

В. А. Сидоров, д. т. н., профессор, **Е. В. Ошовская**, к. т. н., доцент, **Ю. А. Шамрай**
Донецкий национальный технический университет, ДНР
E-mail: joukserin@gmail.com

УРОВНИ И ЗАДАЧИ ВИЗУАЛЬНОГО ОСМОТРА ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОПРИВОДА

В статье рассмотрено техническое диагностирование как основа для определения оценки текущего состояния и прогнозирования изменения технического состояния оборудования, также возможно определения причин повреждений. Сделан акцент на визуальных осмотрах, предложено использование карт осмотров, для оценки технического состояния. Рассмотрено влияние вида износа и способы проведения визуального осмотра.

Ключевые слова: диагностика, визуальный осмотр, гидропривод, техническое обслуживание, ремонт.

V. A. Sydorov, E. V. Oshovskaya, Yu. A. Shamray

LEVELS AND OBJECTIVES OF VISUAL INSPECTION IN THE ASSESSMENT OF TECHNICAL CONDITION ELEMENTS OF THE HYDRAULIC DRIVE

The article discusses technical diagnostics as a basis for determining the assessment of the current state and predicting changes in the technical condition of the equipment, as well as the possible determination of the causes of damage. An emphasis is made on visual inspections, it is proposed to use inspection maps to assess the technical condition. The influence of the type of nose and methods of visual inspection are considered.

Keywords: diagnostics, visual inspection, hydraulic drive, maintenance, repair

Среди методов технического диагностирования визуальный осмотр занимает особое положение. Практически каждый ремонт начинается после замеченных при визуальном осмотре отклонений в работе механизма и заканчивается идентификацией видов повреждений для определения их причины. В тоже время, являясь субъективным методом визуальный осмотр трудно формализуем, что снижает его эффективность в условиях цифровизации [1, 2] четвертой промышленной революции [3, 4]. Наибольшее распространение в промышленности находит гидравлический привод, например, в металлургических, строительных, дорожных машинах и др.

Известно большое количество работ по расчётам, описанию конструкций, анализу работы гидравлических элементов [5...11]. Вопросы эксплуатации гидравлического оборудования рассматриваются гораздо реже [12, 13]. Часто в правилах технической эксплуатации ограничиваются, относительно неисправностей гидравлического оборудования, кратким перечнем проявлений неисправностей: отсутствие давления, вибрация, сильный нагрев, утечки масла, разрушение элементов, повышенный шум и др. Работ по систематизации визуальных признаков проявления дефектов эксплуатируемого гидравлического оборудования практически нет.

В работе поставлена цель сформировать уровни и определить задачи визуального осмотра относительно признаков повреждения гидропривода холодильника МНЛЗ, как наиболее характерного примера машины с гидравлическим приводом, реализуемым при использовании гидроцилиндров, работающих в повторно-кратковременном режиме постоянного силового нагружения.

Признаки проявления технического состояния механического оборудования и гидравлического в частности, при техническом диагностировании используются для

решения следующих задач: оценка текущего состояния; прогнозирование изменения состояния; определение причин повреждения.

Относительно указанных задач визуальный осмотр может проводиться: внешний – в статическом или динамическом режиме; внутренний – с частичной или полной разборкой (рис. 1). По назначению осмотры можно разделить на: эксплуатационные; специализированные; экспертные [14]. Процесс осмотра включает три стадии: подготовительную, рабочую и завершающую. Также выделяют: предварительный обзор, общий и детальный осмотр [14]. Осмотр может проводиться с использованием оптических устройств, включая приборы освещения или без них [15].

