
УДК: 624.044.69.058.2

Н.А. КУДРЕЙКО, канд. техн. наук, академик МАНЭБ, зав. лаб.,
Н.Н. СТРОЕВ, мл. науч. сотрудник,
Ю.Ю. ШЕПЕЛЕВ, инженер,
О.П. ОВСИЕНКО, зав. лаб.,
В.Ю. ОВДИЕНКО, науч. сотрудник; МакНИИ, Макеевка

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ШАХТНЫХ КОПРОВ

Выполнен анализ существующих методов и средств проведения экспертизы металлических копровых сооружений. Показана необходимость совершенствования методологического подхода при экспертной оценке технического состояния металлических шахтных копров для повышения уровня безопасности труда при их эксплуатации на предприятиях угольной промышленности.

Ключевые слова: металлические шахтные копры, техническое состояние, экспертная оценка, напряженно-деформационное состояние, амплитудно-частотные характеристики вибрации.

Обновление основных фондов предприятий угольной промышленности остается, в сложившейся ситуации, весьма проблематичным. Это касается в первую очередь оборудования шахтных стационарных установок, обеспечивающих жизнедеятельность шахт. Металлические шахтные копры, относящиеся к сооружениям подъемного комплекса, по результатам предшествующих обследований, требуют более тщательного подхода к определению их технического состояния для повышения безопасной работы подъемного комплекса.

Согласно действующим нормам и правилам диагностика технического состояния металлических шахтных копров осуществлялась путем объединения визуальных, инструментальных, расчетных и аналитических процедур, перечень и полнота которых в каждом конкретном случае уточнялась программой обследования [1–3].

Целью работы является дальнейшее усовершенствование методологического подхода к мониторингу технического состояния металлических

шахтных копров и повышение безопасности труда при эксплуатации и обслуживании подъемного комплекса в целом.

Мониторинг в данной ситуации представляет собой наблюдение за состоянием металлического копрового сооружения для определения и предсказания момента перехода несущих его элементов в предельное состояние. Результат мониторинга состояния представляет собой совокупность диагноза несущих конструкций копра, полученных на неразрывно примыкающих друг к другу интервалах времени, в течение которого техническое состояние конструкций копра существенно не меняется.

Мониторинг металлических копровых сооружений основан на разработке системы наблюдений и контроля, проводимых по определенной программе, утвержденной заказчиком, для выявления объектов, на которых произошли значительные изменения напряженно-деформационного состояния несущих элементов конструкции. Изменения напряженно-деформационного состояния фиксируются датчиками, установленными в местах несущих конструкций копрового сооружения, наиболее подверженных указанным изменениям, и регистрируются аппаратурой контроля работы подъемного комплекса. Зафиксированные таким образом значительные изменения напряженно-деформированного состояния являются основанием для проведения внепланового обследования технического состояния металлических копров.

Критерием оценки напряженно-деформационного состояния несущих элементов копра являются величины изгибных или растягивающих напряжений, не превышающих уровень предельно допустимых значений в местах установки датчиков на этих элементах. Для рабочего режима подъема допускаемые значения напряжений не должны превышать 1600 кг/см^2 , а для экстренных режимов работы подъема не более 2000 кг/см^2 при краткосрочном действии нагрузок [4].

Для оценки технического состояния копров используют прямые, косвенные, совокупные и совмещенные методы измерений. К прямым методам измерений относятся измерения геометрических параметров конструкций копров (длина, ширина, высота и прочностные значения материалов металлических и железобетонных конструкций). К косвенным методам относятся измерения величины вибрации конструкций, фундаментов и оснований при воздействии на них рабочих и экстренных нагрузок. К совокупным методам измерений относятся измерения степени коррозионных разрушений металлических конструкций копров и определение напряжений в элементах конструкций на основании полученных измерений.

На рис. 1 представлена геометрическая схема металлического копра с указанием мест измерения величины коррозионного разрушения его элементов, вибрации при экстремальных режимах работы подъемной уста-

новки, остаточной прочности железобетонных конструкций фундаментов и установки датчиков для измерения напряженно-деформационного состояния.

На рис. 2 указаны места измерения толщины различных металлических конструкций копра штангенциркулем или ультразвуковым толщиномером.

