Тип статьи: научная
УДК 631.362.34
DOI: 10.35887/2305-2538-2023-2-54-64

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТРИЕРА С АВТОРЕГУЛИРУЕМЫМ СКОРОСТНЫМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ

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. *Представлены методика исследований процесса триерной очистки зерносмеси в авторегулируемом режиме и результаты поисковых опытов. По базовым критериям качества технологического процесса подтверждены благоприятные условия его протекания – полная загрузка ячеистой поверхности зерносмесью по длине и минимум схода зерна основной культуры. Средний уровень остаточной засоренности составил 0,0019%, а средний уровень технологических потерь − 0,042%. Установлено, что продолжительность опытов в 3,5 мин недостаточна для объективной оценки производительности триера (W) и степени выделения примесного компонента ($C_в$). За это время W составила только 91,4 % подачи ($W_п$) зерносмеси в триер, а $C_в$ не превысила 70% из-за незавершенности этапа стабилизации технологического процесса. Коэффициент вариации схода составил 18 %. Предложено увеличить продолжительность опытов до 20 мин за счет многократной циркуляции рабочей среды по замкнутому контуру при включении в состав экспериментального оборудования скребкового транспортера. Расчетами подтверждена максимальная кратность циркуляции рабочей среды, равная 4,3, при распределенной массе зерна в замкнутом технологическом контуре 332 кг. Исходя из допущения об увеличении нарастающим итогом остаточной засоренности ($З_о$) при циркуляции рабочей среды, погрешность воспроизведения условий опытов по величине $З_о$ составит 0,0027 – 0,008% во всем диапазоне исходной засоренности $З_и$ = 1-3%. Отбор проб по оценке $З_о$ должен производиться через каждые 120 с, а расчетная продолжительность отбора проб возрастает со снижением $W_п$ и $З_и$ в диапазоне 6-54 с. При этом гарантируется наличие 2-3-х примесных частиц в навеске, когда триер работает на оптимальном скоростном режиме (n_{opt}). При больших скоростях число примесных частиц в навесках возрастет. Для снижения трудоемкости разбора проб примесные частицы предложено окрашивать в контрастные цвета (синий, черный).*

Ключевые слова: *триер, зерносмесь, качество очистки, примесь, режимы работы, автоуправление.*

RESULTS OF EXPLORATION STUDIES OF THE TRIERE WITH AUTO-REGULATING SPEED MODE

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 research methodology for the process of screen cleaning of grain mixtures in an autoregulated mode and the results of exploratory experiments are presented. Favorable conditions for its flow - full loading of the cellular surface with a grain mixture along the length and a minimum of*

grain yield of the main crop are confirmed by the basic criteria for the quality of the technological process. The average level of residual weediness was 0.0019%, and the average level of technological losses was 0.042%. It has been established that the duration of the experiments of 3.5 minutes is insufficient for an objective assessment of the productivity of the trier (W) and the degree of separation of the impurity component (C). During this time, W amounted to only 91.4% of the supply (Wp) of the grain mixture to the trier, and Sv did not exceed 70% due to the incompleteness of the stage of stabilization of the technological process. The descent variation coefficient was 18%. It is proposed to increase the duration of the experiments up to 20 min due to the multiple circulation of the working medium in a closed circuit when the scraper conveyor is included in the experimental equipment. Calculations confirmed the maximum multiplicity of circulation of the working medium, equal to 4.3, with a distributed mass of grain in a closed technological circuit of 332 kg. Based on the assumption of an increase in the cumulative total of residual contamination (R0) with the circulation of the working medium, the error in reproducing the conditions of experiments in terms of R0 will be 0.0027–0.008% over the entire range of initial contamination Rm = 1–3%. Sampling, according to the estimation of Zo, should be carried out every 120 s, and the estimated duration of sampling increases with a decrease in Wp and Zi in the range of 6-54 s. At the same time, the presence of 2-3 impurity particles in the sample is guaranteed when the trier operates at the optimal speed mode (n_{opt}). The number of impurity particles in samples will increase at high speeds. It is proposed to paint impurity particles in contrasting colors (blue, black) to reduce the complexity of sampling.

Keywords: *trier, grain mixture, cleaning quality, admixture, operating modes, automatic control.*

