

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ДОЗИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА

*Іван Бойко, Александр Русалев, Виталий Семенцов*

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Ул. Артема 44, Харків, Україна. E-mail: khstua@lin.com.ua*

*Ivan Boyko, Alexander Rusaljev, Vitaliy Sementsov*

*Kharkov National Technical University of Agriculture after Peter Vasilenko*

*St. Artem 44, Kharkiv, Ukraine. E-mail: khstua@lin.com.ua*

**Аннотация.** В статье описано автоматизированное устройство для определения неравномерности дозирования сыпучих материалов, рассмотрена предложенная и разработанная методика, по которой рассчитывается коэффициент вариации.

**Ключевые слова:** Дозирование, неравномерность дозирования, сыпучий материал, автоматизированное устройство..

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Крупным резервом повышения продуктивности животных и снижение ее себестоимости является полноценное кормление, которое обеспечивается применением концентрированных кормов, сбалансированных по энергетической ценности, а также обогащением концентрированных кормов биологически активными кормовыми добавками [1, 2, 5, 6, 9]. В лаборатории Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. Петра Василенко изобретено устройство для смешивания сыпучих материалов [10], в котором для подачи микроэлементов и биологически активных добавок предусматривается конусный дозатор [11].

Дозирование – неотъемлемая часть технологического процесса приготовления кормов и кормовых смесей [12, 14, 18].

Очень важной задачей в дозировании сыпучих кормов является обеспечение равномерности потока сыпучего материала, т.к. этот фактор напрямую влияет на точность формирования доз [3, 4]. Определение неравномерности потока сыпучего материала – довольно трудоёмкая задача, особенно при большом количестве доз. В связи с этим, было предложено устройство, автоматически фиксирующее неравномерность потока в процессе работы дозатора.

### АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Неравномерность потока сыпучего материала, в большинстве случаев, оценивается по показателю коэффициента вариации (в процентах). Для того чтобы получить значение коэффициента вариации, необходимо взвесить все выданные дозатором порции сыпучего корма и определить составляющие коэффициента вариации по известным формулам [8, 13, 17, 19, 20].

Вопросами автоматизированного управления и измерения технологических процессов занимались Сукач М.К., Литвиненко І.М. [15, 16] и др. ученые. Однако автоматизированного устройства для определения неравномерности дозирования в литературных источниках найдено не было.

В лаборатории Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. Петра Василенка разработано устройство для определения неравномерности дозирования [7], в котором используются фоторезисторы и АЦП.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Описать автоматизированное устройство для определения неравномерности дозирования сыпучих материалов, разработать методику для определения коэффициента вариации.

### ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Определение неравномерности потока сыпучего материала – довольно трудоёмкая задача, особенно при большом количестве доз. В связи с этим, было предложено устройство, фиксирующее неравномерность потока в процессе работы дозатора, предложена и разработана методика определения неравномерности дозирования (коэффициента вариации).

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ДОЗИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА

В первую очередь была разработана и предложена конструктивная схема датчика неравномерности потока сыпучего материала. Датчик основан на высокочувствительных фоторезисторах, увеличивающих сопротивление при уменьшении уровня освещения.

Схема конструкции устройства, содержащего датчик неравномерности потока сыпучего материала, показана на рисунке 1.

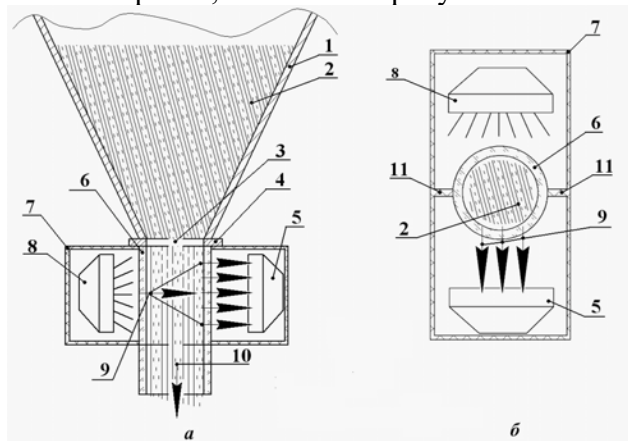


Рис. 1. Схема датчика неравномерности дозирования сыпучего материала: а) вид сбоку в разрезе; б) вид сверху в разрезе;

