

## АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ УРОВНЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

Серезентинов Г.В., доц. к.т.н.; Жовтобрух С.А., инженер;  
Зверев М.М., студент,  
Донецкий национальный технический университет

*Исследованы показатели работы датчика приближения при автоматизации контроля уровня сыпучих материалов в процессе производства огнеупоров.*

*The parameters of work of the gauge of approach (approximation) are investigated at automation of the control of a level of loose materials during manufacture of bricks.*

Проблема измерения уровня сыпучих материалов является весьма актуальной для организаций, занимающихся производством строительных материалов. В производстве огнеупоров этой проблеме уделяется особое внимание. Отклонение уровня от заданного приводит к: дифракции ингредиентов огнеупорной массы (ОМ) в расходных бункерах; осложнениям при автоматизации процесса транспортирования готовой огнеупорной массы (ГОМ).

Сегодня на большинстве огнеупорных комбинатов контроль уровня осуществляется визуально или с помощью измерительных линеек, реек и т.д. Известно большое количество датчиков уровня – индуктивных, емкостных, оптических, ультразвуковых.

Обычно, при производстве огнеупоров (для одной технологической линии) используют 2..4 бункера для сыпучих ингредиентов ОМ и один бункер для ГОМ. Это количество обусловлено числом используемых в процессе производства ингредиентов, а также объемами производства.

В лабораторных условиях были произведены исследовательские испытания емкостного датчика приближения (ЕДП) CAS/L/A – p30rg-IV/e1KK фирмы KLASCHKA (Германия) (рис.1).

Он содержит: один нормально закрытый р-п-р- выход с защитой от замыкания выходных проводников. При этом интервал рабочей зоны датчика составляет  $H = 0..15$  мм

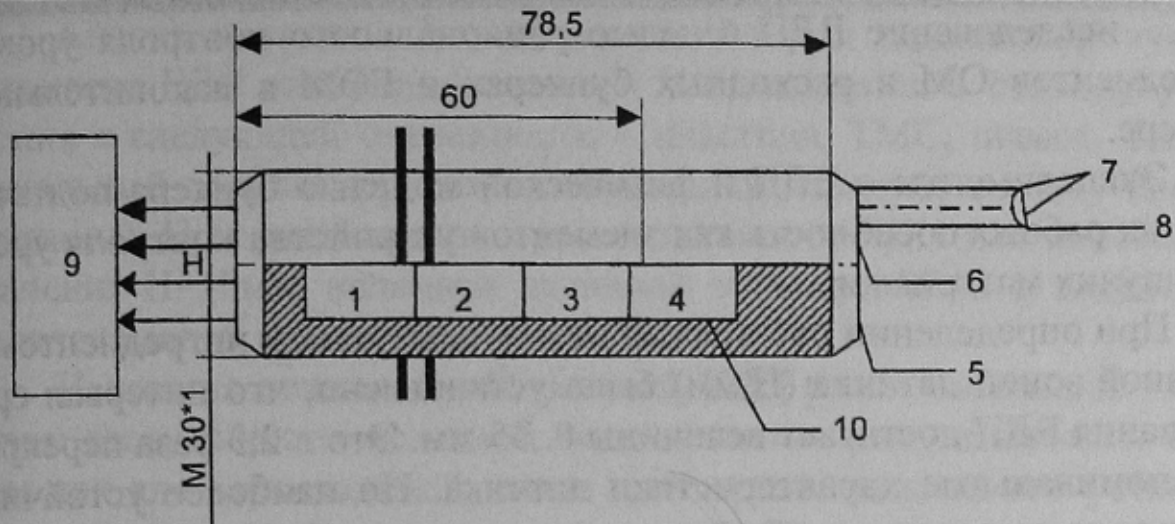


Рис. 1. – Конструкция датчика приближения

1 – чувствительный элемент; 2 – гетеродин; 3 – выпрямитель; 4 – выходной усилитель; 5 – потенциометр для регулирования чувствительности датчика; 6 – индикатор состояния р-п-р – выхода; 7 – жилы питания (24 VDC); 8 – жила управления (р-п-р – выход); 9 – образец; 10 – тело датчика

Основные технические данные ЕДП: - уровни напряжения – +12;+24;+30 В; - ток нагрузки -  $\leq 400$  мА; - ток х.х. -  $\leq 15$  мА; - рабочая частота -  $\leq 300$  Гц; - температурный диапазон – 0..+60 °С; - предел срабатывания S при гистерезисе  $H_r - 0,03 S_r \leq H_r \leq 0,2 S_r$ ; - вид защиты – IP67; максимальная длина линии связи – 300 м.

