Тип статьи: научная
УДК 631.362.34
DOI: 10.35887/2305-2538-2023-3-7-16

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСХОДНОЙ ЗАСОРЕННОСТИ ЗЕРНОСМЕСИ ПО ВЕЛИЧИНЕ ЗАГРУЗКИ ТРИЕРА И ПАРАМЕТРАМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ КОРОБОВ

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. *Выполнены исследования качества дозирования примесного компонента при малых режимах загрузки экспериментального триера и малой исходной засоренности длинной примесью с помощью трех распределительных коробов с размерами: 600×14×13 мм; 600×24×13 мм; 600×24×21 мм. Установлены показатели качества дозирования – среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации для единичных, парных, тройных, четверных и пятерных выгрузок распределительных коробов, характеризующих требуемую погонную плотность распределения примесного компонента на ленте питателя. Установлено, что применение указанных коробов обеспечивает высокую стабильность дозирования. Коэффициент вариации при разных условиях их загрузки не превышает 4,75 %. Заполнение коробов с размерами 600×14×13 мм со встряхиванием примеси обеспечивает более высокое качество дозирования: среднеквадратическое отклонение ниже на 18,9 – 47,32 %, коэффициент вариации – на 23,96 – 49,45 % для разной кратности выгрузки коробов при формировании линейной плотности примесного слоя на ленте. На основе выполненных расчетов установлен ряд модельных составов зерносмесей, обеспечивающих для подачи 1,2 т/ч вариативность исходной засоренности в диапазоне 0,46 – 6,65 %; для подачи 1,83 т/ч диапазон исходной засоренности 0,3 – 4,3 %; для подачи 2,45 т/ч диапазон исходной засоренности 0,22 – 3,25 %; для подачи 3,07 т/ч диапазон исходной засоренности 0,18 – 2,6 %; для подачи 3,71 т/ч диапазон исходной засоренности 0,15 – 2,15 %; для подачи 4,35 т/ч диапазон исходной засоренности 0,125 – 1,8 %. Для каждого диапазона исходной засоренности распределительные короба малого поперечного сечения обеспечивают 20 интервальных значений с минимальным шагом, что позволяет качественно управлять экспериментом при использовании зерносмеси с малыми значениями засоренности зерносмеси и производительности триера.*

Ключевые слова: *экспериментальный триер, зерносмесь, примесный компонент, исходная засоренность, дозирование, качество, моделирование.*

MODELING OF THE INITIAL POLLUTION OF THE GRAIN MIX BY THE LOADING OF THE TRIERE AND THE PARAMETERS OF THE DISTRIBUTION BOXES

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. *Investigation of the dosing quality of the impurity component at low loading conditions of the experimental trier and low initial clogging with a long impurity using three distribution boxes with dimensions: 600 × 14 × 13 mm; 600×24×13 mm; 600×24×21 mm are made. Dosing quality indicators - the standard deviation and the coefficient of variation for single, pair, triple, quadruple and five*

distributing boxes, characterizing the required linear density of the distribution of the impurity component on the feeder belt, have been established. It has been established that the use of these boxes provides high dosing stability. The coefficient of variation under different conditions of their loading does not exceed 4.75%. Filling boxes with dimensions of 600×14×13 mm with shaking of impurities provides a higher quality of dosing: the standard deviation is lower by 18.9 - 47.32%, the coefficient of variation is by 23.96 - 49.45% for different frequency of unloading boxes at formation of the linear density of the impurity layer on the tape. A number of model compositions of grain mixtures, providing for the supply of 1.2 t / h, the variability of the initial contamination in the range of 0.46 - 6.65%; for the supply of 1.83 t/h, the range of initial contamination is 0.3 - 4.3%; for the supply of 2.45 t/h, the range of initial contamination is 0.22 - 3.25%; for the supply of 3.07 t/h, the range of initial contamination is 0.18 - 2.6%; for the supply of 3.71 t/h, the range of initial contamination is 0.15 - 2.15%; for the supply of 4.35 t/h, the range of initial contamination is 0.125 - 1.8%. established on the basis of the performed calculations. Distribution boxes of small cross section provide 20 interval values with a minimum step for each range of initial contamination, which allows you to qualitatively control the experiment when using a grain mixture with low values of contamination of the grain mixture and productivity of the trier.

