



НЕБЕЗПЕЧНІ СТАНИ І ПІДСИЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ УКІСНИХ ШАХТНИХ КОПРІВ

В. М. Кущенко

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
вул. Державіна 2, 86123, м. Макіївка, Україна.*

Отримана 12 грудня 2006, прийнята 27 грудня 2006.

Анотація. В статті наведені результати досліджень процесів фізичного зносу будівельних конструкцій укісних шахтних копрів. Основними видами агресивних впливів є корозійні і абразивні середовища, механічні дії у вигляді імпульсів і ударів, порушення правил технічної експлуатації технічним персоналом. Для конструкцій шахтних копрів встановлена наявність трьох експлуатаційних зон, однорідних по складу і інтенсивності агресивних впливів. Встановлені чотири основні стадії фізичного зносу і виконана класифікація небезпечних станів. Викладені принципи підсилення для різних стадій фізичного зносу. При втратах перерізів конструктивних елементів до 30% можливе підсилення методом нарощування перерізів конструктивних елементів. При втратах перерізів більш ніж 30% підсилення конструкцій шахтних копрів рекомендовано виконувати методом внутрішнього або зовнішнього дублювання основних несучих конструкцій. При підсиленні конструкцій станків копрів, встановлених на вентиляційних стовбурах, підсилення необхідно виконувати з урахуванням забезпечення герметичності. Рациональною конструктивною формою конструкцій станків шахтних копрів є листові конструкції, підсилені ребрами жорсткості, розташованими з зовнішнього боку.

Ключові слова: укісні шахтні копри, агресивні впливи, фізичний знос, підсилення будівельних конструкцій.

ОПАСНЫЕ СОСТОЯНИЯ И УСИЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ УКОСНЫХ ШАХТНЫХ КОПРОВ

В. Н. Кущенко

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
ул. Державина, 2, г. Макеевка, Донецкая область, Украина, 86123.*

Получена 12 декабря 2006, принята 27 декабря 2006.

Аннотация. В статье приведены результаты исследования процессов физического износа строительных конструкций укосных шахтных копров. Основными видами агрессивных воздействий являются: коррозионные и абразивные среды; механические воздействия в виде импульсов и ударов; нарушение правил технической эксплуатации техническим персоналом. Для конструкций шахтных копров установлено наличие трёх эксплуатационных зон однородных по составу и интенсивности агрессивных воздействий. Установлены четыре основных стадии физического износа и выполнена классификация их опасных состояний. Изложены принципы усиления для различных стадий физического износа. При потерях сечений конструктивных элементов до 30% возможно усиление методом наращивания сечений конструктивных элементов. При потерях сечений более 30% усиление конструкций шахтных копров целесообразно производить методом внутреннего или внешнего дублирования основных несущих конструкций. При усилении конструкций станков копров, установленных на вентиляционных стволах, усиление необходимо производить с учётом обеспечения герметичности. Рациональной конструктивной формой конструкций станков шахтных копров являются листовые конструкции, усиленные рёбрами жёсткости, расположенными с наружной стороны.

Ключевые слова: укосные шахтные копры; агрессивные воздействия; физический износ; усиление строительных конструкций.

DANGEROUS STATES AND REINFORCEMENT OF BUILDING STRUCTURES OF SLOPING HEAD-FRAMES

V. M. Kushchenko

*the Donbas Natinaol Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavin str., 86123 Makiyivka. Ukraine.*

Received 12 December 2006; accepted 27 December 2006.

Abstract. In the article there are given the results of studying the processes of physical wear of building structures of sloping head-frames. The main types of aggressive influences are corrosion and abrasion media; mechanical influences, such as impulses and impacts; operational imperfections. For head-frame structures, there have been fixed three operational zones, all of them being homogeneous by the composition and aggressive media intensity. Four basic stages of physical wear have been determined and their dangerous states have been classified. There have been also stated principles of reinforcing for different stages of physical wear. The cross-section losses of constructive elements being up to 30%, the latter can be reinforced by the built-up method. The cross-section losses of constructive elements more than 30%, head-frame structures, it's a good idea to reinforce head-frames by internal and external duplication of basic carrying structures. While reinforcing the structures of head-frame beds installed on the fangs, air-tightness should be taken into account. A rational constructive form of the head-frame bed structures are laminated structures reinforced by stiffening ribs located on the outside.

Keywords: sloping head-frames; aggressive influences; physical wear; reinforcement of building structures.

Введение

Укосные копры являются наиболее ответственными сооружениями шахтной поверхности, поскольку они обеспечивают вертикальный транспорт и связаны с системами вентиляции и безопасности подъёма [1, 2, 3]. В конструктивном отношении укосные шахтные копры являются пространственными стержневыми системами высотой от 15 до 70 м, состоящими из ферм (см. рис. 1, а), рам (см. рис. 1, в, б, г), а также из стальных листовых или монолитных железобетонных конструкций (см. рис. 1, г).

Укосные шахтные копры применяют для подъёмных установок с машинами барабанного типа и для подъёмных машин со шкивами трения наземного расположения. Для этих подъёмных установок характерно наличие наклонных струн ветвей подъёмных канатов, вследствие этого линии действия равнодействующих сил от натяжения подъёмных канатов направлены к вертикали под углом 18...200 (см. рис. 1). Таким образом, на высоте расположения копровых шкивов на конструкции копра действуют значительные горизонталь-

ные силы, для восприятия этих сил предназначена укосина, наклонный конструктивный элемент в виде фермы или рамы. Подшивные конструкции предназначены для опирания направляющих шкивов и их технического обслуживания в процессе эксплуатации.