Целями испытания являлись:

- проверка работоспособности ЕДП в качестве устройства контроля уровня сухих ингредиентов ОМ – шамота и тонкомолотой смеси (ТМС), а также ГОМ – увлажненная смесь шамота и ТМС;
- создание, описание и испытание физической модели бункера при сухих ингредиентах и ГОМ;
- определение расстояний между испытуемым ингредиентом и торцевой поверхностью датчика (H, мм) (активная зона), а также размер площади срабатывания ЕДП при перекрытии ее ингредиентом (Дп, мм);
- оценка чувствительности ЕДП для материалов с различным корректирующим коэффициентом;
- исследование ЕДП на предмет исключения ложных срабатываний путем изменения чувствительности (активной зоны);



- исследование ЕДП с целью рационального контроля уровня ингредиентов ОМ в расходных бункерах и ГОМ в накопительном бункере.

Эксперименты с ЕДП и физической моделью бункера подтвердили их работоспособность как элементов устройства контроля уровня сыпучих материалов.

При определении расстояний между испытуемым ингредиентом и активной зоной датчика ( $H, \text{мм}$ ) было установлено, что интервал срабатывания ЕДП достигает величины  $0..35 \text{ мм}$ . Это в 2,3 раза перекрывает номинальные характеристики датчика. Но наиболее устойчиво срабатывание датчика наблюдалось в интервале  $3..12 \text{ мм}$ , даже при значительных отклонениях его чувствительности. При этом параметр  $D_p$  и величина  $H$  коррелировали в обратно пропорциональной степени с чувствительностью устройства и в прямо пропорциональной степени друг с другом. Тип испытуемого материала (шамот, ТМС) на показатели расстояния ( $H$ ) и площадь ( $D_p$ ) значительного влияния не оказал.

Оценка чувствительности ЕДП выполнялась: для заземленной металлической пластины с корректирующим коэффициентом равным единице, ТМС и шамота (рис.2). Корректирующий коэффициент в общем случае характеризует электромагнитную проницаемость материала.

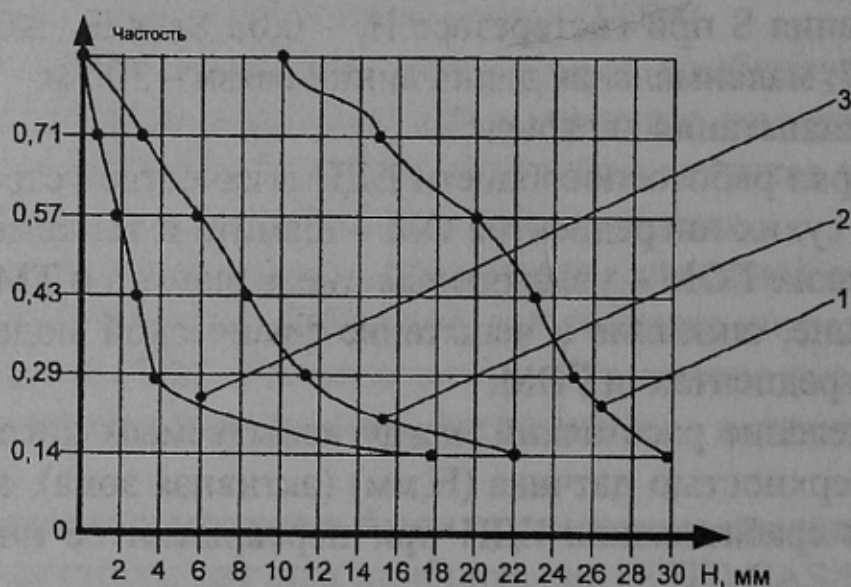


Рис. 2 – Кумулятивные кривые величины активной зоны  $H$  ЕДП при различных значениях чувствительности

1 – для заземленной металлической пластины; 2 – для ТМС; 3 – для шамота

Анализ кривых 1..3 показывает, что при одинаковой чувствительности ЕДП значения величины  $H$  изменяются в сторону уменьшения в следующей очередности – пластина, ТМС, шамот. Т.е., минимальный корректирующий коэффициент присущ шамоту (меньше единицы). При уменьшении чувствительности ЕДП для пластины до значения  $H=10\text{мм}$ , величина активной зоны для ТМС и шамота становится равной нулю.