Keywords: *experimental trier, grain mixture, impurity component, initial contamination, dosing, quality, modeling.*

Для цитирования: Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Емельянович С.В. Моделирование исходной засоренности зерносмеси по величине загрузки триера и параметрам распределительных коробов // Наука в Центральной России. 2023. Т. 63, № 3. С. 7-16. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-3-7-16.

For citation: Tishaninov N, Anashkin A., Emelyanovisch S. Modeling of the initial pollution of the grain mix by the loading of the triere and the parameters of the distribution boxes. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2023; 63(3): 7-16. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-3-7-16.

Введение. Серийно выпускаемые триеры и триерные блоки [1–4] имеют существенные ограничения эффективности использования по показателям производительности и качества технологического процесса [5–7]. Совершенствование триерных технологий возможно лишь на основе глубоких исследований взаимосвязей качественных показателей процесса триерной очистки зерна с настроечными и режимными параметрами работы триера [8, 9]. Однако таких исследований крайне мало из-за недостатков существующих методов и средств экспериментальных исследований [10]. В частности, возникают сложности в обеспечении воспроизводимости экспериментов по стабильности состава исследуемой зерносмеси в течение времени опытов. При использовании бункерных питателей это условие обеспечить невозможно из-за сегрегации компонентов зерносмеси при опорожнении бункера – концентрация примесного компонента во время опыта изменяется в несколько раз [11, 12]. Для исключения указанного недостатка нами предложен экспериментальный триер [13], в котором реализована раздельная подача компонентов зерносмеси. Длинная примесь подается с помощью ленточного транспортера. Однако, для обеспечения условий опытов с невысокими значениями $З_и$ и W необходимы дополнительные исследования качества дозирования примесного компонента с помощью распределительных коробов малого поперечного сечения при разных условиях их заполнения.

Материалы и методы. Исследования проводили с помощью частной методики оценки погрешности дозирования примесного компонента с использованием распределительных коробов длиной 600 мм и малыми размерами поперечных сечений: 14 × 13 мм, 24 × 13 мм и 24 × 21 мм, рисунок 1.

Оценку качества дозирования производили в следующем порядке. Поочередно каждый из распределительных коробов заполняли примесным компонентом 25 раз, выгружали опрокидыванием и взвешивали с точностью до сотых долей грамма. Затем по пяти первым взвешиванием с использованием общепринятой методики [14, 15] определяли показатели качества дозирования – среднеквадратическое отклонение (σ) и коэффициент вариации (v).

Рисунок 1 – Общий вид распределительных коробов

Далее, предполагая набирать необходимую погонную плотность распределения примесного компонента на ленте питателя числом выгрузок (от одной до пяти) соответствующих распределительных коробов производили оценки σ и *v* по парным, тройным, четверным и пятерным выгрузкам применительно к каждому из 3-х числовых рядов из 25-ти взвешиваний. Заполнение распределительных коробов производили свободнонасыпным способом и со встряхиванием. Лишние частицы примеси удаляли с распределительных коробов плоским разравнивателем, рисунок 2.

Рисунок 2 – Заполнение распределительных коробов примесью

Результаты и их обсуждение. Принципиальное отличие исследований качества дозирования примесного компонента в указанных выше условиях реализации технологического процесса заключается в том, что для распределения примесного компонента на ленте питателя используются распределительные короба малого сечения с днищем и возможностью опорожнения опрокидыванием. Такой вариант не мог быть использован при больших дозировках примесей, так как опрокидывание распределительных коробов с площадью поперечного сечения 42 см^2 привело бы к большим технологическим потерям на ленте питателя шириной 180 мм. Более того, такой способ распределения примесного компонента на ленте при больших дозировках существенно снижал бы показатель равномерности распределения.

