

8. Справочник по теплообменникам: В 2-х т. Т. 2 / Пер. с англ. под ред. О.Г. Мартыненко и др. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 352 с.
9. Справочник по физико-техническим основам криогеники. – 2-е изд., перераб. и доп. / Под. ред. проф. М.П. Малкова. – М.: Энергия, 1973. – 392 с.
10. Каневец Г.Е. Обобщенные методы расчетов теплообменников / Г.Е. Каневец. – К.: Наукова думка, 1979. – 352 с.
11. Маньковский О.Н. Теплообменная аппаратура химических производств (инженерные методы расчета)/ О.Н Маньковский., А.Р Толчинский., М.В. Александров. – Л.: Химия, 1976. – 368 с.
12. Лесохин Е.И. Теплообменники – конденсаторы в процессах химической технологии: Моделирование, расчет, управление / Е.И.Лесохин, П.В. Рашковский. – Л.: Химия, 1990. – 288 с.
13. Данилова Г.Н. и др. Теплообменные аппараты холодильных установок. – Л.: Машиностроение, 1973. – 328 с.
14. Соломаха А.С. Гідродинаміка та тепломасообмін при адіабатному скипанні струменя води : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.14.06 / Соломаха А.С. – К.: Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т", 2014. – 20 с.
15. Боттерил Дж. Теплообмен в псевдооживленном слое /Пер. с англ. – М.: Энергия, 1980. – 344 с.

Рукопис подано до редакції 29.03.17

УДК 658.567:669 156

Г.В. ГУБИН, д-р техн. наук, проф., В.В. ТКАЧ, канд. техн. наук, проф.,  
Т.П. ЯРОШ, Г.Г. ГУБИН, кандидаты техн. наук, доц.  
Криворожский национальный университет

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБЕСЦИНКОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАМОВ

**Цель.** Для улучшения технологических показателей обесцинкования металлургических сухих шламов необходимо разработать технологию их магнитного обогащения с целью получения обесцинкованного продукта, пригодного для использования при агломерации железорудного сырья.

**Методы.** Исследован метод сухой магнитной сепарации цинкосодержащих металлургических шламов, который позволяет значительно снизить содержание цинка в обогащенном продукте. Окискованные материалы, полученные с использованием обесцинкованного продукта, не вызовут трудностей в доменном процессе получения чугуна.

**Научная новизна.** Предложена альтернативная технология обесцинкования металлургических шламов с высоким содержанием цинка, основными преимуществами которой можно считать низкие эксплуатационные затраты и возможность использования уже существующих на предприятии агрегатов.

**Практическая ценность.** Улучшение технологических показателей обесцинкования металлургических шламов достигается за счет лучшего разделения рудных и нерудных минералов в воздушном потоке, поскольку в меньшей степени проявляется магнитная флокуляция и адгезия рудных и нерудных частиц. В зависимости от типа сырья сухая схема разделения пылевозгонов металлургического производства может легко трансформироваться.

**Результаты.** Результаты экспериментальных исследований по разделению возгонов сталеплавильного процесса показывают, что в сухом магнитном сепараторе циклонного типа происходит разделение минералов по магнитным свойствам. Технологические показатели обогащения улучшаются с увеличением расхода воздуха через систему, поскольку возрастает линейная скорость газового потока в сепараторе, что способствует концентрации в магнитном продукте более мелких частиц оксида железа. Свободные частицы цинкосодержащих минералов с бедными железосодержащими сростками транспортирующим потоком выносятся в немагнитный продукт. Массовая доля железа общего в магнитном продукте составила 64,1 % при извлечении 62,8 %, а в немагнитном продукте концентрировалась минеральные образования цинка. Массовая доля цинка в нем достигала 3,46 % при извлечении 79,1 %.

**Ключевые слова:** металлургические шламы, обесцинкование, магнитная сепарация, циклонный сепаратор, извлечение, массовое содержание.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Проблема цинка в рудном сырье доменных печей известна давно и ей посвящено большое количество работ. Переход цинка в доменную шихту колеблется в пределах 0,1-5,0 кг/т чугуна, причем основным его источником является агломерат (60-99%).

