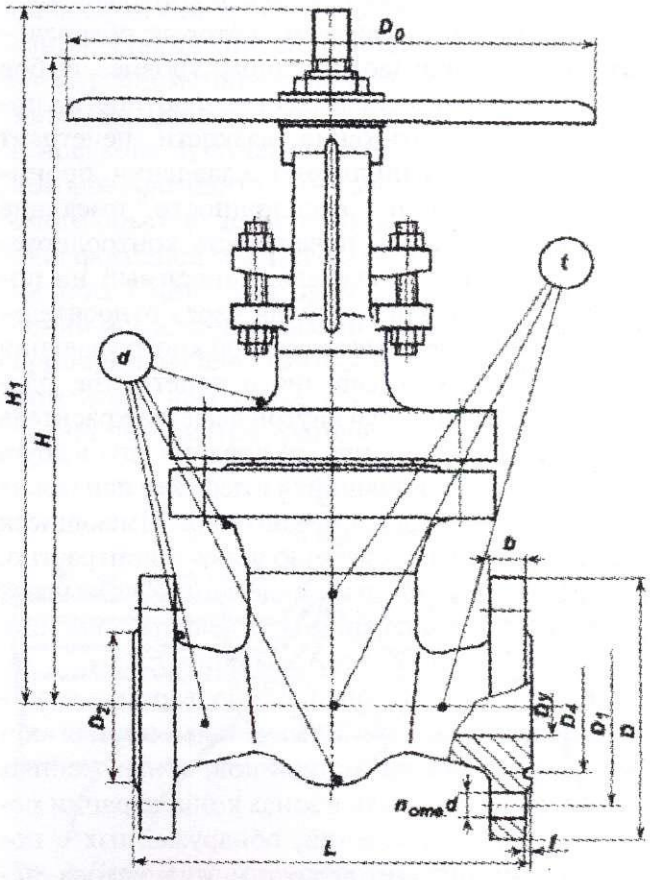


Рис. 1. Схема основных мест обследования задвижки: *t* — толщинометрия; *d* — дефектоскопия

дельных участков трубопровода, например, после капитального ремонта.

Герметичность затворов контролируют с помощью АЭ течеискателей в соответствии с инструкциями по эксплуатации на них и оценивают при этом только качественно.

Капиллярный (цветной) контроль

Капиллярный метод неразрушающего контроля (ГОСТ 18442—80) основан на проникновении внутрь поверхностного дефекта индикаторного вещества и предназначен для выявления повреждений, имеющих свободный выход на поверхность изделия контроля. Метод цветной дефектоскопии подходит для обнаружения несплошностей с поперечным размером 0,1—500 мкм, в том числе сквозных дефектов, на поверхности керамики, черных и цветных металлов, сплавов, стекла и других синтетических материалов [4, 6—12]. Нашел широкое применение при контроле целостности спаек и сварного шва. Цветной или красящий пенетрант наносится с помощью кисти или распылителя на поверхность объекта контроля. Благодаря особым качествам, которые обеспечиваются на производственном уровне, выбор физических свойств вещества: плотности, поверхностного натяжения, вязкости, пенетрант под действием капиллярного давления, проникает в мельчайшие несплошности, имеющие открытый выход на поверхность контролируемого объекта. Проявитель, наносимый на поверхность объекта контроля через относительно недолгое время после осторожного удаления с поверхности неусвоенного пенетранта, растворяет находящийся внутри дефекта краситель и за счет взаимного проникновения друг в друга «выталкивает» оставшийся в дефекте пенетрант на поверхность объекта контроля. Имеющиеся дефекты видны достаточно четко и контрастно. Индикаторные следы в виде линий указывают на трещины или царапины, отдельные цветовые точки — на одиночные поры или выходы.

Капиллярному контролю подвергают участки поверхности корпусных деталей в зонах акустически активных источников, обнаруженных при АЭ контроле, или в зонах концентрации механических напряжений, обнаруженных с помощью магнитометрического индикатора напряжений магнитного поля.

Участки поверхности, подвергаемые цветному контролю, должны быть тщательно очищены от грязи, краски, рыхлых продуктов коррозии и зачищены до металлического блеска.