- 1 – стенка выпускного сопла дозатора;
- 2 – сыпучий материал;
- 3 – выпускное отверстие дозатора;
- 4 – уплотнительное кольцо;
- 5 – фоторезистор;
- 6 – стеклянная трубка;
- 7 – корпус датчика;
- 8 – светодиод повышенной яркости;
- 9 – направление потока света;
- 10 – направление дозируемого сыпучего материала;
- 11 – перегородки

Fig. 1. For the transmitter, the uneven dosing of bulk material: a) a sectional side view and b) a top view, in section: 1 - wall outlet nozzle dispenser 2 - particulate material 3 - outlet spout 4 - O-ring, 5 - photoresistor 6 - glass tube, 7 - the transducer housing 8 - LED high brightness, 9 - the flow of light, 10 - the direction of the dosing of bulk material, 11 - partitions

Датчик неравномерности дозирования сыпучего материала состоит из корпуса 7, в котором расположена стеклянная трубка 6, равная по диаметру сечению выпускному отверстию дозатора. Корпус делится на два отсека перегородками 11. В одном из отсеков расположен светодиод повышенной яркости 8, направленный на стеклянную трубку 6, а в другом – фоторезистор 5, чувствительным фотоэлементом также направленный к стеклянной трубке 6, навстречу световому потоку.

Сыпучий материал 2, проходя через стеклянную трубку 6, нарушает равномерность светового потока, вследствие чего фоторезистор изменяет своё сопротивление. На рисунке 2 показан общий вид подключенного к персональному компьютеру датчика неравномерности дозирования сыпучего материала.

Вследствие изменения фоторезистором своего сопротивления при прохождении сыпучего материала сквозь световой поток, аналого-цифровой преобразователь 3 фиксирует изменение напряжения на выходе из датчика. Изображение осциллограммы неравномерности дозирования отображается на мониторе ПК, туда же можно вывести многие другие значения, например, количество насыпанных порций (предварительно задав время насыпания одной порции), и т.д.

Устройство для определения неравномерности дозирования представляет собой комплект приборов и приспособлений, подобранных для этой цели. Общий вид устройства показан на рис. 2.

Датчик неравномерности потока сыпучего материала подсоединяется к выпускному окну дозатора. К датчику подключаются АЦП и ПК. При выключенном дозирующем устройстве, т.е. при отсутствии потока дозируемого материала, АЦП выдает выходной сигнал (в данном случае измеряется разность потенциалов) определенной величины (рис. 3, участок 1).

При включении дозатора поток сыпучего материала поступает от дозирующего устройства и проходит через выпускное окно и датчик неравномерности.

Датчик неравномерности потока сыпучего материала подсоединяется к выпускному окну дозатора. К датчику подключаются АЦП и ПК. При выключенном дозирующем устройстве, т.е. при отсутствии потока дозируемого материала, АЦП выдает выходной сигнал (в данном случае измеряется разность потенциалов) определенной величины (рис. 3, участок 1). При включении дозатора поток сыпучего материала поступает от дозирующего устройства и проходит через выпускное окно и датчик неравномерности. При этом вследствие изменения фоторезистором своего сопротивления при прохождении сыпучего материала сквозь световой поток, аналого-цифровой преобразователь фиксирует изме-

нение напряжения на выходе из датчика (рис. 3, участок 2). Изображение фрагмента осциллограммы неравномерности дозирования отображается на мониторе ПК.

Показания выходного сигнала фиксировались ежесекундно. Одновременно с графиком на мониторе ПК указывается величина разницы потенциалов (рис.4). Также на экран можно вывести и другие значения, например, количество насыпанных порций (предварительно задав время подачи одной порции), производительность в данный момент времени и т.д.

Неравномерность дозирования определяется следующим образом.

При отсутствии потока материала выходной сигнал имеет величину  $U_0$  (рис. 3, участок 1). При прохождении потока дозируемого материала через датчик неравномерности выходной сигнал изменяется до какой-либо величины  $U_i$  в зависимости от количества поступающего материала. Колебания напряжения  $U_i$

выражают неравномерность дозирования.