Поступающий в доменные печи цинк при температуре выше 900-1000° С начинает восстанавливаться до газообразного состояния, поднимаясь с газовым потоком в верхние горизонты шахты. Часть его окисляется посредством CO<sub>2</sub> или оксидов железа, сублимируется и может снова опускаться с шихтовыми материалами до горизонта восстановления, создавая таким образом контур циркуляции. Оставшаяся часть цинка вместе с потоком выносятся из печи с пылевидными частицами в доменных газах. Масса накапливаемого цинка в доменных печах по

некоторым данным, доходит до 50-100 кг/т чугуна. Так, например, при нормальной работе печи на ММК объёмом 2014 м<sup>3</sup> в контурах циркуляции перемещается 9-12 т цинка.

Ранее считалось, что эта проблема не является актуальной для украинских металлургических предприятий, работающих на чистом по примесям цветных металлов, в том числе и по цинку, железорудном сырье и при разомкнутых схемах (сброс шламов в шламонакопители). Однако в последнее время ситуация изменилась, поскольку в качестве техногенного сырья при агломерации стали использоваться доменные шламы (замыкание цикла) и сталеплавильные шламы с повышенным содержанием цинка, который попадает в них из оцинкованного металлолома при выплавке стали [1]. Вовлечение в переработку цинкосодержащих металлургических шламов возможно только после их предварительного обесцинкования.

**Анализ исследований и публикаций.** Предложено значительное количество технологий обесцинкования металлургических шламов, которые можно подразделить на обогатительные, пирометаллургические и гидromеталлургические.

В мировой практике наибольшее применение нашли пирометаллургические методы переработки шламов, которые обеспечивают высокую степень удаления цинка с одновременным получением металлизированного железосодержащего продукта для производства чугуна и стали. Общими недостатками пирометаллургических способов обесцинкования железосодержащих пылей и шламов являются: сложность технологической схемы; высокие капитальные вложения и большие энергетические затраты; возможность загрязнения окружающей среды вредными выбросами и отходами [2].

Такие технологии используются в Японии, например, на заводах Касима, Вакуяма и Митцусима с получением металлизированных окатышей и товарного цинкосодержащего продукта. [3]. На двух последних предприятиях эксплуатируются промышленные установки для металлизации пылевидных отходов металлургического производства с использованием агрегатов «решётка-трубчатая печь». Отличительными особенностями установок являются:

- смешивание шихты происходит в дезинтеграторе;
- подготовленная шихта окомковывается в тарельчатых грануляторах;
- сушка и подогрев окатышей производится на подвижных конвейерных решетках;
- восстановление происходит в трубчатой вращающейся печи;
- охлаждение металлизированных продуктов осуществляется в водяной ванне;
- из технологической схемы исключена стадия сортировки и дробления спеков.

Контроль процесса металлизации ведётся по температуре отходящих газов и содержанию в них монооксида углерода. Производимые окатыши содержат ~80 % общего железа, ~70 % металлического и 0,1 % цинка. К достоинствам рассмотренного процесса можно отнести возможность использования широкого диапазона пылей и шламов, а также любого вида топлива. К недостаткам процесса следует отнести низкую удельную производительность и высокий расход топлива, а также опасность настыеобразования и усложненную схему рециркуляции твердого топлива.

В последние годы разрабатываются новые способы извлечения цинка и других цветных металлов из дисперсных отходов металлургического производства. В частности, был разработан DECM-процесс, в основе лежит жидкофазное восстановление оксидов металла в коксовой насадке. Нагрев, разложение, восстановление и плавление материалов, формирование чугуна и возгонка обеспечиваются теплом с помощью электроэнергии. Процесс ведётся непрерывно с периодической загрузкой шихты и выпуском продуктов плавки (чугун, шлак или – при предотвращении восстановления железа – железофлюс). Образующиеся газы и летучие цветные металлы удаляются через систему газоотводов, затем металлы конденсируются [4].