В зависимости от типа подъёмного сосуда различают копры: клетового и скипового подъёма. По отношению к системе вентиляции шахты различают копры воздухоподающих и вентиляционных стволов. Опыт длительной эксплуатации шахтных копров показывает ресурс отдельных конструктивных частей этих сооружений порядка 20-30 лет, тогда как необходимый срок службы составляет 40-50 лет. В связи с этим существует проблема обеспечения долговечности шахтных копров. Одним из способов решения этой проблемы является усиление конструкций шахтных копров, получивших значительные эксплуатационные повреждения.

Методика выполнения работы

В Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, начиная с 1980г.,

выполняются работы по обследованию, усилению и реконструкции строительных конструкций горнотехнических сооружений шахтной поверхности. С 1998 года работы выполняются в специализированном научно-производственном центре "Надшахтные сооружения" при ДонНАСА, в настоящее время накоплены данные обследования пятидесяти шахтных копров с различными конструктивными и технологическими признаками. На основании перекрёстных классификаций данных обследования, для копров различного технологического назначения выявлялись зоны однородные по составу агрессивных воздействий. Для указанных зон на основании данных обследования и ускоренных лабораторных испытаний определялась скорость процессов физи-

ческого износа. На основании обобщения данных обследования выполнена классификация опасных состояний строительных конструкций шахтных копров. Для различных стадий физического износа конструкций шахтных копров определены рациональные методы их усиления.

Агрессивные воздействия и повреждения конструкций шахтных копров

В процессе эксплуатации конструкции шахтных копров подвержены следующим видам агрессивных воздействий: коррозионные среды; абразивные; механические удары; местные силовые воздействия от крепления непредусмотренного проектом такелажного оборудования

а)



б)



в)



г)



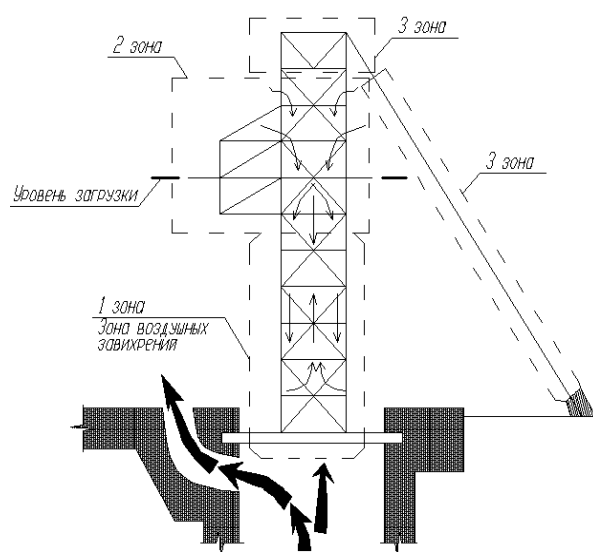
Рисунок 1. Основные виды конструктивных систем укосных шахтных копров: а) станковая; б) полушатровая; в) шатровая; г) комбинированная

при заменах подъёмных сосудов; вырезы в сечениях конструктивных элементов.

Конструкции подкопровой рамы и станка находятся внутри герметичной обшивки (перекрывающей устье ствола), а конструкции головки копра и укосины находятся в условиях открытой атмосферы. Технологические функции, вызывающие выделение агрессивных компонентов коррозионной среды, осуществляются внутри станка. Основными компонентами, составляющими агрессивную среду, яв-

ляются угольная пыль и шахтные воды. Угольная пыль образуется в процессе разгрузки подъёмных сосудов. Условие герметичности станка и отвод струи воздуха через вентиляционные каналы, определяют характер движения воздуха внутри станка, что влияет на процесс отложения пыли на конструктивных элементах (см. рис. 2). Шахтные воды выносятся из ствола восходящей струей воздуха, ветвями подъёмного каната и сосуда, в результате происходит увлажнение подкопровой рамы

а)



б)

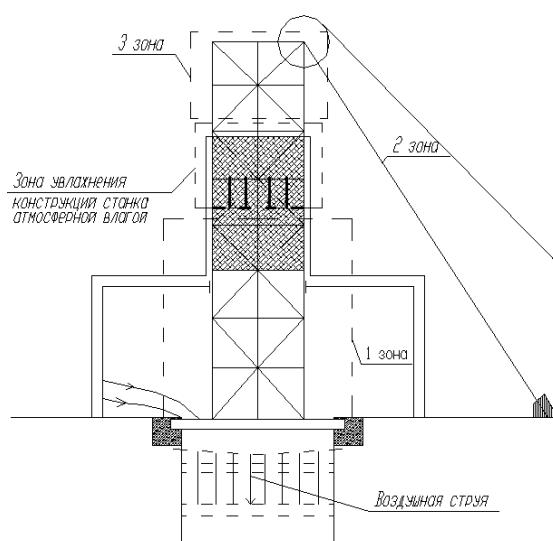


Рисунок 2. Зонирование конструкций шахтных копров по степени агрессивности эксплуатационных сред: а) зонирование копров, расположенных над стволами с восходящей воздушной струей; б) зонирование конструкций копров, расположенных над стволами с восходящей воздушной струей

и конструкций станка на высоту 6-9 метров над уровнем верха подкопровой рамы. Агрессивность коррозионных сред конструкций шахтных копров зависит от химического состава шахтных вод и угольной пыли, а также от возможности их совместного контакта с поверхностью конструкций. Формирование агрессивной среды зависит от конструктивной формы элементов стальных конструкций. Основными влияющими параметрами конструктивной формы являются: площадь поверхностного контакта конструкции с коррозионной средой; ориентация поверхности в пространстве; наличие и величина конструктивных зазоров. Осреднённые значения скорости коррозии в характерных точках конструкций шахтных копров, полученные при укоренных коррозионных испытаниях (табл. 1), показывают наличие двух эксплуатационных зон, в которых действуют коррозионные среды с различной степенью агрессивности.