Ультразвуковой контроль

Ультразвуковому контролю подвергают участки корпуса и сварных швов корпусных деталей с акустически активными источниками, обнаруженными при АЭ контроле, или в зонах концентрации механических напряжений, обнаруженных с помощью магнитометрического индикатора механических напряжений. При ультразвуковом контроле обнаруживают внутренние дефекты (нарушения сплошности металла) и дефекты, развивающиеся с внутренней поверхности корпусных деталей. Ультразвуковой контроль проводят с использованием прямых совмещенных или прямых раздельно-совмещенных преобразователей с рабочей частотой 2,5 МГц для обнаружения внутренних дефектов тела корпусных деталей и наклонными совмещенными преобразователями с рабочей частотой 2,5 МГц и углами ввода по стали 65° для обнаружения дефектов, развивающихся с внутренней поверхности основного металла, а также при контроле сварных швов корпусных деталей [5, 6].

Магнитопорошковый контроль

Магнитопорошковый метод контроля — один из самых распространенных методов неразрушающего контроля стальных деталей. Он нашел широкое применение в авиации, железнодорожном транспорте, химическом машиностроении, при контроле крупногабаритных конструкций, магистральных трубопроводов, объектов под водой, в судостроении, автомобильной и во многих других отраслях промышленности. Масштабность применения магнитопорошкового метода объясняется его высокой производительностью, наглядностью результатов контроля и высокой чувствительностью. При правильной технологии контроля деталей этим методом обнаруживают трещины, усталости и другие дефекты в начальной стадии их появления, когда обнаружить их без специальных средств трудно или невозможно. Магнитопорошковый метод предназначен для выявления поверхностных и подповерхностных

(на глубине до 1,5—2 мм) дефектов типа нарушения сплошности материала изделия: трещины, волосовины, расслоения, непроварка стыковых сварных соединений, закатов и т.д. Сущность магнитопорошкового метода заключается в следующем. Магнитный поток в бездефектной части изделия не меняет своего направления; если же на пути его встречаются участки с пониженной магнитной проницаемостью, например дефекты в виде разрыва сплошности металла (трещины, неметаллические включения и т.д.), то часть силовых линий магнитного поля выходит из детали наружу и входит в нее обратно, при этом возникают местные магнитные полюсы (*N* и *S*) и, как следствие, магнитное поле над дефектом (рис. 2).

Так как магнитное поле над дефектом неоднородно, то на магнитные частицы, попавшие в это поле, действует сила, стремящаяся затянуть частицы в место наибольшей концентрации магнитных силовых линий, т.е. к дефекту. Частицы в области поля дефекта намагничиваются и притягиваются друг к другу как магнитные диполи под действием силы так, что образуют цепочные структуры, ориентированные по магнитным силовым линиям поля. Наибольшая вероятность выявления дефектов достигается в случае, когда плоскость дефекта составляет угол 90° с направлением намагничивающего поля (магнитного потока). С уменьшением этого угла чувствительность снижается, и при углах, существенно меньших 90°, дефекты могут быть не обнаружены. Магнитопорошковый контроль допускается проводить взамен цветного при наличии соответствующей аппаратуры и специалистов [9].

Контроль напряженного состояния металла корпусных деталей

При невозможности проведения АЭ контроля задвижки, но при обеспечении непосредственного доступа к их корпусным деталям, при наличии соответствующей аппаратуры и специалистов, допускается проведение контроля напряженного состояния металла корпусных деталей с помощью магнитометрического индикатора механических напряжений типа ИМНМ-1Ф. С помощью индикатора находят линии концентрации механических напряжений и коэффициенты интенсивности напряжений вдоль этих линий на поверхности как основного металла, так и в районе сварных швов корпусных деталей арматуры. Участки корпусных деталей в районе линий концентраций механических напряжений должны быть обследованы с использованием цветного или магнитопорошкового и ультразвукового методов контроля.

Радиографический контроль

Радиографическому контролю в обязательном порядке подвергают кольцевые сварные швы приварных патрубков как на новой арматуре, так и на арматуре после капитального ремонта до монтажа на трубопроводе.