Сотрудниками Донецкого национального университета предлагается периодически выводить цинк из замкнутой системы (аглофабрика – доменная печь) на 10 суток. За один год работы доменной печи шламы больше одного месяца будут выводиться из цикла и направляться в отвал [1]. Однако сами же авторы считают, что это трудно осуществить практически при одновременной работе нескольких доменных печей, а также приведёт к их нестабильной эксплуатации. Учитывая, что 60-70 % цинка сосредоточено в шламах от каплеуловителей тонкой очистки доменного газа в трубе Вентури и дроссельной группы, цитируемыми исследователями предложена другая схема обесцинкования. Согласно этой технологии шламы очистки газа из скруббера (полутонкая очистка) направляются на обезвоживание и утилизацию по общепринятой

схеме их подготовки к агломерации. Шламы же тонкой очистки идут на сгущение и обезвоживание совместно со сталеплавильными цинкосодержащими шламами. Авторы полагают, что при постоянном выводе тонкой фракции из шламов существенно снизится удельное поступление цинка в доменную печь и заметно улучшится технология доменного процесса. Однако, на наш взгляд, при этом значительно усложнится эксплуатация водно-шламовой системы.

Известные гидрометаллургические способы извлечения цинка, основанные на обработке шламов кислотами и щелочами, обладают неоспоримыми достоинствами: обеспечение комплексной переработки сырья с высоким извлечением всех ценных составляющих, высокая экономическая эффективность и т.д. Однако их применение сдерживается тем, что цинк находится в пыли в виде ферритных форм, которые практически не вскрываются щелочами, а использование кислот сопровождается переходом в раствор железа. Решением проблемы создания эффективной гидрометаллургической переработки цинкосодержащей пыли может стать применение другого типа растворителей – комбинированных растворов солей [5, 6]. Например, при выщелачивании доменных шламов аммиачно-карбонатным раствором цинк переходит в раствор, а примеси (железо, кремнезем и др.) остаются в нерастворимом осадке. После разделения твердой и жидкой фаз цинкосодержащий аммиачный раствор подвергается дистилляции с кристаллизацией карбоната цинка, а аммиак и углекислый газ улавливаются и возвращаются в процесс. После прокаливания карбоната цинка образуется оксид ZnO с содержанием цинка 95 %.

Несмотря на возможность получения высококачественного цинкосодержащего продукта, гидрометаллургические способы неприемлемы для широкого промышленного внедрения. Это объясняется высокими эксплуатационными расходами, связанными не только с большой стоимостью реагентов, но и необходимостью использования специального кислотоупорного и дорогостоящего оборудования. Образующиеся при обогащении отходы по степени воздействия на окружающую среду относятся к классу чрезвычайно опасных и требуют высокочувствительной и дорогостоящей системы их улавливания и нейтрализации [7].

Заслуживают внимания исследования, проводимые по извлечению цинка из шламов путем их обработки ультразвуком. Так, при акустическом воздействии на цинкосодержащий материал значительная часть цинка переходит из шламов в пульпу, из которой цинк следует извлекать известными методами обогащения. Работы по ультразвуковому удалению цинка пока не получили практического применения, хотя из неопубликованных источников известно, что такая попытка была сделана в Венгрии в текущем десятилетии на опытно-промышленной установке.

В настоящее время наибольший интерес представляют обогатительные технологии [8-10] обесцинкования металлургических шламов, основным преимуществом которых можно считать низкие эксплуатационные затраты и возможность использования уже существующих на предприятии агрегатов. Сотрудниками обогатительной лаборатории ЦЛК ОАО «ММК» изучалась возможность обогащения доменных шламов с помощью гравитационных и магнитных методов. В ходе исследований усредненные пробы доменных шламов с массовой долей железа 51,1 % и цинка 0,66 % подверглись гравитационному разделению по классу 30 мкм. Полученные результаты позволили сделать вывод о недостаточности применения только гравитационной классификации, поскольку в гидроциклоне вместе с цинком теряется более 63 % железа. С целью отделения железа от цинка пробы подвергались мокрой магнитной сепарации при низкой напряженности поля. Извлечение цинка в немагнитный продукт достигало 83,4 % при повышении массовой доли железа в магнитном продукте до 64,9 %. Это показывает эффективность метода магнитной сепарации для удаления цинка из доменных шламов и создает предпосылки для дальнейших исследований [10].

