



ISSN 1814-5566  
**МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ**  
**МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ**  
**METAL CONSTRUCTIONS**  
9, N1 (2006) 43-58  
УДК 624.96

(06)-0103-1

## **ФІЗИЧНИЙ ЗНОС І АВАРІЇ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ УКІСНИХ ШАХТНИХ КОПРІВ**

**В.М. Кущенко**

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,  
вул. Державіна 2, 86123, м. Макіївка, Україна.  
E-mail: snpcsh@mail.ru*

*Отримана 27 грудня 2005; прийнята 11 січня 2006*

**Анотація.** В статті наведені результати аналізу й узагальнення результатів обстеження п'ятдесяти семи укисних шахтних копрів з різними конструктивними і технологічними ознаками. Встановлено основні характерні експлуатаційні ушкодження, виконано зонування конструкцій шахтних копрів за різними конструктивними і технологічними ознаками. Встановлено основні принципом однорідності і інтенсивності агресивних впливів, визначені основні етапи фізичного зносу і види аварійних станів конструкцій шахтних копрів. Наведені результати є основою для удосконалення конструктивних форм і методик технічної діагностики будівельних конструкцій, споруд шахтних піднімальних установок.

**Ключові слова:** укисний шахтний копер, агресивні впливи, експлуатаційні ушкодження, ресурс металевих конструкцій, технічна експлуатація.

## **ФИЗИЧЕСКИЙ ИЗНОС И АВАРИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ УКОСНЫХ ШАХТНЫХ КОПРОВ**

**В.Н. Кущенко**

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,  
ул. Державина 2, 86123, г. Макеевка, Украина.  
E-mail: snpcsh@mail.ru*

*Получена 27 декабря 2005; принята 11 января 2006*

**Аннотация.** В статье приведены результаты анализа и обобщения результатов обследования пятидесяти семи укосных шахтных копров с различными конструктивными и технологическими признаками. Установлены основные виды агрессивных воздействий, выявлены характерные эксплуатационные повреждения, выполнено зонирование конструкций шахтных копров по принципу однородности и интенсивности агрессивных воздействий, определены основные этапы физического износа и виды аварийных состояний конструкций шахтных копров. Приведенные результаты являются основой для совершенствования конструктивных форм и методик технической диагностики строительных конструкций горнотехнических сооружений шахтных подъёмных установок.

**Ключевые слова:** укосный шахтный копёр, агрессивные воздействия, эксплуатационные повреждения, ресурс металлических конструкций, техническая эксплуатация.

## FISICAL DETERIORATION AND FALURES OF HEAD FRAMES METAL STRUCTURES

V.M. Kushchenko

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

*E-mail: snpcsh@mail.ru*

*Received 27 December 2005; accepted 11 January 2005*

**Abstract.** The article shows the results of analysis of the inspection results of fifty seven brace head frames with numerous structural and technological features. The main types of aggressive influences are determined. The typical operational damages are fixed. The zoning of brace head frame structures using principles of similarity and intensity of aggressive influences are determined. The main steps of depreciation and types of failure technical state are ascertained. The results of the study are the basis for perfection of the structural form and principles of technical state estimation of brace head frames structures.

**Keywords:** brace head frames; aggressive influences; exploitation damages; technical exploitation.

### Введение

За последние двадцать лет на шахтах Донецкого угольного бассейна произошёл ряд аварий и катастроф, которые были вызваны разрушениями конструкций горнотехнических сооружений. Укосные шахтные копры (см. рис.1) являются одним из наиболее ответственных видов сооружений шахтной поверхности, большинство из них имеет срок эксплуатации 30-40 лет и подверглись значительному физическому износу. Переход конструкций шахтных копров в предельное состояние создаёт угрозу для жизни и здоровья технического персонала шахты. Всего можно выделить четыре вида угроз: отказ шахтной подъёмной установки; отказ системы шахтного парашюта; отказ системы вентиляции горных выработок; обледенение шахтного ствола. Первые два вида угроз обусловлены возможностью наступления первого предельного состояния основных несущих конструкций шахтных копров. Третий и четвёртый виды – вызваны возможностью разрушения обшивки станка с последующей разгерметизацией шахтного ствола. Существующие в настоящее время нормативные методики оп-

ределения технического состояния конструкций шахтных копров [1, 2] имеют характер общих методических указаний и в достаточной мере не учитывают характер действительной работы этих сооружений. В связи с этим оперативное выявление аварийных состояний шахтных копров службами технической эксплуатации и инженерным составом специализированных организаций весьма затруднительно, а в ряде случаев невозможно, поскольку очаги физического износа конструкций, как правило, находятся в недоступных и труднодоступных местах.