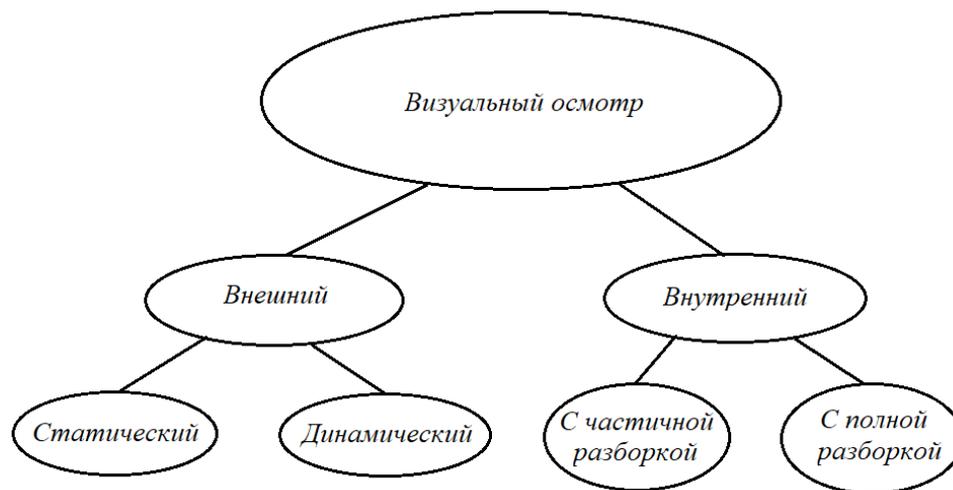


Рисунок 1. Визуальный осмотр механического оборудования.

В данной работе исследуются диагностические признаки повреждений относительно элементов гидравлического привода и решаемых диагностических задач. При этом предполагается использование оптических устройств.

В самом общем случае, механизмы с гидравлическим приводом включают следующие элементы: силовой блок (включающий насосы, бак с рабочей жидкостью, гидроаккумуляторы), управляющая и регулирующая аппаратура, трубопроводы (жесткие и гибкие), гидроцилиндры вертикального подъема и горизонтального перемещения, элементы исполнительного механизма (подвижные балки, кронштейны, плиты трения, резьбовые соединения и др.). В случае гидропривода холодильника МНЛЗ необходимо добавить делители потока. Относительно данных элементов в дальнейшем рассматриваются признаки повреждений доступные при визуальном осмотре.

Внешний визуальный осмотр остановленного оборудования (статический режим) позволяет выявить: утечки рабочей жидкости и пластичной смазки, ослабления крепления трубопроводов и резьбовых соединений крепления гидроцилиндров, трещины и вид износа трущихся деталей. Используемые средства – переносной светодиодный источник освещения в цеховом исполнении, в ударопрочном корпусе, обеспечивающий уровень освещенности не менее 500 лк, имеющий возможность переключения общего или локального сектора осмотра, обеспеченность креплением и др. Карта осмотра (рис. 2) формируется по координатно-объектному расположению механизмов и дополняется формируемым сообщением, включающим дату, место повреждения и степень развития.

В конструкции холодильника с шагающими балками выделено три основных зоны осмотра: насосный агрегат, включающий бак с рабочей жидкостью, насосы, гидроаккумуляторы, аппаратуру управления и трубопроводы; делители потока, включая трубопроводы; механизм шагания, включая гидроцилиндры вертикального подъёма и горизонтального перемещения, трубопроводы, балки подвижные и неподвижные, фундаменты, плиты трения, трубопроводы и др.

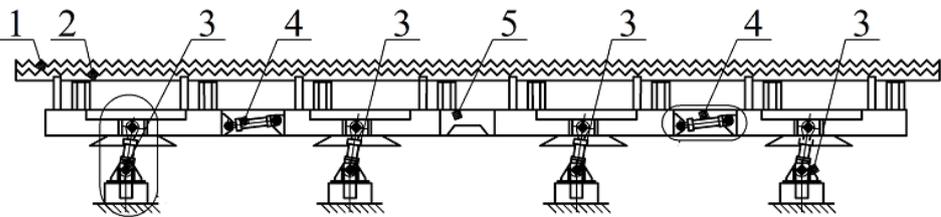
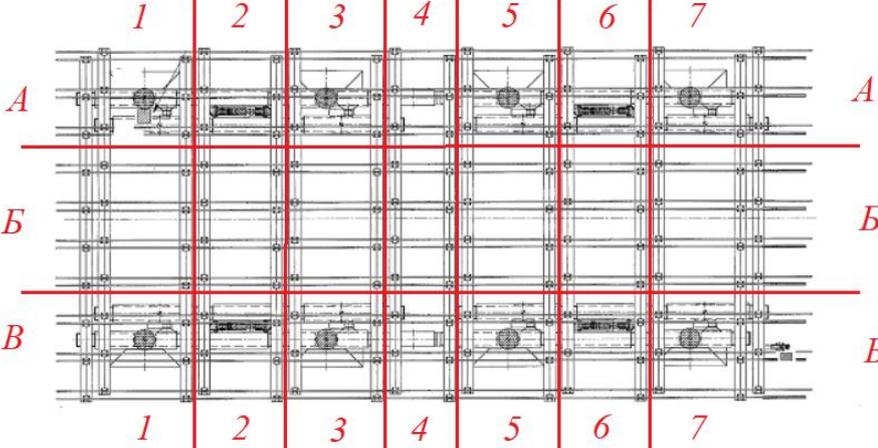
				Дата осмотра
				