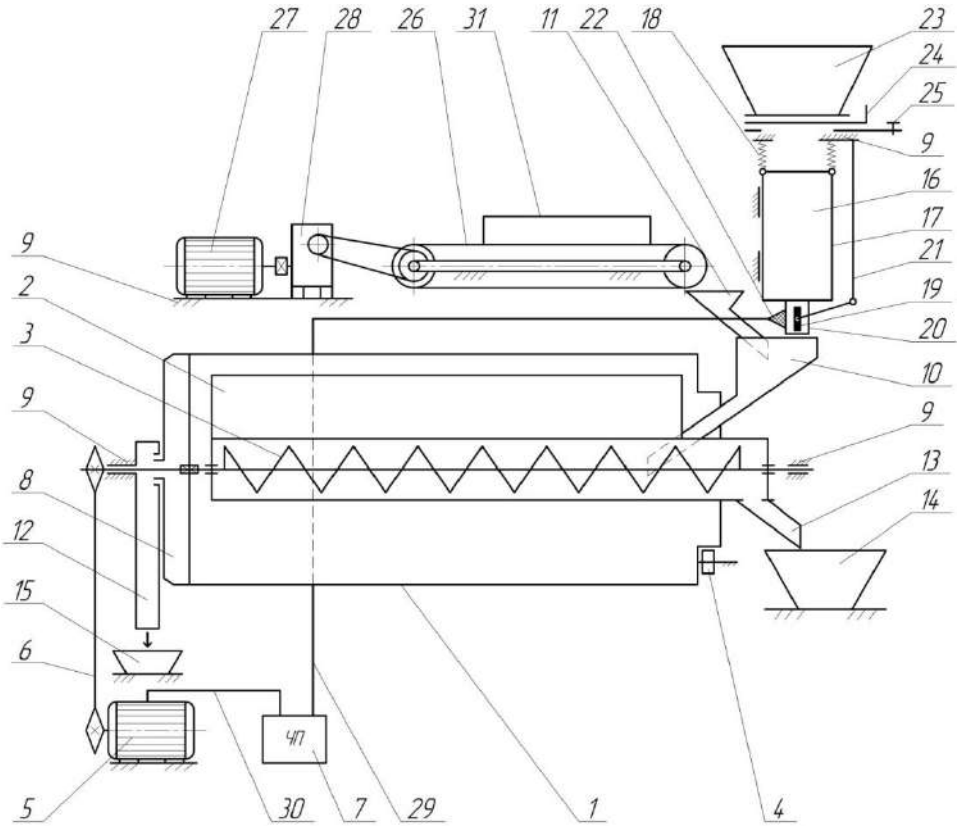
Для цитирования: Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Емельянович С.В. Результаты поисковых исследований триера с авторегулируемым скоростным режимом работы // Наука в Центральной России. 2023. Т. 62, № 2. С. 54-64. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-2-54-64.

For citation: Tishaninov N, Anashkin A., Emelyanovisch S. Results of exploration studies of the triere with auto-regulating speed mode. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2023; 62(2): 54-64. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-2-54-64.

Введение. Проблема эффективного использования триерных технологий заключается в том, что за длительный период их использования (≈ 120 лет) не были созданы научные основы для решения задач управления технологическим процессом [1-8]. По этой причине у нас в стране и за рубежом нет даже полноценных инструкций по эксплуатации, которые регламентировали бы подготовку триеров к работе [9]. Как следствие – до 90% триерных установок в существующих зерноочистительных комплексах выведены из эксплуатации. Возможности получить объективные причинно-следственные связи режимов работы и настроечных параметров триеров с критериями эффективности появились только после того, как в ФГБНУ ВНИИТиН была создана необходимая экспериментальная база [10-11], изменен метод исследований – пространственная физическая модель заменена на временную, выявлены новые физические эффекты в технологическом процессе [12]. Однако, задача автоматизированного управления технологическим процессом стала реальной после преодоления физического противоречия в управлении подачей сыпучих материалов в технологические машины. В результате в ФГБНУ ВНИИТиН был создан регулятор, который позволяет установить 100%-ную корреляцию между режимом работы триеров по подаче зерносмеси и управляющими воздействиями [13]. На базе новых технических решений [14] разработана экспериментальная установка и проведены первые исследования по автоматизированному управлению скоростными режимами работы триеров [15]. Оптимальные скоростные режимы были выбраны из условий, когда ячеистая поверхность по длине загружена зерносмесью полностью, а технологические потери сходом являются минимальными. Эти условия исходят из результатов исследований ученых ФГБНУ ВНИИТиН и других авторов. Неполная загрузка ячеистой поверхности зерносмесью по длине цилиндра согласно тем же исследованиям является причиной рисков увеличения остаточной засоренности зерна из-за захвата связанных между собой примесных частиц и забрасывания их в выводной лоток с чистым зерном. Установленные взаимосвязи для выше сформулированных условий мы воспроизвели посредством созданной автоматизированной системы управления [14]. Однако, подтверждение обоснованности

принятых условий оптимального управления технологическим процессом и уточнение зон авторегулирования по режимам работы, настроечным параметрам и составам зерносмесей при наличии в зерносмеси примесного компонента являются актуальными задачами исследований.

Материалы и методы. Для исследований процессов триерной очистки зерна от длинных примесей нами разработана экспериментальная установка с автоуправлением скоростным режимом работы и раздельной подачей компонентов зерносмесей. Конструктивно-технологическая схема установки представлена на рисунке 1, а общий вид − на рисунке 2.