В ДонНАСА с 1980 года по настоящее время систематически выполняются работы по технической диагностике, усилению и реконструкции строительных конструкций горнотехнических сооружений шахтной поверхности [3]. С 1998 года работы выполняются в рамках специализированного научно-производственного центра «Надшахтные сооружения» ДонНАСА. Всего к настоящему времени накоплены диагностические данные по пятидесяти семи шахтным копрам п/о «Макеевуголь», п/о «Донецкуголь», п/о «Краснодонуголь»,

а)



б)



в)



г)



**Рис. 1.** Основные виды конструктивных систем укосных шахтных копров:

а) станковая; б) полushатровая; в) шатровая; г) комбинированная.

п/о «Лисичанскуголь», п/о «Шахтёрскантрацит», п/о «Красноармейскуголь».

Целью данной работы является установление основных закономерностей физического износа конструкций шахтных копров, знание которых необходимо для целей оперативной оценки их технического состояния по визуальным признакам и выборочному инструментальному контролю. Результаты данной работы могут быть использованы для совершен-

ствования конструктивных форм и организации эффективной технической эксплуатации шахтных копров.

### Методика исследований

Для установления основных закономерностей физического износа использовались следующие методы: для выявления характерных эксплуатационных повреждений и зонирования

конструкций применялся факторный анализ в виде последовательных двухсторонних классификаций [4]; для определения условных скоростей коррозионного и абразивного износа элементов металлических конструкций применялись статистические методы обработки диагностических данных [4]; для определения скоростей коррозии в характерных точках применялись ускоренные лабораторные испытания [5, 6]; для оценки влияния эксплуатационных повреждений применялся метод анализа разрушения упругопластических систем [7].

### Агрессивные воздействия

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 при заменах подъёмных сосудов; вырезы в сечениях конструктивных элементов.

### Коррозионные среды

Состав и характер коррозионных сред действующих на конструкции шахтных копров определяется следующими факторами: расположением конструкций относительно открытой атмосферы; выделением жидких и газообразных компонентов агрессивных сред в процессе осуществления технологических функций; природно-геологическими условиями, разрабатываемо-

го угольного месторождения; конструктивной формой элементов стальных конструкций.

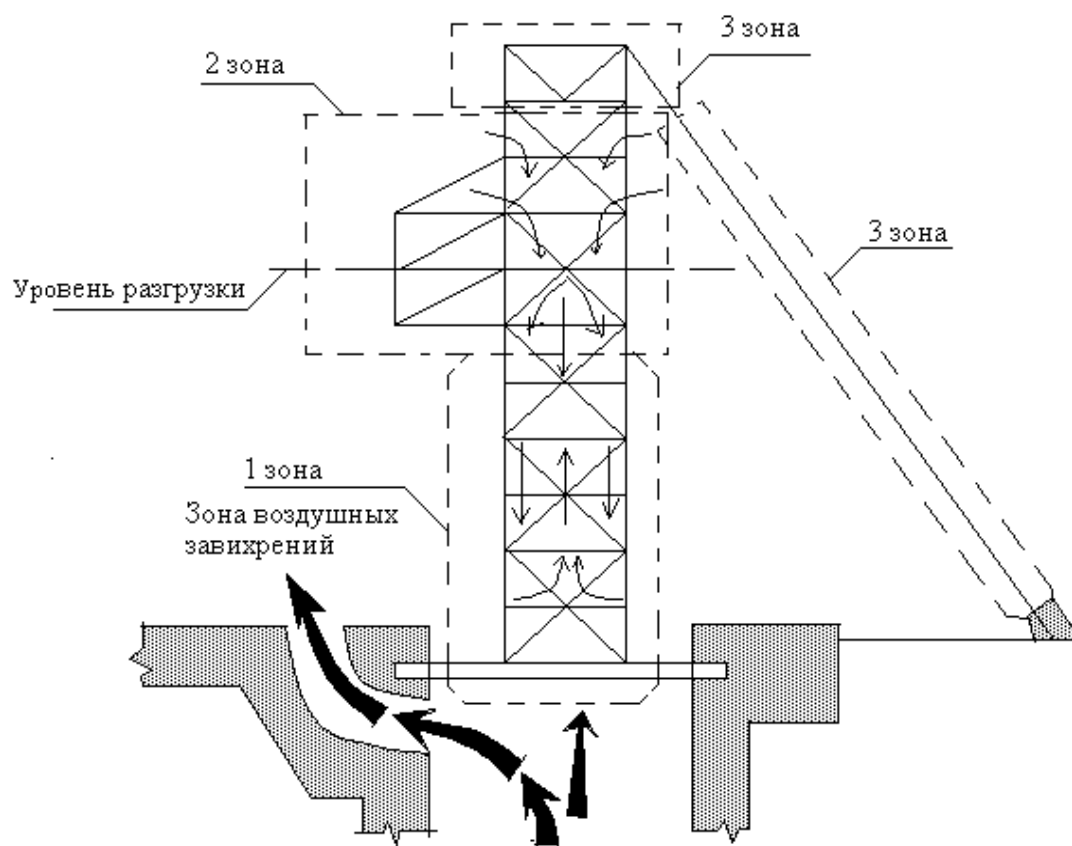
Конструкции подкопровой рамы и станка находятся внутри герметичной обшивки (перекрывающей устье ствола), а конструкции головки копра и укосины находятся в условиях открытой атмосферы. Технологические функции, вызывающие выделение агрессивных компонентов коррозионной среды, осуществляется внутри станка.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

