

УДК 621.86.067

КОМПАНЕЙЩИКОВ Игорь Сергеевич ⁽¹⁾, генеральный директор
КОВЕРНИК Сергей Петрович ⁽¹⁾ технический директор
ГАНЗУЛЕНКО Сергей Михайлович ⁽¹⁾ ведущий инженер
ЗЛОБИН Виктор Валентинович ⁽²⁾ ведущий специалист

СИСТЕМА УСТРАНЕНИЯ ЗАВИСАНИЙ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА В ПРИЕМНЫХ БУНКЕРАХ

⁽¹⁾ ООО Научно-производственное предприятие «ЭМИС», г. Запорожье,

⁽²⁾ ООО Бердичевский машиностроительный завод «Прогресс»

Рассмотрены различные методы и устройства, применяемые для устранения зависаний сыпучих материалов в приемных бункерах, а также для очистки технологического оборудования. Предложено устройство, позволяющее обеспечить не только равномерный выход материалов из бункеров, но и непрерывность технологического процесса.

Ключевые слова: приемный бункер, сыпучий материал, зависание материала, устройства для его обрушения, установка «Удар»

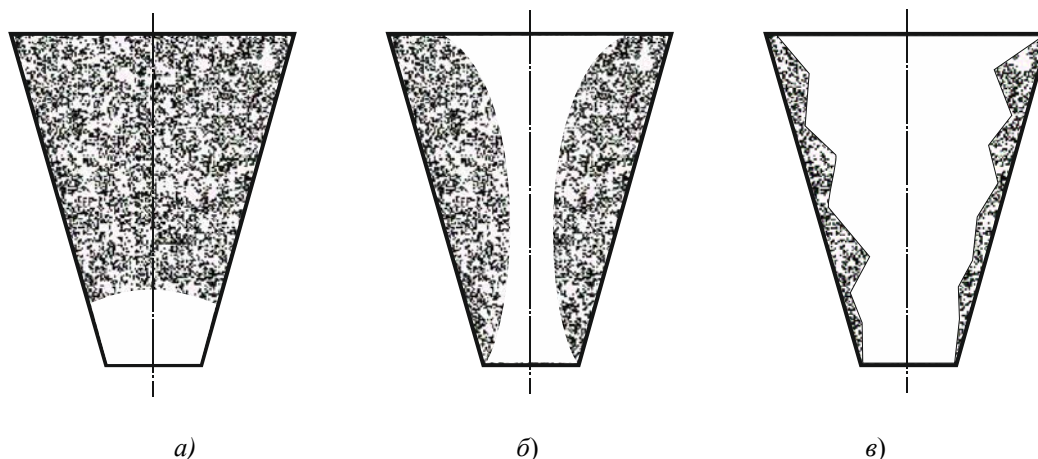
Введение. Значительное количество технологических операций в черной и цветной металлургии связано с переработкой, транспортировкой и хранением различных сыпучих материалов в приемных бункерах.

Известно, что отдельные частицы сыпучего материала, расположенного в нижней зоне приемного бункера, находятся в постоянной механической связи с работающим питателем и непрерывно перемещаются относительно друг друга. Силы сцепления между ними ослаблены, поэтому вероятность образования зависаний в этой области минимальная. Сыпучий материал, который находится в средней и особенно верхней зонах данного бункера, не оказывает воздействия на производительность питателя, так как его вес рассредоточен внутри массы материала, то есть компенсируется силой трения между отдельными частицами. Подвижность материала незначительная, поэтому данная область является местом наиболее вероятного возникновения зависаний. Виды зависаний сыпучих материалов в бункере представлены на рис. 1.

Таким образом, высота столба сыпучих материалов в приемном бункере, при котором исчезает влияние его на производительность питателя, является нижней границей зоны возможного возникновения зависания. На ее величину, помимо физико-механических характеристик материала, оказывает влияние и тип питателя. Экспериментально установлено, что нижняя граница области зависаний в приемных бункерах агломерационной фабрики ПАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» находится на уровне 1,6-2,0 м [1].

