

## КАЛИБРОВКА БЕСКОНТАКТНОГО ПРИБОРА ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

**В.С. Афонин, А.И. Малявин**

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова  
г. Барнаул

В статье рассматривается метод калибровки бесконтактного расходомера сыпучих веществ. Описан способ формирования потоков сыпучего вещества с помощью шнека. Приведен алгоритм обработки информационного сигнала с емкостного датчика.

**Ключевые слова:** сыпучий материал, расходомер, емкостный преобразователь, поляризация диэлектрика, зерно.

Измерение объема собираемого урожая зерновых культур удобно осуществлять непосредственно во время уборки урожая. На сегодняшний день существуют различные методы измерения расхода сыпучих материалов. На практике часто встречаются приборы, разбивающие непрерывный поток сыпучего материала на небольшие порции вещества, а затем измеряющие массу каждой порции и определяют массу вещества, прошедшего за определенный промежуток времени. Организация устройства, реализующего такое разделение потока, усложняет процесс измерения, увеличивает вероятность выхода из строя отдельных механических частей, а так же при таком подходе частицы измеряемого материала контактируют непосредственно с измерительным прибором, ускоряя его износ.

Эти обстоятельства усугубляются тем, что измерения объема зерновых культур во время уборки урожая производятся в условиях больших вибрационных воздействий и наличия в составе измеряемого материала чужеродных примесей, которые не должны учитываться в общем объеме материала. Поэтому, в данном случае предпочтительно использовать бесконтактный метод измерения с использованием емкостного преобразователя (ЕП) [1].

При использовании емкостного преобразователя не представляется возможным проведение определения аналитического выражения, связывающего какой-либо параметр сигнала ЕП со значением расхода материала, прошедшего через него [2].

Экспериментально определено, что спектральная характеристика измерительного сигнала является информативным параметром, позволяющим установить количество вещества, прошедшего через датчик. Это объясняется тем, что единственная частица

вещества, проходя через датчик, вызывает единичный импульс на выходе. Соответственно, при прохождении через датчик большего количества частиц, их реакции накладываются друг на друга, образуя новый сигнал с отличной частотной характеристикой. Однако для проведения косвенных измерений требуется провести калибровку датчика.

При калибровке требуется формирование различных потоков сыпучего материала, которые соответствуют определенным значениям расхода. Моделирование потока можно осуществить при помощи системы подачи материала (рисунок 1), в состав которой входят: 1 – бункер с дозатором количества подаваемого материала, 2 – шнек, для которого доступна регулировка скорости вращения шпинделя, 3 – емкостный измерительный преобразователь. Скорость движения вещества через датчик остается постоянной за счет того, что частицы материала падают с одной и той же высоты. Таким образом, величина потока материала варьируется при помощи частоты вращения шнека.

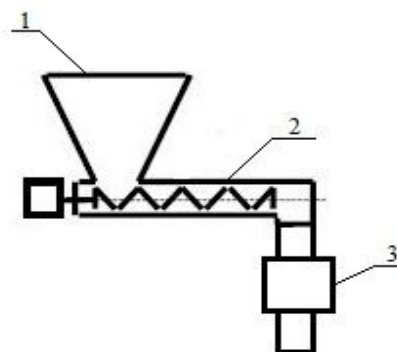


Рисунок 1 – Функциональная схема системы подачи материала

На точность такого дозатора оказывают влияние такие параметры шнека как его шаг и диаметр. Диаметр шнека обратно пропорционален точности дозирования, следовательно, диаметр шнека следует выбирать как можно меньший, но он должен не менее чем в 10 раз превышать максимальные размеры единицы транспортируемого материала. В нашем случае оптимальным значением внешнего диаметра шнека является значение в диапазоне 100–160 мм. Шаг винтовых лопастей выбирается в зависимости от характеристики дисперсности материала. Для сыпучих материалов шаг винтовых лопастей:  $S=(0,7 \dots 1,0) \cdot D$ , где  $D$  – диаметр наружный диаметр шнека.