Работы по обследованию выполняют согласно предварительно разработанной и утвержденной заказчиком программе, или экспертной оценке технического состояния копровых сооружений, которые содержат указания по наиболее характерным и распространенным видам дефектов и разрушений:

- наличие деформированных или непрямолинейных элементов и связей конструкции копра;
- наличие разорванных болтов или сварных швов в узлах соединения элементов;
- наличие значительных зазоров между фланцами элементов, которые соединяются, и опорными поверхностями узловых элементов;
- не провар или разрушение сварных швов крепления фасонных элементов и связей к поясным и стержневым элементам ферм;
- наличие следов коррозии на стержневых и узловых элементах;
- наличие трещин, вырезов, вырывов на фасонных элементах в узлах соединения стержневых ферм и опорных узлов;
- наличие смещения, перекоса или провисания опорных узлов;
- деформирование отдельных элементов, местные прогибы;
- расхождение между фактической и принятой в проекте расчетно-конструктивной схемой – наличие непредвиденных проектом креплений и соединений;
- пропущенные и неустановленные сварные или болтовые соединения для крепления соединительных элементов, распорок и деталей;
- замена расчетной схемы конструкции копра путем случайного или умышленного опирания конструкции на стены надшахтного здания;
- коррозионные разрушения металлических конструкций копра под действием агрессивной шахтной среды.

Указанные дефекты и нарушения могут быть определены, обследованы и измерены различными методами, в том числе с использованием современных средств измерений:

- установление общих данных, характеризующих конструкции, которые обследуются; монтажные схемы с марками элементов, наличие технической документации на конструкции, завод-изготовитель, год поставки и монтажа конструкций, наличие агрессивной среды, особенности эксплу-

атации конструкций в зимний период, причина предыдущих повреждений, сроки последнего обследования конструкций;

- визуальный осмотр всех стержней и узловых элементов;
- проверка монтажной схемы с выявлением неправильной установки стержней и элементов покрытия;