Место расположения	Объект	Вид повреждения	Степень повреждения	Действие

Рисунок 2. Пример карты осмотра.

Осмотр проводится с заданной периодичностью (ежедневно, еженедельно), формируемые сообщения шифруются и анализируются по повторению и качеству проведенных ремонтных воздействий. Современные технологии позволяют использовать для этой цели смартфоны и планшеты (рис. 3).

Внешние утечки являются наиболее распространённым видом повреждений систем с гидравлическим приводом. Обнаруживаются по тёмным пятнам рабочей жидкости на сером фоне. Различают мокрение, образование капли и капель. Устраняются – затяжкой фитингов, заменой уплотнений или гибких рукавов, восстановлением жёстких трубопроводов. Часто причиной появления течи является износ уплотнений.

Пятна рабочей жидкости, пластичных смазок, устраняются смыванием при отключенном оборудовании растворителем, на бетонных элементах устраняются засыпкой песка или окалины с последующим удалением загрязнённого слоя и подливкой.

Ослабления крепления трубопроводов и резьбовых соединений обнаруживается по наличию чётких линий по сопряжению деталей, потёртостей или наличию порошка

красного цвета. Дополнительно, ослабление резьбовых соединений проверяется простукиванием. Внутренние усталостные трещины визуальным осмотром не обнаруживаются. Затяжка болтов должна проводиться при проведении профилактических работ во время технологической паузы, а не при осмотре. Возможное разрушение болтов при этом, может быть причиной остановки агрегата.

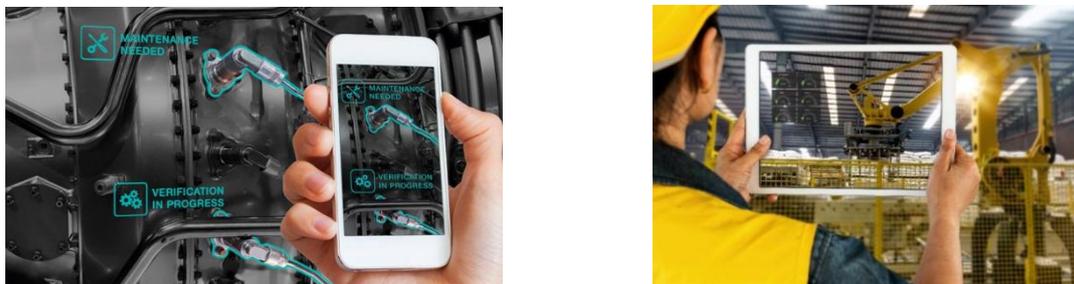


Рисунок 3. Примеры использования смартфонов и планшетов для получения данных при визуальном осмотре оборудования.

Трещины в элементах металлоконструкций фиксируются после выхода их на поверхность и контролируются по длине (скорости развития). Различаются трещины подвижных и неподвижных балок, кронштейнов, элементов металлоконструкций, фундаментных элементов и др. Подвержены появлению трещин трубные разводки, точки врезки и привязки элементов трубопроводов. В местах контакта с раскалённым металлом возможно возникновение термических трещин. Восстановление металлических элементов возможно после засверливания разрушающего клина трещины, разделки краёв и заварки.