В результате экспериментальных исследований установлена математическая модель коррозионного износа незащищённых стальных конструкций шахтных копров в условиях долгосрочного прогнозирования:

$$M = a_k \left(1 + \frac{\ln a_k}{n} \right), \quad (1)$$

где: M — скорость коррозии в г/(м² год);

n — коэффициент замедления коррозионного износа;

a_k — показатель коррозионного износа, численно равен установившимся коррозионным потерям.

Данные о средней скорости коррозии в условиях длительной эксплуатации для различных эксплуатационных зон конструкций шахтных копров, полученные при обследовании конструкций укосных шахтных копров, приведены в таблице 2.

Несколько большие значения средней скорости коррозии в условиях длительной эксплуатации (таблица 1) в сравнении с лабораторными испытаниями (таблица 2) обусловлены влиянием вибрации, ударов и абразивных воздействий. Таким образом, для первой и второй эксплуатационной зоны характерны сильно- и среднеагрессивные коррозионные среды. В третьей эксплуатационной зоне конструкции шахтных копров находятся в условиях открытой атмосферы.

Абразивным воздействиям подвержены конструктивные элементы станков копров, скиповых подъемов, расположенные в зоне разгрузочных устройств, а также конструктивные элементы приёмных бункеров (см. рис 2, а зона — 2). Скорость абразивного износа на порядок больше соответствующей условной средней скорости коррозии и может составлять 0,5-1мм/год. Абразивный износ имеет вид неравномерного уменьшения толщины конструктивного элемента по частям поперечного сечения.

Таблица 1. Скорости коррозии незащищённого металла для характерных точек конструкций копров

Обозначение характерных точек	Пространственная ориентация и расположение поверхностей	Сочетание основных компонентов агрессивных коррозионных сред	Скорость коррозии г/(м ² год)
1.1	Горизонтальные поверхности обращённые «вверх»	Угольная пыль + шахтные воды	158
1.2	То же «вниз»	Угольная пыль + шахтные воды	137
1.3	Вертикальные поверхности	Угольная пыль + шахтные воды	143
1.4	Конструктивный зазор	Угольная пыль + шахтные воды	203
2.1	Горизонтальные поверхности обращённые «вверх»	Угольная пыль +98% влажность	59
2.2	То же «вниз»	Угольная пыль +98% влажность	38
2.3	Вертикальные поверхности	Угольная пыль +98% влажность	43
2.4	Конструктивный зазор	Угольная пыль +98% влажность	74

В таблице 3 приведены данные о ресурсе конструктивных элементов шахтных копров, установленные в результате анализа и обобщения данных обследований. В соответствии с приведенными данными для всех конструктивных элементов, находящихся в первой и второй эксплуатационных зонах, не выполняется требование долговечности. Вследствие этого после 20-30 лет эксплуатации возникает необходимость усиления конструкций шахтных копров. В первую очередь (через 15-20 лет) возникает необходимость усиления или замены обшивки станка. Через 30-40 лет возникает опасность разрушения конструкций станка и подкопровой рамы в первой и второй эксплуатационных зонах.

Механическим ударам в процессе эксплуатации подвержены следующие части конструкций шахтных копров: подкопровая рама;

станок; подшивные конструкции. Подкопровая рама и станок подвержены ударным воздействиям при жёсткой посадке клетки на кулаки, а так же в случае падения вагонеток из опрокидных клетей. Удары по перекрытию станка и по подшивным конструкциям происходят при переподъеме сосуда. При ударных нагрузениях аварийного характера происходит повреждение конструкций шахтных копров в виде общих и местных искривлений, трещин в основном металле конструкций и в сварных швах (см. рис.3). При переподъёме происходят общие искривления конструкций перекрытия станка и подшивных конструкций, направление искривлений вверх. На рис. 3, а показана общая деформация ригеля станка разгрузочного проёма совмещённого шахтного копра, которая произошла в результате переподъёма бабды.

Таблица 2. Средняя скорость коррозии в различных эксплуатационных зонах

№ зон	Наименование конструктивных элементов		a_{cp} (мм/год)
1	1.	Подкопровая рама	0,06-0,15
	2.	Станок от уровня ствола до уровня разгрузки	
	3.	Там же, обшивка станка	
2	1.	Конструкции станка от уровня разгрузки до перекрытия обшивки	0,03-0,06
	2.	Там же, обшивка станка	
3	1.	Конструкции станка за пределами обшивки	0,01-0,03
	2.	Подшивные конструкции	
	3.	Конструкции укосины	

Таблица 3. Средние значения ресурса конструктивных элементов шахтных копров

зона	Наименование конструктивных элементов		Ресурс (годы)
1	1.	Подкопровая рама	20-35
	2.	Станок от уровня ствола до уровня разгрузки	20-35
	3.	Там же, обшивка станка	15-20
2	1.	Конструкции станка от уровня разгрузки до перекрытия	35-40
	2.	Там же, обшивка станка	15-20
3	1.	Конструкции станка за пределами обшивки	35-40
	2.	Подшивные конструкции	50-60
	3.	Конструкции укосины	50-60

Накопление повреждений конструкций станка от ударов может привести к общим остаточным деформациям сооружения. Наибольшую опасность представляют ударные повреждения подшивных конструкций. Местные силовые воздействия шахтных копров

возникают в результате крепления отводных блоков и обойм полиспастов посредством тросовых петель при заменах подъёмных сосудов и погрузке оборудования. От действия местных силовых воздействий возникают прогибы и общие искривления конструктивных