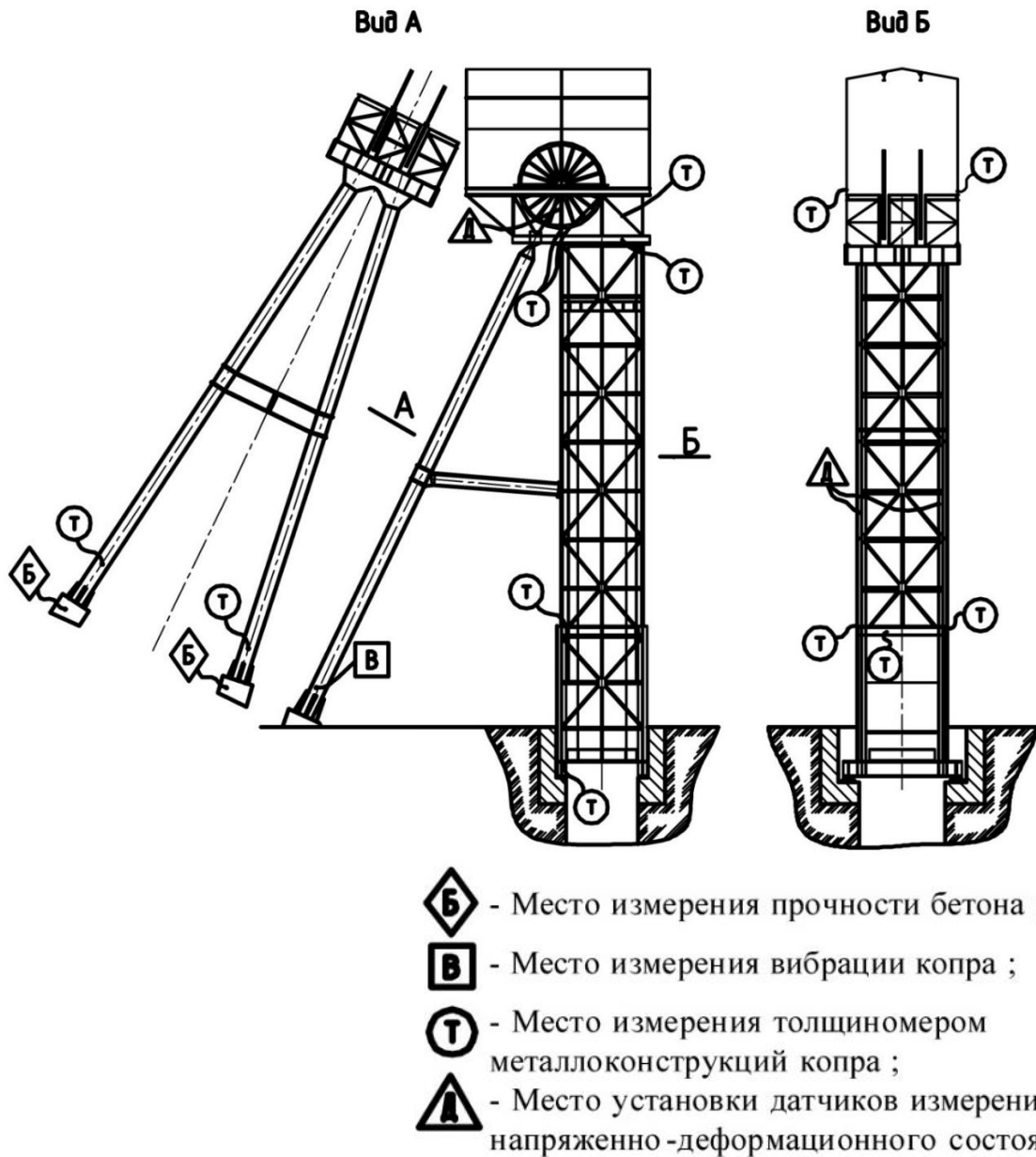


Рис. 1. Места выполнения измерений при мониторинге состояния и обследовании металлических копров

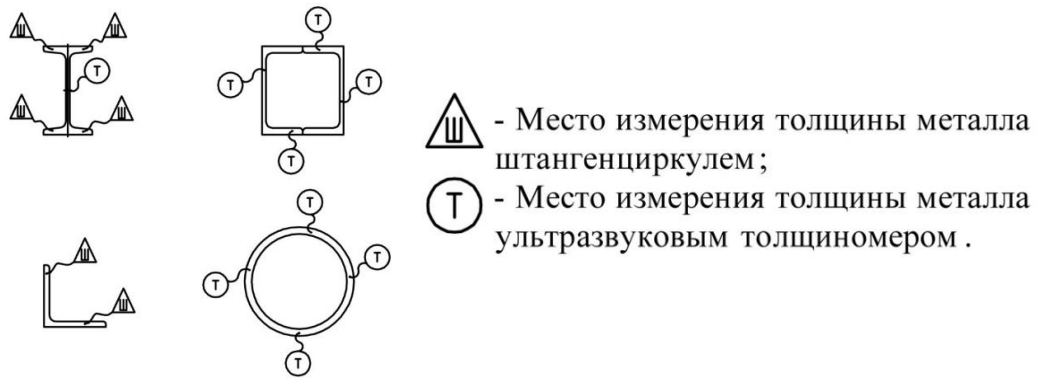


Рис. 2. Места измерения толщины металлических конструкций штангенциркулем и толщиномером

– ознакомление с правилами эксплуатации конструкций и выявление их нарушений;

– проверка использования конструкций по назначению (соответствие района строительства по нормативному снеговому покрову и ветровому напору);

– проверочные расчеты на прочность при выявлении существенных расхождений между натурой и запроектированной расчетной схемой и с учетом выявленных дефектов;

– ультразвуковые методы исследования конструкций, при помощи которых ультразвуковым импульсным методом устанавливают прочность, наличие пор и пустот в сварных швах, глубину трещин и толщину разрушенного слоя материала конструкции [5];

– измерения параметров вибрации при предохранительном торможении подъемной машины и в рабочем режиме.

Коррозионное разрушение конструкций устанавливают визуально и инструментальными замерах участков с повышенными коррозионными повреждениями. Определение состояния адгезии и толщины противокоррозионных лакокрасочных покрытий выполняют согласно ГОСТ 6992-68, ГОСТ 15140-78.

Коррозию металла подразделяют на общую, сплошную (делят в свою очередь на равномерную и неравномерную в зависимости от изменения глубины коррозионного поражения на всех участках металлической поверхности) и местную. Наиболее характерными видами местной коррозии являются коррозия пятнами, язвенная, питтинговая, подповерхностная, межкристаллитная и транскристаллитная. Подповерхностная коррозия вызывает вспучивание и расслоение металла. Наиболее опасные виды местной коррозии - межкристаллитная и транскристаллитная - возникают при

постоянстве размещения анодных и катодных участков, обусловленных направлением перемещения или накопления дислокаций в металле при напряженно-деформационном его состоянии [6].

Для определения химического состава продуктов коррозии при необходимости отбираются их пробы. Другие характеристики коррозионных поражений (площадь, глубину коррозионных язв, величину потери сечения, скорость коррозии) измеряют линейками, штангенциркулями, микрометрами, измерительными скобами, толщиномерами и другими инструментами с точностью не менее 0,1 мм.

Величину коррозионного разрушения металлических конструкций по отношению к их начальным значениям определяют по приведенной формуле

$$K = \frac{(a - b) \cdot 100}{a} \%,$$

где a – расчетное значение толщины, мм;

b – среднее арифметическое значение фактической толщины, полученной в результате выполненных измерений, мм.