О.Е. Горловой (Магнитогорский ГТУ им. Г.И. Носова, РФ), исследовавшей технологические свойства шламов ОАО «ММК» показано, что цинк в основном концентрируется во фракциях  $-0,25+0,18$  и  $-0,04$  мм, извлечение цинка в эти фракции составляет 22,7 и 25,9 % соответственно [11]. Массовая доля цинка в пробе составляла 2,08 %. Установлено, что на долю оксида цинка (минерал цинкит) приходится 7,3 %, а на ферриты – 92,7 % цинка. Феррит цинка обладает слабомагнитными свойствами, а цинкит немагнитен. Экспериментально установлено, что использование сильного магнитного поля (95,5-103,5 кА/м) для обесцинкования на полиградиентном сепараторе не дало желаемых результатов. Так, выход немагнитной фракции не превышал 15 %, а извлечение цинка в нее составляло всего 20-25 %. Не получено нужных данных и при обратной флотации шламов. Выход пенного продукта составил 5-9 % с массовой долей цинка 4-5 %, а в камерном железосодержащем продукте массовая доля цинка уменьшилась с

2,23 до 1,9 %, т.е. примерно на 15 %. Таким образом, это исследование оказалось полезно тем, что показало, какое направление является неперспективным.

Наиболее интересным, на наш взгляд, является предложение, изложенное в патенте РФ [9]. Обесцинкование шламов доменного производства предлагается осуществлять магнитным методом на стандартных промышленных сепараторах. Для перевода ферритов цинка и цинкитов в немагнитную фракцию процесс сепарации исходного материала проводят на мокрых сепараторах с магнитным полем напряжённостью ниже 96 кА/м.

Данный способ осуществляют следующим образом: доменные шламы с массовой долей железа 51,2 % и цинка 0,66 % после сгущения в радиальных сгустителях направляют в ёмкость, откуда они равномерно поступают на питающий лоток ванны под вращающийся барабан магнитного сепаратора ПБМ-ПП-90/250. Под воздействием магнитной силы железосодержащая часть доменных шламов притягивается к поверхности барабана и перемещается им к концентратному порогу. Ферриты цинка и цинкиты попадают в немагнитный продукт. Описанный способ не требует значительных затрат и специального оборудования. Недостатком данной технологии является удаление с немагнитной фракцией не только цинка, но также потеря с ней железа и углерода. Данная схема требует усовершенствования с целью уменьшения потерь железа и углерода.

**Постановка задачи.** Для улучшения технологических показателей обесцинкования металлургических сухих шламов необходимо разработать технологию их магнитного обогащения с целью получения обесцинкованного продукта, пригодного для использования при агломерации железорудного сырья. Для решения поставленной задачи предлагается сухая магнитная технология обесцинкования шламов.

**Изложение материала и результаты.** Ещё в начале 90-х годов прошлого века в Криворожском национальном университете была разработана измельчительно-сепарационная установка [12, 13], которая оснащена магнитными циклонами, где благодаря действию инерционных, магнитных и гравитационных сил происходит улавливание и разделение материала на магнитный и немагнитные продукты. Сепараторы работают под разрежением, что исключает выделение пыли и обеспечивает хорошие санитарно-гигиенические условия на рабочих местах. Созданы две конструкции сепараторов – трубный и циклонный с системами на постоянных магнитах. Обе конструкции просты в изготовлении, обладают несложной ремонтоспособностью, надёжны и не требуют больших затрат в эксплуатации. Работоспособность сухой измельчительно-сепарационной технологии была проверена на опытной фабрике института «Механо-брчермет» при производительности установки 2 т/час.

Эксперименты по обесцинкованию сталеплавильных возгонов с высокой массовой долей цинка проводились в Криворожском национальном университете на пилотной установке с циклонным сепаратором диаметром 200 мм. Напряжённость магнитного поля составляла 95 кА/м. Одним из основных технологических факторов, влияющих на эффективность разделения материала в магнитном сепараторе циклонного типа, является скорость движения пылевоздушной смеси в зоне разделения, которая регулируется расходом воздуха в системе.