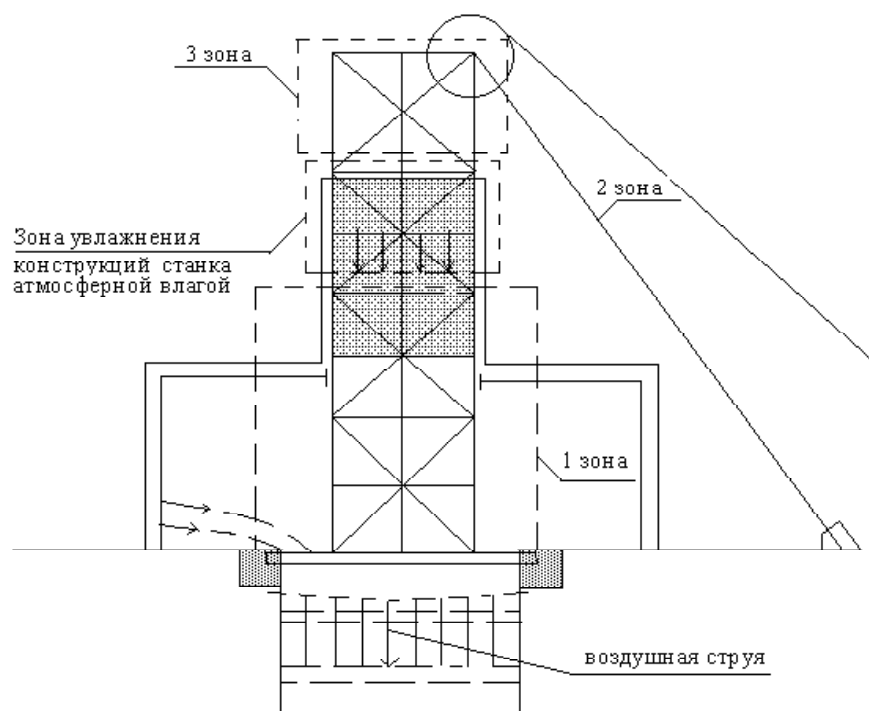
Формирование агрессивной среды зависит от конструктивной формы элементов стальных конструкций. Основными влияющими параметрами конструктивной формы являются:

**Таблица 1.** Характерные точки конструктивных элементов шахтных копров

Тип конструкций	Расположение и ориентация поверхностей			
	Вертикальная	Горизонтальная	Потолочная	Конструктивный зазор
Станок	1.1	1.2	1.3	1.4
Укосина	2.1	2.2	2.3	2.4
Подшкивные фермы	3.1	3.2	3.3	3.4
Подкопровая рама	4.1	4.2	4.3	-



а) зонирование конструкций копров, расположенных над стволами с восходящей воздушной струей



б) зонирование конструкций копров, расположенных над стволами с восходящей воздушной струей

Рис. 2.

площадь поверхностного контакта конструкции с коррозионной средой; ориентация поверхности в пространстве; наличие и величина конструктивных зазоров. Характерные точки конструкций шахтных копров, для которых свойственны однородные условия формирования коррозионных сред, приведены в табл. 1.

Осреднённые значения скорости коррозии в характерных точках конструкций шахтных копров, полученные при ускоренных коррозионных испытаниях, приведены в табл. 2.

На рис. 2 показано зонирование конструкций шахтных копров по степени агрессивности коррозионных сред. Всего для конструкций шахтных копров можно выделить три зоны. К первой зоне относятся конструкции подкопровой рамы и примыкающая к ней нижняя часть станка, здесь коррозионная среда средне- и сильно агрессивная. Ко второй зоне относится верхняя часть станка (от уровня разгрузки до перекрытия), во второй зоне коррозионная среда средне агрессивная. Подшивные конструкции и укосина относятся к третьей зоне. В третьей зоне коррозионная среда мало агрессивная, но при близости породных отвалов или диффузора вентилятора проветривания шахты среда может быть средне агрессивной. Данные

о средней скорости коррозии в условиях длительной эксплуатации для различных эксплуатационных зон конструкций шахтных копров приведены в табл. 3.