Данные для калибровки получают экспериментально. Для этого формируются потоки с различными величинами расхода от минимального до максимального с равномерным шагом. Полученные в результате экспериментов сигналы ЭП сохраняются на носителе информации для дальнейшей обработки с помощью самописного программного продукта. Функциональная схема такой программы представлена на рисунке 2. Программа содержит 3 модуля: 1 – получение спектрального образа сигнала с помощью дискретного преобразования Фурье; 2 – обработка методами нечеткой логики; 3 – тестовый модуль, для проверки достоверности обработки сигнала.

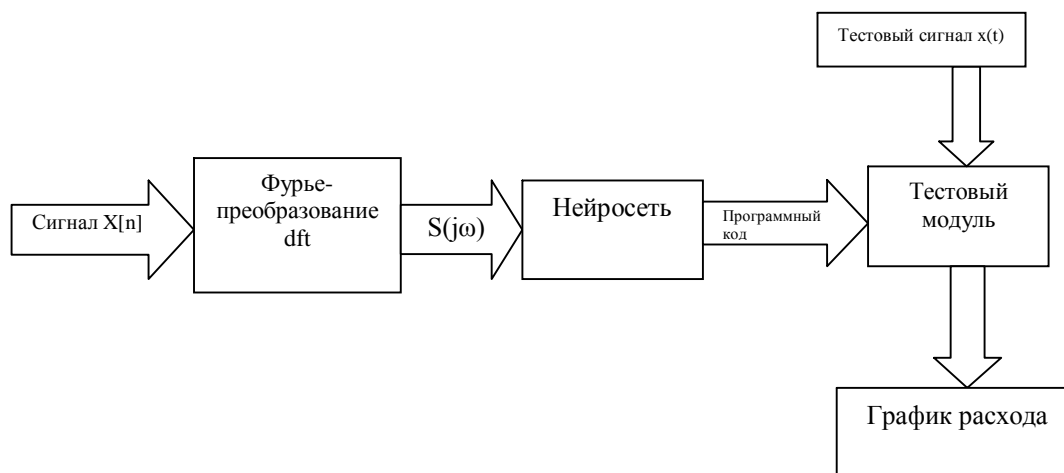


Рисунок 2 – Функциональная схема программного продукта

Программный модуль «нейросеть» устанавливает методами нечеткой логики зависимость между параметрами сигнала с величиной расхода. Для этого на основе полученного спектрального образа сигнала производится обучение нейросети. Корреляционный анализ нейросетей с различными архитектурами показал, что наиболее достоверное значение величины расхода (наибольший коэффициент корреляции) дает нейросеть архитектуры «стандартное соединение». После обучения нейросети на основании различных выборок спектральных образов сигналов, полученных с датчика как отклик на прохождение через него потока вещества определенной величины, получаем сформированный нейросетью программный код на языке программирования С. Полученный программный код в дальнейшем должен быть использован для определения количества вещества, пройденного через ЭП за определенный промежуток времени. Для контроля достоверности полученной зависимости ис-

пользуется тестовый модуль, который разбивает заранее подготовленный тестовый сигнал на фрагменты заданной длины и строит график величины расхода от времени. Тестовый сигнал формируется путем изменения величины потока по известному закону. График, полученный с помощью тестового модуля должен отражать этот закон изменения расхода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афонин, В.С. Измерение расхода сыпучего материала на основе емкостного преобразователя / В.С. Афонин // Ползуновский вестник. – 2011. – № 2 – с. 43-48.
2. Афонин, В. С. Установление зависимости спектра измерительного сигнала от плотности потока методами нечеткой логики / В. С. Афонин, Д.Е. Кривобоков, А.А. Фишер, А.И. Малявин [электронный ресурс] <http://edu.secna.ru/media/f/iit.pdf>.

**Афонин Вячеслав Сергеевич** – к.т.н., доцент, тел.: (3852) 29-09-13, e-mail: [afonin@mail.altstu.ru](mailto:afonin@mail.altstu.ru); **Малявин Антон Игоревич** – студент.