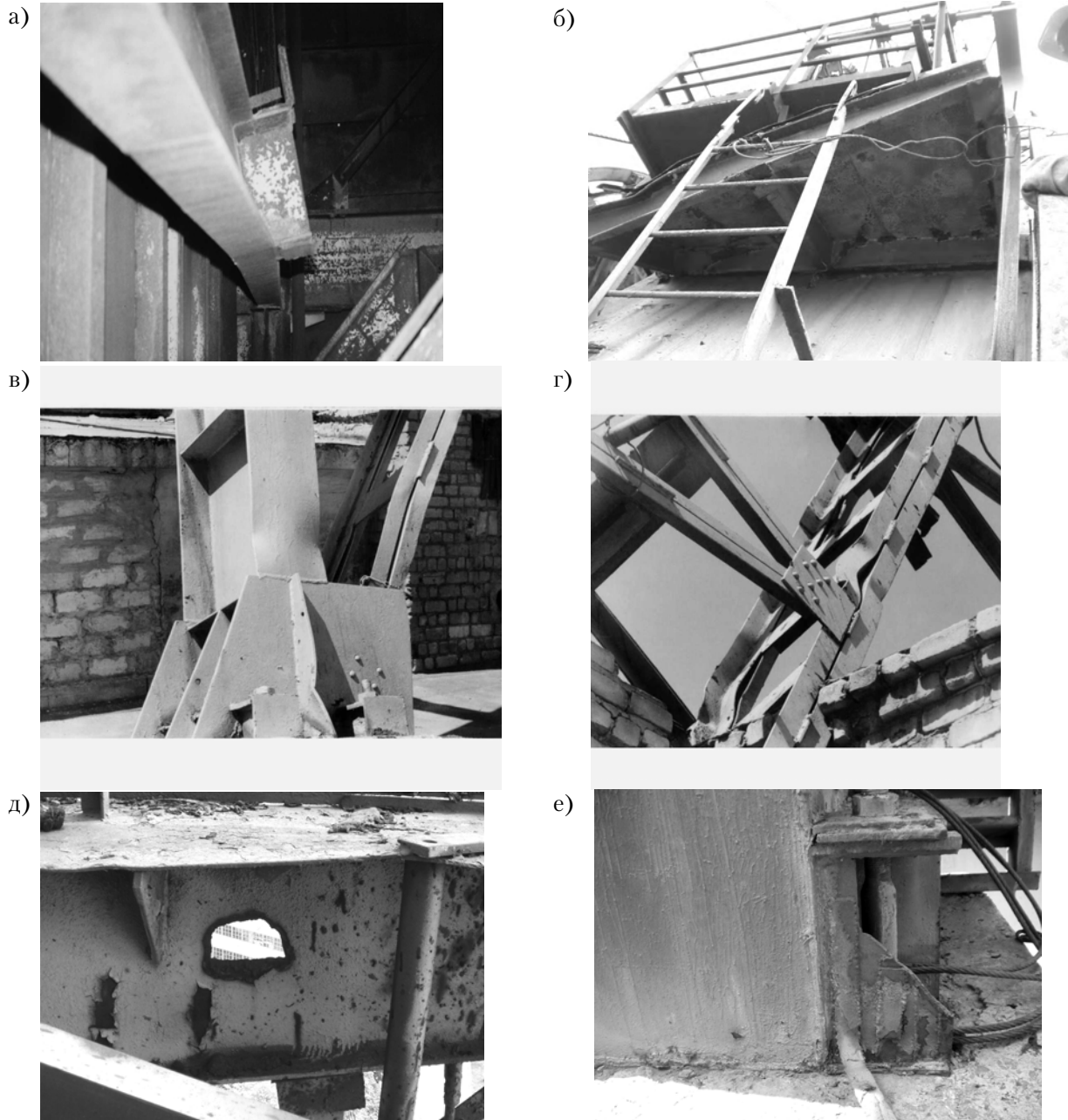


Рисунок 3. Механические повреждения и ослабления сечений конструкций копров: а) общее искривление ригеля (преподъём); б) общие искривления элементов рабочей площадки (удар при замене шкива); в) местное искривление ветви укосины (такелаж); г) общее искривление элемента укосины (силовое); д) вырез в подшивных конструкциях; е) вырез в опорном узле укосины

элементов укосины и станка. Обычно эти повреждения эксплуатационными службами не устраняются, и с течением времени происходит их накопление. Характерными местами силовых воздействий являются ветви укосины вблизи узлов опирания на фундаменты, элементы соединительной решётки, распорка укосины, ригеля нижних рамных проёмов станка (рис. 3,в, г). Особенно повреждаемы при местных силовых воздействиях полки открытых сечений и элементы составного сечения шарнирно-стержневых систем.

Вырезы в конструктивных элементах производятся кислородной резкой для целей крепления непредусмотренного проектом такелажного оборудования, а также для монтажа новых промпроводок или новых технологических элементов и замена направляющих шкивов. Этот вид повреждений является признаком морального старения сооружения, а также результатом сознательного нарушения правил эксплуатации строительных конструкций. Чаще всего производятся вырезы в сечениях подшивных конструкций в местах крепления копровых шкивов (см. рис. 3,д), в элементах соединительной решётки станка, а также в узлах опирания ветвей укосины на фундаменты (см. рис. 3,е).