Результаты экспериментальных исследований по разделению пылевозгонов сталеплавильного процесса показывают, что в сухом магнитном сепараторе циклонного типа происходит разделение минералов по магнитным свойствам (табл. 1).

Таблица 1

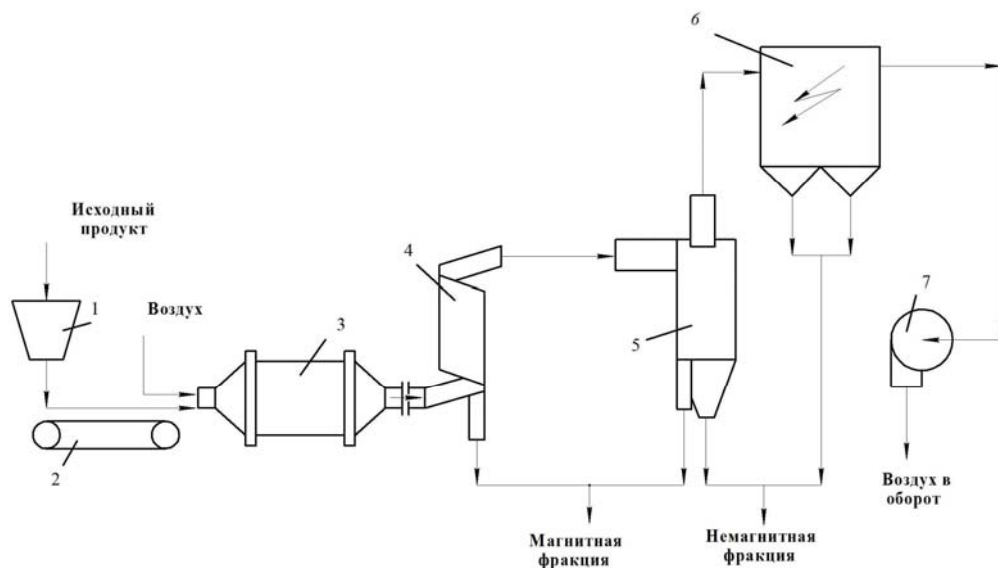
Результаты испытаний обесцинкования на сухом инерционно-магнитном сепараторе

Расход воздуха, м <sup>3</sup> /час	Наименование продуктов	Выход, %	Массовая доля, %		Извлечение, %	
			Fe <sub>общ</sub>	Zn	Fe <sub>общ</sub>	Zn
0,36	Магнитный	53,3	56,3	1,24	68,0	39,3
	Немагнитный	46,7	30,2	3,25	32,0	60,7
0,45	Магнитный	43,2	64,1	0,46	62,8	20,9
	Немагнитный	56,8	28,9	3,46	37,2	79,1
	Исходный	100	44,1	2,18	100	100

С увеличением расхода воздуха через систему возрастает линейная скорость газового потока в сепараторе, что способствует концентрации в магнитном продукте более мелких частиц оксида железа. Свободные частицы цинкосодержащих минералов с бедными железосодержащими сростками транспортирующим потоком выносятся в немагнитный продукт. Массовая

доля  $Fe_{\text{общ}}$  в магнитном продукте составляла 64,1 % при извлечении 62,8 %, а в немагнитном продукте концентрировались минеральные образования цинка. Массовая доля цинка в нем достигала 3,46 % при извлечении 79,1 %. Снижение расхода воздуха в сепараторе изменяет соотношение центробежных, магнитных и инерционных сил, действующих на минеральные частицы. В магнитный продукт заносятся тонкие цинкосодержащие частицы за счет удержания их в магнитных флокколах. Качественные показатели магнитного и немагнитного продуктов снижаются как по массовой доле железа в магнитном продукте сепаратора (56,3 %), так и по массовой доле цинка в немагнитном продукте – 3,25 %. Извлечение цинка в немагнитный продукт не превышает 60,7 %.