Радиографический контроль относится в первую очередь к системам цифровой дефектоскопии радиационного типа. Радиационное изображение в данных системах превращается в цифровой массив (изображение), который потом подвергается разным видам цифровой обработки, а затем выводится на монитор персонального компьютера в виде полутонового изображения. К слову, нередко металлографию (классический метод) используют для исследования, а также контроля металлических материалов (радиометрические установки). Поскольку метод базируется на принципе измерения рентгеновского излучения или гамма-излучения, которое проходит сквозь материал контролируемого объекта, детектором для контроля выступает фотодиод со сцинтиллятором, наклеенным на него. Сцинтиллятор под воздействием излучений испускает видимый свет, выход которого пропорционален квантовой энергии. В конечном итоге исходящее световое излучение вызывает ток внутри фотодиода. Таким образом,

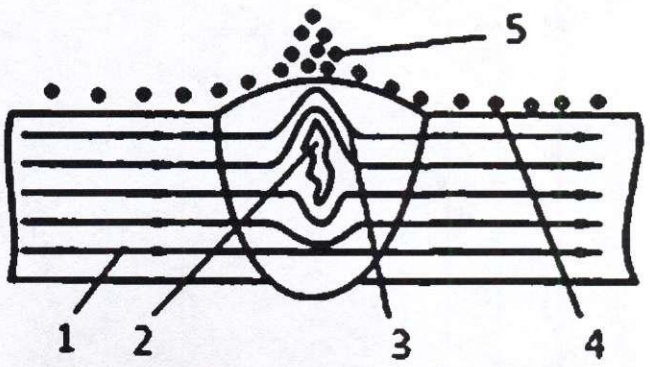


Рис. 2. Схема магнитопорошкового контроля:
1 — магнитное поле; *2* — дефект; *3* — искажение магнитного поля; *4* — магнитная суспензия; *5* — скопление частиц

детектор преобразовывает проходящее сквозь контролируемое изделие излучение в электрические сигналы, величина которых прямо пропорциональна интенсивности гамма лучей. Приемник излучения рентгена — это линейка сцинтилляционных детекторов, которые по отдельности оснащены собственными усилителями, образующими единый независимый канал с детекторами. Количество детекторов в линейке строго зависит от необходимой ширины контролируемой зоны. Все каналы детекторного блока опрашиваются по очереди, а с помощью АЦП (аналого-цифровой преобразователь) все полученные сигналы приобретают цифровой вид. Впоследствии полученный в ходе опроса детекторных блоков цифровой массив передается на ПК. При радиографическом контроле трубы (рис. 3) посредством перемещения детекторных блоков по отношению к контролируемому сварочному соединению получают непрерывно считываемый массив данных, записывающийся в память ПК, с целью последующего и более детального исследования, архивирования. Для оперативной оценки качества в лаборатории контроля в реальном времени эти данные выводятся в виде полутонового изображения прямо на монитор [7].

Оценка результатов контроля. Визуальный контроль

На основном металле корпусных деталей задвижек недопустимы трещины, надрывы, наплавки, механические повреждения с острыми краями, раковины размером в плане более 4 мм и глубиной более 15% толщины, несплошности округлой или удлиненной формы размером более 1,5 мм и глубиной более 3 мм, коррозионные повреждения, выводящие толщину детали за минусовой допуск. Переход от основного металла к наплавленному должен быть плавным без подрезов и наплывов, ширина и высота швов должна быть равномерной. Сварные швы приварки патрубков для соединения с трубопроводом не должны иметь трещин, прожогов, кратеров, грубой чешуйчатости, подрезов глубиной более 0,5 мм.

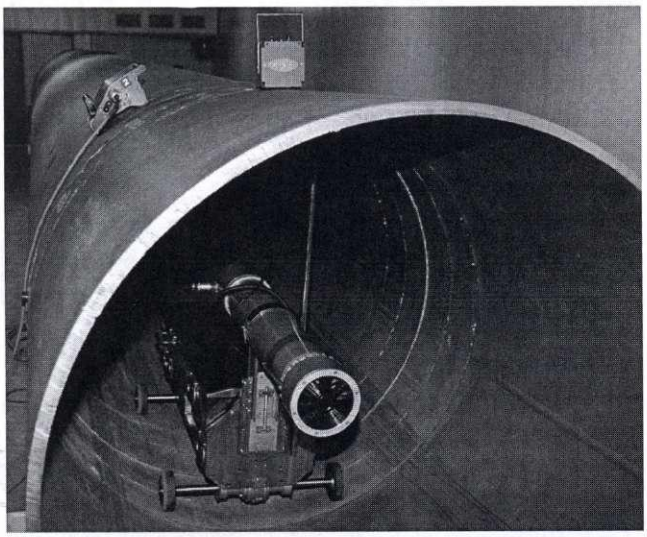


Рис. 3. Установка для радиографического контроля

Контроль с использованием АЭ метода

При АЭ контроле регистрируются акустически активные зоны (источники). Классификацию источников АЭ выполняют с использованием следующих параметров: число импульсов, суммарный счет, активность, скорость счета, амплитуда, энергия (либо энергетический параметр). В систему классификации также входят параметры нагружения контролируемого объекта. Выявленные и идентифицированные источники разделяют на четыре класса:

- источник 1 класса — пассивный источник;
- источник 2 класса — активный источник;
- источник 3 класса — критически активный источник;
- источник 4 класса — катастрофически активный источник.