Имитация ложных срабатываний ЕДП реализовывалось посредством запыленности активной зоны датчика принудительным способом как для вертикальной, так и для горизонтальной его установки. При этом взвешенные частицы (пыль) ТМС не приводили к ложным срабатываниям ЕДП. А принудительная запыленность активной зоны при вертикальной и горизонтальной установке ЕДП существенного влияния на четкость срабатывания не оказывала.

Для обеспечения контроля рационального уровня ингредиентов, в каждый расходный бункер целесообразно установить два датчика уровня – нижний и верхний. Нижний для контроля дифракционного уровня (минимально допустимого уровня при котором обеспечивается качество ингредиента) –  $2/3$  высоты расходного бункера. Верхний – для контроля переполнения ( $0,95$  высоты).

В накопительный бункер целесообразно установить один датчик – для контроля переполнения ( $2/3$  высоты).

Это обосновывается емкостью накопительного бункера – он рассчитан на 3 цикла работы смесителя и временем хранения ГОМ.

Для испытания работоспособности ЕДП была создана физическая модель бункера для сухих ингредиентов и ГОМ.

Физическая модель бункера (рис.3) предусматривает испытание ЕДП только с одним из компонентов огнеупорной массы и является геометрически подобной реальному бункеру.

Для математического описания физической модели, исходя из подобия бункера-оригинала и бункера-модели, были составлены расчетные зависимости объемов бункеров. Получение критериев подобия реализовано преобразованием зависимостей в безразмерную форму [1]:

$$\frac{\Pi_{1p}}{\Pi_{1m}} = \frac{a_1 p^2 v_1 p^2 c_1 p^2 V_m^2}{a_1 m^2 v_1 m^2 c_1 m^2 V_p^2} = 1; \quad \frac{\Pi_{2p}}{\Pi_{2m}} = \frac{H p^2 a_1 p^2 v_1 p^2 V_m^2}{H m^2 a_1 m^2 v_1 m^2 V_p^2} = 1;$$



$$\frac{\Pi_{3P}}{\Pi_{3M}} = \frac{Hnp^2 a_2 p^2 v_2 p^2 V_M^2}{HnM^2 a_2 M^2 v^2 M^2 Vp^2} = 1; \quad \frac{\Pi_{4P}}{\Pi_{4M}} = \frac{Hnp^2 a_1 p v_1 p a_2 p v_2 p V_M^2}{HnM^2 a_1 M v_1 M a_2 M v_2 M Vp^2} = 1;$$

где  $\Pi_{iP}$ ,  $\Pi_{iM}$  – критерии подобия для оригинала и модели.