Вторым принципиальным отличием оценки качества дозирования примесного компонента при малых режимах загрузки триера и малой исходной засоренности зерносмеси заключается в том, что из суммарной погрешности процесса дозирования исключены две составляющие – погрешность контроля времени и погрешность реакции оператора на звуковой сигнал. Они не характеризуют реальный технологический процесс, который является непрерывным и дозировка примесного компонента в нем зависит только от качества распределения примесного слоя на ленте питателя.

Исключенные составляющие суммарной погрешности характерны для традиционного метода оценки качества дозирования, когда качество процесса не предопределено подготовительными работами, когда не вполне ясны источники формирования суммарной погрешности отводимого

потока рабочей среды, когда к показателям равномерностей отводимого потока не предъявляются высокие требования.

При исследовании качества работы ленточного питателя, когда используются распределительные короба без днища с большим поперечным сечением опасения за качество дозирования рабочей среды не возникают даже при традиционном методе его оценки. Результаты исследований показали, что независимо от погрешности отсчета времени и реакции оператора на звуковой сигнал суммарная погрешность при максимальной загрузке ленты питателя не выходит за допустимые пределы – она не превышает 5%. Это достаточный уровень для исследования процесса дозирования примесного компонента.

Другим основанием для использования традиционного метода оценки качества дозирования отводимых потоков рабочей среды является знание зависимости оценочных показателей от интервалов времени контроля отбираемых проб. Это взаимосвязь обратная – чем меньше интервал времени отбора проб, тем выше показатели неравномерности. Поэтому она может быть учтена и выделена из суммарной.

В реальных технологических процессах интервалы времени контроля навесок при оценке неравномерности материальных потоков обосновываются. Например, для конкретного рабочего органа кормораздающих машин ориентиром выбора интервала времени замеров навесок будет норма выдачи корма конкретному животному согласно технологическому регламенту. Аналогичные подходы используются при назначении интервалов времени контроля отбираемых навесок рабочей среды при исследовании питателей, включенных в состав расфасовочных технологических линий в пищевой промышленности, в производстве промышленных материалов и др. Чаще всего в этих технологиях используется объемный способ дозирования при расфасовке материалов, а после нее проводится весовой контроль с указанием его результатов и цены на упаковке.

Исследуемый ленточный питатель используется для раздельной подачи примесного компонента в зерносмесь при изучении ячеистых поверхностей. Для этого процесса характерен длительный промежуток времени стабилизации по основным характеристикам, а отбор проб по оценке остаточной засоренности зерна производится после стабилизации процесса и не имеет жесткого регламента по времени. Поэтому выбранный способ оценки качества дозирования примесного компонента в зерносмесь, когда источником погрешности является только качество распределения примесного слоя на ленте питателя, является приемлемым.

Особенностями методики оценки равномерности дозирования примесного компонента ленточным питателем на малых дозировках является следующее: используются короба длиной 0,6 м с днищем; разгрузка их производится опрокидыванием; короба имеют вариативность по параметрам сечения (ширина × высота) – 14 × 13 мм, 24 × 13 мм, 24 × 21 мм. Состав сечений коробов выбран с тем, чтобы расширить диапазон моделирования дозировок примесного компонента в зерносмесь на малых режимах загрузки.

Моделируемые варианты дозировки примесного компонента в зерносмесь на малых режимах подачи основной культуры могут быть реализованы кратной разгрузкой конкретного короба на одном и том же участке ленты питателя. Этот подход упрощает методику исследований.

Качество дозирования при формировании слоя примеси на ленте коробами сечением 14×13 мм оценивали по вариативности массы примеси в коробах, таблица 1.