1 – овсюжный ячеистый цилиндр; 2 – желоб; 3 – выводной шнек; 4 – опорные ролики; 5 – электропривод; 6 – цепная передача; 7 – частотный преобразователь; 8 – розетка; 9 – рама; 10 – питатель; 11, 12, 13 – лотки; 14 и 15 –- мерные емкости; 16 – регулятор; 17 – подвижная стабилизирующая емкость; 18 – пружинная грузовоспринимающая система; 19 – клапан; 20 – отвод; 21 – рычажный механизм; 22 – исполнительный механизм системы управления работой триера; 23 – питающий бункер; 24 – шиберный регулятор подачи; 25 – упор; 26 – ленточный питатель; 27 – электродвигатель; 28 – червячный редуктор; 29 и 30 – кабели; 31 – короб

Рисунок 1 – Экспериментальная установка для исследований процессов триерной очистки зерна от длинных примесей с авторегулированием скоростного режима

Экспериментальная установка обеспечивает раздельную подачу компонентов исследуемой зерносмеси в ячеистый цилиндр, что исключает погрешности опытов, связанные с сегрегацией зерносмеси при ее традиционном истечении из бункера.

Заданное соотношение компонентов зерносмеси достигается согласованностью подачи основной культуры, которая регулируется величиной открытия шиберного регулятора подачи 24, и подачи примесного компонента, которая регулируется скоростью движения ленты и плотностью размещения (погонной массой) на ней частиц примесного компонента.

Регламентированное размещение длинных примесей на ленте транспортера обеспечивается коробом 31.

Подготовка экспериментальной установки к работе заключается в следующем. Перед началом эксперимента в питающий бункер 23 загружают достаточное количество зерна основной культуры, а на ленте питателя 26 раскладывают соответствующее условиям опыта количество примесного компонента. Далее включают электропривод 5, который посредством цепной передачи 6 приводит во вращательное движение на минимальном скоростном режиме ячеистый цилиндр 1. Устойчивость положения ячеистого цилиндра 1 обеспечивается опорными роликами 4 с одной стороны и шарнирным соединением с рамой 9 с другой стороны. Далее открывают шиберный регулятор подачи 24 питающего бункера 23.

Рисунок 2 – Общий вид экспериментальной установки для исследований процессов триерной очистки зерна

Для обеспечения требуемой подачи зерна основной культуры величина его открытия ограничивается упором 25. Одновременно с открытием шиберного регулятора подачи 24 начинают отсчет времени опыта − включают секундомер и электродвигатель 27, который посредством червячного редуктора 28 и клиноременной передачи приводит в движение ленту питателя 26. Из питающего бункера 23 зерно основной культуры поступает в подвижную стабилизирующую емкость 17 регулятора 16 потока сыпучих материалов. По мере наполнения зерна в стабилизирующей емкости 17, она начинает преодолевать усилие пружин 18 и двигаться вниз. При этом рычажный механизм 21, поворачивает клапан 19 внутри отвода 20, обеспечивая увеличение его живого сечения и подачи зерносмеси в питатель 10.

При работе ленточного питателя 26, расположенные на ленте частицы примесного компонента подаются в лоток 11, по которому они поступают в питатель 10, смешиваются в нем с зерном основной культуры, образуя зерносмесь с заданной исходной засоренностью. Из питателя 10 зерносмесь поступает в овсюжный ячеистый цилиндр 1, при вращении которого захваченные ячейками частицы основной культуры поступают в желоб 2 с выводным шнеком 3, который направляет их в лоток 13 и далее − в мерную емкость 14. Примесные частицы сходом поступают в розетку 8, после чего выгружаются через лоток 12 в мерную емкость 15.

Частоту вращения триера при изменении величины подачи зерна из питающего бункера 23 изменяют в авторегулируемом режиме. С увеличением подачи зерна в регулятор 16 стабилизирующая емкость 17 движется вниз, изменяется угловое положение вала клапана 19 в отводе 20. При этом посредством исполнительного механизма 22 увеличивается частота электрического тока в цепи питания электропривода 5 и скорость вращения ячеистого цилиндра 1. С уменьшением подачи зерна в стабилизирующую емкость 17 она поднимается вверх, поворачивая вал клапана 19 в обратном направлении, уменьшая с помощью исполнительного механизма частоту электрического тока и скорость вращения ячеистого цилиндра 1.

Исполнительный механизм (рисунке 3) обеспечивает воспроизведение установленной взаимосвязи оптимальной скорости вращения (n_{opt}) ячеистого цилиндра с величиной подачи зерна $W_п$ = 1,2 - 4,35 т/ч.

