



А. П. ИВАНОВА,
канд. техн. наук
(Национальный горный университет)



А. Е. НЕЧИТАЙЛО,
канд. техн. наук
(Национальный горный университет)

Шахтные копры – наиболее ответственные сооружения шахтной поверхности, связанные с системами вентиляции горных выработок и безопасности подъема.

В Украине средний срок службы сооружений шахтной поверхности составляет 40–50 лет, т. е. конструкции копров находятся в стадии «старения», что неизбежно влечет за собой увеличение частоты аварий. Поэтому безопасность шахтных подъемных установок – важная государственная проблема для Украины. Основной способ ее решения – своевременная диагностика строительных конструкций горнотехнических сооружений [1].

С 1980 по 2014 г. на предприятиях горнодобывающей промышленности Украины произошел ряд аварий и катастроф, вызванных разрушениями

УДК 622.673:624.19.3

Анализ повреждений строительных конструкций действующего металлического копра вентиляционного ствола

Обоснована актуальность исследований, направленных на предотвращение возможных аварий многоэлементных металлических конструкций шахтных копров. Проанализированы причины, которые приводят к их аварийному разрушению. Рассмотрены методы обследования и расчета конструкций с учетом дефектности отдельных элементов и предложены способы повышения безаварийной эксплуатации.

Ключевые слова: металлический копер, дефекты, повреждения, коррозия, несущая способность.

Контактная информация: ivaso94@mail.ru

и функциональными отказами строительных конструкций сооружений шахтной поверхности, в частности интенсивными динамическими нагрузками, дефектами и физическим износом, неудачными конструктивными формами [1]. Накопление повреждений, появление и развитие дефектов снижает несущую способность конструкций, следовательно, для крупноразмерных и многоэлементных систем, какими являются шахтные копры, вероятность потери несущей способности и сокращение срока эксплуатации увеличиваются [2].

Согласно результатам экспертной оценки технического состояния металлических копровых сооружений на действующих угольных предприятиях, 50 % копров, которые прослужили 40 лет и более, требуют ремонтно-восстановительных работ, а около 30 % – дорогостоящей замены [3].

Из гистограммы (рис.1), на которой представлен анализ обследования технического состояния 123 копров на шахтах Украины [3],

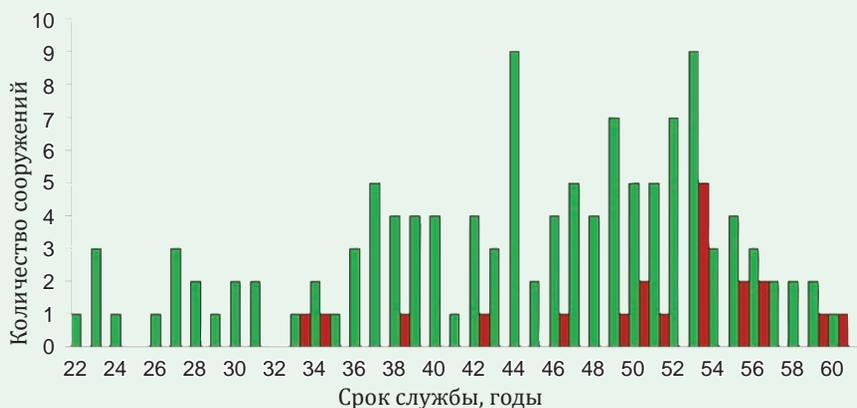


Рис.1. Техническое состояние шахтных металлических копров: ■ удовлетворительно; ■ непригодное для нормальной эксплуатации.

следует, что большинство металлических копровых сооружений, эксплуатируемых на предприятиях отрасли, имеет срок службы от 35 до 55 лет, обусловленный существенными отличиями условий эксплуатации, и зависит от назначения ствола и подъема, агрессивности шахтной среды, других факторов. Кроме того, для копров, прослуживших указанный срок, характерны значительные дефекты и нарушения, требующие ремонта или полной замены.