Для оценки качества дозирования единичными выгрузками на участок ленты определено среднее значение масс пяти навесок $\bar{m}_{n_1} = 45,51 г$, среднеквадратическое отклонение (σ_1) по формуле (1) и коэффициент вариации (ν_1) по формуле (2):

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{5}(m_{n_i} - \bar{m}_n)^2}{5}} = 2,16\ г\ ; \quad (1)$$

$$\nu_1 = \sigma_1 / \bar{m}_n \times 100\% = 4,75\% \quad (2)$$

где i – 1; 2; 3; 4; 5; m_{n_i} – масса примеси в i-м коробе, г.

Таблица 1 – Замеры масс примеси в коробах $l_к$ = 600 мм; $b_к$ = 14 мм; $h_к$ = 13 мм при их свободнонасыпном заполнении

Масса примеси по номерам коробов, г													
№ зам.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$m_п$, г	45,04	43,6	49,47	43,61	45,85	43,89	43,31	44,16	44,44	42,92	42,06	40,92	49,98
№ зам.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
$m_п$, г	43,65	39,18	40,61	39,47	46,22	42,33	42,11	44,31	42,96	42,99	40,91	43,64	

Для оценки качества дозирования попарными выгрузками на участок ленты определены значения их масс: $m_{n_1}+m_{n_2}=88,64\,г$; $m_{n_3}+m_{n_4}=93,08\,г$; $m_{n_5}+m_{n_6}=89,74\,г$; $m_{n_7}+m_{n_8}=87,47\,г$; $m_{n_9}+m_{n_{10}}=87,36\,г$.

Среднее значение для попарных масс определяется по формуле:

$$\bar{M}_{n_2}=\sum_{i=1}^{9}(m_{n_i}+m_{n_{i+1}})/5=89,26\,г \qquad (3)$$

где i – нечетные числа;

Среднеквадратическое отклонение для попарных масс (σ_2) определяется по формуле (4), коэффициент вариации (ν_2) – по формуле (5).

$$\sigma_2=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{5}(M_{n_{i_2}}-\bar{M}_{n_2})^2}{5}}=2,10\,г \qquad (4)$$

$$\nu_2=\sigma_2/\bar{M}_{n_2}\times 100\%=2,35\% \qquad (5)$$

Далее определены показатели дозирования тройными массами:

$m_{n_1}+m_{n_2}+m_{n_3}=138,11г$; $m_{n_4}+m_{n_5}+m_{n_6}=133,35г$; $m_{n_7}+m_{n_8}+m_{n_9}=131,91г$;

$m_{n_{10}}+m_{n_{11}}+m_{n_{12}}=125,9\,г$; $m_{n_{13}}+m_{n_{14}}+m_{n_{15}}=132,81г$.

Среднее значение для тройных масс определяется по формуле (6), среднеквадратическое отклонение (σ_3) – по формуле (7), коэффициент вариации (ν_3) – по формуле (8).

$$\bar{M}_{n_3}=\sum_{j=1}^{13}(m_{n_j}+m_{n_{j+1}}+m_{n_{j+2}})/5=132,42\,г; \qquad (6)$$

где j – числа ряда – 1; 4; 7; 10; 13.

$$\sigma_3=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{5}(M_{n_{i_3}}-\bar{M}_{n_3})^2}{5}}=3,90\,г; \qquad (7)$$

$$\nu_3=\sigma_3/\bar{M}_{n_3}\times 100\%=2,95\%. \qquad (8)$$

Аналогично определены показатели дозирования четверными массами: $m_{n_1}+m_{n_2}+m_{n_3}+m_{n_4}=181,72г$; $m_{n_5}+m_{n_6}+m_{n_7}+m_{n_8}=177,2$ $m_{n_9}+m_{n_{10}}+m_{n_{11}}+m_{n_{12}}=170,34\,г$; $m_{n_{13}}+m_{n_{14}}+m_{n_{15}}+m_{n_{16}}=173,42\,г$; $m_{n_{17}}+m_{n_{18}}+m_{n_{19}}+m_{n_{20}}=170,13г$.