Вид износа трущихся поверхностей фиксируется на плитах трения, поверхностях балок, контактирующих с заготовками. Различают места пластической деформации, абразивного и окислительного износа, схватывания первого рода. Одновременно фиксируется значение (скорость) износа.

Проверка сварных швов проводится для подтверждения их целостности, особенно в местах подверженных повышенным воздействиям динамических нагрузок. Возникновению трещин на фланцевых соединениях трубопроводов способствуют вибрации рабочей жидкости при повышении давления. Ударные нагрузки при кантовке слитков приводят к появлению трещин на элементах несущих конструкций, защитных и оградительных элементах.

Дополнительно, на баке с рабочей жидкостью фиксируется уровень, наличие пены и оценивается цвет. Несмотря на работу при повышенной температуре, наличие раскалённого металла в некоторых случаях на элементах механизмов, металлоконструкций, трубопроводов возможно образование коррозии. Оценка степени коррозии проводится подсчётом числа пятен коррозии на единицу площади.

Результаты плановых и внеплановых осмотров, а также обнаружение неисправностей технологическим или дежурным персоналом формирует сообщение. Повторное сообщение, возникающее при отсутствии положительного результата по устранению неисправности приводит к возникновению ситуации, которая разрешается путём трансформации после проведения ремонтных операций во время технологических пауз или планового времени ремонта. Качество проведенной трансформации подтверждает-

ся последующим сообщением. Повторное сообщение о неисправности передаётся в разряд нерешённых задач, требующих не традиционного инженерного решения.

Визуальный осмотр в динамическом режиме позволяет выполнить ряд проверок общего состояния отдельных элементов гидропривода. Проводится ежемесячно механиком установки по согласованию (по необходимости) с технологическими или сервисными службами (автоматики, гидравлики и др.). Используемое оборудование – переносные или стационарные видео камеры, манометры, секундомеры и др. Выполняемые проверки:

1. Определение траектории движения шагающих балок – может выполняться по нескольким методикам. Предполагается использовать возможности камер видеонаблюдения совмещённых с программной обработкой изображения.

В результате – полученная траектория сравнивается с эталонной (рис. 4) и принимается решение о продолжении эксплуатации или проведения ремонта. Обычно – это замена гидроцилиндра.

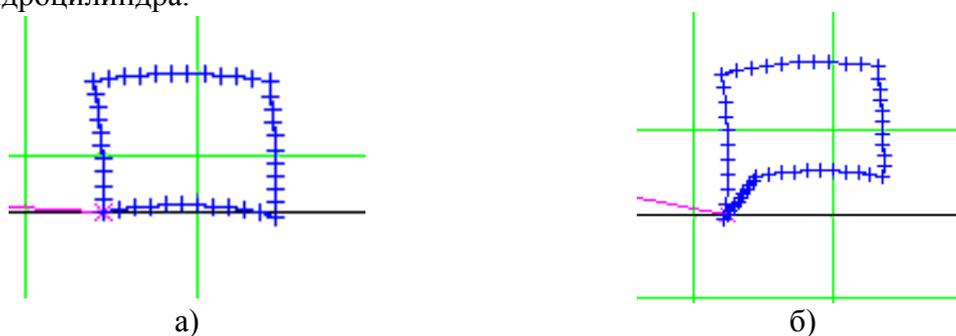


Рисунок 4. Эталонная (а) и траектория движения шагающих балок с отклонениями (б).

2. Определение времени срабатывания гидроцилиндров, выполняется по данным системы автоматизации (рис. 5) и проверяется вручную при помощи секундомера. Из гистограмм следует относительная равномерность опускания цилиндров – различие во времени срабатывания не превышает 2...3 секунд. Время подъёма по цилиндрам имеет ощутимую разницу до 4...6 секунд. Фактическое время подъёма и опускания цилиндров, измеренное хронометром, примерно равно паспортному – 4 с. Отсюда следует вывод о возможных ошибках в работе средств автоматизации.

Данная проверка позволяет оценить возникающие дополнительные сопротивления, возникающие при работе гидроцилиндров и равномерность нагружения металлоконструкций. Одновременно проверяется плавность движения штоков гидроцилиндров.

