

**ТЕХНОЛОГИИ**

УДК 681.54

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА  
ОЧИСТКИ БУНКЕРОВ ОТ СОЛЕОТЛОЖЕНИЯ**

В.Н. ПРИГАРА, Л.Ю. ШИЛИН

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь**Поступила в редакцию 14 сентября 2009*

Разработаны и проанализированы алгоритмы работы системы очистки рудонакопительных бункеров. Предложено использовать несколько режимов работы разрядника электромагнитного: в режиме предотвращения солеотложения и в режиме очистки (скалывания) солевого камня.

*Ключевые слова:* бункер, система очистки, руда.

**Введение**

Проблема очистки рудонакопительных бункеров ПО "Беларуськалий" от солевых отложений на стенках бункеров, приводящих к их остановке и сложностям, связанным с последующей очисткой, стоит довольно остро. Для получения полной картины физико-химических процессов солеотложения и получения возможности противодействовать этим процессам необходимо рассмотреть места наиболее интенсивного отложения солей — нижние заплечники рудонакопительного бункера, примыкающие к ним боковые вертикальные стенки. Данные участки бункера зарастают соевым камнем толщиной 50–100 мм в среднем в течение двух месяцев, что приводит к уменьшению светового просвета ссыпного окна и, как правило, к остановке подачи массы хлористого калия до устранения этих солеотложений. Периодичность данного процесса зависит от многих факторов: времени года (весна, осень), влажности массы хлористого калия, ритмичности и объемов ее ссыпания, и т.д.

**Теоретический анализ**

Как правило, рудонакопительный бункер работает в режиме периодического накопления руды и постоянного ссыпания ее дозированной потоком. Налипание и застывание на стенках бункера влажной солевой массы в данный период является минимальным. Но в некоторых производственных случаях происходит остановка бункера вследствие, например, планового технологического обслуживания технологической цепочки. В данной ситуации налипание и застывание солевой массы происходит значительно быстрее и толщина солевого камня возрастает в несколько раз. При неоднократных повторениях таких ситуаций происходит значительное уменьшение просвета ссыпного отверстия.

Для решения названных проблем предлагается несколько режимов работы разрядника электромагнитного: в режиме предотвращения солеотложения и в режиме очистки (скалывания) солевого камня. Реализация данного метода очистки происходит с помощью разрядника электромагнитного, который предназначен для предотвращения образования солевых отложений и очистки от них внутренних и наружных поверхностей оборудования из ферромагнитных материалов без вывода этого оборудования из эксплуатационного цикла.

Прибор-разрядник предотвращает солеобразование и обеспечивает эффективную очистку поверхности от солей за счет деформации сдвига, которая периодически возникает в очищаемой поверхности из ферромагнитного материала, подвергаемой воздействию переменного магнитного поля, вызывая эффект магнитострикции. Поскольку большинство отложений не обладают магнитными свойствами, то на очищаемой поверхности между ферромагнитным материалом и отложениями возникает деформация сдвига, вызывающая отделение отложений. Магнитострикционное воздействие не только обеспечивает высокую степень очистки, не требует остановки или изменения режима работы оборудования, но и снимает внутреннее напряжение в металле, делает его структуру мелкозернистой и однородной, что приводит к "омоложению" металла.

Ввиду того что рудонакопительный бункер представляет собой довольно сложный трёхмерный объект, проводится математическое моделирование магнитострикционных процессов для получения полной картины поведения исследуемого объекта (бункера) при воздействии на него магнитного поля. По результатам моделирования определяются оптимальные режимы работы прибора-разрядника, который представляет собой комплекс оборудования: моноблочный прибор, где размещаются управляющая, генерирующая и силовая разрядная части и несколько электромагнитных катушек, связанных с основной частью с помощью высокочастотных коаксиальных кабелей. Количество электромагнитных излучателей — катушек и их расположение существенно зависит от типа стали бункеров, габаритов и толщины стенки бункера. Предотвращение солевых отложений определяется частотными и энергетическими показателями всего комплекса оборудования. Степень очистки внутренней поверхности оборудования и бункеров ПО "Беларуськалий" от солевых отложений является достаточным для обеспечения бесперебойного эксплуатационного цикла.