Среднее значение для четверных масс определяется по формуле (9), среднеквадратическое отклонение (σ_4) – по формуле (10), коэффициент вариации (ν_4) – по формуле (11).

$$\bar{M}_{n_4}=\sum_{i=1}^{17}(m_{n_i}+m_{n_{i+1}}+m_{n_{i+2}}+m_{n_{i+3}})/5=174,56\,г; \qquad (9)$$

где i – числа ряда – 1; 5; 9; 13; 17.

$$\sigma_4 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{5}(M_{n_{i_4}} - \bar{M}_{n_4})^2}{5}} = 4,41\ г; \quad (10)$$

$$\nu_4 = \sigma_4 / \bar{M}_{n_4} \times 100\% = 2,52\ \%. \quad (11)$$

Для пятерных масс получены следующие результаты: $m_{n_1} + m_{n_2} + m_{n_3} + m_{n_4} + m_{n_5} = 227,57\ г$; $m_{n_6} + m_{n_7} + m_{n_8} + m_{n_9} + m_{n_{10}} = 218,72\ г$; $m_{n_{11}} + m_{n_{12}} + m_{n_{13}} + m_{n_{14}} + m_{n_{15}} = 215,79\ г$; $m_{n_{16}} + m_{n_{17}} + m_{n_{18}} + m_{n_{19}} + m_{n_{20}} = 210,74\ г$; $m_{n_{21}} + m_{n_{22}} + m_{n_{23}} + m_{n_{24}} + m_{n_{25}} = 214,81\ г$.

Среднее значение для пятерных масс определяется по формуле (12), среднеквадратическое отклонение (σ_5) – по формуле (13), коэффициент вариации (ν_5) – по формуле (14).

$$\bar{M}_{n_5} = \sum_{i=1}^{21}(m_{n_i} + m_{n_{i+1}} + m_{n_{i+2}} + m_{n_{i+3}} + m_{n_{i+4}}) / 5 = 217,53\ г; \quad (12)$$

где i – числа ряда – 1; 6; 11; 16; 21.

$$\sigma_5 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{5}(M_{n_{i_5}} - \bar{M}_{n_5})^2}{5}} = 5,64\ г; \quad (13)$$

$$\nu_5 = \sigma_5 / \bar{M}_{n_5} \times 100\% = 2,59\ \%. \quad (14)$$

Аналогичные замеры масс примеси были произведены для коробов с размерами $l_к$ = 600 мм; $b_к$ = 14 мм; $h_к$ = 13 мм (таблица 2); $l_к$ = 600 мм; $b_к$ = 24 мм; $h_к$ = 13 мм (таблица 3); $l_к$ = 600 мм; $b_к$ = 24 мм; $h_к$ = 21 мм (таблица 4) при их заполнении со встряхиванием.

Таблица 2 – Замеры масс примеси в коробах $l_к$ = 600 мм; $b_к$ = 14 мм; $h_к$ = 13 мм при их заполнении со встряхиванием

Масса примеси по номерам коробов, г													
№ зам.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$m_п$, г	47,94	46,68	46,02	47,37	48,97	48,98	47,16	47,66	47,34	48,45	48,74	48,60	48,40
№ зам.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
$m_п$, г	48,28	47,53	49,32	49,34	46,73	49,26	48,80	47,02	48,22	46,75	46,32	47,44	

Таблица 3 – Масса примеси в коробах $l_к$ = 600 мм; $b_к$ = 24 мм; $h_к$ = 13 мм при их заполнении со встряхиванием

Масса примеси по номерам коробов, г													
№ зам.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$m_п$, г	72,01	70,95	70,17	73,98	71,24	71,41	73,52	71,42	72,61	71,24	71,95	71,53	71,12
№ зам.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
$m_п$, г	74,34	73,63	71,23	73,94	72,90	72,40	71,87	70,71	72,19	72,39	73,56	69,82	