Незначительное количество копровых сооружений, прослуживших 50 лет и более, в процессе эксплуатации неоднократно ремонтировались, реконструировались или были заменены на новые.

Строительные нормы и правила, используемые при проектировании зданий и сооружений, не предусматривают расчет конструкций с развивающимися дефектами и не позволяют прогнозировать поведение объекта в аварийных ситуациях, которые в промышленно развитом регионе могут быть вызваны множеством техногенных и природных факторов [4]. Чтобы предотвратить аварии, предлагается тщательно проверять техническое состояние башенных копров с последующим внесением изменений в нормативные документы по сроку и порядку обследования.

В настоящее время насчитывается 49 аварийно-опасных надшахтных сооружений [5]. Данные технического мониторинга шахтных копров представлены в таблице. Кроме того, выявлено девять случаев эксплуатации металлических копров, находящихся в аварийном состоянии: семь из них – в Луганской области и два – в Донецкой [5].

Перечисленные проблемы актуальны для шахт с государственной и негосударственной формой собственности.

Металлический копер – не обособленное сооружение подъемного комплекса, он воспринимает нагрузки, возникающие во время подъема в режимах рабочем, переходном или экстренных нагрузений.

Основные требования, предъявляемые к конструкциям шахтных копров, сводятся к обеспечению надежной и безопасной работы подъемного комплекса на весь период эксплуатации.

Цель работы – натурное обследование технического состояния конструкций металлического копра для последующей безопасной эксплуатации.

Объект исследования – действующий металлический копер вентиляционного ствола на горизонте 210 м (рис. 2) введен в эксплуатацию в 1967 г. По конструктивной схеме копер – двухподъемный

Тип копра	Количество шахтных копров		
	проведенных	запрещенных к эксплуатации	возобновивших работу
Металлический	300	113	23
Железобетонный	58	14	4

станкового типа с расположением укосин под углом 90°, оборудован одноконцевой подъемной установкой аварийно-ремонтного подъема. Шкив установки диаметром 5 м расположен на отметке +39,500 м, на отметке +45,00 м – неэксплуатирующийся шкив диаметром 5 м, на отметке +51,350 м – верх монтажного устройства.

Шкивы и подшківные конструкции смежного подъема частично демонтированы. Со стороны задней боковой стенки станка действующего подъема на копер опираются стальные конструкции приемного бункера. Станок копра опирается на стальную подкопровую раму, заделанную в шейку ствола, ветви укосин – на массивные отдельно стоящие монолитные железобетонные фундаменты.



Рис. 2. Металлический копер вентиляционного ствола (горизонт 210 м).

Обследование конструкций сооружения и инструментальные измерения элементов показали, что наибольшая концентрация поврежденных элементов находится в стенке копра. В металлических конструкциях станка выявлены дефекты и повреждения, значительно снижающие несущую способность сооружения в целом. К таким повреждениям относятся:

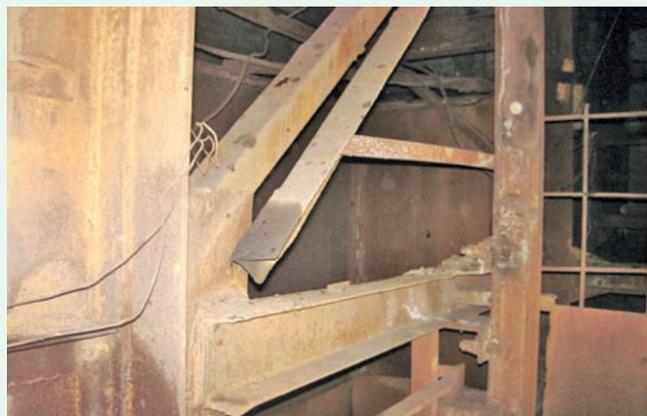
- отсутствие конструктивных элементов решетки станка (рис. 3, а);
- обрыв конструктивных элементов в узлах соединения (рис. 3, б);
- отрыв соединительных планок конструктивных элементов решетки станка (рис. 3, в);
- локальные и общие искривления конструктивных элементов станка;
- коррозионные повреждения элементов станка до 50 % потери площади сечения (рис. 3, г), сквозные повреждения элементов и др.