Указанная особенность процесса выгрузки сыпучих материалов из бункеров может быть использована для обнаружения полного выхода материала из агрегатов или прекращения их выдачи в результате зависания. При возникновении зависаний массы сыпучих материалов, находящихся в приемном бункере, над его разгрузочным отверстием образуется прочный свод из указанных материалов, который препятствует их истечению из агрегата. Образование свода вызывает значительное снижение давления на вибродосток питателя, что приводит к самопроизвольному росту амплитуды его колебаний и быстрой выгрузке сыпучего материала, находящегося в подсводовом пространстве. В дальнейшем выдача материала из бункера прекращается, что является серьезным нарушением технологического процесса. Для предупреждения зависаний необходимо своевременно привести в действие систему обрушения, установленную на бункере. Для этой цели обычно используют механические или пневматические устройства [2-5], оборудованные системами обнаружения зависаний.

Средства обнаружения зависаний, существующие на производстве, базируются на фиксации механического контакта между чувствительным элементом и массой сыпучего материала. При возникновении зависания происходит нарушение его равномерного движения внутри бункера. Масса сыпучего материала, находящегося в подсводовом пространстве, быстро выгружается из агрегата, что приводит к исчезновению механического контакта между контролируемым материалом на этом участке бункера и установленным здесь чувствительным элементом.



а) сводообразование; б) зависание в бункере с образованием воронки; в) налипание сыпучего материала на стенках бункера

Рисунок 1 – Виды зависаний сыпучих материалов в приемном бункере

В результате чувствительный элемент изменяет свое положение, что вызывает замыкание контактного устройства и сигнализацию о наличии зависания. Существенным недостатком подобных устройств является необходимость непосредственного контакта чувствительного элемента с движущимся сыпучим материалом, что сопровождается его быстрым износом и выходом из строя. Определенное неудобство также возникает из-за запаздывания в получении необходимой информации.

Анализ достижения и публикаций. Известны различные способы пневматического обрушения сыпучих материалов в приемных бункерах.

Так, в работе [3] описан способ пневматического обрушения сыпучих материалов в бункере путем поочередной подачи воздушных импульсов в ряды сопел, расположенных в стенках бункера, когда воздушный импульс подают в бункер одновременно через сопла, расположенные в одном вертикальном ряду, а чередование воздушных импульсов производят последовательно по периметру бункера. В работе [4] предложено устройство для пневматического обрушения сыпучих материалов в бункере, содержащее, по меньшей мере, один вертикальный ряд сопел, тангенциально загнутых в направлении разгрузочного отверстия бункера, которые закреплены на внутренней стенке бункера, и сообщены с источником сжатого воздуха посредством системы воздухопроводов. В публикации [5] представлены результаты промышленной эксплуатации систем импульсного пневматического обрушения сыпучих материалов на базе пневмопушек «ИСТРА-4». Недостатками вышеописанных методов и устройств для пневматического разрушения зависаний и сводообразований сыпучих материалов в приемных бункерах являются ло-

кализация их действия, а также повышение влажности сыпучих материалов в местах выхода воздуха. Кроме того, указанные способы и устройства требуют множества дополнительных операций для подготовки и обработки воздуха, а такое оборудование является дорогостоящим и требует прокладки специальных пневмотрасс, что приводит к увеличению энергетических затрат на ведение процесса.

Электроимпульсные установки большой мощности, разработанные ООО НПП «МИТЭК» (г. Николаев), характеризуются воздействием электромагнитного импульса на катушку, прикрепленную к стенке бункера. При этом усилие воздействия распространяется на весь объем бункера, что требует больших затрат энергии и сопровождается увеличением мощности установок и их стоимости.

Известно устройство для обрушения свода из сыпучего материала в бункерах [6], содержащее индуктор, расположенный в стакане с крышкой над бойком, который соединен с преобразователем-накопительным блоком и источником напряжения и закреплен на стенке бункера. Индуктор выполнен в виде двух плоских рабочих обмоток, которые размещены зеркально относительно друг друга. Стакан с крышкой и боек выполнены из магнитомягкого материала, на оси стакана расположен стержень, один конец которого жестко соединен с бойком, а на втором конце стержня закреплена пружина. Недостатком известного устройства являются прямое действие бойка на стенки бункера, небольшая эффективность действия электромагнитных полей из-за их значительного рассеивания в радиальном направлении около катушек, а также низкий коэффициент полезного действия.