Стадии физического износа и классификация опасных состояний

Для укосных шахтных копров можно выделить четыре основных стадии физического износа (см. рис. 4), соответствующие различной степени снижения несущей способности и типичным качественным изменениям технического состояния [9]. Зависимость несущей способности от срока эксплуатации (рис. 4) получена путём обобщения данных обследования пятидесяти шахтных копров с различными сроками эксплуатации, конструктивными схемами и технологическими характеристиками. Верхняя и нижняя граница обобщённой несущей способности определялась по степени физического износа ключевых элементов подшивных конструкций, для которых характерно наименьшее число статической связности в сравнении с конструкциями станка и укосины. На третьей и четвёртой стадиях физического износа несущая способность определялась с учётом изменений конструктивной схемы сооружений вследствие коррозионного разрушения отдельных элементов и сварных швов в узлах решётки станка. Увеличивающаяся со временем разница между верхней и нижней границей несущей способности обусловлена влиянием характера взаимодействия различных конструктивных форм

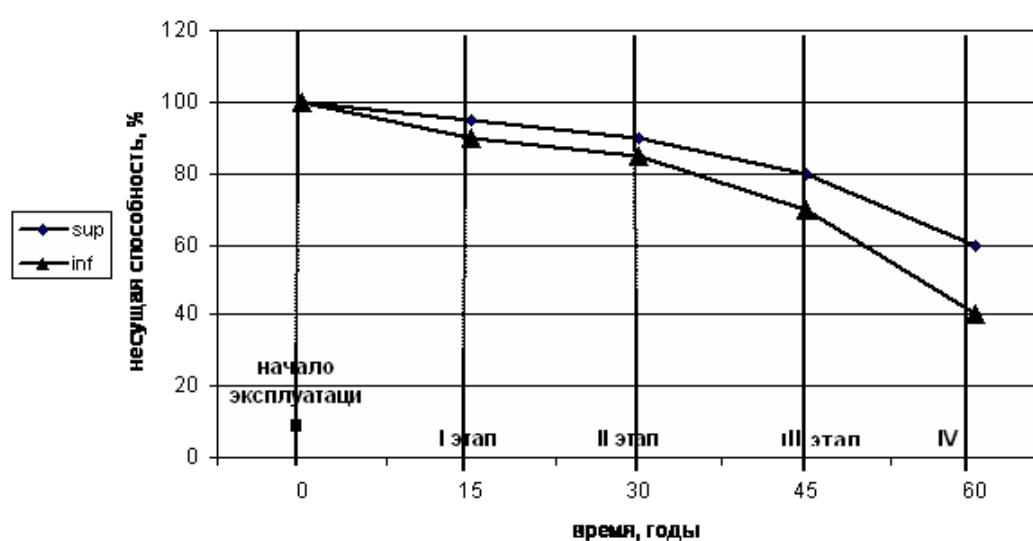


Рисунок 4. Обобщённая диаграмма снижения несущей способности конструкций укосных шахтных копров в результате физического износа

шахтних копров с агрессивными средами, а также увеличением коэффициента вариации геометрических характеристик по мере накопления эксплуатационных повреждений.

Реальный ресурс конструкций шахтных копров практически совпадает с математическим ожиданием повторяемости особых нагрузок от защемления поднимающегося сосуда — 50-60 лет. Однако, поскольку возможность возникновения нагрузок этого вида обусловлена нарушениями конструкций армировки шахтного ствола и выходом подъёмного сосуда из направляющих, физический износ проводников и расстрелов увеличивает риск возникновения особых нагрузок на III-IV стадиях физического износа. Для предварительной оценки потери несущей способности в процентах конструкций укосных копров в зависимости от срока эксплуатации в условиях угольных шахт Донбасса предлагается использовать следующую приблизительную эмпирическую формулу:

$$\frac{\Phi_z}{\Phi_o} 100\% = 100 - 0,02T_z + 0,02T_o, \quad (2)$$

где Φ_z — несущая способность в текущий момент эксплуатации;

Φ_o — начальная несущая способность;

T_o — срок эксплуатации (годы).

Аварийные (опасные) состояния конструкций шахтных копров можно разделить на два вида: а) осуществившиеся (явные), то есть, проявившиеся как первое или второе предельное состояние конструкций сооружения; б) скрытые (потенциальные), то есть, не проявившиеся как первое или второе предельное состояние, но создающие угрозу аварии при возникновении особых нагрузок [4]. На первой стадии аварии происходят по причине дефектов монтажа и изготовления конструкций. На последующих стадиях физического износа аварии происходят по причине накопления эксплуатационных повреждений (табл. 4).

При обследовании конструкций шахтных копров со сроком службы более 40 лет, при маркшейдерской съёмке, как правило, выявляются общие горизонтальные остаточные деформации в направлении действия горизонтальной составляющей равнодействующей от натяжения ветвей подъёмного каната, а также

общие деформации ветвей укосины по форме, близкой к форме потери общей устойчивости. Эти факты свидетельствуют о наступлении первого предельного состояния, однако вследствие весьма высокой степени статической связности системы (степень статической неопределимости 12-25) и кратковременного характера особых нагрузок механизм разрушения конструкций остановился, и сооружение приобрело новое положение упругого равновесия.

Ограничение режимов эксплуатации для копров с признаками опасного состояния

Для конструкций шахтных копров с признаками опасного состояния (табл. 4) величина особых нагрузок от защемления поднимающегося сосуда может быть существенно снижена путём изменения тахограммы подъёма. Задача определения необходимых параметров тахограммы подъёма может быть решена путём наложения на графики амплитуд суммарного натяжения ветвей подъёмного каната при различных значениях номинальных скоростей подъёма (рис. 5).

В соответствии с приведенным примером величина особых нагрузок может быть существенно уменьшена при следующих изменениях тахограммы: 1) при уменьшении скорости подъёма на 40-60%; 2) при уменьшении замедления при торможении подъёмной машины на 20-30%. Таким образом, для объектов с признаками скрытого аварийного состояния до завершения по усилению конструкций может быть назначен безопасный режим работы подъёмной машины. Параметры ограничений тахограммы определяются по величине остаточной несущей способности сооружения.