Таблица 4 – Масса примеси в коробах $l_к$ = 600 мм; $b_к$ = 24 мм; $h_к$ = 21 мм при их заполнении со встряхиванием

Масса примеси по номерам коробов, г													
№ зам.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$m_п$, г	132,4	133,5	127,9	131,7	134,6	133,4	135,1	134,7	132,3	136,6	133,1	134,2	135,8
№ зам.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
$m_п$, г	135,5	137,3	133,5	134,6	129,8	128,7	128,3	129,1	128,7	128,7	135,6	129,6	

Расчеты статистических показателей проводили по формулам (1) – (14).

Сводные результаты исследований качества дозирования примеси представлены в таблице 5

Таблица 5 – Показатели качества дозирования примесного компонента

Кратность линейной плотности слоя	Размеры короба (способ заполнения)											
	14x13 (без встряхивания)			14x13 (со встряхиванием)			24x13 (со встряхиванием)			24x21 (со встряхиванием)		
	$\bar{M}_n$	σ	ν	$\bar{M}_n$	σ	ν	$\bar{M}_n$	σ	ν	$\bar{M}_n$	σ	ν
1	45,51	2,16	4,75	47,40	1,14	2,40	71,67	1,45	2,02	132,02	2,55	1,93
2	89,26	2,1	2,35	95,31	1,70	1,79	143,71	0,92	0,64	266,44	4,09	1,53
3	132,42	3,9	2,95	143,62	2,18	1,52	216,22	2,34	1,08	401,62	5,45	1,36
4	174,56	4,41	2,52	192,31	2,46	1,28	288,69	1,88	0,65	532,60	8,75	1,64
5	217,53	5,64	2,59	239,46	3,17	1,32	360,43	1,98	0,55	662,94	10,62	1,60

Результаты исследований показали, что заполнение малых коробов (сечение *14×13* мм) со встряхиванием примеси обеспечивает более высокий качественный уровень дозирования: по стандартному отклонению выше на 18,9 – 47,32 %; по коэффициенту вариации – на 23,96 – 49,45 %.

Расчетная масса подачи примеси ($m_{пр}$) ленточным питателем в триер определялась по формуле:

$$m_{пр} = V_л t_п \bar{q}_{l_{ij}} = V_л t_п \overline{M}_{п_{ij}} к_i / l_{кi}, \quad (15)$$

где $V_л$ – скорость ленты питателя, м/с;

$t_п$ – время подачи, с;

$\bar{q}_{l_{ij}}$ – средняя погонная масса примеси на ленте, сформированная *i*-ым распределительным коробом с *j*-ым способом его заполнения, кг/м.п.;

$\overline{M}_{п_{ij}}$ – средняя масса примеси в *i*-ом распределительном коробе при *j*-ом способе его заполнения, кг;

$к_i$ – кратность выгрузки примеси на ленту из *i*-го распределительного короба, раз;

$l_{кi}$ – длина *i*-го распределительного короба, м.

При наличии расчетных данных по секундной подаче основной культуры в триер (целесообразно принять $t_п$ = 1 с) исходная засоренность зерносмеси ($З_и$) для вариативного формирования примесного слоя на ленте питателя будет рассчитываться по формуле:

$$З_и = (m_{пр} / W) \times 100\% \quad (16)$$

Результаты моделирования исходной засоренности представлены в таблице 6.

По таблице 6 подбирали вариант распределения примеси на ленте питателя с использованием распределительных коробов с малыми размерами поперечных сечений.

Например, для малой подачи основной культуры (W = 1,2 т/ч) необходимо обеспечить исходную засоренность на уровне $З_и$ = 1%. Для этого подходит распределительный короб с размерами поперечного сечения $b_к$ = 14 мм и $h_к$ = 13 мм при его заполнении со встряхиванием и 2-х кратной выгрузкой на один участок ленты длиной 600 мм.