Для конструкций копров характерна сплошная коррозия в виде: равномерного уменьшения толщины по сечению и длине конструктивных элементов; равномерного уменьшения толщины по сечению и неравномерного по длине конструктивных элементов; неравномерного уменьшения толщины по различным частям сечения; сквозных коррозионных поражений; коррозии в конструктивных зазорах (см. рис. 3 а, б).

В результате коррозии в конструктивных зазорах происходит местное уменьшение толщин элементов, увеличивающиеся в молекулярном объёме продукты коррозии создают в конструктивном зазоре усилия распора, которые деформируют сечения и разрушают угловые сварные швы. Визуальными признаками прогрессирующей коррозии в конструктивных зазорах металлических конструкций являются: разрушение сварных швов крепления соединительных планок; местные искривления элементов составного сечения в местах примыкания к узловым фасонкам; трещины в сварных швах (см. рис. 3 в).

**Таблица 2.** Скорости коррозии незащищённого металла для характерных точек.

Обозначение характерных точек	Пространственная ориентация и расположение поверхностей относительно друг друга	Сочетание основных компонентов агрессивных коррозионных сред	Скорость коррозии г/(м <sup>2</sup> год)
1	2	3	4
1.1	Горизонтальные поверхности, обращённые «вверх»	Угольная пыль + шахтные воды	158
1.2	Тоже «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	Тоже «вниз»	Угольная пыль +98% влажность	38
2.3	Вертикальные поверхности	Угольная пыль +98% влажность	43
2.4	Конструктивный зазор	Угольная пыль +98% влажность	74

Таблица 3. Средняя скорость коррозии в различных эксплуатационных зонах.

№ зоны	Наименование конструктивных элементов, входящих в зону		Средняя скорость коррозии на горизонтальных поверхностях в условиях длительной эксплуатации (мм/год)
1	1.	Подкопровая рама	0,06...0,15
	2.	Конструкции станка от уровня ствола до уровня разгрузки	
	3.	Там же обшивка станка	
2	1.	Конструкции станка от уровня ствола до перекрытия обшивки	0,03...0,06
	2.	Там же обшивка станка	
3	1.	Конструкции станка за пределами обшивки	0,01...0,03
	2.	Подшкивные конструкции	
	3.	Конструкции укосины	

При коррозии заклёпочных соединений происходят следующие повреждения: равномерное уменьшение сечения головок заклёпок; распирающие продукты коррозии пакетов соединений и отрыв головок заклёпок (см. рис. 3 г). В результате коррозии уменьшение сечения стержней заклёпок не происходит.

Болты нормальной точности, применяемые для соединений сборно-разборных проходческих копров, отобранные после 10 лет эксплуатации, имели неравномерный коррозионный износ от 10 до 20%. Наибольшие потери сечений болтов приходились на плоскости сдвига. Вследствие коррозионных повреждений, болтовое соединение подшкивных конструкций соответствовало классу грубой точности.

### Абразивные воздействия

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

поперечного сечения. Абразивный износ сопровождается коррозией, поэтому износ по существу является абразивно-коррозионным. На рис. 3 д показана листовая накладка стыка стенки породного бункера после разрушения. Разрушение произошло по причине абразивного износа после 20 лет эксплуатации, в месте разрушения видны, следы интенсивной коррозии стали.

### Механические удары

Механическим ударам в процессе эксплуатации могут подвергаться следующие части конструкций шахтных копров: подкопровая рама; станок; подшкивные 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 подшкивным конструкциям происходят при пере подъеме сосуда. При ударных нагружениях аварийного характера происходит повреждение конструкций шахтных копров в виде общих и местных искривлений, трещин в основном металле конструкций и в сварных швах (см. рис. 4). При пере подъёме происходят общие искривления конструкций перекрытия станка и подшкивных конструкций, направление искривлений вверх. При пере подъёме на