3. Анализ циклограммы движения шагающих балок по данным системы автоматизации. Фактический цикл движения включает этапы: движение вверх, движение вперед, торможение, период колебаний, движение вниз, движение назад, торможение, возвращение в исходную позицию (рис. 6).

На рис. 6 указаны характерные точки движения холодильника: 1[/] - задание «начало движения вверх», 1 - фактическое «начало движения вверх», 2[/] - задание «окончание движения вверх – начало движения вперед», 2 – фактическое «окончание движения вверх – начало движения вперед», 3[/] - задание «начало торможения движения вперед», 3 – фактическое «начало торможения движения вперед», 4[/] - задание «окончание торможения – начало движения вниз», 4 – фактическое «окончание торможения – начало движения вниз», 5[/] - задание «окончание движения вниз – начало движения назад», 5 –

фактическое «окончание движения вниз – начало движения назад», 6^l - задание «начало торможения движения назад», 6 – фактическое «начало торможения движения назад», 7^l - задание «окончание торможения движения назад – окончание движения назад», 7 – фактическое «окончание торможения движения назад – окончание движения назад».

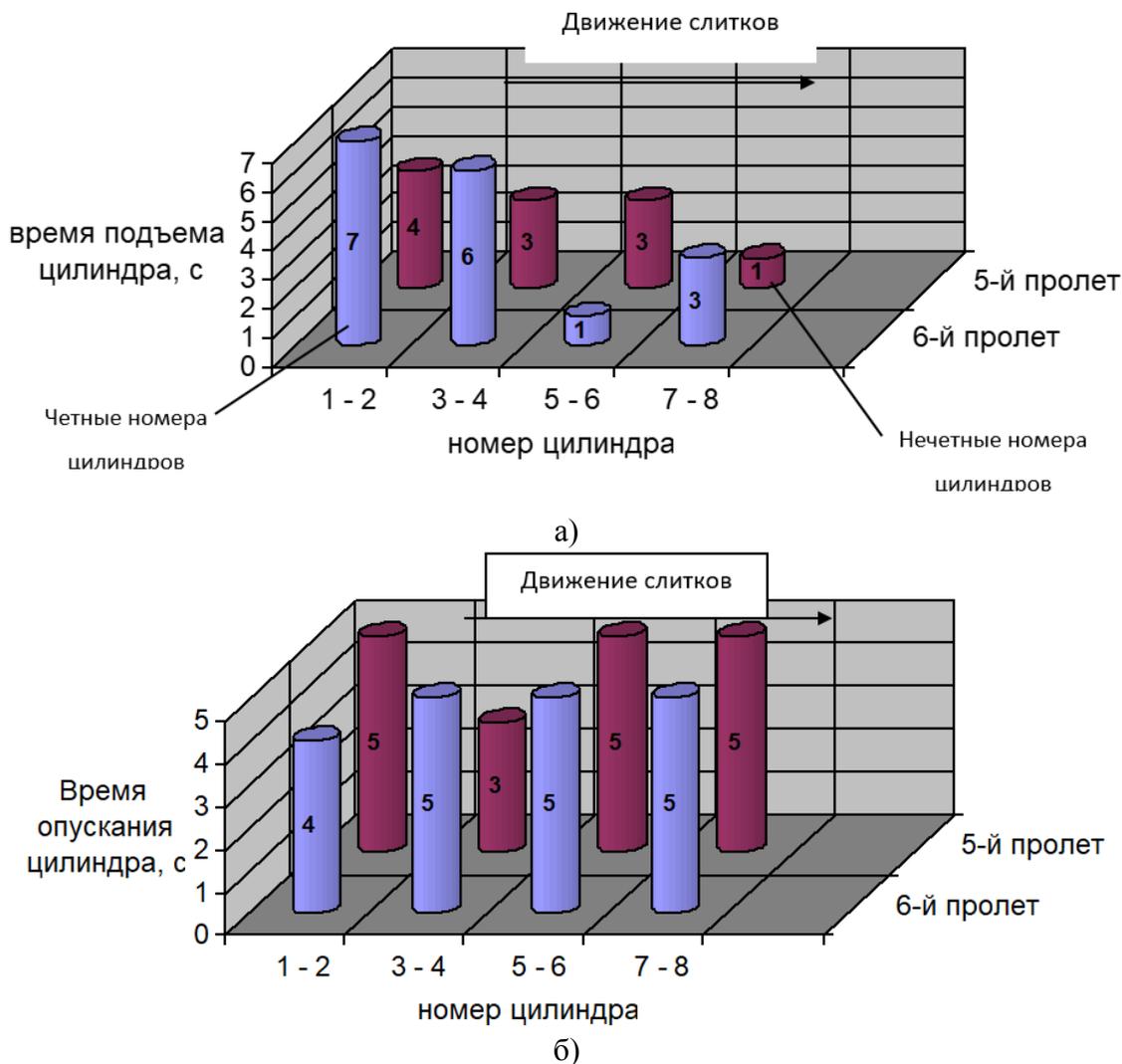