Таблица 6 – Результаты моделирования исходной засоренности зерносмеси ($З_и$), %

№ п/п	Сечение короба ($b_к$×$h_к$), мм	Способ заполнения	Кратность выгрузки (к), раз	Подача основной культуры в триер (W), т/ч (кг/с)					
				1,20 (0,33)	1,83 (0,51)	2,45 (0,68)	3,07 (0,85)	3,71 (1,03)	4,35 (1,21)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	14×13	Свободно-насыпной	1	0,46	0,3	0,22	0,18	0,15	0,125
			2	0,92	0,6	0,44	0,36	0,30	0,25
			3	1,38	0,9	0,66	0,54	0,45	0,375
			4	1,84	1,2	0,88	0,72	0,60	0,500
			5	2,3	1,5	1,1	0,90	0,75	0,625
2	14×13	со встряхиванием	1	0,48	0,31	0,23	0,19	0,153	0,13
			2	0,96	0,62	0,46	0,38	0,306	0,26
			3	1,44	0,93	0,69	0,57	0,459	0,39
			4	1,92	1,24	0,92	0,76	0,612	0,52
			5	2,4	1,55	1,15	0,95	0,765	0,65
3	24×13	со встряхиванием	1	0,72	0,47	0,35	0,28	0,232	0,20
			2	1,44	0,94	0,70	0,56	0,464	0,40
			3	2,16	1,41	1,05	0,84	0,696	0,60
			4	2,88	1,88	1,40	1,12	0,928	0,80
			5	3,6	2,35	1,75	1,40	1,16	1,00
4	24×21	со встряхиванием	1	1,33	0,86	0,65	0,52	0,43	0,36
			2	2,66	1,72	1,3	1,04	0,86	0,72
			3	3,99	2,58	1,95	1,56	1,29	1,08
			4	5,32	3,44	2,6	2,08	1,72	1,44
			5	6,65	4,3	3,25	2,6	2,15	1,8

Он обеспечит близкую к требуемой исходной засоренность – 0,96%. Для эксперимента целочисленное значение исследуемых факторов не столь важно. По результатам исследований, приведенным выше, выбранный распределительный короб обеспечит при $\overline{M}_{п2}$ = 95,31 г величины σ_2 = 1,70%, ν_2 = 1,79%. Это очень высокий результат, который нельзя обеспечить по традиционной методике с контролем интервалов времени замеров навесок и подачей звукового сигнала.

Выбранные навески примеси оператор размещает на ленте питателя по разметке на боковых буртиках и производит поперечное смещение соседних выгрузок с тем, чтобы сохранять продольную привязку навесок, исключая наложение стыков, рисунок 3.

Рисунок 3 – Размещение навесок примеси на ленте питателя

Выводы. Использование распределительных коробов с малыми размерами поперечных сечений позволяют моделировать значения исходной засоренности зерносмеси на минимальных подачах основной культуры с высокой точностью, которая достигается исключением погрешностей отсчета времени и подачи сигнала, характерных для традиционных методик.

Список источников

1. Федоренко, В.Ф. Зерноочистка – состояние и перспективы / В.Ф. Федоренко, Е.П. Ревякин. – М.: ФГНУ Росинформагротех. – 2006. – 204 с.

2. Сепараторы триерные серии СТ. Руководство по эксплуатации Воронежсельмаш. [Электронный ресурс] / Режим доступа: http: //vselmash.ru/newsite/zo/stacionarnie2 /Seporatory+ST/

3. Приставка триерная ПТ-600. Руководство по эксплуатации. ОЗТ 00.000РЭ. – ОАО «Воронежсельмаш». – 2004. – 42 с.

4. Блоки триерные БТМ-800-8Б и БТО-800-16. Триеры цилиндрические ТК-800-8 и ТО-800-8. Руководство по эксплуатации. БТМ 00.000В РЭ. – ЗАО «Техника-Сервис». – Воронеж. – 2016. – 53 с.