Причины приведенных повреждений конструктивных элементов: нарушение монтажных работ, агрессивная среда, в которой эксплуатируются конструкции, коррозионный износ, интенсивные динамические нагрузки на сооружение, длительная эксплуатация и др. [6, 7].

Для определения технического состояния объекта выполнен проверочный расчет сооружения с учетом выявленных характерных дефектов и повреждений. При этом использован проектно-вычислительный комплекс SCAD, в котором реализовались следующие действия: конечно-элементное моделирование статических и динамических расчетных схем; анализ устойчивости сооружения как упругой стержневой системы; определение внутренних усилий в конструктивных элементах и упругих перемещений узлов стержневой конструкции; модальный анализ (определение спектра частот собственных колебаний конструкций).



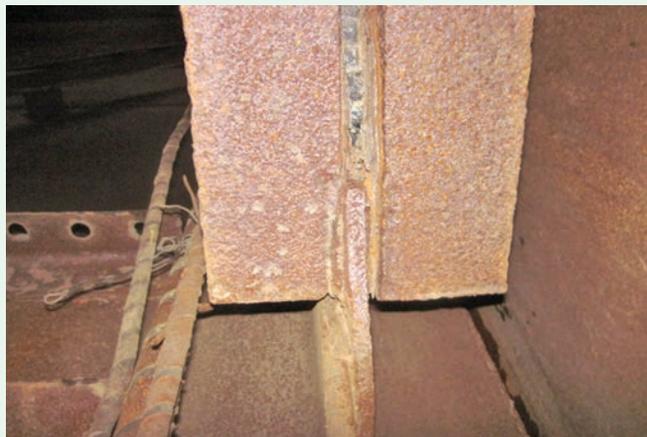
а



б



в



г

Рис. 3. Характерные повреждения стенки металлического копра вентиляционного ствола горизонта 210 м: а – отсутствие конструктивных элементов решетки; б – обрыв конструктивных элементов в узлах соединения; в – отрыв соединительных планок конструктивных элементов решетки; г – коррозионные повреждения элементов до 50 % потери площади сечения.

В соответствии с рекомендациями РД 12.005-94 «Металлические конструкции шахтных копров» расчетная схема сооружения принята в виде пространственной стержневой системы, состоящей из ферм и рам (рис. 4). Закрепление ветвей укосины на фундаментах – шарнирное. При проверочном расчете отдельных конструктивных элементов учитывались дефекты и повреждения в соответствии с указаниями ДБН В.2.6-163:2010 «Стальные конструкции».

Выводы. Проверочные расчет и анализ сооружения позволили сделать следующее заключение о состоянии сооружения с учетом полученных за время эксплуатации повреждений:

минимальное значение коэффициента запаса устойчивости как единой упругой стержневой системы составило 6,16, что на 29,3 % меньше по сравнению с результатами проверочного расчета, проведенного тремя годами ранее. Уменьшение коэффициента запаса устойчивости как единой упругой стержневой системы связано с прогрессирующим коррозионным износом конструктивных элементов, а также их новыми обрывами в узлах примыкания;

для некоторых конструктивных элементов станка (вертикальных связей левой фасадной стенки) выявлена недостаточная несущая способность по критерию устойчивости при аварийном сочетании нагрузок от разрыва каната, а также по предельной гибкости элемента с учетом коррозии. Недостаточная несущая способность указанных элементов не обеспечивалась вследствие разрушения сварных швов крепления соединительных планок щелевой коррозией и уменьшения площади сечения за счет общей коррозии элемента;

для ветви укосины и соединительной решетки укосины аварийного подъема критерий предельной гибкости элементов близок к единице. На момент обследования критерий предельной гибкости выполняется, но учитывая коррозионный износ этих элементов, вероятность невыполнения условия в будущем возрастает.