Для записи колебательных процессов, происходящих в конструкциях металлических шахтных копров, в рабочем режиме работы подъемной машины и при предохранительном торможении может быть использованы анализаторы спектра вибрации, например, АС-6400 совместно с акселерометром емкостным виброизмерительным АЕ-210. Аппаратура предназначена для измерения параметров вибрации и их хранения с последующей передачей в персональный компьютер для определения амплитуд, периода и частоты колебаний.

Записанные колебания конструкций, которые можно считать гармоническими, никогда не похожи на синусоиду из-за искажений вследствие действия случайных факторов. Если эти искажения незначительно меняют амплитуду, то размах (двойная амплитуда колебаний) можно определить арифметически из нескольких измеренных значений.

Анализ полученных осциллограмм колебательных процессов позволяет определить основные параметры собственных колебаний копрового сооружения и вынужденных колебаний, которые передаются подъемными канатами через копровые шкивы на конструкции копра. Неуравновешенность копровых шкивов также может быть источником колебаний [7].

Полученные таким образом динамические составляющие нагрузок на металлические конструкции копра используются при определении

напряженно-деформационного состояния копрового сооружения и оценке возможности его дальнейшей безопасной эксплуатации.

Техническое состояние металлических конструкций копров имеет следующие определения: нормальное, когда конструкция находится в нормальном состоянии и обеспечивает безопасную работу подъемного комплекса; работоспособное, когда конструкции обеспечивает безопасную работу подъемного комплекса после выполнения ремонтных работ, объем которых указан в экспертном отчете; ограниченно работоспособное состояние подъемного комплекса и требующие выполнения капитального ремонта согласно специально разработанному проекту; аварийное, когда работа подъемного комплекса должна быть прекращена, а работники, находящиеся в опасной зоне, должны быть выведены в безопасную зону [8].

Аварийное состояние копрового сооружения может быть установлено при наличии следующих дефектов и повреждений:

- существенное расхождение между существующей и принятой в проекте расчетно-конструктивной схемой, способное вызвать разрушение конструкции;

- трещины, разрывы сварных или болтовых соединений в узлах, особенно опорных и соединительных элементов;

- значительное коррозионное повреждение несущих конструкций и разрушение соединительных элементов;

- пропущенные и незакрепленные соединительные элементы связей и несущих металлических конструкций;

- горизонтальные или вертикальные смещения опорных узлов, перекосы или осадка.

Из совокупного анализа полученных результатов обследования определяют уровень технического состояния копрового сооружения.

ВЫВОДЫ

Оценка технического состояния металлических конструкций шахтных копров с постоянным мониторингом его напряженно-деформационного состояния позволит обеспечить надежную и безопасную их эксплуатацию. Выводы и рекомендации экспертных отчетов по результатам обследований определяют своевременное выполнение ремонтно-восстановительных работ на копровых сооружениях, обеспечивая тем самым дальнейшую безопасную эксплуатацию подъемного комплекса в целом и повышая уровень безопасности труда работников шахты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Порядок и организация обследования несущих металлических конструкций шахтных копров: РД 12-003-92. – Киев: Госуглепром Украины, 1993. – 58 с.
2. Правила оценки технического состояния металлических шахтных копров: СОУ 10.1.00174094.007:2005. – Офиц. изд. – Киев: Минуглепром Украины, 2005. – 36 с.
3. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния: ГОСТ Р 53778-2010. – [Введён 2011.01.01]. – М.: Изд-во стандартов, 2010. – 96 с.
4. Розенблит Г.Л. Стальные конструкции зданий и сооружений угольной промышленности / Розенблит Г.Л. – М.–Л.: Углетехиздат, 1953. – 273 с.
5. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля: ГОСТ 22690-88. – [Введён 1991.01.01]. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 38 с.
6. Металлические конструкции шахтных копров. Общие требования к защите от коррозии: РД 12.004-93. -- Киев: Госуглепром Украины, 1993. – 45 с.
7. Вибрационная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. – [Введён 1991.01.07]. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 54 с.
8. Правила безопасности в угольных шахтах: НПАОТ 10.0-1.01-16. - Донецк, ДНР, 2016. – 216 с.

Получено: 27.04.17

The analysis of existing ways and means of metal impact machines survey has been carried out. The necessity of improvement of methodological approach by expert analysis of technical condition of metal mine headframes for the purpose of labor safety improvement by their maintenance at coal industry enterprises has been set out.

Keywords: metal mine headframes, technical condition, expert analysis, strain-stress state, frequency-response characteristic of vibration.