Сухой способ в отличие от мокрого имеет ряд преимуществ. Технологическая схема (рис. 1) менее сложна и требует меньшего количества оборудования. Достигается лучшее разделение рудных и нерудных минералов в воздушном потоке, в меньшей степени проявляется магнитная флокуляция и адгезия рудных и нерудных частиц. Сухое магнитное обогащение легче поддается полной автоматизации. Исключается водношламовое хозяйство. В зависимости от типа сырья сухая схема разделения пылевозгонов металлургического производства может трансформироваться. Так, если крупность исходного материала не требует дробления и измельчения, то в схеме останутся только магнитные сепараторы. В том случае, если шлам очень влажный, то установку можно перевести в мокрый режим работы, соответственно внося в сепараторы конструктивные изменения и т.п.



**Рис. 1.** Принципиальная схема обесцинкования металлургических шламов: 1 – бункер исходного питания; 2 – конвейер; 3 – измельчительный агрегат; 4 – трубный магнитный сепаратор; 5 – магнитный циклон; 6 – электрофильтр; 7 – центробежный вентилятор

**Выводы.** Разработана и предложена альтернативная технология обесцинкования металлургических шламов с высоким содержанием цинка.

#### Список литературы

1. Клягин Г.С. Новые процессы вывода цинка из цикла «аглофабрика – доменная печь» / Г.С. Клягин, В.И. Ростовский, А.В. Кравченко, О.И. Раджи // ДонНТУ. – 2004. – С. 236-240.
2. Легимин В.Н. Оценка пирометаллургических способов обесцинкования пыли и шламов сталеплавильных цехов / В.Н. Легимин, Т.М. Насыров, И.В. Макарова // Теория и технология металлургического производства. – 2013. – №1 (13). – С. 67-70.
3. Губін Г.В. Сучасні промислові способи безкоксової металургії заліза / Г.В. Губін, В.О. Півень. – Кривий Ріг, 2010. – 235с.
4. Горда В.И. Технология переработки пылевидного металлургического сырья и отходов // В.И. Горда, В.И. Ростовский, А.В. Ростовский, М.В. Ушакова // Национальная металлургия. – 2001. – № 2. – С. 12 – 15.
5. Пат. 2055921 Российская Федерация, МПК С 22 В 7/00, С 22 В 19/00. Способ извлечения цинка из доменных шламов / Михнев А.Д., Пашков Г.Л., Мионов В.Е., Дроздов С.В., Колмакова Л.П.; заявитель и патентообладатель Михнев Альберт Дмитриевич. – №93002434/02; заявл. 01.12.1993; опубл. 03.10.1996.

6. А.с. 1763499 СССР, МКИ<sup>3</sup> С 22 В 3/14/С 22 В 19/00. Способ гидрометаллургического получения цинка / Ю.К. Бородай, Л.И. Коноваленко, Л.Д. Мягкий, Ю.Н. Резников, Л.Е. Синельникова, В.В. Алешин. – № 4872583/02; заявл. 11.10.90; опубл. 23.09.92, Бюл. № 35.
7. Летимин В.Н. Пыль и шламы газоочисток металлургических заводов и анализ путей их утилизации / В.Н. Летимин, И.В. Макарова, М.С. Васильева, Т.М. Насыров // Теория и технология металлургического производства. – 2015. – №1 (16). – С. 82-85.
8. Пат. 2340403 Российская Федерация, МПК В 03 В 9/06, С 22 В 19/30. Способ переработки цинксодержащих пылей и шламов металлургического и горного производства / Валеев В.Х., Калмукашев С.Р., Колесников В.Ф., Колесников С.В., Сомова Ю.В.; заявитель и патентообладатель Валеев Валерий Хакимзянович и др. – №2006103776/03; заявл. 08.02.2006; опубл. 10.12.2008.
9. Пат. 2277597 Российская Федерация, МПК С 22 В 7/00, С 22 В 19/30. Способ обесцинкования шламов доменного производства / Кошкалда А.Н., Сукинова Н.В., Сафронова Л.В.; заявитель и патентообладатель ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». – № 2004125255/02; заявл. 17.08.2004; опубл. 10.06.2006.
10. Черняев А.А. Моделирование двухстадийной переработки цинксодержащих отходов металлургического производства: дис. кандидата техн. наук: 05.16.02 / Черняев Александр Александрович. – Магнитогорск, 2014. – 139 с.
11. Горлова О.Е. Изучение возможности снижения содержания цинка в металлургических шламах / О.Е. Горлова // Магн. ГТУ им. Г.И. Носова. – Источник: [http://www.minproc.ru/thes/2003/section\\_5/thes\\_2003\\_s/](http://www.minproc.ru/thes/2003/section_5/thes_2003_s/).
12. А.с. 1701375 СССР, МКИ<sup>3</sup> В 02 С 21/00. Измельчительно-сепарационная установка / В.Ф. Бызов, Г.В. Губин, В.С. Харламов, Г.А. Жовтуха, В.И. Мулявко, В.А. Небайкин. – № 4785236/33; заявл. 22.01.90; опубл. 30.12.91, Бюл. № 48.
13. Бызов В.Ф. Подземный комплекс по добыче и обогащению магнетитовых кварцитов / В.Ф. Бызов, Г.В. Губин, А.М. Задорожний, В.С. Харламов, В.И. Мулявко // Разработка рудных месторождений. – 1994. – №55. – С. 122-127.