Постановка задачи. Разработать надежное устройство электроимпульсного разрушения зависаний сыпучего материала в приемных бункерах.

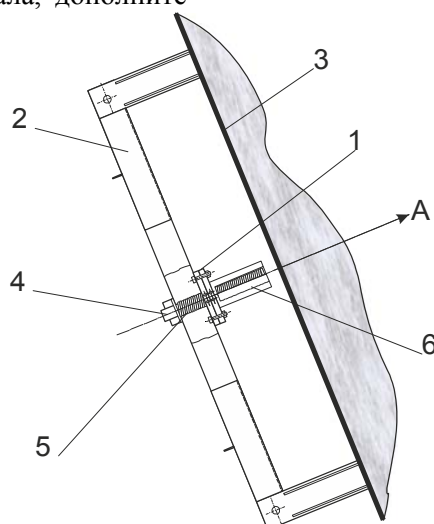
Основная часть. Для предотвращения создания свода из сыпучего материала и равномерного его выхода из бункера на конвейеры, а также повышения коэффициента полезного действия вышеописанного устройства работниками ОАО Научно-производственного предприятия «ЭМИС» была разработана и изготовлена установка «Удар» [7].

Данная установка состоит из ударного механизма обрушения сыпучих материалов, подвижного фальшивого листа, а также накопительно-регулирующего блока с пультом управления.

Особенностями установки «Удар» является размещение каждой катушки индуктора в корпусе из магнитомягкого материала, дополнитель-

льное установление на втором конце стержня в бойке второй пружины, а также расположение на внутренней стороне стенки бункера под бойком (через резиновую прокладку) металлического листа с опорными шипами, который имеет на краях защитный пояс.

Устройство (рис. 2) содержит индуктор 1, расположенный в стакане 2, который жестко закреплен на стенке бункера 3. На осе стакана установлен стержень 4, один конец которого через пружину 5 соединен с крышкой стакана 2, а второй конец стержня 4 – с бойком 6 при помощи дополнительной пружины. На внутренней стороне стенки бункера перед бойком через резиновую прокладку располагают металлический лист с шипами, который имеет на краях защитный пояс. Индуктор соединен с преобразователем-накопительным блоком и источником напряжения.



1 - индуктор; 2 - стакан; 3 - стенка бункера; 4 - стержень; 5 - пружина; 6 - бойок; А - направление удара
Рисунок 2 – Упрощенная схема устройства для разрушения свода из сыпучих материалов в бункерах

При разгрузке приемного бункера в случае, когда происходит сводообразование и налипание на его стенках сыпучего материала, что приводит к прекращению подачи материала, от электросети подводится питание к преобразователю-накопительному блоку, с последующей подачей заряда на рабочие катушки индуктора, в результате чего в их обмотках создаются встречные концентрированные электромагнитные потоки, которые стремятся их раздвинуть. Дополнительно возрастает сила, которая толкает боек с большой скоростью вдоль стержня в стакан в сторону металлического листа и осуществляет его удар по листу. Действие механического импульса на поверхности листа создает в нем бегущую волну упругой деформации, которая раз-

рушает адгезию между зависшим материалом и металлическим листом. Металлический лист не только прогибается, но и вибрирует, что увеличивает активность его работы. Как следствие, происходит разрушение свода сыпучего материала и его свободное высыпание из бункера на конвейеры.

Кроме того, пружины, которые установлены на стержне, сжимают катушки индуктора и обеспечивают их плотное прилегание друг к другу, а также возвращение в исходное положение после их расхождения. Вторая пружина, которая расположена в бойке, обеспечивает его свободное положение относительно стержня, уменьшает действие изгибающего момента на стержень

при ударе бойка на лист, а также увеличивает ход бойка.