Для получения максимального эффекта предотвращения солеобразования важно правильно расположить исполнительные модули прибора-разрядника на стенках бункера с массой металла порядка 45 т. Данный бункер представляет собой довольно эффективный проводник электромагнитной энергии. Поэтому применяется импульсный метод магнитострикционной очистки поверхности от солеотложения как "точечного" — с определением конкретной зоны электромагнитного воздействия, так и покрытием всей зоны металлической поверхности, подверженной солеотложению.

Необходимо обеспечить совмещенный режим работы электромагнитного излучателя, т.е.:

– в режиме постоянного электромагнита, управляемого квазистационарными импульсами с длительностью 0,3–2,0 с, которые создают постоянное магнитное поле в объеме ферромагнетика;

– в режиме работы высокочастотного электромагнита, создающего периодические импульсы с частотой 2–40 кГц длительностью 15–20 мс, который, работая попарно со вторым электромагнитом под управляемым смещением импульса на время порядка 50–100 нс, создает перемещаемые интерференционные полосы максимума электромагнитного поля в объеме плоскостного ферромагнетика.

Совмещенный режим работы обеспечивается тем, что используется намотка на изолирующий короб сердечника двух проводов разного диаметра и разного количества витков. Кроме того, что обмотка с меньшим количеством витков предназначена для интенсификации воздействия магнитного поля в режиме работы высокочастотного электромагнита, она в согласованном периоде действия обеспечивает наиболее эффективный способ снижения остаточной индукции без потери проницаемости, т.е. выполняет функции размагничивающей обмотки, так называемой рекуперационной.

### Экспериментальная часть

На рис. 1 представлена принципиальная схема электромагнитного излучателя с силовой разрядной частью. Существующая возможность использовать магнитострикционные свойства материала самого сердечника приводит к решению задавать такие параметры управляющему блоку, когда можно будет организовать обратную связь между стартами импульсов самовозбуждения сердечника и отклика от проходящей по поверхности стального листа бункера уль-

тразвуковой акустической волны. Организация обратной связи отклика позволит регулировать время задержки  $t$  между импульсами как для режима работы разрядника электромагнитного для предотвращения солеотложения (рис. 2), так и для режима работы разрядника электромагнитного в режиме очистки (скалывания) солевого камня (рис. 3).

Принцип действия автоматической системы очистки основан на использовании воздействия импульсного магнитного поля на электропроводный материал — якорь. Формирование импульсного магнитного поля происходит в индукторе в процессе разряда на него кратковременного импульса тока от источника питания.

Автоматическая система очистки состоит из импульсного источника питания и нескольких индукторов. Каждый индуктор подключен силовым кабелем к источнику питания.

Индуктор представляет собой плоскую многовитковую катушку, залитую ударопрочным компаундом. Между индуктором и очищаемой емкостью располагается якорь. Индуктор с якорем плотно прижимаются с помощью несущей конструкции к внешней стороне очищаемой емкости.

Число индукторов зависит от количества поверхностей, мест наиболее вероятного образования свода или налипания веществ. Источник питания может выборочно включать один или группу индукторов.