Рукопись поступила в редакцию 14.02.17

УДК 62-408:622.012.2-023.7

Д.В. БРОВКО, В.В. ХВОРОСТ\*, кандидаты техн. наук, доценты  
Криворожский национальный университет

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ПОВЕРХНОСТИ ШАХТ ПУТЕМ КОРРЕКТИРОВКИ УРОВНЕЙ НАДЕЖНОСТИ

**Цель.** Создание одного из методов оценки технического состояния элементов конструкций зданий и сооружений поверхности шахт - квалитметрической оценки, позволяющий свести к минимуму корректировки уровней надежности, а также установить высокий уровень безопасности объектов поверхности шахт.

**Методика.** Разработана аналитическая модель определения величины физического износа эксплуатируемого здания на момент времени, при котором произведена диагностика технического состояния объекта поверхности шахт и найдена величина его фактической степени живучести. Для определения стандартных уровней надежности объект представляется в виде системы, состоящей из иерархически последовательно соединенных групп однотипных несущих элементов. При моделировании учтены основные параметры: фактическое состояние и степень живучести элементов конструкций на момент проведения их обследования.

**Результаты.** Получена модель, позволяющая определить состояние эксплуатируемого здания, в виде зависимости износа несущих конструкций здания от величины его степени живучести. Определены пороговые значения степени живучести, при достижении которых объект поверхности шахт переходит в качественно иное состояние – из нормального в удовлетворительное, из удовлетворительного в непригодное, а из непригодного в аварийное. Предложенная методика оценки безопасности эксплуатируемых зданий и сооружений поверхности может быть использована на практике для оценки степени живучести, вида технического состояния и безопасного остаточного ресурса.

**Научная новизна.** Научная новизна предложенного в работе метода – адекватное описание технического состояния элементов конструкций зданий и сооружений поверхности шахт, который займет свою нишу среди новых современных экспериментальных исследований материалов и конструкций объектов поверхности.

**Практическая значимость.** Создание метода квалитметрической оценки, который позволяет определять степень живучести объекта на определенный момент времени, вид технического состояния и безопасный остаточный ресурс. В результате проведения предложенных мероприятий повышается уровень безопасности эксплуатируемого объекта, что влечет за собой сохранение как материальных активов, так и жизни работников предприятия.

**Ключевые слова:** объекты поверхности шахт, надежность, живучесть, квалитметрическая оценка

**Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями.** Промышленные объекты поверхности горного предприятия - это сложная конструкция, представляющая собой организованную совокупность групп однотипных конструкций (основание, фундамент, стены, перекрытие и т.д.). Стандартные значения степени живучести - средние значения, при достижении которых элементы конструкций объектов поверхности шахт переходят в иное техническое