Рисунок 5. Время подъёма (а) и опускания (б) гидроцилиндров шагающих балок.

Математическая обработка полученных данных позволяет оценить скорость движения шагающих балок. Это реализуется в сопроводительной экспертной системе.

4. Наблюдение за динамикой набора и снижения давления по показаниям манометра, установленного в контрольной точке отбора давления, позволяет оценить равномерность работы всей системы. Установка датчиков давления и запись результатов измерения обеспечивает графическую фиксацию циклов нагружения. Сравняется продолжительность циклов и стабильность значений давления по этапам шагания. Пример графика изменения параметров давления в полостях гидроцилиндра приведен относительно механизма поворота свода электродуговой печи (рис. 7).

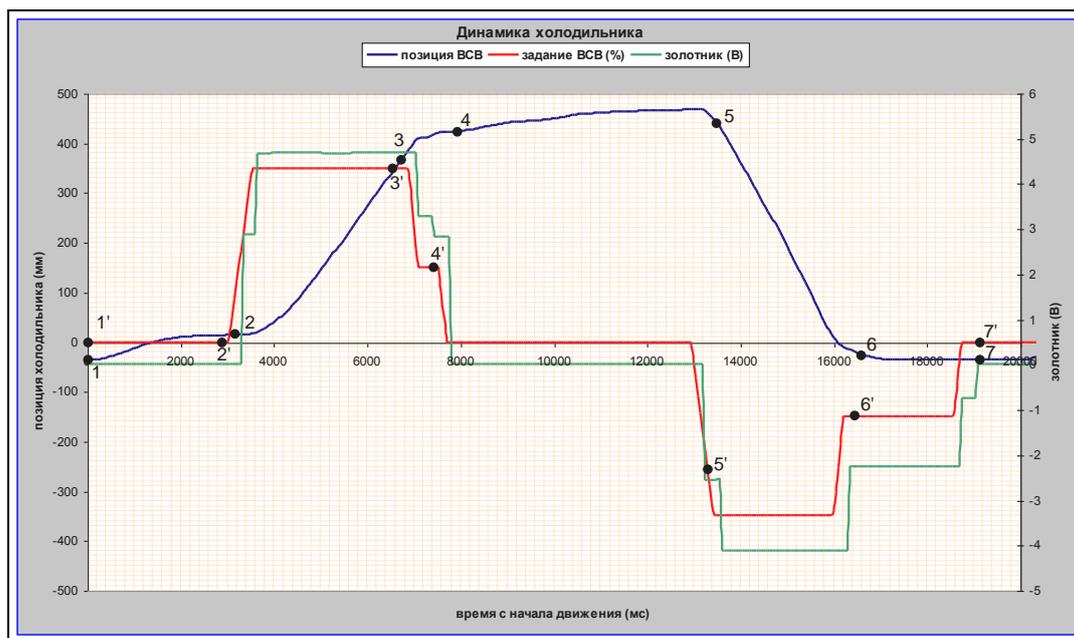


Рисунок 6. Динамика, характерные точки и этапы движения холодильника.

5. Фиксация времени включения в рабочий режим насосов, при стационарном режиме работы, обеспечивает возможность косвенно оценить объёмный КПД установки. Основным параметром гидравлического привода, характеризующим его техническое состояние, является объёмный КПД – отношение подачи насоса при номинальном давлении к теоретической подаче.