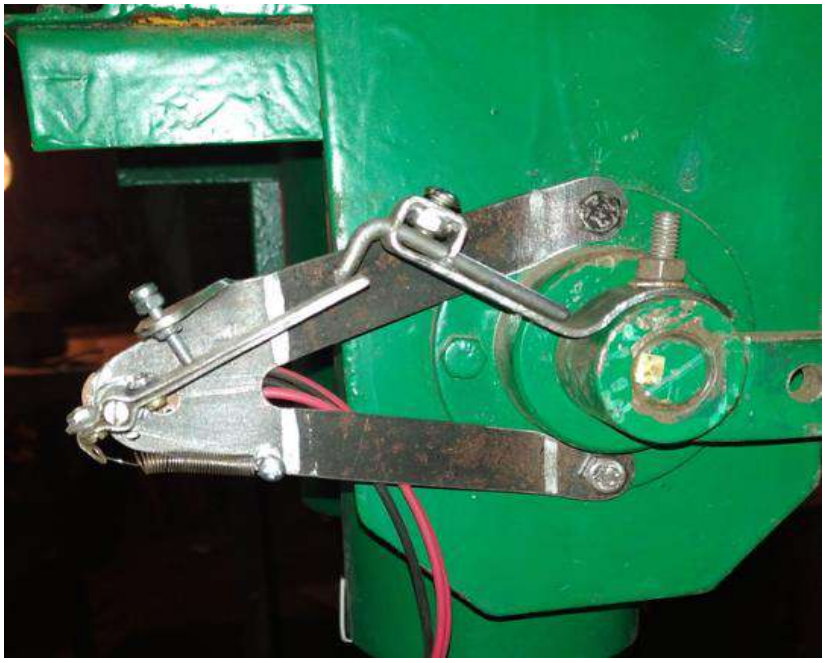


Рисунок 3 – Общий вид исполнительного механизма системы авторегулируемого управления работой триера

Оценку качества работы триера проводили по взаимосвязям остаточной засоренности зерносмеси ($З_о$), степени выделения примесного компонента ($С_в$) и технологических потерь ($П$) с настроечными параметрами и режимами работы триера − частотой вращения ячеистого цилиндра (n = 31 об/мин), угловым положением выводного лотка ($\gamma_п$ = 45°), исходной засоренностью зерносмеси ($З_и$ = 1%), величиной подачи зерносмеси в триер ($W_п$ = 1,83 т/ч).

Остаточную засоренность определяли по формуле:

$$З_о = \frac{m_{пи} - m_{вп}}{m_{зс} - m_{вп}} \times 100\%, \quad (1)$$

где $m_{пи}$ − масса (исходная) примесного компонента в зерносмеси, использованной за время опыта, кг; $m_{вп}$ − масса примесного компонента, выделенного за время опыта, кг; $m_{зс}$ – масса зерносмеси, использованной за время опыта, кг.

Исходную массу примеси ($m_{пи}$) в зерносмеси можно определить по формуле:

$$m_{пи} = \frac{З_и \cdot m_{зс}}{100\%}, \quad (2)$$

где $З_и$ – исходная засоренность, %.

Тогда:

$$З_о = \frac{З_и \cdot m_{зс} - 100 m_{вп}}{m_{зс} - m_{вп}}. \quad (3)$$

Степень выделения примесного компонента определяли по формуле:

$$C_в = \frac{m_{вп}}{m_{пи}} \times 100\% = \frac{10^4 \cdot m_{вп}}{З_и \cdot m_{зс}}. \quad (4)$$

Технологические потери зерна основной культуры (*П*) определяли по выражению:

$$П = \frac{m_{осх}}{m_{зс} - m_{пи}} \times 100\% = \frac{10^4 \cdot m_{осх}}{m_{зс}\left(100 - З_и\right)}, \quad (5)$$

где $m_{осх}$ – масса зерна основной культуры в сходовой фракции длинных примесей, кг.

Результаты и их обсуждение. В обобщенном виде результаты поисковых исследований предоставлены в таблице 1.

Таблица 1 – Интервальные оценки процесса выделения длинных примесей из пшеницы при $З_и$ = 1%; n = 31 об/мин; $\gamma_п$ = 45°

№ п/п	Интервалы времени контроля опытов ($t_{нi} - t_{кi}$)	Средняя производительность ($\overline{W}_П$), кг/ч	Средняя навеска в интервале ($\overline{m}$), кг	Суммарная навеска в интервале ($m_Σ$), кг	Остаточная засоренность ($З_о$), %	Сход примеси C ($C_в$), г (%)	Потери (сред.) по интервалам ($\overline{П}$), %
1	7-35	612	1,19	5,95	0,0012	0,26(0,02)	0,022
2	43-70	1351	2,63	10,51	0,0017	5,8(0,22)	0,040
3	78-105	1530	2,98	11,9	0,0015	14,7(0,49)	0,063
4	113-140	1661	3,23	12,92	0,0023	17,6(0,54)	0,055
5	148-175	1677	3,26	13,04	0,0011	14,8(0,45)	0,038
6	183-210	1673	3,25	13,0	0,0034	22,9(0,70)	0,033

Из таблицы 1 видно, что принятые условия для оптимизации взаимосвязи скоростного режима работы триера с подачей $n = f_1(\overline{W}_П)$ по критериям качества подтвердились. Остаточная засоренность зерна не превысила $З_о \leq 0{,}0034\%$, что соответствует требованиям по всем категориям качества семян пшеницы (ОС, ЭС, РС, РСт). Величина технологических потерь ($\overline{П}$ = 0,022-0,063%) многократно ниже допустимой величины. Согласно нормативным документам, которыми руководствуется в своей работе ООО «Воронежсельмаш», допускаются потери зерна основной культуры сходом до 5% при желательном протекании технологического процесса.