Определяется рабочее напряжение в каждый момент отсчета:

$$U_{pi} = U_i - U_0, \quad (1)$$

где:  $U_i$  - напряжение при прохождении дозируемого материала через датчик, В,

$U_0$  - напряжение при отсутствии сыпучего материала.

Определяется среднее арифметическое значение рабочего напряжения:

$$\bar{U}_p = \frac{\sum_{i=1}^n n_i U_{pi}}{n}, \quad (2)$$

где:  $n$  - общее количество фиксированных значений напряжения,

$U_{pi}$  - отдельное значение напряжения в каждый момент отсчета.

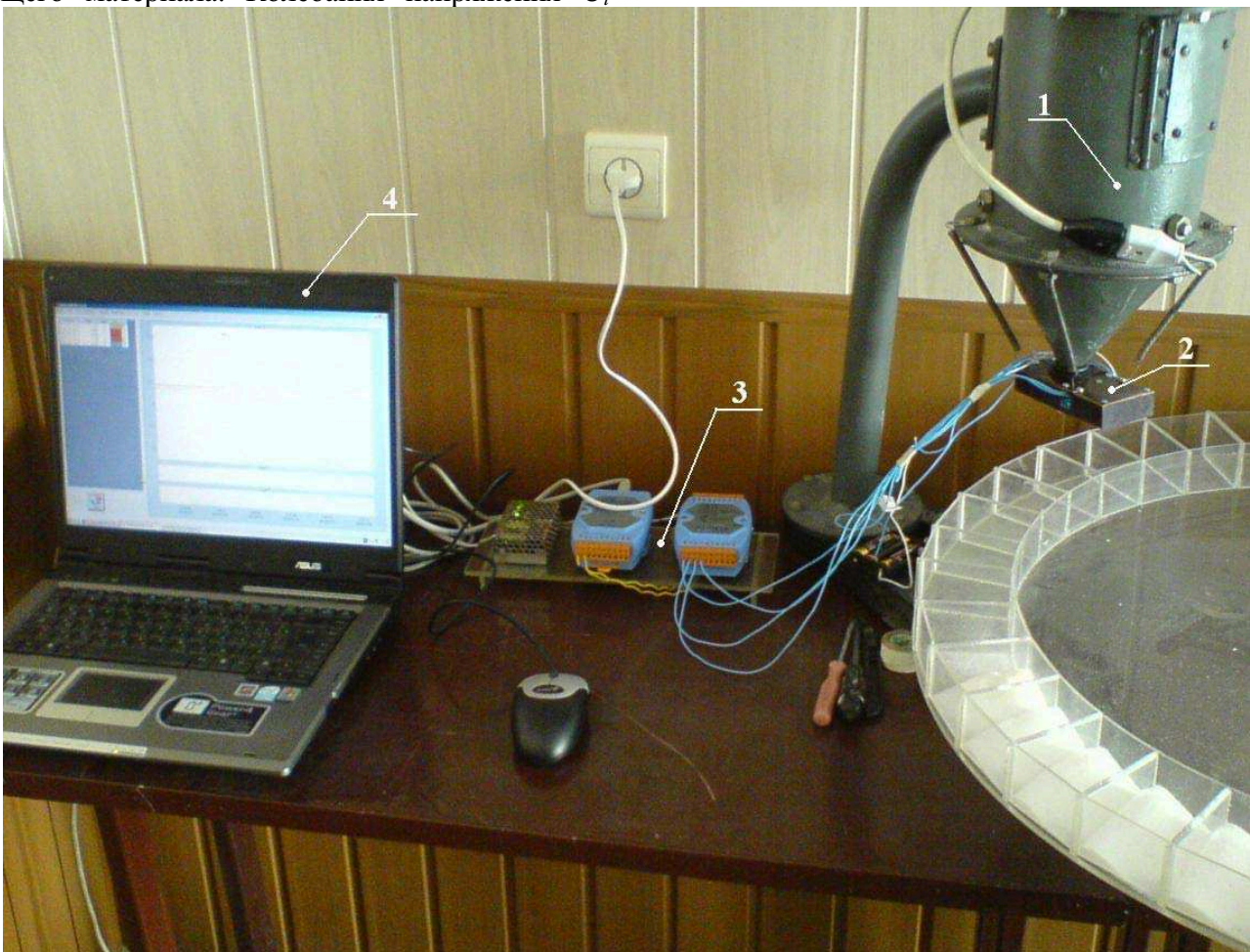


Рис.2. Общий вид устройства: 1 – дозатор сыпучих материалов; 2 – датчик неравномерности дозирования сыпучих материалов; 3 – аналого-цифровой преобразователь; 4 – персональный компьютер

Fig.2. Product Overview: 1 – metering silo; 2 – sensor uneven dosing silo; 3 – ADC; 4 – PC

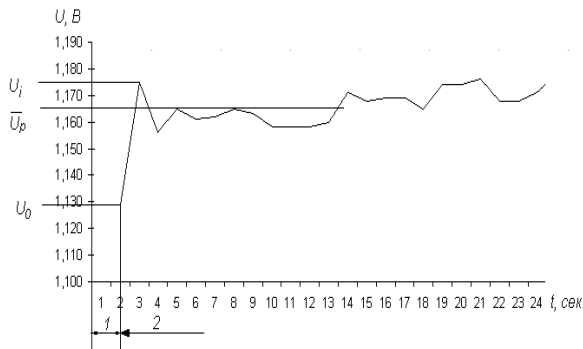


Рис.3 Фрагмент осциллограммы неравномерности дозирования  
Fig.3. A fragment of the waveform irregularity of dosing

	A	B	C
1	C	ID1_B	Время
2	0	1,129	10:01:13
3	1	1,129	10:01:14
4	2	1,175	10:01:15
5	3	1,156	10:01:16
6	4	1,165	10:01:17
7	5	1,161	10:01:18
8	6	1,162	10:01:19
9	7	1,165	10:01:20
10	8	1,163	10:01:21
11	9	1,158	10:01:22
12	10	1,158	10:01:23

Рис.4 Фрагмент таблицы данных выходного сигнала  
Fig.4. Extract data table output

Вычисляется среднее квадратичное отклонение напряжения:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (U_{pi} - \bar{U}_p)^2}{n-1}} \quad (3)$$

Исходя из этих значений, определяется коэффициент вариации (в процентах):

$$v = \frac{\sigma}{\bar{U}} \cdot 100\% \quad (4)$$

Таблица данных выходного сигнала оформлена в программном обеспечении «Excel». С помощью этого же программного обеспечения составляется программа для расчета неравномерности дозирования.

## ВЫВОДЫ

Предложенное автоматизированное устройство для определения неравномерности дозирования сыпучих материалов, а также разработанная методика определения коэффициента вариации позволяет быстро определить качественные показатели работы конусного дозатора. В дальнейшем предполагается разработать программу, которая позволяла бы по полученным графическим данным и табличным значениям мгновенно рассчитывать коэффициент вариации и выводить результат на монитор ПК.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Boyarskiy L. H. 2001. Tehnolohiya kormleniya i polnozennoe kormlenie sel'skokhozyaystvennikh zhivotnikh. - Rostov n/D : Feniks, - 208.
2. Boyko I. G., Naumenko A. A. 2007. Intensifikatsiya protsessa smeshivaniya sipuchikh kormov. Ekologiya i selskokho-zyaystvennaya tekhnika: Materialy 5-y mezhduнародnoy nauchno-prakticheskoy koferentsii – Sank-Peterburg, Tom 3. 46-54.
3. Brahinez N. V., Vol'vak S. F., Lanhazov V. V. 2002. K obosnovaniju znachimosti dozirovaniya kormiv. Zbirnik naykovukh praz' Lyhans'koho nazional'noho ahrarnoho univertsitetu : Seriya: Tekhnichni nayku. - Lyhans'k. : Vudavnuztvo LNAU, №17, 29-33.
4. Cherkun V. Ya. 2003. K vyboru kriteriya otsenki tochnosti dozirovaniya. Nauchn.- tekhn. byul. po mekh. i elektrif. zhivotnovodstva. – Zaporozhye, - 258.
5. Georgievskiy V. I., Annenkov B. N., Samokhin B. T. 1979. Mineral'noe pitanie zhivotnukh. - Moskva : Kolos, - 471.
6. Popkov N. A., Fisinin V. I., Egorov I. A. 2005. Korma i biolohicheski aktyvnie veshchestva : monografiya. / za zag. red. N. A. Popkova. – Minsk : «Belarusskaia nauka». -264.
7. Kudinov E. I., Boyko I. G., Rusalyov A. M. 2011. Ustroystvo dlya avtomatizirovannogo opredeleniya neravnomernosti dozirovaniya sypuchikh materialov / Visnik KhNTUSG. Vip. 109. – Kharkiv, 217-220.
8. Liyvakan A. A. 1978. Pogreshnosty dozirovaniya kombikormov ob'emnimi doztorami. Sbornik naychnukh trudov Estonskogo NII zhivotnovoztva I veturenariji. – Tartu, №47, 114-119.