Принципы усиление строительных конструкций укосных шахтных копров

Методика и технология усиления конструкций шахтных копров зависит от характера повреждений и технологической принадлежности конструкций шахтных копров. При усилении шахтных копров применяются следующие методы: 1) метод внешнего или внутреннего дублирования повреждённых конструкций (при потере несущей способности на 40-50% и более); 2) метод наращивания сечений конструкций (при коррозионных или абразивных

потерях сечений до 30%); 3) усиления фундаментов буронабивными сваями (при различных видах суффозии основания вблизи шахтного ствола); 4) метод изменения конструктивной схемы (при изменении технических характеристик подъёмной установки).

Метод внешнего или внутреннего дублирования применяется для конструктивных частей и элементов с потерями сечения более 35%. Обычно таким методом внутреннего дублирования производится усиление подкопровых рам и станков (см. рис. 6). Способ усиления заключается в следующих изменениях конструктивной схемы сооружения (см. рис. 6,а): а) на железобетонное устье шахтного ствола устанавливают балки 1, дублирующие конст-

рукции подкопровой рамы ствола; к существующим конструкциям присоединяют элементы усиления стоек станка 2 и элементы усиления решётки станка 3; элементы усиления станка в узлах 4 соединяют с конструкциями головки копра. Монтаж узлов присоединения элементов усиления к существующим конструкциям выполняют при отсутствии нагрузки от натяжения подъёмных канатов.

Элементы 2, 3, 4 работают совместно с существующими конструкциями, однако дублирующие конструкции 3 представляют собой геометрически неизменяемую систему, способную самостоятельно воспринимать нагрузки, действующие на сооружение. Элементы 1 полностью воспринимают нагрузки

Таблица 4. Аварийные состояния конструкций шахтных копров

Характеристика аварийного состояния	Стадии износа	Причина
Смещение опорных подшипников с осей подшкивных конструкций, на величину более 20мм	I, II, III, IV	Неточность установки направляющих шкивов
Разрушение опорных конструкций шахтного парашюта, падение амортизаторов в шахтный ствол	I	Дефекты монтажных сварных швов крепления балок амортизатора
Разрушение опорных конструкций шахтного парашюта, падение амортизаторов в шахтный ствол	III, IV	Коррозионные потери сечения более 30%
Разрушение обшивки станка, опасность нарушения системы вентиляции шахты	II, III, IV	Коррозионные потери сечения более 50%
Зыбкость конструкций в горизонтальном направлении, трещины в сварных узлах крепления связей подшкивных конструкций	I, II	Дефекты монтажа – зазоры в узлах опирания подшкивных конструкций
Погибы и трещины в стенках балок подкопровой рамы	III, IV	Коррозионные потери сечения более 50%
Трещины и разрушение сварных соединений в узлах решётки станка	III, IV	Коррозия в конструктивных зазорах
Коррозионное разрушение узлов опирания укосины на фундаменты	III, IV	Контакт с грунтом, очаг коррозии
Местные коррозионные разрушения стоек станка и укосины в местах пересечения покрытия и стен надшахтного здания	IV	Местная агрессивная коррозионная среда
Общие остаточные искривления конструкций в результате накопления механических повреждений	III, IV	Превышение нагрузками расчётных значений
Общие остаточные деформации сооружения, общие искривления ветвей укосины	II, III, IV	Просадки грунтового массива

подкопровой рамы. Принципиально важным в этом методе является размещение элементов усиления за пределами поперечного рабочего габарита станка, что позволяет выполнять строительно-монтажные работы без остановки основного технологического процесса. Описанная схема усиления внедрена в 1989 г. на шахте "Привольнянская" п/о "Лисичанскуголь".

Как правило, одновременно с усилением конструкций станков возникает необходимость замены обшивки станка. В этом случае необходимо одновременно с усилением производить герметизацию конструкций станка.

На рис. 6, б показан один из наиболее рациональных способов одновременного усиления и герметизации с использованием принципа совмещения функций. Сущность способа состоит в следующем: к существующим стойкам станка 1 посредством элементов 2 прикрепляются панели 3, состоящие из стального листа, усиленного вертикальными рёбрами жёсткости, которые в последствии замыкаются в жёсткую коробчатую конструк-

цию. В верхней части панели станка 3 соединены с существующими подшивными конструкциями 4 посредством распределительной конструкции 5, которая обеспечивает передачу нагрузок от натяжения подъёмных канатов на панели 3 дублирующего коробчатого станка. В отличие от традиционных способов реконструкции, таких как замена станка, замена обшивки и усиление элементов соединительной решётки, такой способ осуществляется без остановки шахтного подъёма, при этом монтажная зона располагается только с внешней стороны обшивки станка и не препятствует движению подъёмных сосудов. Этот способ усиления был внедрён в 1998 г. при разработке проекта реконструкции копра скипового ствола шахты им. "Мельникова" ГХК "Лисичанскуголь". Технико-экономический эффект от внедрения состоит в устранении возможной остановки шахтного подъёма, уменьшении затрат электроэнергии на проветривание шахты за счёт герметизации ствола, в снижении металлоёмкости реконструктивных работ на 10-20%.