Графический анализ взаимосвязи $W=f_2(t)$ показывает, что производительность триера (W) при интервальной ее оценке за время опыта $t_{оп}$=210 с (рисунок 4) не достигает уровня подачи зерносмеси в триер $W_п$ = 1,83 т/ч. На стабилизированном участке их соотношение составляет W / $W_п$ ×100% = 91,4%. Период условной стабилизации W наступает через $t_{ст_у} \approx 125c$. Условным его следует считать из-за того, что $W < W_п$.

Кроме того анализ динамики схода примеси показывает, что процесс выделения примесного компонента является случайным. На условно стабильном участке протекания процесса коэффициент вариации схода составляет 18%. Величина схода на том же участке взаимосвязи $W = f_2(t)$ в среднем составляет 58,3% от подачи примеси ленточным питателем в триер ($\overline{C}_в = 0{,}583$).

Указанные выше два обстоятельства свидетельствуют о том, что величина $t_{оп}$ = 210 с является недостаточной. За этот отрезок времени внутри ячеистого цилиндра происходит формирование зернового клина, в котором непропорционально его массе размещаются частицы примесного компонента. Поэтому соотношение W / $W_п$ < 1 и $C_в$ < 1.

Необходимое увеличение $t_{оп}$ приводит к значительному росту трудоемкости экспериментов. Например, увеличение $t_{оп}$ до 20 мин (1200 с) при $W_{п\ max}$ = 4,35 т/ч (верхний уровень исследуемого диапазона $W_п$) и исходной засоренности при $З_{и\ max}$ = 3% при сплошном отборе проб из них придется выбрать примесные частицы в количестве ($n'_П$), определяемом по формулам:

$$\begin{cases} m_{П\max} = W_{П\max} \cdot З_{И\max} / (100 \times 3600) = 4,35 \cdot 1200 \cdot 3 / 360000 = 0,0435т = 43,5кг; \\ n'_{П\max} = \dfrac{m_{П\max}}{m'_{1000}} \times 1000 \dfrac{43,5}{0,0365} \times 1000 = 1,19 \ \textit{млн. шт,} \end{cases} \quad (6)$$

где $m_{П\max}$ – максимальное содержание примесных частиц в зерносмеси, пропущенной через триер за время опыта $t_{оп}$ = 1200 с, кг; m'_{1000} – масса 1000 примесных частиц, кг.

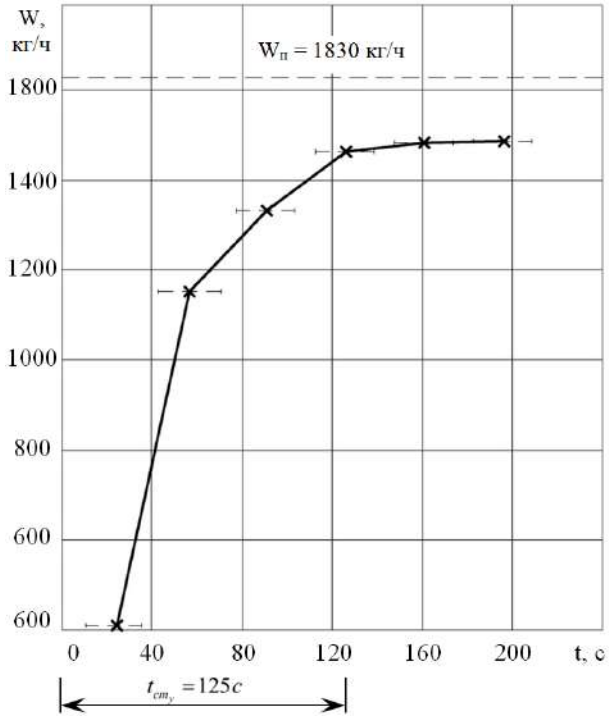


Рисунок 4 – Динамика $W = f_2(t)$ при продолжительности опыта $t_{оп}$ = 210 с

Выполненные расчеты показывают, что в продолжительных опытах по соображениям снижения их трудоемкости возможен лишь интервальный (не сплошной) отбор проб с ограниченной массой. Например, для объективной оценки взаимосвязи $C_в = f_3(t)$ с учетом периода стабилизации процесса достаточно 10-кратного отбора проб схода продолжительностью по $t_к$ = 6 с. Тогда потенциальное количество примесных частиц в 10-ти пробах будет:

$$n'_{П10} = n'_П \times \frac{10t_к}{t_{оп}} = 1,19 \times \frac{60}{1200} = 59,5 \textit{ тыс. шт.} \quad (7)$$