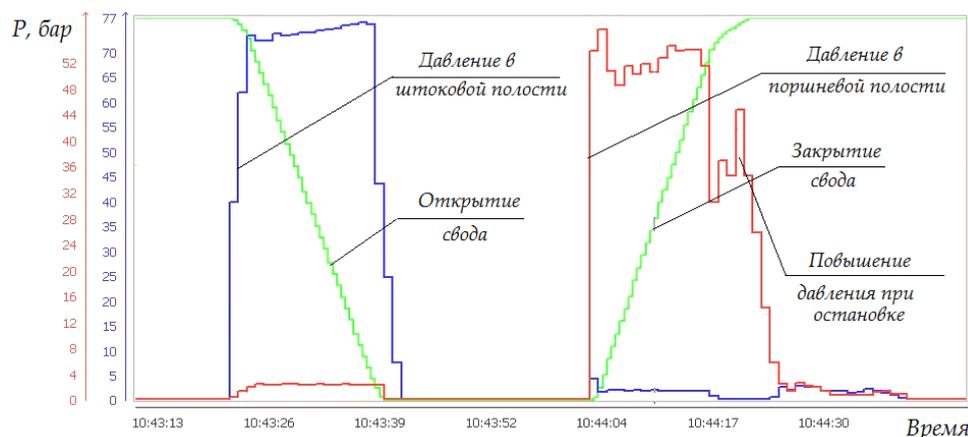


Рисунок 7. График движения свода и параметры давления в полостях гидроцилиндра.

Работа насоса происходит в режимах рабочего и холостого хода. Увеличение внутренних утечек в исполнительной части установки или в насосе приводит к более частому включению насоса, что может быть зарегистрировано при постоянных наблюдениях. Утечки исполнительной части – гидроцилиндров вертикального подъёма и горизонтального перемещения могут быть определены по падению давления в статическом режиме.

Визуальный осмотр при частичной разборке выполняется в период подготовки к капитальному ремонту для уточнения его объёмов. При этом могут применяться видео-эндоскопы для осмотра внутренних полостей элементов гидропривода. Основная задача – определение видов износа и состояния поверхности (рис. 8).



Рисунок 8. Результаты осмотра: а) на внутренней поверхности гидроцилиндра; б) лаковые отложения внутри масляного бака

Визуальный осмотр при полной разборке проводится во время капитального ремонта для дефектовки деталей и для определения видов и причин механического износа (рис. 9).

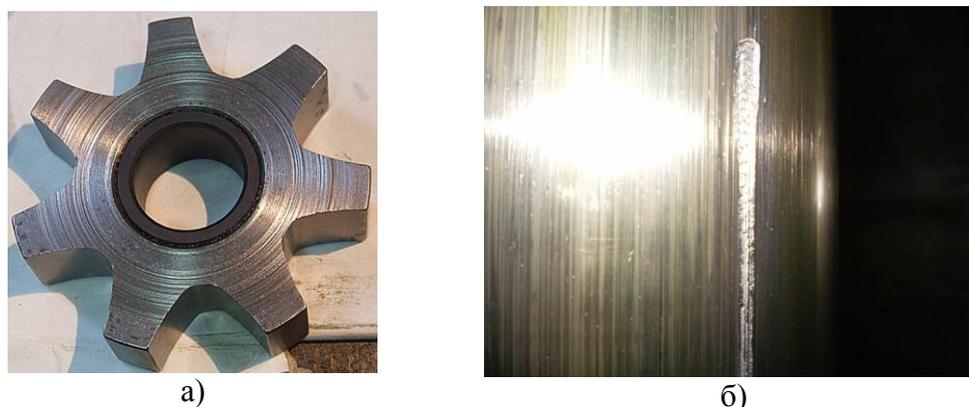


Рисунок 9. Виды механического износа элементов гидропривода: а) износ схватыванием второго рода торцевой поверхности шестерёнчатого насоса с внутренним зацеплением; б) износ схватыванием первого рода на штоке гидроцилиндра.

При дефектовке отдельных деталей используются методы неразрушающего контроля – магнитный, электрический, вихретоковый, радиоволновой, тепловой, оптический, радиационный, акустический, проникающими веществами. Возможно применение оптических устройств (лупа, микроскоп и др.) и мерительного инструмента для проверки фактических размеров.