Важным элементом устройства является металлический лист (вибролист), на который действует боек во время удара. Использование вибролиста исключает прямое воздействие бойка на стенку бункера, увеличивает срок его службы и повышает эффективность вибрационного обрушения, потому что в отличие от стенки бункера вибролист не имеет ребер жесткости и потому является более гибким, менее жестким и волна упругой деформации проходит легко на всей его поверхности. Установка шипов на вибролисте позволяет распространяться волне упругой деформации по всей плоскости листа с уменьшением поверхности прикосновения листа со стенкой бункера, делает лист подвижнее и повышает его эффективность. Наличие резиновой прокладки между металлическим вибролистом и бункером гасит перенос вибраций от вибролиста на стенку бункера во время удара по нему. Защитный пояс и резиновая прокладка препятствуют проникновению сыпучего материала под вибролист. Основные технические характеристики системы «Удар» представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристики системы «Удар»

Параметр	Размерность	Величина
Потребляемая мощность	кВт	0,05
Напряжение питания	В	220
Сила импульса удара	т	0-40
Длительность удара	с	0,001
Количество механизмов обрушения	шт.	1-18
Режим работы системы		Автоматический ручной

Ударный механизм состоит из штанги или стакана (в зависимости от исполнения самого механизма), индуктора бойка, оси и двух пружин, которые сжимают две половинки индуктора. При подаче заряда на обмотки индуктора его половинки раздвигаются, толкая бойок, который выполняет удар по листу или стенке бункера. Подвижный лист (стенка) передает волну упругой деформации по всей своей площади, обрушивая налипший в бункере материал.

Накопительный блок с пультом управления выполняет аккумуляцию заряда и его подачу на индуктор ударного механизма, а также устанавливает режимы работы ударного механизма (автоматический или ручной) Автоматический ре-

жим работы устанавливается переключателем на пульте управления, что обеспечивает выполнение циклов ударов в определенной последовательности по заданным параметрам: мощности импульса (силе удара), паузе между импульсами и их сериями, а также количестве ударов.

Гибкая настройка интервалов и мощности импульсов, в зависимости от физических характеристик сыпучего материала, позволяет достигнуть максимально эффективного устранения налипания. За счет короткого импульсного удара (0,001 с) не допускается механическое повреждение технологического оборудования и сварных швов конструкции бункера.

В конструкции системы применяется лишь одна цельнометаллическая подвижная деталь, которая не подвергается поломкам или быстрому износу. Встроенные системы защиты от короткого замыкания, перегрузки и обрыва цепи, обезопасят применение системы обрушения от внешних воздействий и повышают ее долговечность и срок эксплуатации. Использование современного программного обеспечения позволяет интегрировать предложенную электроимпульсную систему «Удар» в существующие и вновь проектируемые АСУ ТП.

Разработанная система обрушения зависаний сыпучего материала внедрена в накопительных бункерах рукавных фильтров агломерационной фабрики ПАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь», на электрофильтрах после печей обжига известняка ООО «Николаевский глиноземный завод», на силосных и бункерных эстакадах пылеугольного отделения доменной печи № 9 ПАО «АрселорМиталл» Кривой Рог», двух бункерах пресс-фильтра цеха окомкования окатышей Полтавского ГОКа и ряде других предприятий Украины. Практика эксплуатации указанной системы свидетельствует о высокой эффективности данного способа устранения зависаний сыпучего материала в приемных бункерах, а также очистки промышленного оборудования.

Выводы. Выполнен критический анализ существующих устройств для устранения зависаний сыпучего материала в приемных бункерах и системах очистки промышленного оборудования. Предложено устройство, позволяющее обеспечить равномерный выход сыпучего материала из бункеров на конвейеры и непрерывность технологического процесса.