Таблица 4. Характерные повреждения конструкций шахтных копров

Агрессивный фактор	Описание повреждения	Код
1	2	3
1.Коррозия стали	1.Равномерное уменьшение средней толщины сечений элемента	1.1/П1
	2.Неравномерное уменьшение средней толщины сечений элемента	1.2/П12
	3.Неравномерное уменьшение средней толщины сечений по длине элемента	1.3/ П12
	4.Деформация элемента в результате коррозии в конструктивном зазоре	1.4/П2
	5.Трещина в угловом сварном шве в результате коррозии в конструктивном зазоре	1.5/П2
	6.Разрушение углового сварного шва в результате коррозии в конструктивном зазоре	1.6/П3
	7.Отрыв головки заклёпки (болта) в результате коррозии в конструктивном зазоре	1.7/П1
	8.Коррозионное разрушение конструктивного элемента (сквозная коррозия)	1.8/П2
2.Абразивные воздействия	1.Равномерное уменьшение средней толщины сечения	2.1/П1
	2.Неравномерное уменьшение средней толщины сечений элемента	2.2/П12
	3.Неравномерное уменьшение средней толщины сечений по длине элемента	2.3/П12
	4.Абразивное разрушение головки заклёпки (болта)	2.4/П1
	5.Абразивное разрушение элемента (сквозные поражения)	2.5/П3
3.Ударные воздействия	1.Местное искривление элемента (погиб)	3.1/П2
	2.Общее искривление элемента	3.2/П2
	3.Трещина в основном металле	3.3/П2
	4.Трещина в сварном шве	3.4/П2
	5.Разрушение углового сварного шва	3.5/П3
	6.Разрушение заклёпочного (болтового) соединения	3.6/П3
4.Статические силовые воздействия	1.Местное искривление (погиб)	4.1/П23
	2.Общее искривление	4.2/П23
	3. Разрушение углового сварного шва	4.3/П3
	4. Разрушение заклёпочного (болтового соединения)	4.4/П3
5.Вырезы	1.Симметричное относительно центра тяжести сечения ослабление сечения	5.1/П1
	2.Не симметричное относительно центра тяжести сечения ослабление сечения	5.2/П2

совмещенных копрах, происходит разрушение монолитных железобетонных покрытий. На рис. 4а показана общая деформация ригеля станка разгрузочного проёма совмещённого

шахтного копра, которая произошла в результате переподъёма бадьи.

Накопление повреждений конструкций станка от ударов, может привести к общим ос-



таточным деформациям сооружения. Наибольшую опасность представляют ударные повреждения подшивных конструкций.

### **Местные силовые воздействия, непредусмотренные проектом**

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 погибы и общие искривления конструктивных 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 (см. рис. 4). Особенно повреждаемы при местных силовых воздействиях полки открытых сечений и элементы составного сечения шарнирно-стержневых систем.

### **Ослабления сечений конструктивных элементов вырезами**

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 заменах направляющих шкивов. Этот вид повреждений, с одной стороны, является признаком морального старения сооружения, а, с другой стороны, – результатом сознательного нарушения правил эксплуатации строительных конструкций. Чаще всего производятся вырезы в сечениях подшивных конструкций в местах крепления копровых шкивов (см. рис. 10а), в элементах соединительной решётки станка, а также в узлах опирания ветвей укосины на фундаменты (см. рис. 10 б).

### **Систематизация повреждений**

По характеру влияния на несущую способность повреждения конструкций можно разделить на следующие виды:

- изменяющие геометрические характеристики поперечных сечений – П1;
- изменяющие характер напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов – П2;
- изменяющие конструктивную схему, вследствие нарушения связности между конструктивными элементами – П3.

Основные типы эксплуатационных повреждений конструкций шахтных копров приведены в табл. 4. Каждому типу повреждений присвоен код, содержащий признак агрессивного воздействия (первая цифра); вид повреждения (вторая цифра); признак влияния на несущую способность (знаменатель).

Зонирование конструкций шахтных копров по характерным сочетаниям видов повреждений приведено в табл. 5.

Приведенная систематизация повреждаемости конструкций шахтных копров имеет обобщённый характер по отношению к конструктивным и технологическим признакам. Из приведенных в табл. 5 данных следует, что наиболее повреждаемыми являются элементы шарнирно-стержневых систем конструкций станков, поскольку для них характерно наибольшее количество видов повреждений. Это объясняется уязвимостью тонкостенных конструктивных элементов открытого сечения по отношению ко всем агрессивным воздействиям в соответствующих эксплуатационных зонах.

### **Основные стадии физического износа**

В целом для укосных шахтных копров можно выделить четыре основных стадии физического износа конструкций (см. рис. 5), соответствующие различной степени снижения несущей способности и типичным качественным изменениям технического состояния:

- I. Стадия разрушения лакокрасочного покрытия (3-5 лет) и сплошной коррозии (10-15 лет), средние потери сечений конструктивных элементов в зоне-1 составляют 5-15%, в зоне-2 – до 10%, в зоне-3 – 5-10%, в зонах абразивного износа (зона-2а) – 20-30%, общее техническое состояние «удовлетворительное»;
- II. Стадия (25-30 лет) прогрессирующей сплошной коррозии в местах труднодоступных и



а) неравномерная сплошная коррозия;



б) сквозные коррозионные поражения



в) трещины в угловых сварных швах



г) коррозия заклёпочных соединений



д) коррозионно-абразивные повреждения монтажного стыка породного бункера



Рис. 3.



а) общее искривление ригеля разгрузочного проёма станка после переподъёма бады



б) общие искривления элементов рабочей площадки после удара при монтаже направляющего шкива



а) местное искривление ветви укосины



б) общее искривление элемента укосины



а) вырез в подшивных конструкциях



б) вырез в узле опирания на фундамент

**Рис. 4.** Механические повреждения и вырезы в сечениях конструкций копров

Таблица 5. Зонирование конструкций шахтных копров по группам повреждений.