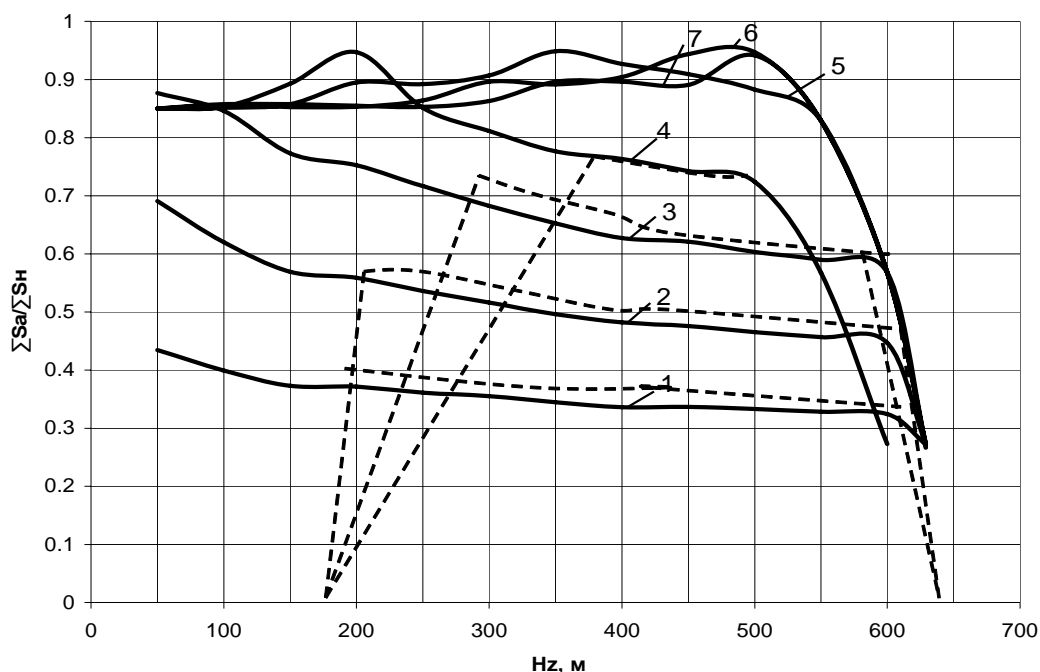


Рисунок 5. Зависимость максимального значения амплитуды суммарного усилия натяжения ветвей подъёмного каната от параметров тахограммы движения подъёмной машины при номинальных значениях скорости: "1" - 2 м/с; "2" - 4 м/с; "3" - 6 м/с; "4" - 8 м/с; "5" - 10 м/с; "6" - 14 м/с; "7" - 12 м/с (сплошными линиями показаны амплитуды суммарных усилий, соответствующие стандартным тахограммам; пунктирными - то же при изменённых тахограммах)

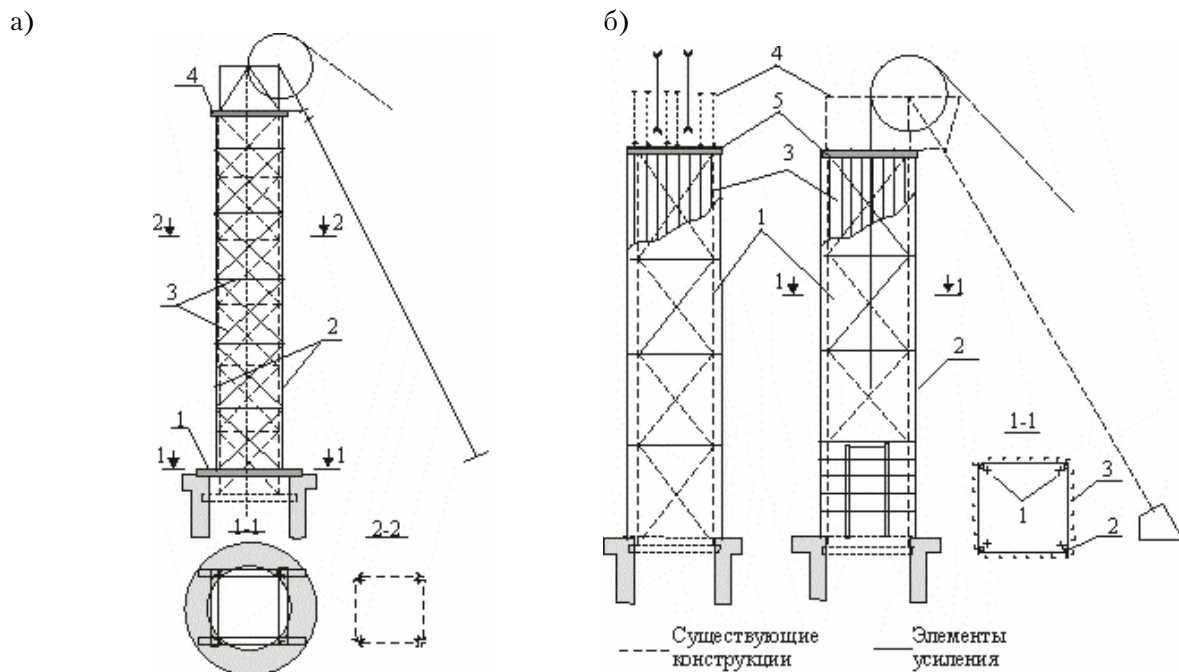


Рисунок 6. Усиление стальных конструкций копров станковой системы методом дублирования: а) последовательное дублирование конструкций станка и подкопровой рамы; б) усиление конструкций станка с обеспечением герметичности