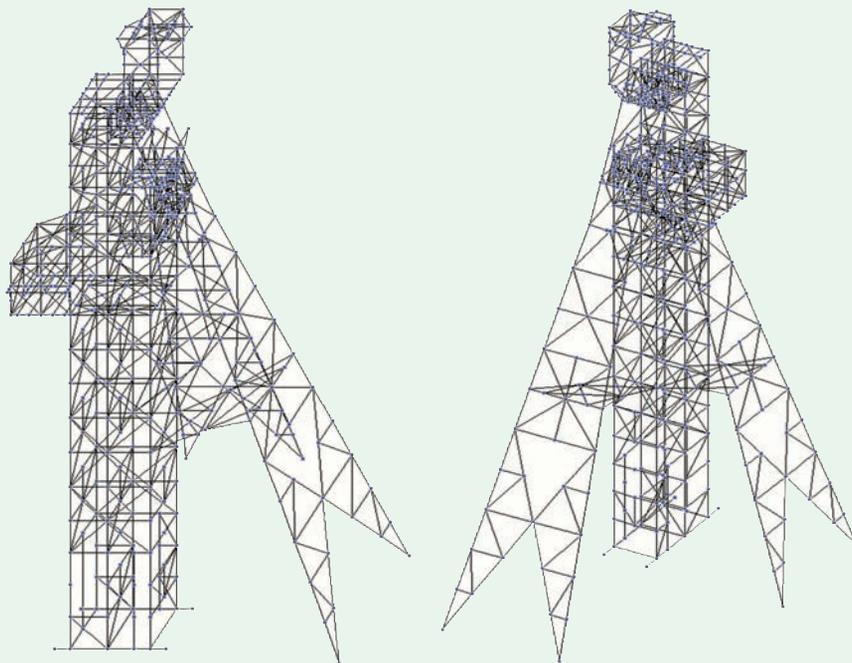


Рис. 4. Расчетная схема сооружения (с разных сторон).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Научные основы обеспечения надежности и экономичности шахтных копров: монография* / [В. Н. Кущенко, В. М. Левин, В. Ф. Мушанов и др.]. – Макеевка: ДонНАБА, 2012. – 461 с.
2. *Иванова А. П. К вопросу прогнозирования долговечности многоэлементных стержневых металлических конструкций* / А. П. Иванова // Уголь Украины. – 2015. – № 1–2. – С. 50–53.
3. *Карпунова О. В. Обґрунтування параметрів динамічно навантажених шахтних металевих рамних копрів, що споруджуються з елементів коробчатого профілю: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.15.04 «Шахтна та підземне будівництво»* / О. В. Карпунова. – Дніпропетровськ, 2006. – 18 с.
4. *Иванова А. П. Исследование долговечности центрально скатых стержней с изменяющимися геометрическими характеристиками* / А. П. Иванова // Науковий вісник НГУ. – 2013. – № 3. – С. 87–93.
5. *Иванова А. П. К вопросу о причинах разрушения надшахтных сооружений* / А. П. Иванова, О. В. Фалина // Вісник НТУ України «КПІ». – 2014. – № 25. – С. 82–86.
6. *Горохов Е. В. Резервы несущей способности стальных конструкций при кратковременных динамических воздействиях* / Е. В. Горохов, В. Н. Кущенко // Перспективы развития и пути повышения эффективности применения легких и особолегких металлических конструкций: сб. науч. работ. – К., 1984. – С. 103–104.
7. *Кущенко В. М. Аналіз напружено-деформованого стану основних несучих елементів рамних укісних шахтних копрів* / В. М. Кущенко, О. Є. Нечитайло // Металеві конструкції. – 2011. – Т. 17. – № 3. – С. 151–165.