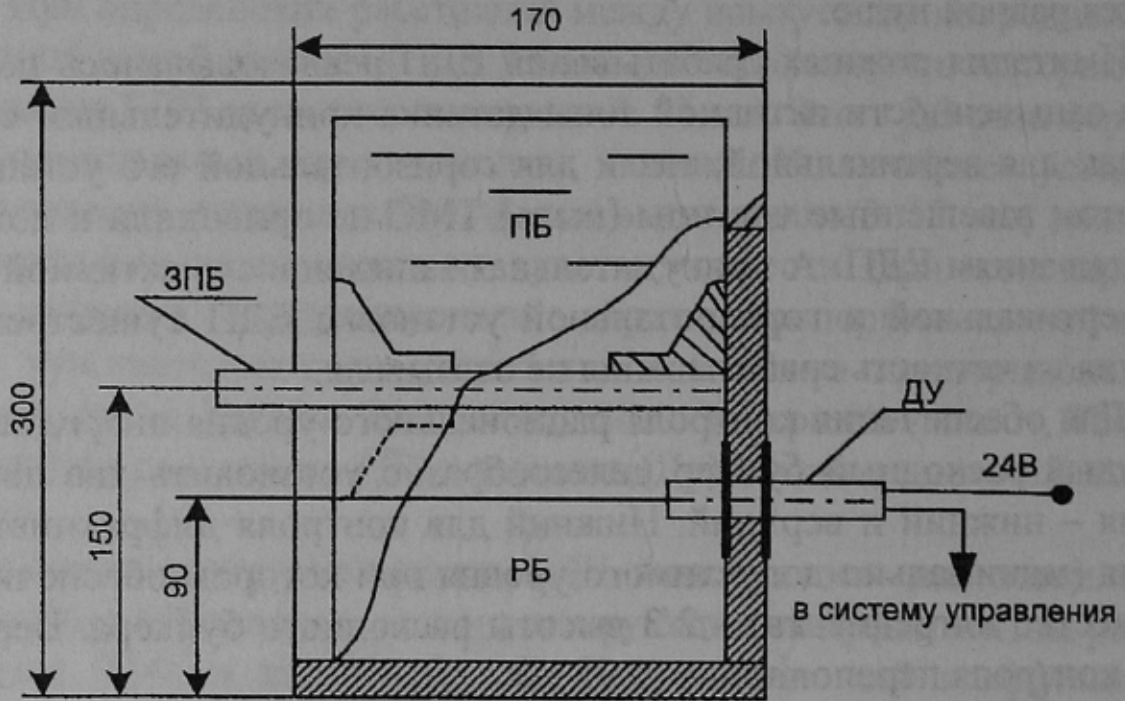


Рис.3 – Эскиз физической модели

ПБ – промежуточный бункер; ЗПБ – задвижка промежуточного бункера; РБ – расходный бункер; ДУ – датчик уровня (ЕДП)

Переход к масштабной форме уравнений осуществлялся путем замены отношения подобных геометрических размеров их масштабными коэффициентами:  $m_{a1}$ ,  $m_{a2}$ ,  $m_{v1}$ ,  $m_{v2}$ ,  $m_{c1}$ ,  $m_H$ ,  $m_v$  – соответственно масштабы длины  $a$ , ширины  $v$ , высоты  $c$  и  $H$ , объема  $v$ . После преобразований и упрощений масштабных уравнений получены выраже-

ния: 
$$\begin{cases} mH_3 = mc_1; \\ ma_1 = ma_2 m_{v2} / m_{v1}; \\ mv = mc_1 ma_2 m_{v2}; \end{cases}$$

Задавая геометрические размеры модели, значения масштабных коэффициентов, можно распространить выводы по результатам исследования модели на бункера реальных размеров.

Физическая модель позволяет имитировать заполнение расходного бункера РБ массой сухого материала из ПБ путем управления

задвигкой ЗПБ. При достижении массой уровня – срабатывает ДУ, последний должен обеспечить подачу в систему управления соответствующего сигнала.

Для действующей прессовочной линии по производству огнеупоров автоматический контроль уровня для всех типов бункеров должен обеспечиваться по 3..5 контрольным точкам. То есть, эту функцию может выполнять локальное устройство автоматизации. Вместе с тем, на реальном предприятии, выпускающих огнеупоры, для прессоформовочного цеха количество прессовочных линий достигает 10..15 (30..75 датчиков уровня). Поэтому, целесообразно при автоматизации цеха ставить задачи глобального характера, т.е., формировать систему автоматизированного контроля и управления уровнем сыпучих материалов прессоформовочного цеха с непосредственным участием человека (рис.4). Предлагаемая структура, наряду с системой автоматизированного управления прессовочными линиями, составляют систему АСУ ТП прессоформовочного цеха.

Такая задача в настоящее время должна реализовываться посредством микропроцессорной техники, например на базе промышленного контроллера SLC 500 фирмы Allen-Bradley с блоком питания 1746-P2, процессором SLC 5/03, дискретными модулями ввода 1746-IV и вывода 1746-OB. При этом, датчики уровня подключаются к дискретным модулям ввода, а устройства управления прессовочных линий – к дискретным модулям вывода.