Рассчитанная по формуле (7) величина $n_{П10}$ будет справедлива только при $W_п = W_{п\ max}$ = 4,35 т/ч и $З_и = З_{и\ max}$ = 3%. Причем необходимость выбирать примесные частицы из схода будут возникать только в опытах, когда $W_п > W_{п\ opt}$ – при гарантированных технологических потерях, превышающих или соизмеримых со сходом примеси. В опытах с частично свободной (недогруженной) ячеистой поверхностью, когда $W_п < W_{п\ opt}$, из схода целесообразно выбрать случайно попавшие в него, частицы основной культуры, что позволит существенно сократить трудоемкость опытов.

Возможности сокращения трудоемкости опытов при оценке взаимосвязи $C_в = f_3(t)$ за счет сокращения $t_к$ ограничены ростом погрешностей отсчета времени отбора проб и от нестабильного протекания технологического процесса во времени.

При оценке взаимосвязи $З_о = f_4(t)$ отбор проб следует производить по вышеизложенным основаниям также дискретно и с соизмеримыми интервалами времени замеров. Поэтому каждая навеска очищенного зерна ($m_З$) будет определяться по формулам:

$$m_З = W_п \cdot t_к;$$

$$m_{З\,max} = W_{п\,max} \cdot t_к = 4{,}35 \cdot 6/3600 = 7{,}25 кг. \quad (8)$$

В расчетной величине навески ($m_{З\,max}$), ориентируясь на поисковые опыты, будет находиться $n''_{П\,max}$ примесных частиц:

$$n''_{П\,max} = 10^4 m_{З\,max} \cdot \overline{З}_o / m''_{1000} = 10^4 \cdot 7{,}25 \cdot 0{,}0019 / 52 = 2{,}64 \text{ шт.}, \quad (9)$$

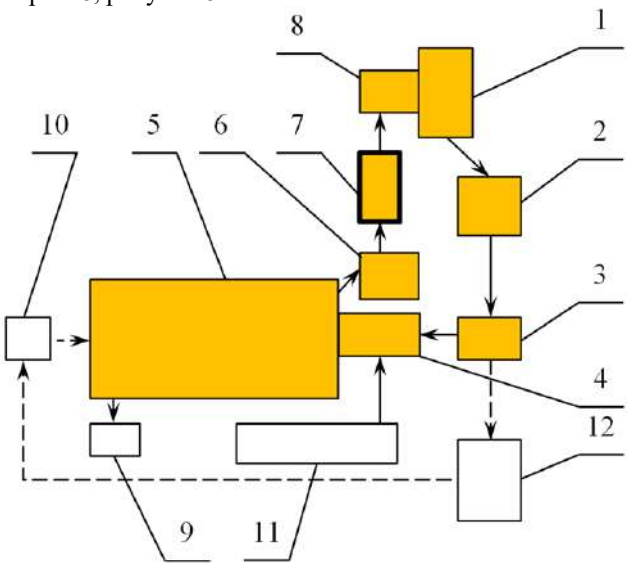
где m''_{1000} – масса 1000 зерновок основной культуры ($m''_{1000} = 52\ г$), г.

Из уравнения следует, что продолжительность отбора ($t_к$) проб даже при $W_{п\,max}$ и $З_{и\,max}$ не следует уменьшать, так как качество очистки зерносмеси на оптимальном скоростном режиме работы триера очень высокое (см. таблицу 1). Поэтому при i-ых условиях опытов величину $t_к$ следует увеличивать обратно пропорционально произведению величин $W_п$ и $З_и$:

$$t_{кi} = t_к W_{п\,max} \cdot З_{и\,max} / W_{пi} \cdot З_{иi}. \quad (10)$$

Нахождение примесных частиц в чистом зерне при скоростном режиме работы $n = n_{opt}$ следует считать маловероятным или незначительным. Поэтому перед проведением опытов примесный компонент необходимо окрашивать в контрастные цвета (черный, синий). Это позволит существенно снизить трудоемкость разбора проб.

Увеличение продолжительности опытов до $t_{оп}$ = 1200 с и более возможно за счет закольцовывания потока частиц основной культуры посредством скребкового транспортера 7 и нории 1 с приемным бункером 8, рисунок 5.



1 – нория; 2 – бункер-дозатор; 3 – регулятор; 4 – самотечный питатель; 5 – триер; 6 – приемник очищенного зерна; 7 – скребковый транспортер; 8 – приемный бункер нории; 9 – мерная емкость для схода; 10 – привод; 11 – ленточный питатель; 12 – автоматизированная система управления

Рисунок 5 – Схема экспериментальной установки для исследований триеров с автоматизированным управлением скоростным режимом работы

Движение основной культуры по замкнутому контуру предлагает последовательное использование технических средств: 1→2→3→4→5→6→7→8. Регулятор 3 передает

управляющее воздействие на автоматизированную систему 12, которая корректирует скоростной режим работы триера 5 управляемым приводом 10. Ленточный питатель 11 подает примесный компонент в триер 5 через самотечный питатель 4.