Наименование конструкции	Наименование конструктивных элементов (код элемента)	Зона	Группа повреждений
1	2	3	4
Подкопровая рама	Балки (ПР-1)	1	1.1; 1.2; 1.3; 1.7; 1.8 3.1 5.1; 5.2
	Расстрелы (ПР-2)	1	1.1; 1.2; 1.3; 1.7; 1.8 3.1
	Противопожарные ляды (ПР-3)	1	1.1; 1.2; 1.3; 1.7; 1.8
Станок	Стойки (С-1)	1, 2	1.1; 1.2; 1.7; 1.8 3.1; 3.2
	Решётка (С-2)	1, 2	1.1; 1.2; 1.3; 1.4; 1.5; 1.6; 1.7; 1.8 2.2; 2.3; 2.4; 2.5 3.1; 3.2; 3.4; 3.5; 3.6 4.1; 4.2; 4.3; 4.4 5.1; 5.2
	Перекрытие (С-3)	2	1.1; 1.2; 1.3; 1.5; 1.6; 1.7; 1.8; 3.1; 3.2; 3.4; 3.5; 3.6
	Обшивка (С-4)	1	1.1; 1.8
Головка копра	Подшивные конструкции (Г-1)	3	1.1; 1.2; 1.3; 1.7; 1.8 3.1 4.1 5.1; 5.2
	Связи (Г-2)	2, 3	1.1; 1.2; 1.3; 1.5; 1.6; 1.7; 1.8 3.1; 3.2; 3.4; 3.5 4.1; 4.2; 4.3; 4.4 5.1; 5.2
	Монтажное устройство (Г-3)		1.1; 1.2 3.1
укосина	Ветви (У-1)	3	1.1; 1.2; 1.7; 1.8 4.1; 4.2
	Решётка (У-2)	2, 3	1.1; 1.2; 1.3; 1.5; 1.6; 1.7; 1.8 4.1; 4.2; 4.3; 4.4 5.1; 5.2
	Главная балка (У-3)	2, 3	1.1; 1.2; 1.5; 1.6; 1.7; 1.8
	Опорные узлы (У-4)	2, 3	1.1; 1.2; 1.8 4.1 5.1

недоступных для ремонтного окрашивания, образование очагов коррозии в конструктивных зазорах и под настилами рабочих площадок, образование местных сквозных коррозионных поражений обшивки станка, появляются погибы и общие деформации

отдельных конструктивных элементов станка, подшивных конструкций и укосины; средние коррозионные потери сечений конструктивных элементов в первой зоне составляют 10-20%, там же местные потери сечений – 30-40%, во второй зоне средние



потери сечений – 10-15%, там же местные потери сечений – 20-30%, в зоне абразивного износа (зона 2) потери сечений – 50-70% до сквозных поражений, в третьей зоне средние потери сечений – 10-15%, там же местные потери сечений 15-20%, общее техническое состояние «непригодное к нормальной эксплуатации», требуется временное ограничение режима эксплуатации, необходим ремонт конструкций и замена отдельных конструктивных элементов и обшивки станка;

III. Стадия нарушения связности между элементами решётки и стойками станка (40-45 лет) вследствие прогрессирующей коррозии в конструктивных зазорах, образование сквозных местных коррозионных поражений в первой зоне, образование трещин в сварных швах крепления элементов решётки к узловым фасонкам, разрушение сварных швов крепления соединительных планок элементов составного сечения, отрыв головок заклёпок, в местах усиленной коррозии перья полок прокатных профилей заострены и деформированы продуктами коррозии, распирающими конструктивный зазор, накопление механических повреждений может привести к общим остаточным деформациям сооружения; оценка технического состояния «аварийное», требуется ограничение режима эксплуатации, усиление основных несущих конструкций методом внутреннего или внешнего дублирования;

IV. Стадия прогрессирующего изменения конструктивной схемы (55-60 лет), средние потери сечений конструктивных элементов основных несущих конструкций превышают 50%, множественные сквозные коррозионные поражения, изменения конструктивной схемы вследствие коррозионного разрушения узлов малонагруженных конструктивных элементов в зонах – 1, 2, 3; продолжительность четвёртой стадии 55-60 лет; оценка технического состояния весьма опасное «аварийное», дальнейшая эксплуатация сооружения невозможна.

Зависимость несущей способности от срока эксплуатации, представленная на рис. 5, получена путём обобщения диагностических дан-

ных обследования 57 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 износа несущая способность определялась с учётом изменений конструктивной схемы сооружений вследствие коррозионного разрушения отдельных конструктивных 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 шахтных копров с агрессивными средами, а также увеличением коэффициента вариации геометрических характеристик по мере накопления эксплуатационных повреждений.