5. Бурков, А.И. Модернизация цилиндрических триеров / А.И. Бурков, Д.В. Одинцов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007. – № 1. – С. 15-16.

6. Абидуев, А.А. Интенсификация процесса сепарации семенного зерна / А.А. Абидуев. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА. – 2007. – 131 с.

7. Урханов, Н.А. Интенсификация технологического процесса очистки зерна от примесей по их длине: дис. … доктора техн. наук: 05.20.01 / Урханов Н.А. – Улан-Удэ, 1998. – 472 с.

8. Одинцов, Д.В. Пути совершенствования конструкции овсюжного триерного цилиндра / Д.В. Одинцов // Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики. Межвузовский сборник научных трудов. – Киров. Вятская ГСХА. – 2005. – Вып. 5. – С. 128-132.

9. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Теоретические предпосылки поиска резервов управления процессами триерной очистки зерносмесей // Наука в центральной России. – 2014. – № 6 (12). – С. 28-38.

10. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Метод определяющих критериев качества технологического процесса // Наука в центральной России. – 2019. – № 3 (39). – С. 48-55.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В. Веденяпин. – М.: Колос. – 1973. – 199 с.

15. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. - Л. Колос, 1972. - 202 с.

References

1. Fedorenko, V.F. Grain cleaning - state and prospects / V.F. Fedorenko, E.P. Revyakin. – M.: FGNU Rosinformagrotech. - 2006. - 204 p.

2. Cylinder separators ST series. Voronezhselmash operation manual. [Electronic resource] / Access mode: http: //vselmash.ru/newsite/zo/stacionarnie2 /Seporatory+ST/

3. Trier prefix PT-600. Manual. OST 00.000RE. - OAO "Voronezhselmash". - 2004. - 42 p.

4. Trier blocks BTM-800-8B and BTO-800-16. Triremes cylindrical TK-800-8 and TO-800-8. Manual. BTM 00.000V RE. – CJSC Tekhnika-Service. - Voronezh. - 2016. - 53 p.

5. Burkov, A.I. Modernization of cylindrical triers / A.I. Burkov, D.V. Odintsov // Tractors and agricultural machines. - 2007. - No. 1. - S. 15-16.

6. Abiduev, A.A. Intensification of the separation process of seed grain / A.A. Abiduev. - Ulan-Ude: Publishing house of BSHA. - 2007. - 131 p.

7. Urkhanov, N.A. Intensification of the technological process of cleaning grain from impurities along their length: dis. … doctor of tech. Sciences: 05.20.01 / Urkhanov N.A. - Ulan-Ude, 1998. - 472 p.

8. Odintsov, D.V. Ways to improve the design of the oatmeal trier cylinder / D.V. Odintsov // Improving the operational performance of agricultural energy. Interuniversity collection of scientific papers. - Kirov. Vyatka GSHA. - 2005. - Issue. 5. - S. 128-132.

9. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Theoretical prerequisites for the search for reserves to control the processes of screen cleaning of grain mixtures // Science in Central Russia. - 2014. - No. 6 (12). - S. 28-38.

10. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. The method of defining criteria for the quality of the technological process // Science in Central Russia. - 2019. - No. 3 (39). – S. 48-55.

11. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. New reserves of grain cleaning quality management / In the collection: Scientific and technological progress in agricultural production. Materials of the international scientific and technical conference: in 3 volumes. - 2014. - S. 266-272.

12. 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.

13. 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.

14. Vedenyapin, G.V. General methodology for experimental research and processing of experimental data / G.V. Vedenyapin. – M.: Kolos. - 1973. - 199 p.

15. Melnikov, S.V. Experimental planning in research of agricultural processes / S.V. Melnikov, V.R. Aleshkin, P.M. Roshchin. - L. Kolos, 1972. - 202 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): 28.05.2023 Принята к публикации (Accepted): 24.06.2023