Кратность оборота ($К_{об}$) рабочей среды при продолжительности опыта $t_{оп} = t_{опi}$ зависит от $W_{пi}$ и распределенной ее массы ($М_{\sum}$) по техническим средствам замкнутого контура (1-8) с включением массы зернового клина в ячеистом цилиндре. Ориентировочное распределение масс рабочей среды будет следующим по позициям: 1 – зерно в башмаке ≈ 20 кг; 2 – 135 кг; 3 – 17 кг; 4 – 0 кг; 5 – 40 кг; 6 – 15 кг; 7 – 15 кг; 8 – 90 кг. По существу технические средства замкнутого контура (1-8) в подготовленном к опытам (повторностям) виде являются накопителями рабочей среды, обеспечивающими ее неразрывность.

$$М_{\sum} = 20+135+17+40+15+15+90 = 332 \text{ кг} = 0{,}332 \text{ т}. \quad (11)$$

С учетом величины $М_{\sum}$, рассчитанной из допущения постоянства массы зернового клина в ячеистом цилиндре кратность оборота рабочей среды в *i*-ом опыте будет:

$$K_{об} = W_{пi}\, t_{опi} / М_{\sum}. \quad (12)$$

Для $W_{пi} = W_{п\,max} = 4{,}35$ т/ч и $t_{опi} = 1200$ с = 0,334 ч величина $K_{об}$ будет:

$$K_{об} = 4{,}35 \cdot 0{,}33 / 0{,}332 \approx 4{,}3 \text{ раза}. \quad (13)$$

Результаты расчетов и данные таблицы 1 не вызывают опасений по поводу воспроизводимости условий опытов по величине остаточной засоренности ($З_о$) при кратной циркуляции рабочей среды в опытах. Даже при $K_{об} = 4{,}3$ раза на максимальной подаче зерносмеси в триер ($W_{п\,max}$) увеличение остаточной засоренности нарастающим итогом составит:

$$З_{ок} = \overline{З}_o \cdot K_{об} \cdot = 0{,}0019 \times 4{,}3 \approx 0{,}008\%, \quad (14)$$

где $\overline{З}_o$ − средний уровеньостаточной засоренности зерна при его разовом пропуске через триер в поисковых опытах, %; $З_{ок}$ − остаточная засоренность зерна при его кратном пропуске через триер, %.

Это будет вносить погрешность в воспроизведение условий опытов на нижнем уровне исходной засоренности зерносмеси 0,008%, а на верхнем – 0,0027%. Этот уровень погрешности воспроизведения условий опытов пренебрежительно мал, хотя и для такой погрешности при циркуляции рабочей среды нет достаточных оснований, так как условия очистки зерносмеси остаются практически низменными.

Выводы. Условия оптимизации скоростного режима работы триера, состоящие в обеспечении полной загрузки ячеистой поверхности по длине при минимальных технологических потерях на каждой величине подачи зерносмеси, подтверждены высокими показателями качества процесса. Средний уровень остаточной засоренности составил 0,0019%, а средний уровень технологических потерь – 0,042%. Для расширения зон авторегулирования скоростного режима работы триера по подаче зерносмеси, настроечным параметрам и свойствам примесных компонентов необходимы исследования при гарантированных недогрузе ячеистой поверхности по длине и существенных технологических потерях с увеличением продолжительности опытов за счет многократной циркуляции рабочей среды по замкнутому контуру. Многократный оборот рабочей среды не нарушает воспроизводимость условий опытов по исходной засоренности.

Список источников

1. Трубилин, Е.И. Механизация послеуборочной обработки зерна и семян / Е.И. Трубилин, Н.Ф. Федоренко, А.И. Тлишев. – Краснодар. – 2009. – 96 с.

2. Полетаев, С.В. Триеры / С.В. Полетаев. – М.: Л.: Госкомиздат, 1932. – 95 с.

3. Летошнев, М.Н. Сельскохозяйственные машины, теория, расчет, проектирование и испытание / М.Н. Летошнев. – М.: Л.: Сельхозгиз, 1955. – 856 с.

4. Летошнев, М.Н. Теория триера / М.Н. Летошнев // Сборник научно-технических работ Ленинградского института механизации сельского хозяйства. – Л. – 1948. – Вып. IV. – С. 3-58.

5. Гладков, Н.Г. Зерноочистительные машины. (Конструкция, расчет, проектирование и эксплуатация) / Н.Г. Гладков. − М.: Машгиз., 1961. − 368 с.

6. Рассадин, А.А. Движение материальной точки и тела по вращающимся фрикционным и ячеистым поверхностям / А.А. Рассадин // Проблемы сепарирования зерна и других сыпучих материалов / Тр. ВНИИЗ. − М., 1963, вып. 42. − С. 91-109.