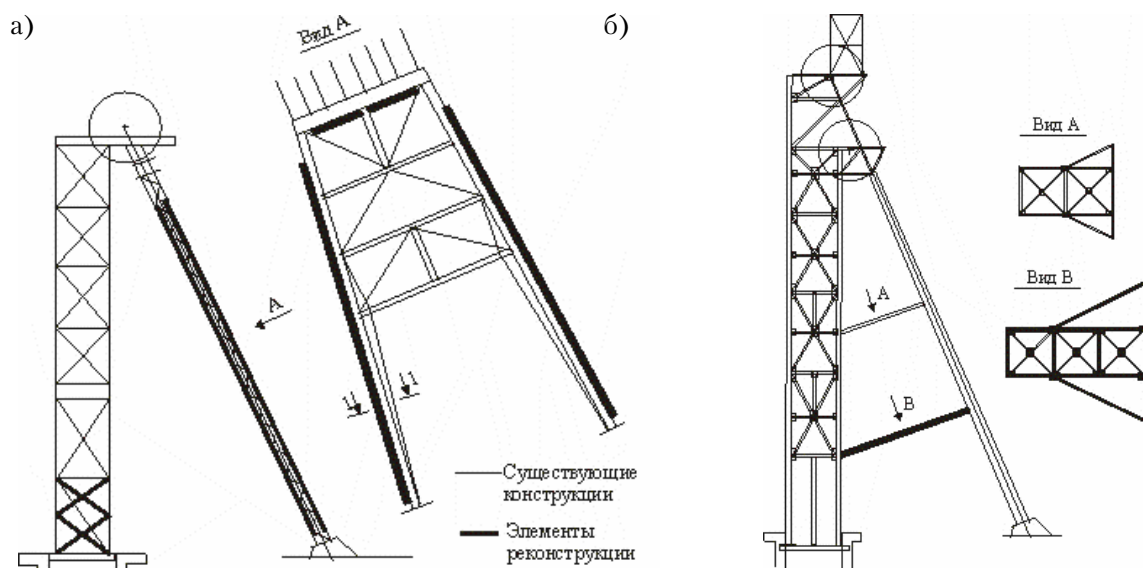


Рисунок 7. Способы усиления конструкций шахтных копров на первой и второй стадии физического износа (потеря несущей способности до 30%): а) наращивание сечений; б) устройство дополнительной распорки между укосиной и станком

Усиление конструкций шахтных копров методом наращивания сечений применяется при потерях сечения не более 30%, или в случаях увеличения нагрузок. Такой способ усиления применяется для усиления конструктивных элементов укосины или подшивных ферм (рис. 7, а). При усилении конструкций укосин весьма эффективен способ сокращения расчётной длины путём устройства дополнительных горизонтальных распорок (рис. 7, б).

Усиление фундаментов укосин возникает в случае неравномерных просадок основания. Как правило, такие осадки вызывают общие остаточные деформации и крены сооружений. Наиболее эффективным способом усиления фундаментов укосин является переопирание фундаментов на сваи. В связи со стеснёнными условиями рационально устройство буронабивных свай и низкого ростверка. После усиления фундаментов стальные конструкции усиливают путём постановки дополнительных связей и наращивания сечений искривлённых элементов.

Заключение

1. Основными видами эксплуатационных повреждений конструкций шахтных копров являются: коррозия стали; абразивный износ; удары; интенсивные местные силовые воздействия от крепления такелажного оборудования, не предусмотренного проектом.
2. Для конструкций шахтных копров характерно неравномерная интенсивность физического износа. Наименьшим ресурсом обладают обшивки станков 15-20 лет. Ресурс конструкций станка и подкопровой рамы составляет 30-40 лет. В целом конструкции укосных шахтных копров требованиям долговечности не удовлетворяют, поскольку необходимый срок службы составляет 50-60 лет.
3. Для конструкций шахтных копров определены четыре стадии физического износа (рис. 4). Необходимость усиления несущих конструкций шахтных копров возникает на третьей и четвёртой стадиях физического износа. Замена обшивки, как правило, производится на второй стадии физического износа.
4. Поскольку особые нагрузки конструкций шахтных копров происходят очень редко, в

процессе длительной эксплуатации образуются скрытые аварийные состояния, которые при нормальной эксплуатации не проявляются.

5. Для конструкций с признаками опасного состояния возможно значительное (на 20-60%) снижение особых нагрузок от защемления поднимающегося сосуда, путём изменения тахограммы подъёма (см. рис. 5).
6. Рациональный способ усиления конструкций шахтных копров зависит от стадии физического износа. При потерях сечений конструктивных элементов до 30% усиление может производиться методом наращивания сечений. При больших потерях сечения (35-40% и более) усиление конструкций следует производить методом внешнего или внутреннего дублирования.
7. При усилении конструкций станков и подкопровой рамы рационально для конструкций усиления применять принцип совмещения функций так, чтобы обшивка являлась несущим конструктивным элементом.

Литература.

1. Бровман Я.В. Надшахтные копры. - М.: Госгортехиздат, 1961. - 239с.
2. Федоров М. М. Шахтные подъёмные установки. - М., Недра, 1979. - 309 с.
3. Болотин В. В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. - М.: Машиностроение, 1984. - 312 с.
4. РД 12.005-94. Металлические конструкции шахтных копров. Требования к эксплуатации. - К.: Госуглепром Украины, 1994. - 68с.
5. Указания по определению нормативных нагрузок и коэффициентов перегрузки для надшахтных зданий и сооружений предприятий угольной промышленности. - К.: Будивельник, 1964. - 81с.
6. Балкарей И.М., Колтакова Г.В. Колебания укосных копров при экстренном разрыве шахтного подъёмного каната // В кн.: Динамика и прочность строительных конструкций. - Киев: Будивельник, 1967. - С. 50-64.
7. Балкарей И.М., Колтакова Г.В. Определение импульса шахтного подъёмного каната // В кн.: Динамика и прочность строительных конструкций. - Киев: Будивельник, 1967. - С. 32-49.
8. ВСН 46-75. Инструкция по определению нагрузок на здания и сооружения угольной промышленности. - Донецк 1977. - 89 с.
9. Кущенко В.Н. Обеспечение безопасности строительных конструкций укосных шахтных копров. - Макеевка: ДонНАСА, 2006. - 202 с.

Кущенко Володимир Миколайович — к.т.н., доцент кафедри "Металеві конструкції та матеріалознавство" Донбаської національної академії будівництва і архітектури.

Кущенко Владимир Николаевич — к.т.н., доцент кафедры "Металлические конструкции и материаловедение" Донбасской национальной академии строительства и архитектуры.

Volodymyr M. Kushenko — Ph.D., Docent of Department of metal structures Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture.