Тип статьи: научная
УДК 631.362.34
DOI: 10.35887/2305-2538-2023-3-17-23

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДОЗИРОВАНИЯ ПРИМЕСНОГО КОМПОНЕНТА ЛЕНТОЧНЫМ ПИТАТЕЛЕМ

Николай Петрович Тишанинов [1], Александр Витальевич Анашкин [2], Сергей Владимирович Емельянович [3]
[1,2,3]Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Россия
[1]vniitinlab5@mail.ru, [2]av-anashkin@mail.ru, [3]seruvarovo@yandex.ru

Автор, ответственный за переписку: Александр Витальевич Анашкин, av-anashkin@mail.ru
Corresponding author: Alexander Anashkin, av-anashkin@mail.ru

Реферат. *Установлена необходимость раздельной подачи в экспериментальный триер компонентов зерносмесей при исследовании процесса выделения длинных примесей из пшеницы. Распределительные короба без днища с размерами 0,6×0,06×0,07 м и разравниватель с регулируемым вылетом шибера предложено использовать для обеспечения равномерного распределения примесного компонента. Структура суммарной погрешности дозирования примесного компонента при интервальном контроле его потока установлена. Наибольший вес имеют погрешности отсчета интервалов времени и реакции оператора с мерными емкостями на звуковой сигнал. Установлены Взаимосвязи показателей качества дозирования: среднего квадратического отклонения (σ) и коэффициента вариации (v) с интервалом времени контроля навесок сходом с ленточного питателя при массе примеси в распределительном коробе 0,360 кг установлены, при этом с уменьшением интервала времени контроля навесок (tom) v возрастала. С изменением tom от 25 до 5 с v отобранных навесок примеси увеличивался в 5,25 раза. Вычленение двух наиболее весомых погрешностей путем суммирования масс примеси по повторностям нивелирует погрешность дискретного дозирования – отличие от эквивалентных распределенных масс составляет 0,67 – 2,33%, что вполне приемлемо для исследуемого непрерывного дозирования примеси. Тенденция снижения погрешности установлена при оценке качества дозирования примесного компонента с массой примеси в распределительном коробе mп = 0,725 кг. При росте mп в 2 раза величина коэффициента вариации для интервала времени отбора навесок tom = 5 с сократилось в 1,94 раза.*

Ключевые слова: *ленточный питатель, экспериментальный триер, примесный компонент, слой, дозирование, качество.*

EVALUATION OF THE QUALITY OF DOSING OF THE IMPURITY COMPONENT BY A BELT FEEDER

Nikolai Tishaninov [1], Alexander Anashkin [2], Sergey Emelyanovich [3]
[1,2,3]All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russia
[1]vniitinlab5@mail.ru, [2]av-anashkin@mail.ru, [3]seruvarovo@yandex.ru

Abstract. *The necessity of separate supply of grain mixture components to the experimental trier in the study of the process of separating long impurities from wheat was established. It is proposed to use distribution boxes without a bottom with dimensions of 0.6×0.06×0.07 m and a screeder with adjustable gate reach to ensure uniform distribution of the impurity component. The structure of the total error in the dosing of the impurity component during the interval control of its flow has been established. The errors in counting time intervals and the reaction of the operator with measuring containers to the sound signal have the greatest weight. Relationships between the dosing quality indicators: the standard*

deviation (σ) and the coefficient of variation (v) with the time interval for monitoring samples leaving the belt feeder with an impurity mass in the distribution box of 0.360 kg were established, while with a decrease in the time interval for monitoring samples (toot) v increased . With a change in t from 25 to 5 s, v of the sampled impurities increased by 5.25 times. Isolation of the two most significant errors by summing the masses of the impurity over repetitions eliminates the error of discrete dosing - the difference from equivalent distributed masses is 0.67 - 2.33%, which is quite acceptable for the continuous dosing of the impurity under study. with the mass of impurities in the distribution box mp = 0.725 kg. With an increase in mp by 2 times, the value of the coefficient of variation for the time interval for sampling samples tot = 5 s decreased by 1.94 times.

Keywords: *belt feeder, experimental trier, impurity component, layer, dosing, quality*.

Для цитирования: Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Емельянович С.В. Оценка качества дозирования примесного компонента ленточным питателем // Наука в Центральной России. 2023. Т. 63, № 3. С. 17-23. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-3-17-23.

For citation: Tishaninov N., Anashkin A., Emelyanovisch S. Evaluation of the quality of dosing of the impurity component by a belt feeder. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2023; 63(3): 17-23. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-3-17-23.

Введение. При исследовании ячеистых поверхностей до сих пор остается нерешенной задача качественного приготовления зерносмеси и обеспечения постоянства ее состава на протяжении времени опытов. Ранее нами было установлено, что при свободном истечении зерносмеси из технологических емкостей вследствие сегрегации компонентов их соотношение может существенно меняться [1, 2], что исключает обеспечение воспроизводимости условий опытов и искажает результаты. В связи с этим для исследований качественных параметров процесса триерной очистки пшеницы от длинных примесей нами предложен экспериментальный триер, обеспечивающий раздельную подачу компонентов зерносмеси: основную культуру (пшеницу) – с помощью накопительного бункера с оттарированной шиберной заслонкой, длинную примесь (овес) – с помощью ленточного питателя [3].

Преимуществами ленточного питателя по сравнению с другими рабочими органами [4 - 7] являются отсутствие травмирования частиц примеси и получение заданного соотношения компонентов зерносмеси при качественном распределении примесного слоя на ленте питателя. Вместе с тем процесс дозирования сыпучих материалов имеет ряд особенностей [8 - 10], что обуславливает необходимость дополнительных исследований качества дозирования примесного компонента ленточным питателем.

Материалы и методы. Исследования проводили на натурном ленточном питателе. Длина ленты питателя составляла 2 м, ширина ленты – 180 мм, буртики по краям ленты шириной 10 мм и высотой 12 мм. Привод питателя осуществлялся от электродвигателя мощностью 1,5 кВт с частотой вращения 1480 об/мин через червячный редуктор с передаточным числом 40, одну клиноременную и две цепные понижающие передачи, что обеспечивает движение ленты со скоростью 0,02 м/с. Общий вид питателя представлен на рисунке 1.

Для распределения примесного слоя по длине ленты питателя изготовлены распределительные короба длиной 0,6 м, высотой 0,07 м и шириной внутри 0,06 м. Короба имеют на передней стенке по ходу ленты перекрывающие боковые ограничители, которые при подъеме предыдущего распределительного короба предотвращают перетекание примесного компонента в зону последующего.

Питатель смонтирован на раме, охватывающей исследуемый ячеистый цилиндр. Он имеет возможность осевого (продольного) перемещения, что позволяет вариативно по условиям привязки подавать примесный компонент в триер. Для удобства работы оператора ниже полотна ленты (на 0,25 м) размещена полка, на которой размещаются временно снимаемые с ленты распределительные короба и лейка с примесным компонентом. Оператор при обслуживании питателя перемещается по установленной подставке высотой 0,6 м и длиной, соизмеримой с ленточным питателем.

В качестве примесного компонента использован овес с массой 1000 частиц 35,14 г, насыпной плотностью 529 кг/м^3 и влажностью 11,5%. Расчетная высота слоя примесного компонента в коробе шириной 0,06 м и высотой 0,07 м применительно к моделированию процесса с исходной засоренностью зерносмеси в 3% составляет 0,0384 м, а вылет регулируемого шибера разравнивателя составил 0,031 м.

Настройка разравнивателя позволяет при минимальных движениях оператора выравнивать примесный слой в распределительном коробе не контролируя процесс, что позволяет сокращать оперативное время на эту наиболее трудоемкую операцию. На рисунке 1 оператор производит операцию заполнения примесным компонентом распределительного короба, а на рисунке 2 − разравнивание примесного слоя устройством шиберного типа.

Рисунок 1 – Общий вид ленточного питателя

Рисунок 2 − Разравнивание примесного слоя устройством шиберного типа

Аналогичные расчеты были проведены для моделирования исходной засоренности зерносмеси в 2%, когда высота слоя в распределительном коробе составила 0,0256 м, а рабочая длина шибера разравнивателя − 0,044 м. При исходной засоренности зерносмеси в 1% расчетная толщина примесного слоя в распределительном коробе составила 0,0128 м, а вылет шибера разравнивателя – 0,057 м.

В начале опытов производили первичное распределение примесного слоя по всей его длине, начиная с первого распределительного короба от схода примеси. При выполнении операции разравнивания корректировали расчетный вылет шибера. Необходимость в этом объясняется тем, что насыпная плотность примеси при ее размещении в распределительных коробах имеет несколько другое значение, она на 2-3% отличается от исходной.

Отбор навесок примесного компонента производили мерными емкостями, устанавливаемыми под его сходом с ленты питателя. Интервалы времени отбора навесок примеси составляли – 5, 10,

15, 20 и 25 с. Опыты проводили с 5-ти кратной повторностью. Величины навесок контролировались с точностью до 1 г. Оценку качества дозирования примесного компонента проводили с помощью общепринятых показателей – среднеквадратического отклонения (σ) и коэффициента вариации (*v*).

Результаты и обсуждение. Суммарная погрешность дозирования рабочей среды при интервальном по времени контроле ее потока складывается из нескольких составляющих. Применительно к рассматриваемому случаю они будут следующими:

$$\delta_{\sum} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4, \quad (1)$$

где $\delta_{\sum}$ – суммарная погрешность дозирования примесного компонента, %;

δ_1 – погрешность отсчета интервалов времени, %;

δ_2 – погрешность реакции операторов с мерными емкостями на звуковой сигнал, %.

δ_3 – погрешность заполнения распределительных коробов примесным компонентом, %;

δ_4 – погрешность размещения распределительных коробов на ленте питателя, %.

При непрерывном отборе навесок контролер интервалов времени одновременно отсчитывает повторности с целью своевременного перехода на следующий интервал. Поэтому он отвлекается и допускает существенные отклонения (δ_1) в отсчете времени и подаче сигналов оператору с мерными емкостями. Кроме того, отсчет меняющихся интервалов времени дополнительно дезориентирует его, что передается оператору с мерными емкостями и дополняет погрешность его реакции (δ_2) на их смену под потоком сходящей с ленты примеси.

Погрешность δ_3 даже при значительных параметрах сечения распределительных коробов ($b_к$ = 0,06 м; $h_к$ = 0,07 м) может достигать существенных значений (2-3%), так как соотношение размеров частиц примеси (см. рисунок 3 и таблицу 1) и сечения распределительных коробов по М. Рейнеру [11] не соответствует требованиям однородности рабочей среды (для условно однородной среды соотношение должно быть не менее 10). Кроме того, погрешность дозирования примеси δ_3 увеличивается при многократном использовании примесного материала, когда подминается внешняя цветковая оболочка зерновок овса.

Таблица 1 – Вариационный ряд распределения длины частиц овса

Интервал	7,0-7,9	8,0-8,9	9,0-9,9	10,0 - 10,9	11,0 - 11,9	12,0 - 12,9	13,0 - 13,9	14,0 - 14,9	15,0 - 15,9
Частота (*f*), %	3	4	7	11	23	28	16	6	2

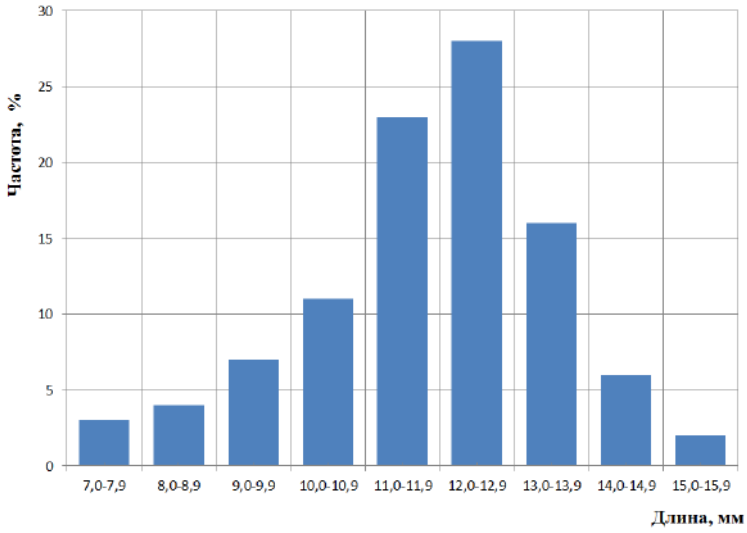

Рисунок 3 – Распределение длины примесных частиц

Поэтому плотность формируемых в распределительных коробах примесных монолитов будет варьировать в некотором диапазоне. Погрешность дозирования примеси (δ_4) обусловлена вариативностью параметров сечения распределительных коробов и точности их стыковки торцевыми поверхностями на ленте питателя. Она незначительна в сравнении с δ_1 и δ_2 при качественном изготовлении распределительных коробов и неспешной их установке на ленте питателя, что позволяет обеспечить резерв оперативного времени при совмещении основных операций распределения примеси на ленте с временем ожидания и резервировании перевалочных емкостей.

Взаимосвязь показателей качества дозирования примеси при ее массе $m_п$ = 0,360 кг в распределительном коробе с интервалами времени отбора навесок представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость σ и v от $t_{от}$ при $m_п$ = 0,360 кг

Интервалы времени отбора ($t_{от}$) навесок, с	$m_{\sum расч}$	$m_{\sum факт}$	Навески в повторностях (q_1), г					$\bar{q}$, г	σ, г	v, г
			1	2	3	4	5			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	300	298	50	60	71	62	55	59,6	7,89	13,24
10	600	586	120	106	127	127	106	117,2	10,62	9,06
15	900	921	189	182	189	169	192	184,2	9,26	5,03
20	1200	1205	238	257	225	242	243	241,0	11,47	4,76
25	1200	1206	302	304	291	309	–	301,5	7,59	2,52

Из таблицы 2 видно, что с уменьшением интервала времени отбора навесок вариативность (v) их масс возрастает. При $t_{от}$ = 5 с коэффициент вариации отобранных масс примеси в 5,25 раз больше, чем при $t_{от}$ = 25 с. Данные таблицы 2 отражают общеизвестную логику взаимосвязи $v = f(t_{от})$ и подтверждают большой вклад составляющих δ_1 и δ_2 в вариативность навесок q_i.

Это подтверждается сопоставлением величин $m_{\sum расч}$ и $m_{\sum факт}$, когда составляющие суммарной погрешности дозирования δ_1 и δ_2 нивелируются. Величина $m_{\sum расч}$ определяется по формуле:

$$m_{\sum расч} = V_л\, t_{от}\, n_п\, m_п / l_к, \quad (2)$$

где $V_л$ – скорость ленты питателя, м/с;
$n_п$ – число повторностей в конкретном опыте, шт.;
$m_п$ – масса примеси в распределительном коробе, г;
$l_к$ – длина распределительного короба, м;
$t_{от}$ – интервал времени отбора навесок примеси, подаваемой лентой питателя, с.

Расчетные величины суммарных (по числу повторностей) масс примеси дана во 2-ом столбце таблицы 2, а суммарные фактические массы навесок (q_i) в столбцах 4-8 показаны в столбце 3. Их сопоставление показывает, что при нивелировании составляющих суммарной погрешности δ_1 и δ_2, качество дозирования примеси ленточным питателем несоизмеримо выше. Разница фактически отобранных мерными емкостями масс от расчетных составляет 0,67 – 2,33 %.

Произведенное выше нивелирование результатов эксперимента по погрешностям δ_1 и δ_2 вполне оправдано, так как в реальном технологическом процессе дозирование примесного компонента является непрерывным, для которого составляющие δ_1 и δ_2 не характерны. Структура формулы (1) адаптирована к дискретному дозированию рабочих сред и традиционным методикам оценки σ и v. При наличии совершенных средств отсчета времени опытов и исполнительных механизмов формула (1) имеет универсальное применение. В иных случаях (в том числе в изложенном выше) общий подход является ориентиром, но требует методической доработки.

Установленный уровень погрешности вполне подтверждает применимость разработанного ленточного питателя для подачи примеси в экспериментальный триер, обеспечивая воспроизводимость условий опытов по исходной засоренности. Выполненная выше процедура

нивелирования экспериментальных данных обоснована существенной продолжительностью опытов (до 20 мин) из-за значительного периода стабилизации процесса после смены условий опытов по определяющим факторам – подаче основной культуры (W), исходной засоренности ($З_и$), скорости вращения ячеистого цилиндра (n), углового положения выводного лотка (γ).

Взаимосвязь показателей качества дозирования примеси от интервала времени отбора навесок $t_{от}$ при $m_п$ = 0,725 кг представлены в таблице 3. Данные таблицы 3 подтверждают известное положение о снижении погрешности измерений при увеличении базы отсчета. При росте $m_п$ в 2 раза величина v для $t_{от}$ = 5 с сократилась в 1,94 раза.

Выводы. Оценка качества дозирования примеси, выполненная по традиционной методике, в большей степени подходящей к дискретным технологическим процессам, подтвердила логически обоснованные взаимосвязи результатов (σ, v) с условиями проведения эксперимента. Для непрерывного дозирования примеси ленточным питателем необходима доработка методики в части уточнения потенциального состава источников погрешностей и снижения их влияния на объективность оценки результативных показателей.

Таблица 3 – Зависимость σ и v от интервала замеров ($t_{от}$) при $m_п$ = 0,725 кг

Интервалы времени отбора ($t_{от}$) навесок, с	Навески в повторностях (q_i), г					$\bar{q}$, г	σ, г	v, %
	1	2	3	4	5			
1	2	3	4	5	6	7	9	10
5	–	120	122	110	130	120,5	8,23	6,83
10	240	240	260	235	250	245	10	4,08
15	370	370	370	375	370	371	2,24	0,60
20	500	480	510	490	485	493	12,04	2,44
25	625	620	630	–	–	625	5	0,80

Список источников

1. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Новые резервы управления качеством очистки зерна / В сборнике: Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Материалы Международной научно-технической конференции: в 3-х томах. 2014. С. 266-272.

2. Анашкин А.В. Методические особенности экспериментальных исследований процесса сегрегации зерносмесей при истечении из технологических емкостей / В сборнике: Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции - новые технологии и техника нового поколения для АПК. Сборник научных докладов XX Международной научно-практической конференции. 2019. С. 87-91.

3. Тишанинов Н.П., Емельянович С.В. Обоснование параметров ленточного питателя для подачи примеси в экспериментальный триер // Наука в центральной России. − 2023. − № 1 (61). – С. 5-13.

4. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Колос – 1983. − 495 с.

5. Кожевников С.Н., Есипенко Я.И., Раскин Я.М. Механизмы / Справочник. Изд. 4-е перераб. и доп. Под ред. С.Н. Кожевникова. – М.: Машиностроение. – 1976. – 784 с., ил.

6. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. – Л.: Колос. – Ленингр. отд-ние. – 1978. – 560 с., ил.

7. Сыроватка В.И. Машинные технологии приготовления комбикормов в хозяйстве. – М.: ГНУ ВНИИМЖ. – 2010. – 248 с.

8. Ведищев С.М., Прохоров А.В., Глазков А.Ю. Анализ дозаторов кормов // Вопросы современной науки и практики. Университет им В.И. Вернадского. - 2014. - №1(50). - С.103-108.

9. Кононов Б.В., Пульчев И.К. Классификация дозирующих устройств для сыпучих материалов // Механизация животноводческих ферм: Сб. науч. работ. СИМСХ им. М.И. Калинина. – Саратов, 1978. - С. 44-51.

10. Мороз Ю.Д, Ширшова В.В. Эффективность совершенствования системы управления дозированием кормов // Механизация и электрификация сельского хозяйства.-№4.-1990.-С. 31-32.

11. Рейнер М. Реология. Пер. с англ. Н.И. Малинина. – М.: Наука, 1965. 224 с.

References

1. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. New reserves of grain cleaning quality management / In the collection: Scientific and technological progress in agricultural production. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference: in 3 volumes. 2014. S. 266-272.

2. Anashkin A.V. Methodological features of experimental studies of the process of segregation of grain mixtures when flowing out of technological tanks / In the collection: Improving the efficiency of resource use in the production of agricultural products - new technologies and new generation equipment for the agro-industrial complex. Collection of scientific reports of the XX International Scientific and Practical Conference. 2019. S. 87-91.

3. Tishaninov N.P., Emelyanovich S.V. Substantiation of the parameters of a belt feeder for feeding impurities into an experimental trier // Science in Central Russia. - 2023. - No. 1 (61). - P. 5-13.

4. Karpenko A.N., Khalansky V.M. Agricultural machines. Agricultural equipment. 5th ed. revised and additional - M.: Kolos - 1983. - 495 p.

5. S. N. Kozhevnikov, Ya. I. Esipenko, and Ya. Mechanisms / Handbook. Ed. 4th revision and additional Ed. S.N. Kozhevnikov. – M.: Mashinostroenie. - 1976. - 784 p., ill.

6. Melnikov S.V. Mechanization and automation of livestock farms. - L .: Kolos. - Leningrad. dept. - 1978. - 560 p., ill.

7. Syrovatka V.I. Machine technologies for the preparation of animal feed on the farm. – M.: GNU VNIIMZH. - 2010. - 248 p.

8. Vedischev S.M., Prokhorov A.V., Glazkov A.Yu. Analysis of feed dispensers // Questions of modern science and practice. University named after V.I. Vernadsky. - 2014. - No. 1 (50). - P.103-108.

9. Kononov B.V., Pulchev I.K. Classification of dosing devices for bulk materials // Mechanization of livestock farms: Sat. scientific works. SIMSH them. M.I. Kalinin. - Saratov, 1978. - S. 44-51.

10. Moroz Yu.D., Shirshova V.V. The efficiency of improving the feed dosing control system // Mechanization and electrification of agriculture.-№4.-1990.-S. 31-32.

11. Reiner M. Rheology. Per. from English. N.I. Malinin. – M.: Nauka, 1965. 224 p.

Информация об авторах

Н.П. Тишанинов - доктор технических наук, профессор; А.В. Анашкин - доктор технических наук; С.В. Емельянович – младший научный сотрудник.

Information about the authors

N. Tishaninov - Doctor of Technical Sciences, Professor; A. Anashkin - Doctor of Technical Sciences; S. Emelyanovich – junior researcher.

Вклад авторов все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: *all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication*.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию (Received): 01.06.2023 Принята к публикации (Accepted): 24.06.2023