7. Урханов, Н.А. Определение момента начала движения зерна из ячейки цилиндрического триера / Н.А. Урханов, В.Д. Анахин, А.М. Воробьев. − Улан-Удэ, 1978. − С.78-81.

8. Абидуев, А.А. Исследование процесса выпадения зерна из ячеек триерных цилиндров / А.А. Абидуев // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления (Вестник ВСГТУ). – 1989. – С. 107-108.

9. 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.

10. Тишанинов, Н.П. Обоснование оптимальных параметров и режимов работы прибора для разделения зерносмесей по длине частиц / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин, Х.Д.Д Альшинайиин // Наука в центральной России. – 2017. – № 1 (25). – С. 10-19.

11. Тишанинов, Н.П. Обоснование параметров стенда циклического действия для исследований ячеистых поверхностей / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин, Х.Д.Д. Альшинайиин // Наука в центральной России. – 2016. – № 4 (22). – С. 90-98.

12. Тишанинов, Н.П. Оценка взаимосвязи степени заполнения ячей триерного цилиндра с режимами работы и настроечными параметрами / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Наука в центральной России. – 2018. – № 4 (34). – С. 24-33.

13. Патент РФ № 2341954 Устройство для разделения потока сыпучих материалов / Завражнов А.И., Тишанинов К.Н. – № 2006146774/12; заявл. 26.12.2006; опубл. 27.12.2008, Бюл. № 36.

14. Тишанинов Н.П., Емельянович С.В. Триер с авторегулированием скоростного режима // Сельский механизатор. − 2022. − № 6. − С. 16-17.

15. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Емельянович С.В. Обеспечение качества триерной очистки зерна за счёт авторегулирования режимов работы // Вестник АПК Верхневолжья. 2021. № 4 (56). С. 67-75.

References

1. Trubilin, E.I. Mechanization of post-harvest processing of grain and seeds / E.I. Trubilin, N.F. Fedorenko, A.I. Tlishev. - Krasnodar. - 2009. - 96 p.

2. Poletaev, S.V. Trier / S.V. Poletaev. – M.: L.: Goskomizdat, 1932. – 95 p.

3. Letoshnev, M.N. Agricultural machines, theory, calculation, design and testing / M.N. Letoshnev. – M.: L.: Selkhozgiz, 1955. – 856 p.

4. Letoshnev, M.N. Trier theory / M.N. Letoshnev // Collection of scientific and technical works of the Leningrad Institute of Agricultural Mechanization. - L. - 1948. - Issue. IV. - P. 3-58.

5. Gladkov, N.G. Grain cleaning machines. (Design, calculation, design and operation) / N.G. Gladkov. - M.: Mashgiz., 1961. - 368 p.

6. Rassadin, A.A. Movement of a material point and a body on rotating frictional and cellular surfaces / A.A. Rassadin // Problems of separating grain and other bulk materials / Tr. VNIIZ. - M., 1963, issue. 42. - S. 91-109.

7. Urkhanov, H.A. Determination of the moment of the beginning of grain movement from a cell of a cylindrical trier / H.A. Urkhanov, V.D. Anahin, A.M. Vorobyov. - Ulan-Ude, 1978. - S.78-81.

8. Abiduev, A.A. Investigation of the process of grain precipitation from the cells of trier cylinders / A.A. Abiduev // Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management (Bulletin of the ESGTU). - 1989. - S. 107-108.

9. 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.

10. Tishaninov, N.P. Justification of the optimal parameters and modes of operation of the device for separating grain mixtures along the length of particles / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin, Kh.D.D. Alshinayiin // Science in Central Russia. - 2017. - No. 1 (25). - P. 10-19.

11. Tishaninov, N.P. Substantiation of the parameters of the stand of cyclic action for the study of cellular surfaces / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin, H.D.D. Alshinayiin // Science in Central Russia. - 2016. - No. 4 (22). - S. 90-98.

12. Tishaninov, N.P. Evaluation of the relationship between the degree of filling of the cells of the trier cylinder with operating modes and tuning parameters / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin // Science in Central Russia. - 2018. - No. 4 (34). - S. 24-33.

13. Patent of the Russian Federation No. 2341954 Device for separating the flow of bulk materials / Zavrazhnov A.I., Tishaninov K.N. - No. 2006146774/12; dec. December 26, 2006; publ. December 27, 2008, Bull. No. 36.

14. Tishaninov N.P., Emelyanovich S.V. Trier with automatic speed control // Rural mechanic. - 2022. - No. 6. - S. 16-17.

15. Tishaninov N.P., Anashkin A.V., Emelyanovich S.V. Ensuring the quality of screener cleaning of grain due to auto-regulation of operating modes // Bulletin of the APK Verkhnevolzhya. 2021. No. 4 (56). pp. 67-75.

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): 13.03.2023 Принята к публикации (Accepted): 24.04.2023