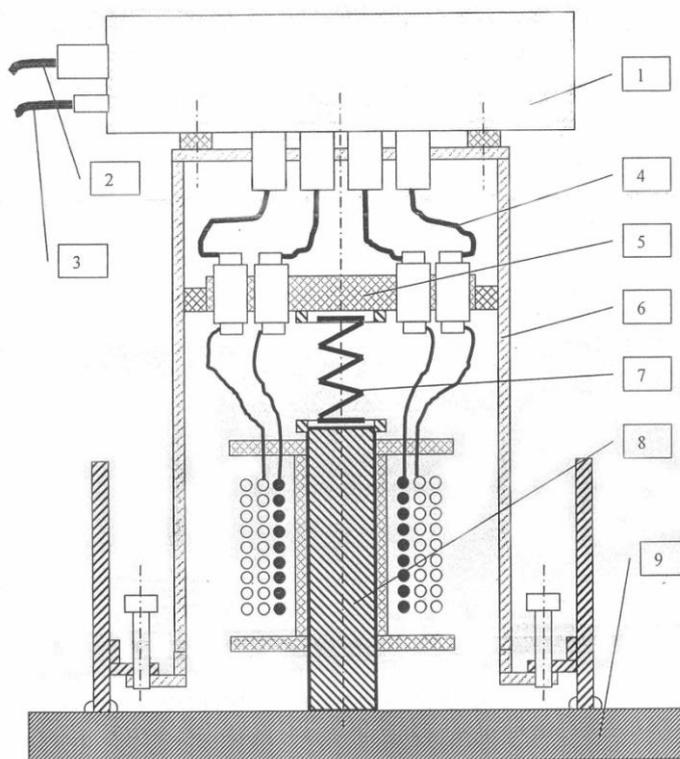


Рис. 1. Принципиальная схема электромагнитного излучателя: 1 — силовая разрядная часть; 2 — силовой кабель; 3 — управляющий коаксиальный кабель; 4 — провод; 5 — изолятор; 6 — корпус; 7 — упорная пружина; 8 — сердечник из пакета пластин; 9 — стальной лист стенки бункера

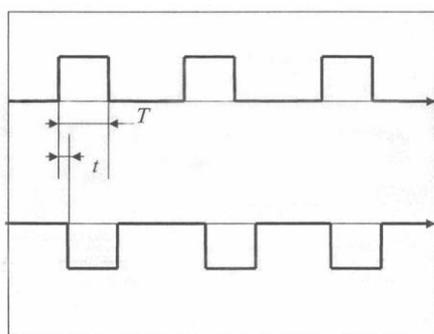


Рис. 2. Режим работы разрядника электромагнитного для предотвращения солеотложения

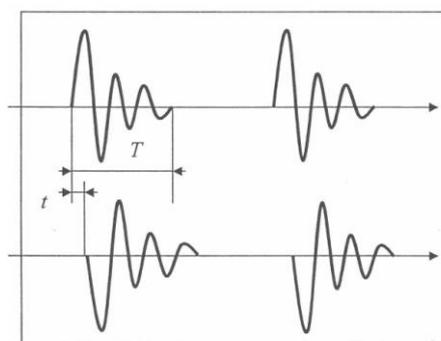


Рис. 3. Режим работы разрядника электромагнитного в режиме очистки (скалывания) солевого камня

### Заключение

В результате проделанной работы была предложена методика создания излучателя электромагнитного поля и генератора импульсов для предотвращения солеотложения и очистки от солевого камня внутренней поверхности рудонакопительных бункеров. Оптимальным по

эффективности использования магнитоотрицательного способа очистки поверхности является режим работы разрядника электромагнитного в совмещенном процессе – режим работы разрядника электромагнитного для предотвращения солеотложения и режим очистки солевого камня.

Принцип действия автоматической системы очистки основан на использовании воздействия импульсного магнитного поля на электропроводный материал – якорь. Формирование импульсного магнитного поля происходит в индукторе в процессе разряда на него кратковременного импульса тока от источника питания.

Разработанная методика позволяет провести режим очистки и предотвращения солевых отложений с использованием процессов магнитоотрицательности на рудонакопительных бункерах РУП ПО "Беларуськалий".

Основные преимущества перед установками данных систем очистки:

- более высокая эффективность очистки емкостей;
- малое потребление электроэнергии;
- исключение возможности механической деформации емкостей;
- экологическая чистота.

## **THE AUTOMATED BUNKER CLEANING SYSTEM FROM SALTS AND ADJOURNMENT**

V.N. PRIGARA, L.Y. SHILIN

### **Abstract**

The algorithms of work of system of cleaning accumulated bunkers of ore developed and analysed. It was offered to use some operating modes of electromagnetic system: in a mode of prevention of adjournment of salts and in a mode of clearing of a salt stone.

### **Литература**

1. Куролёв А.П. Батура М.П. Теория электрических цепей Минск, 2001.
2. Алиев И.И. Электротехнический справочник. М., 2000.
3. Ципенюк Ю.М. Квантовая микро- и макро-физика. М., 2006.
4. Лачин В.И. Электроника. М., 2002.