#### **Характерные аварийные состояния конструкций шахтных копров**

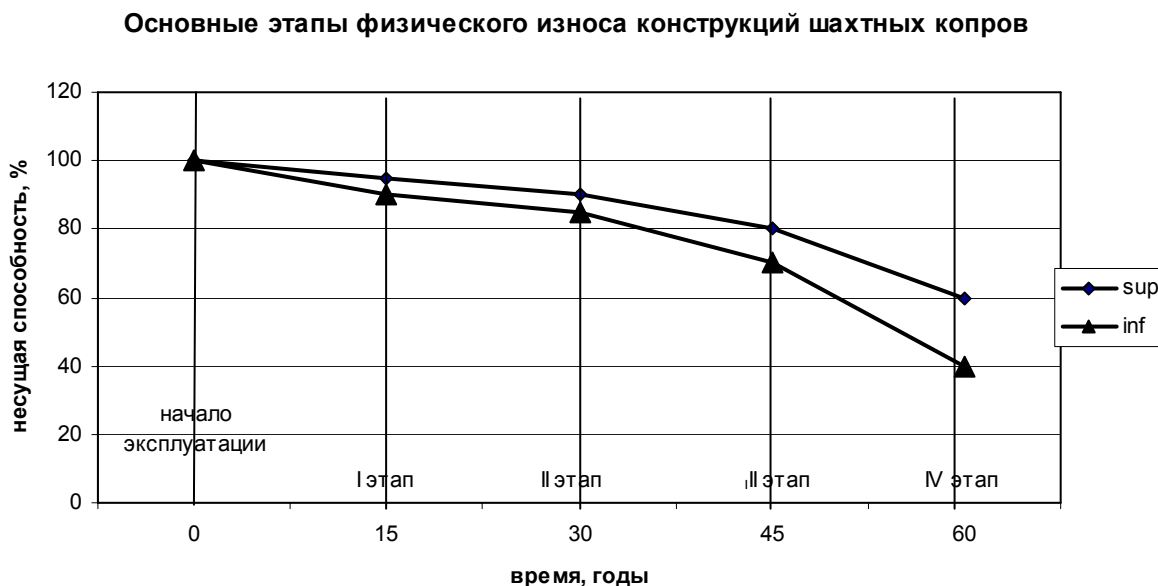
Аварийные состояния конструкций шахтных копров можно разделить на два вида:

1. осуществившиеся (явные), то есть, проявившиеся как первое или второе предельное состояние конструкций сооружения;
2. скрытые (потенциальные), то есть, не проявившиеся как первое или второе предельное состояние при условиях нормальной эксплуатации, но создающие угрозу аварии при возникновении особых нагрузок.

Осуществившиеся аварийные состояния конструкций шахтных копров наблюдаются на всех стадиях физического износа. На первой стадии аварии происходят по причине дефектов монтажа и изготовления конструкций. На последующих стадиях физического износа аварии происходят по причине накопления эксплуатационных повреждений, а также в связи с неравномерными осадками фундаментов укосины. Характерные виды аварийных состояний конструкций шахтных копров приведены в табл. 6.

Таблица 6. Аварийные состояния конструкций шахтных копров.

Характеристика аварийного состояния	Стадии физического износа	Причина
1	2	3
Смещение опорных подшипников с осей подшкивных конструкций на величину более 20мм, опасность разрушения подшкивных конструкций	I, II, III, IV	Дефекты монтажа - неточность установки направляющих шкивов
Разрушение опорных конструкций шахтного парашюта, падение амортизаторов в шахтный ствол, отказ шахтного парашюта	I	Дефекты монтажных сварных швов крепления балок амортизатора
Разрушение опорных конструкций шахтного парашюта, падение амортизаторов в шахтный ствол, отказ шахтного парашюта	III, IV	Коррозионные повреждения, потери сечения более 30%
Разрушение обшивки станка, опасность нарушения системы вентиляции шахты	II, III, IV	Коррозионные повреждения, потери сечения более 50% до сквозных
Зыбкость конструкций в горизонтальном направлении, трещины в сварных узлах крепления связей подшкивных конструкций	I, II	Дефекты монтажа – зазоры в узлах опирания подшкивных конструкций на укосину
Погибы и трещины в стенках балок подкопровой рамы, опасность первого предельного состояния при особых нагрузках	III, IV	Коррозионные повреждения, потери сечения более 50%, местные сквозные
Трещины и разрушение сварных соединений в узлах решётки станка, опасность первого предельного состояния при особых нагрузках	III, IV	Прогрессирующая коррозия в конструктивных зазорах
Коррозионное разрушение узлов опирания укосины на фундаменты, опасность первого предельного состояния при возникновении особых нагрузок	III, IV	Контакт с грунтом, прогрессирующий очаг коррозии
Местные коррозионные разрушения ветвей укосины в местах пересечения ограждающих конструкций со стенами надшахтного здания, опасность первого предельного состояния при особых нагрузках	IV	Прогрессирующие очаги коррозии
Местные коррозионные разрушения стоек станка в местах пересечения покрытия надшахтного здания, опасность первого предельного состояния при особых нагрузках	IV	Прогрессирующие очаги коррозии
Общие остаточные искривления конструкций в результате накопления механических повреждений, опасность первого предельного состояния при особых нагрузках	III, IV	Ударные и местные интенсивные нагрузки, непредусмотренные проектом
Общие остаточные деформации сооружения, общие искривления ветвей укосины, опасность первого предельного состояния при особых нагрузках	II, III, IV	Просадки грунтового массива