Зоны корпусных деталей с зафиксированными акустически активными источниками 2, 3, 4 классов должны быть обследованы с использованием цветного, магнитопорошкового методов или магнитного индикатора трещин на наличие поверхностных дефектов и с помощью ультразвукового дефектоскопа на наличие внутренних дефектов.

Капиллярный (цветной) контроль

При цветном контроле фиксации подлежат индикаторные следы размером более 1 мм.

Не допускаются трещины, а также дефекты, которым соответствуют индикаторные следы размером:

- более 10% толщины плюс 1 мм для стенок толщиной до 20 мм;

• более 3 мм плюс 0,05 для стенок толщиной от 20 до 60 мм;

• более 5 мм для стенок толщиной более 60 мм.

Ультразвуковой контроль

При ультразвуковом контроле основного металла корпусных деталей фиксации подлежат несплошности с эквивалентной отражающей площадью 10 мм^2 для толщин до 50 мм и 15 мм^2 для толщин от 50 до 100 мм.

Недопустимы несплошности:

• с эквивалентной отражающей поверхностью более 20 мм^2 для толщин до 50 мм, и более 30 мм^2 для толщин от 50 до 100 мм;

• непротяженные с эквивалентной отражающей поверхностью от 10 до 20 мм^2 для толщин до 50 мм и от 15 до 30 мм^2 для толщин от 50 до 100 мм, если их количество более 15 при минимальном расстоянии между ними не менее 10 мм для толщин до 50 мм или не менее 15 мм для толщин от 50 до 100 мм, проектируемые на участок поверхности ввода ультразвуковых колебаний размером 200×300 мм.

Магнитопорошковый контроль

Оценка качества контролируемых участков корпусных деталей проводится как при капиллярном (цветном) контроле.

Магнитометрический контроль

При магнитометрическом контроле фиксируются линии и зоны наибольшего напряжения деформированного состояния (НДС) металла корпусных деталей задвижек.

Линии и зоны НДС корпусных деталей должны быть обследованы с использованием цветного, магнитопорошкового методов или магнитного индикатора трещин на наличие поверхностных дефектов и с помощью ультразвукового дефектоскопа на наличие внутренних дефектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гриб В.В.** Диагностика технического состояния и прогнозирование остаточного ресурса магистральных нефтегазопродуктопроводов. М.: ЦНИИТЭнефтехим. 2004. 50 с.
2. **Жуков А.В., Кузьмин А.Н., Стюхин Н.Ф.** Контроль трубопроводов с применением метода акустической эмиссии // В мире НК. 2009. № 1 (43). С. 29—31.
3. **Схиртладзе А.Г., Скрябин В.А.** Ремонт технологического оборудования. М.: КУРС: ИНФРА-М. 2018. 352 с.
4. **Скрябин В.А.** Методика испытаний трубопроводной арматуры и шестеренных насосов // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2016. № 1. С. 27—31.
5. **РД 153-39-030—98.** Методика ремонта дефектных участков магистральных нефтепроводов по результатам внутритрубной диагностики. М.: АК Транснефть. 2000.
6. **ГОСТ 14782—86.** Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
7. **ГОСТ 7512—82.** Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.
8. **ГОСТ 18442—80.** Контроль неразрушающий. Капиллярные методы.
9. **ГОСТ 21105—87.** Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод.
10. **ГОСТ 24522—80.** Контроль неразрушающий капиллярный. Термины и определения.
11. **Васильев В.А., Барменков Е.Ю., Бобрышев Е.Б., Носова Д.Б.** Управление качеством в производственно-технологических системах // Технология металлов. 2018. № 10. С. 36—40.
12. **Скрябин В.А., Зверовщиков А.Е.** Перспективы развития технологии и оборудования при восстановлении уплотнительных поверхностей задвижек трубопроводной арматуры // Ремонт, восстановление, модернизация. 2018. № 9. С. 7—12.