

УДК 681.5

УПРАВЛЕНИЕ УРОВНЕМ ЗАПОЛНЕНИЯ БУНКЕРА

Завгородний Р. П., Адамович П. И.

к.т.н., доцент каф. КСУ Великий В. И.

Одесский Национальный Политехнический Университет, УКРАИНА

АННОТАЦИЯ. В статье предложена информационно-вычислительная система измерения уровня и объема материала в бункере, управления этими параметрами с целью предотвращения разрушения оборудования и повышения надежности и безопасности технологического процесса.

Введение. Измерение уровня и объема сыпучих материалов в бункере достаточно сложный процесс, так как загружаемый/разгружаемый материал распределяется на поверхности случайным образом. Данная проблема является актуальной, потому что неравномерная нагрузка на боковую стенку, вызванная скоплением сыпучих материалов в результате неравномерного заполнения/опустошения бункера, может привести к его разрушению. Кроме того, в процессе работы образуется много пыли, что влияет на качество получаемого сигнала.

Цель работы. Целью работы является рассмотрение возможностей информационно-вычислительной системы для оперативных измерений уровня, рельефа поверхностного слоя и объема сыпучих материалов в динамике. Это позволит в режиме реального времени произвести корректировку технологического процесса и избежать возможного разрушения конструкции.

Основная часть работы. Данную задачу позволяет решить устройство, которое включает в себя встроенную систему из трех антенн. Они формируют низкочастотные акустические волны, способные проникать сквозь пыль, и принимают отраженные эхо-сигналы от поверхности загруженного в бункер материала. С помощью этих антенн прибор на основании временных характеристик прямого и отраженного лучей измеряет не только расстояние, проходимое каждым сигналом, но и его направление [1]. Принимая несколько эхо-сигналов с различных направлений и расстояний, можно получить информацию о рельефе поверхности содержимого бункера, что можно использовать для определения уровня, объема и массы содержимого (с учетом плотности материала).

Полученные сведения от устройства-1 (рис.1а) позволяют представить данную поверхность в виде сетки треугольных элементов с известными координатами вершин, которые передаются в информационно-вычислительную систему. Таким образом, мы заменяем непрерывно-гладкую поверхность материала, ограниченную поверхностью бункера, на кусочно-треугольную поверхность.

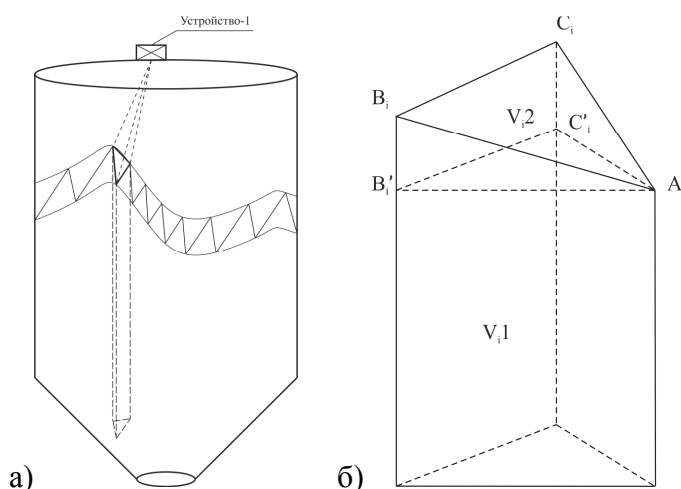


Рис. 1 – а) Разбиение содержимого бункера на трехмерные фрагменты;
б) укрупненное представление фрагмента объема

Для расчета объема материала в бункере разобьем его содержимое на прямые усеченные призмы (рис. 1а), нижнее основание которых перпендикулярно ребрам, проведенным через вершины треугольников $A_iB_iC_i$. Верхним основанием призм является плоскость, построенная по координатам вершин $A_i(x_{i1}, y_{i1}, z_{i1})$, $B_i(x_{i2}, y_{i2}, z_{i2})$, $C_i(x_{i3}, y_{i3}, z_{i3})$ для каждого i -го фрагмента-треугольника, причем $i=1, N$, в замкнутом пространстве бункера:

$$A_iB_iC_i: (x - x_{i1}) \begin{vmatrix} y_{i2} & y_{i1} \\ z_{i2} & z_{i1} \end{vmatrix} - (y - y_{i1}) \begin{vmatrix} x_{i2} & x_{i3} \\ z_{i2} & z_{i3} \end{vmatrix} + (z - z_{i1}) \begin{vmatrix} x_{i2} & x_{i3} \\ y_{i2} & y_{i3} \end{vmatrix} = 0 \quad (1)$$

Для упрощения расчетов многогранник можно разбить на две части. Объем фигуры V_{i1} рассчитывается как доля от общего объема бункера:

$$V_{i1} = K_1 K_2 V_6 \quad (2)$$

где K_1 – отношение высоты фигуры к высоте бункера; K_2 – отношение площади основания фигуры к площади бункера; V_6 – объем бункера.

Оставшуюся часть можно вычислить при помощи тройного интеграла:

$$V_{i2} = \iiint_T dx dy dz \quad (3)$$

где T – тело, ограниченное плоскостями $A_iB_iC_i$, $A_iB_iB_i'$, $B_iB_i'C_i'C_i$, $A_iB_i'C_i'$, $A_iC_iC_i'$.

Таким образом, рассчитав объем для каждого i -го фрагмента разбиения, можно вычислить общий объем сыпучего материала как сумму всех рассчитанных N фрагментов:

$$V_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^N V_{i1} + V_{i2} \quad (4)$$

По результатам сканирования поверхности появляется возможность проводить удаленный мониторинг технологического процесса, упростить работу оператора и сократить расходы.

Проведенные вычисления позволяют реконструировать в режиме реального времени трехмерный рельеф поверхности хранимого внутри бункера материала. В случае появления, нависания большого количества материала возле стенки бункера система управления загрузкой переместит потоки массы в другие точки поверхности.

Выводы. Неравномерное заполнение бункера приводит к смещению центра массы в радиальном направлении относительно оси до 25%. В результате может произойти деформация стенок бункера вплоть до появления трещин и механического разрушения конструкции. Управление процессом погрузки/разгрузки емкости позволяет своевременно предупредить серьезные повреждения оборудования и обеспечить безопасность персонала, свести к минимуму необходимость визуальной проверки уровня и “рельефа” поверхности в верхней части резервуара. Систему целесообразно использовать при оперативном мониторинге сверхшироких бункеров, больших открытых резервуаров, помещений для хранения сыпучих материалов и складов.

Акустические волны обладают возможностями самоочистки устройств, предотвращая налипание материала на внутренние рабочие поверхности системы антенн. Этим обеспечивается надежная работа при довольно несложных требованиях к техническому обслуживанию, независимость от степени запыленности среды измерения [2].

При необходимости повышения точности составления трехмерной карты в больших емкостях целесообразно увеличить количество измерительных устройств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мордасов Д.М. Технические измерения плотности сыпучих материалов / Д.М. Мордасов, М.М. Мордасов. – Издательство ТГТУ, 2004. – 80 с.

2. Трехмерный сканер для сыпучих материалов [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.emerson.com/resource/blob/79846/0dd4a0e00b1e50a9f769d29dba067377/00813-0107-4570-data.pdf> –Назва з екрана