**Рис. 5.** Обобщённая диаграмма снижения несущей способности конструкций укосных шахтных копров в результате физического износа.

### Заключение

1. Долговечность основных несущих конструкций шахтных копров неудовлетворительна, поскольку не соответствует среднему прогнозируемому сроку эксплуатации угольных шахт (50 лет). Реальный срок эксплуатации шахтных копров до появления признаков аварийного состояния составляет 25-40 лет.
2. Различные конструктивные части укосных шахтных копров: подкопровая рама; станок; головка; укосина, - в условиях длительной эксплуатации обладают различным ресурсом. Предельный физический износ конструкций станка и подкопровой рамы наступает через 25-30 лет, подшивных конструкций и укосины – через 35-40 лет.
3. Неудовлетворительная долговечность конструкций шахтных копров обусловлена неудачными конструктивными формами и несоответствием методов защиты конструкций характеру агрессивных воздействий.
4. Основными видами эксплуатационных повреждений конструкций шахтных копров являются: сплошная коррозия; коррозия в конструктивных зазорах сварных, заклёпоч-

ных и болтовых соединений; ослабление сечений в результате абразивных воздействий; общие и местные искривления в результате механических ударов и интенсивных статических силовых воздействий.

5. Для стальных конструкций шахтных копров характерно воздействие мало-, средне- и сильноагрессивных коррозионных сред. Для конструктивных элементов шахтных копров, расположенных в зоне разгрузочных устройств, характерны абразивные и ударно-абразивные воздействия.
6. Для конструкций шахтных копров характерно возникновение двух видов аварийных состояний: явных и скрытых. Скрытые аварийные состояния конструкций шахтных копров обусловлены неравномерным характером физического износа и редкой повторяемостью особых нагрузок.
7. При обследовании конструкций шахтных копров необходимо учитывать опыт аварий и неравномерный характер физического износа. Сбор диагностической информации в различных эксплуатационных зонах необходимо производить путём детального обследования наиболее опасных мест.

**Литература**

1. РД 12.005-94. Металлические конструкции шахтных копров. Требования к эксплуатации. К.: Госуглепром Украины, 1994. — 68с.
2. РД 12.003-92. Порядок и организация обследования несущих металлических конструкций шахтных копров. К.: Госуглепром Украины, 1993. — 102с.
3. Кущенко В. Н., Ягмур А. А. Опыт обследования и усиления металлических конструкций шахтных копров Донбасса: сб. научн. Тр. Надёжность и реконструкция зданий и сооружений. — Макеевка ДИСИ, 1994. — С. 19-24.
4. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных. — М.: Мир, 1980. — 616 с.
5. Горохов Е. В., Королёв В.П. Системный анализ коррозионных воздействий при оценке долговечности стальных конструкций. /Промышленное строительство. — М. 1986, №5. — с.5-7.
6. Королёв В. П. Техническая диагностика коррозионного разрушения стальных конструкций./ НТЛ ЦИНИС. Раздел Б «Проектирование в строительстве», вып. 3, :М., 1987. — 17 с.
7. Стрелецкий Н. С. Анализ процесса разрушения упругопластической системы.// В кн. Избранные труды. Под ред. Е. И. Беленя. — М.: Стройиздат, 1975. — С. 190-227.

**Кущенко Володимир Миколайович** є доцентом кафедри «Металеві конструкції» Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Член Української асоціації з металевих конструкцій. Наукові інтереси: дослідження дійсної роботи та удосконалення методів розрахунку будівельних конструкцій гірничотехнічних споруд.

**Кущенко Владимир Николаевич** является доцентом кафедры "Металлические конструкции" Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Член Украинской ассоциации по металлическим конструкциям. Научные интересы: исследование действительной работы и совершенствование методов расчёта строительных конструкций горнотехнических сооружений.

**Kuschenko Volodymyr** is a Docent of Metal Structures department at Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. He is a member of Ukrainian Association of Metal Construction. Scientific concerns: research of real activity and perfecting of methods of calculation of building designs of mine technical facilities.