Библиографический список

1. **Пазюк, М. Ю.** Управление поточно-транспортными системами железорудных материалов [Текст] / М. Ю. Пазюк, А. А. Полещук. – Запорожье : ИРК «Запоріжжя», 1995. – 121 с.
2. **Пазюк, М. Ю.** Усреднение агломерационной шихты в бункерах [Текст] / Ю. М. Пазюк, В. А. Сыромяцкий, А. Н. Николаенко и др. // *Металлург.* – 1988. – № 2. – С. 19-24.
3. **А. с. 298521 СССР. МПК В 65 G 65/30.** Способ пневматического обрушения сыпучих материалов в бункере / *Металлургический комбинат «Запорожсталь»*, В. Н. Быткин, Р. С. Берштейн, М. З. Либерман, В. А. Сыромяцкий, М. Ю. Фаянс, Л. Н. Ренгач, Б. А. Воронин. № 1339352/29-33. Заявл. 27.05.1969, опубл. 16.03.1971. Бюл. № 11.
4. **А. с. 1016231 СССР. МПК В 65 G 65/30.** Устройство пневмообрушения сыпучих материалов в бункере / *Украинский государственный институт по проектированию металлургических заводов*, А. М. Росицкий, А. А. Готовцев, Ю. А. Фролов, Р. С. Берштейн, А. П. Шикас. № 2132947/28-11. Заявл. 11.05.1975, опубл. 07.05.1983. Бюл. № 17.
5. **Мисенев, С. И.** Опыт внедрения систем пневмообрушения на базе устройств «ИСТРА-4» в бункерах сырого сланца [Текст] / С. И. Мисенев, А. З. Сийрде, С. В. Юркин, В. В. Якутов // *Электрические станции.* – 2012. – № 11. – С. 52-55.
6. **Пат. 15289 Україна, МПК В 65 G 65/30.** Пристрій для обвалення склепіння з матеріалу в бункерах / С. П. Коверник, І. С. Компанейшиков. № u200600228. Заявл. 10.01.2006, опубл. 15.06.2006. Бюл. № 6.
7. **Пат. 111072 Україна, МПК В 65 G 65/30.** Пристрій обвалення склепіння з матеріалу в бункері / І. С. Компанейшиков, С. П. Коверник, Я. І. Богданов, Є. І. Нестеренко. № u201605585. Заявл. 23.06.2016, опубл. 25.10.2016. Бюл. № 20.

КОМПАНЕЙЩИКОВ Ігор Сергійович, генеральний директор ВАТ Науково-виробничого підприємства «ЕМІС» (Запоріжжя, Україна). E-mail: emic-ghh@hotmail.com

КОВЕРНИК Сергій Петрович, технічний директор ВАТ Науково-виробничого підприємства «ЕМІС» (Запоріжжя, Україна). E-mail: emic-ghh@hotmail.com

ГАНЗУЛЕНКО Сергій Михайлович, провідний інженер ВАТ Науково-виробничого підприємства «ЕМІС» (Запоріжжя, Україна). E-mail: emic-ghh@hotmail.com

ЗЛОБІН Віктор Валентинович, провідний спеціаліст ВАТ Бердичевський машинобудівний завод «Прогрес». E-mail: z.v.progress@gmail.com

СИСТЕМА УСУНЕННЯ ЗАВИСАНЬ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ У ПРИЙМАЛЬНИХ БУНКЕРАХ

Розглянуто різні методи та пристрої, що використовують для усунення зависань сипких матеріалів у приймальних бункерах, а також для очищення технологічного обладнання. Запропоновано пристрій, який дозволяє забезпечити не тільки рівномірний вихід матеріалів із бункерів на конвеєри, але й безперервність технологічного процесу.

Ключові слова: приймальний бункер, сипкий матеріал, зависання матеріалу, пристрої для його обрушення, установка «Удар»

KOMPANYEYSHCHIKOV Igor, General Director of Scientific-Production Enterprise «EMIC» (Zaporizh-zhya, Ukraine). E-mail: emic-npp@hotmail.com

KOVRNIK Sergiy, Technical Director of Scientific-Production Enterprise «EMIC» (Zaporizhzhya, Ukraine). E-mail: emic-npp@hotmail.com

GANZULENKO Sergiy, Advanced Engineer of Scientific-Production Enterprise «EMIC» (Zaporizhzhya, Ukraine). E-mail: emic-npp@hotmail.com

ZLOBIN Viktor, Key Specialist of Berdichev Engineering Plant «Progress» (Berdichev, Ukraine). E-mail: z.v.progress@gmail.com

SYSTEM FOR REMOVAL OF HANG-UP OF FREE-FLOWING MATERIALS IN RECEIVING HOPPERS

Different methods and devices which apply for the removal of hang-up of free-flowing materials in receiving bunkers are considered and also for cleaning of technological equipment. A device, allowing to provide not only the even exit of materials from hoppers but also continuity of technological process, is offered.

Keywords: receiving hopper, free-flowing material, hang-up of material, devices for its break down, apparatus «Bump»