9. Obschie printsipi normirovaniya pitaniya zhi-votnirh po detalizirovannim normam. Efektivne ptakhivnutctvo. - 2006. №4. 25-34.
10. Pat. 86538 Ukraina, MPK GO1F 11/00. Vidzentrovuy zmishuvach supychuh komponen-tiv / Boyko I. H., Pusal'ov O. M. - №a 200801430, zayvl. 04.02.2008, opubl. 27.04.2009, Byul. №8. - 3.
11. 8. Pat. 200605866 Ukraïna, MPK GO1F 11/00. Dozator sipuchikh materialiv / Boyko I. G., Shchur T. G. - №19992 ; zayavl. 29.05.06; opubl. 15.01.07, Byul. №1..
12. Roginsky G. A. 1978. Dozirovaniye sypu-chikh materialov. - M., Khimiya, - 267.
13. Smirnov N. V., Dunin-Barkovskiy I. V. 1969. Kurs teorii veroyatnostey i mate-maticheskoy statisteke. / [3-e izd., stereotipnoe]. - M.: Nauka, 512.
14. Stepuk L. Ya. 1986. Mekhanizatsiya doziro-vaniya v kormoprigotovlenii. - Minsk: Uradz-hay, 152.
15. Sukach M. K., Lytvynenko I. M., Puzakov D. V. 2007. Kompleks dlya tenzometrychnykh vymiryuvan ta upravlinnya eksperymentom / Novi tekhnolohii v budivnytsvi, № 2(14), 28-32.
16. Sukach M. K., Lytvynenko I. M., Bondar D. 2009. Systema avtomatyzovanogo keruvannya ta vymiryuvannya parametriv technolohichnykh protsesiv / Motrol, - Motorizacija I energetyka rolnictva/ - Lublin. Tom11B, 186-189.
17. Vedenyapin H. V. 1973. Obschaiy metodika eksperementalnogo issledovaniya i obrabotki opitnykh dannikh. [3-e izd., pererab. i dop.], M. : Kolos, - 198.
18. Vidineyev Yu. D. 1981. Dozatory nepreryv-nogo deystviya. - M.: Energiya, 273.
19. Yakovlev K. P. 1950. Matematicheskaya obrabotka rezultatov izmereny. - M.-L. : Gos. izd. tekhn.-teor. lit., - 388.
20. OST 70.19.2-83. Ispitanie selyskokho-zjaystvennoy tekhniki. Mashini I oborudovanie dlja prigotovleniya kormov. Programmi I metodi ispitanij. Vzamen OCT 70.19.2-74; Vved. 13.01.84. - M. : Izdatelystvo standartov, 1984. 118.

#### **DEFINITIONS OF NON-UNIFORM FEEDING OF BULK MATERIALS BY MEANS OF AUTOMATED DEVICES**

**Summary.** The paper describes an auto-mated device for determination of uneven feed-ing of bulk materials, proposals and developed the methodology used to calculate the coeffi-cient of variation.

**Key words:** Dosing, dosing uneven, loose material, automated device.