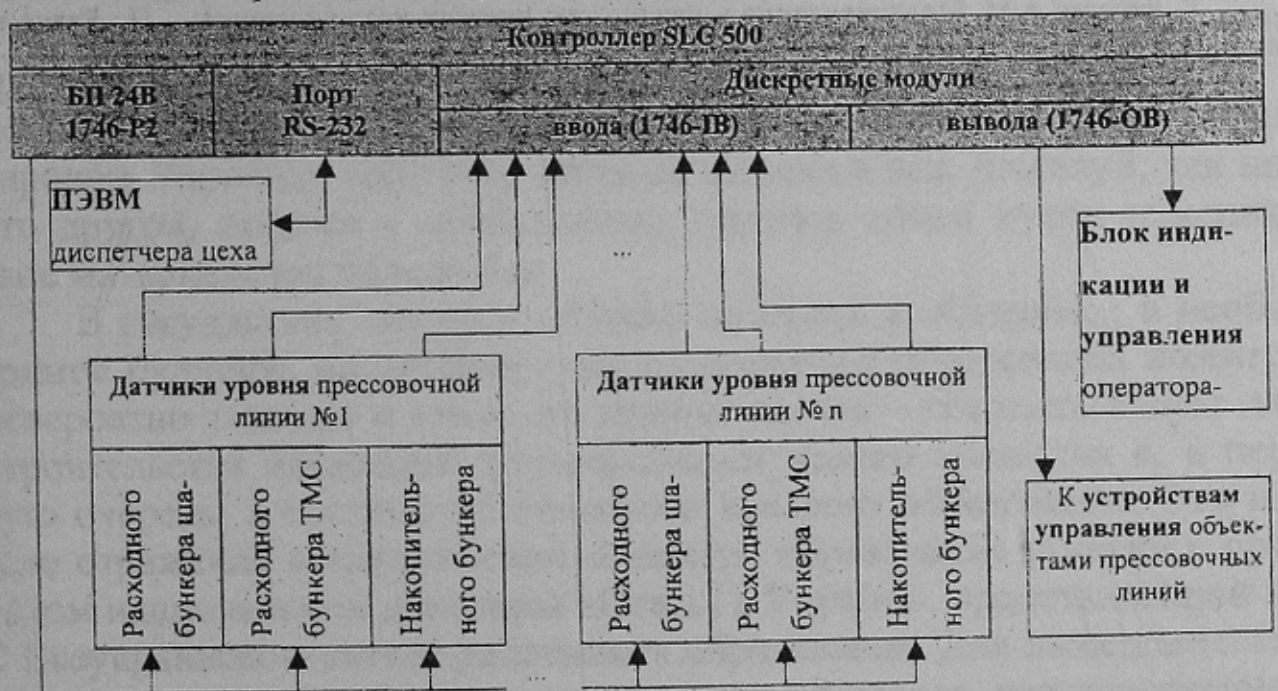


Рис.4 – Блок-схема системы автоматизированного контроля и управления уровнем сыпучих материалов прессоформовочного цеха



При срабатывании датчиков в систему автоматизированного контроля и управления уровнем сыпучих материалов подается входной сигнал, который обрабатывается процессором, а далее формируется выходное воздействие на включение (отключение) необходимого звена прессовочной линии.

Сигналы о состоянии датчиков уровня подаются на блок индикации оператору-технологу, а также на пульт диспетчера цеха (ПЭВМ). В функции диспетчера, кроме контроля уровня сыпучих материалов и ГОМ, также могут входить и задачи контроля и управления всеми прессовочными линиями прессоформовочного цеха.

Таким образом, для контроля уровня сыпучих материалов и ГОМ обосновано применение ЕДП, работоспособность которого проверена на физической модели бункера сухих ингредиентов и ГОМ. Получено математическое описание физической модели в виде масштабных уравнений. В лабораторных условиях получена взаимосвязь срабатывания ЕДП при различных значениях параметра  $D_p$  и величины  $H$ . Доказана возможность отстройки ЕДП от ложных срабатываний путем изменения чувствительности. Предложена блок-схема системы автоматизированного контроля и управления уровнем сыпучих материалов прессоформовочного цеха.

Список источников:

1. Лебедев А.М. Моделирование в научно-технических исследованиях. – Н.: Радио и связь, 1989 – 224с.: ил.