Выводы.

1. Основным видом повреждений элементов гидравлических систем, наиболее уверенно выявляемых при визуальном осмотре являются утечки различной степени интенсивности.

2. Возможности визуального осмотра на различных этапах (внешний – в статическом или динамическом режиме; внутренний – с частичной или полной разборкой) позволяет получить необходимые данные для решения задач диагностирования на качественном уровне переходов технического состояния.

3. Эффективность применения результатов визуального осмотра обеспечивается формализацией, фиксацией выявленных неисправностей и использованием полученных данных в деятельности ремонтной службы промышленного предприятия.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Липкин, Е. Б. Индустрия 4.0: Умные технологии – ключевой элемент в промышленной конкуренции. – М.: ООО «Остек-СМТ», 2017. – 224 с.
2. Дж. Манийка и Майкл Чуй, «Гипермасштабные вызовы цифровой эры» / The Financial Times. – 13 августа 2014.
3. Шваб, К. Четвёртая промышленная революция / К. Шваб – М.: «Эксмо», 2016. – (Top Business Awards).
4. Эрик Бринйолфссон и Эндрю МакАфи, «Вторая эра машин: работа, прогресс и процветание в эпоху блестящих технологий», Изд-во W. W. Norton & Company, 2014.
5. Бодунов, А. В. Насосы, вентиляторы, компрессоры: учебное пособие. – Н.Новгород: Нижегород. гос. архит.- строит. ун-т, 2005. – 108 с.
6. Галдин, Н. С. Гидравлические схемы мобильных машин: учеб. пособие / Н. С. Галдин, И.А. Семенова. – Омск: СибАДИ, 2009. – 203 с.
7. Кирносков, А. М. Гидропривод металлургических машин: учеб. пособие / А. М. Кирносков, М. Л. Босняк. – Новокузнецк: СибГИУ, 2008. – 84 с.
8. Ефременков, А. Б. Горные машины и оборудование. Введение в специальность: учебное пособие / А. Б. Ефременков, А. А. Казанцев, М. Ю. Блащук. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – Ч. 1. – 152 с.
9. Тургель, Д. К. Горные машины и оборудование подземных разработок: учебное пособие / Д. К. Тургель. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2007. – 302 с.
10. Гидропривод гусеничных экскаваторов и основы его эксплуатации: метод. указания / сост.: В.П. Чмил, С.В. Репин, К.В. Рулис – СПб: СПбГАСУ, 2011. – 131 с.
11. Галдин Н. С. Элементы объемных гидроприводов мобильных машин. Справочные материалы: уч. пособие / Н.С. Галдин. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2005. – 127 с.
12. Гидропривод. Основы и компоненты. Бош Рексрот АГ Сервис Автоматизация Дидактика 64711 г. Эрбах Германия / Х. Экснер, Р. Фрейтаг, Д-р Х. Гайс, Р. Ланг, Й. Оппольцер, П. Шваб, Е. Зумпф, У. Остендорфф, М. Райк // Пер. с нем. языка: Д. В. Горобец. Ред. рус. изд.: к. т. н. В. К. Свешников. Заказ. № RRS 00 290/2003 – 321 с.
13. Сидоров, В. А. Эксплуатация гидропривода металлургических машин [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / В. А. Сидоров и [др.] – ГВУЗ "ДонНТУ". 14 Мб. – Донецк: [б.и.], 2015.– 252 с.1 файл. Систем. требования: Acrobat Reader. - ISBN 978-966-374-255-7. <http://ed.donntu.org/books/cd3154.pdf>
14. Зданевич, В. Е. Осмотр механического оборудования как метод технической диагностики / В. Е. Зданевич, В. А. Сидоров // Журнал «Техническое Обслуживание и Ремонт». – 2010. – №4. - С. 12-18.
15. Кравченко, В.М. Визуальное диагностирование механического оборудования / В. М. Кравченко, В. А. Сидоров. – Донецк: ООО «Юго - Восток, Лтд», 2004. - 120 с.

Поступила в редколлегию 23.03.2021 г.