Тип статьи: научная
УДК 631.362.34
DOI: 10.35887/2305-2538-2024-1-23-31

ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ТРИЕРНОЙ ОЧИСТКИ ЗЕРНА К РЕЖИМАМ 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, 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 взаимосвязей скоростного режима работы овсюжного триера с показателями качества технологического процесса очистки пшеницы от длинных примесей: неизбежными технологическими потерями полноценного зерна основной культуры в отходы и остаточной засоренности очищенного зерна. Исследования проводились с помощью экспериментального триера, обеспечивающего раздельную подачу компонентов зерносмеси в ячеистый цилиндр в заданных соотношениях и контроль частоты вращения цилиндра с точностью до 0,1 об/мин. Установлено, что на качество процесса очистки зерна от длинных примесей большое влияние оказывает скоростной режим работы триера. Для конкретных значений подачи зерна в триер и углового положения выводного лотка существует оптимальное значение частоты вращения ячеистого цилиндра, при котором задействована вся длина ячеистой поверхности при минимальных потерях зерна основной культуры сходом. При этом достигается максимальное качество очистки по показателю остаточной засоренности зерна. Снижение частоты вращения цилиндра от оптимальных 34,6 об/мин до 34,0 об/мин (на 1,7%) приводит к увеличению технологических потерь в 3,6 раза при нулевой исходной засоренности и в 15,5 раз при засоренности 1,3 %. Установлена взаимосвязь показателя остаточной засоренности с величиной свободной ячеистой поверхности при отклонении частоты вращения ячеистого цилиндра от оптимальной в большую сторону. При подаче зерна 1,2 т/ч, угловом положении рабочей кромки выводного лотка 55° и частоте вращения цилиндра 36,0 об/мин, величина свободной ячеистой поверхности составила 70 см, остаточная засоренность при этом составила 14,2 штук/кг, а при отсутствии свободной ячеистой поверхности, достигнутом за счет снижения скоростного режима работы триера до 34,6 об/мин, остаточная засоренность очищенного зерна составила 1,5 штук/кг, что в 9,5 раз меньше.*

Ключевые слова: *экспериментальный триер, зерносмесь, качество очистки, длинная примесь, потери, остаточная засоренность.*

ASSESSMENT OF THE SENSITIVITY OF THE TRIER GRAIN CLEANING PROCESS TO OPERATING MODES

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. *Studies of the relationship between the speed mode of operation of the wild oat trier and the quality indicators of the technological process of purifying wheat from long impurities: the inevitable technological losses of full-fledged grain of the main crop into waste and residual contamination of the purified grain have been carried out. The studies were carried out using an experimental trier, which*

provided separate supply of grain mixture components into a cellular cylinder in specified ratios and control of the cylinder rotation speed with an accuracy of 0.1 rpm. It has been established that the quality of the process of cleaning grain from long impurities is greatly influenced by the speed mode of operation of the trier. The optimal value of the rotational speed of the cellular cylinder, at which the entire length of the cellular surface is involved with minimal losses of grain from the main crop, exists for specific values of grain supply to the trier and the angular position of the output tray. The maximum cleaning quality in terms of residual grain contamination is achieved in this way. Reducing the cylinder rotation speed from the optimal 34.6 rpm to 34.0 rpm (by 1.7%) leads to an increase in technological losses by 3.6 times with zero initial clogging and by 15.5 times with clogging 1. 3%. The relationship between the indicator of residual contamination and the size of the free cellular surface when the rotation speed of the cellular cylinder deviates upward from the optimal one has been established. With a grain supply of 1.2 t/h, an angular position of the working edge of the output tray of 55° and a cylinder rotation speed of 36.0 rpm, the value of the free cellular surface was 70 cm, the residual contamination was 14.2 pieces/kg, and in the absence of a free cellular surface, achieved by reducing the speed mode of the trier to 34.6 rpm, the residual contamination of the cleaned grain was 1.5 pieces/kg, which is 9.5 times less.

Keywords: *experimental trier, grain mixture, quality of cleaning, long impurity, losses, residual contamination.*

Для цитирования: Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Емельянович С.В. Оценка чувствительности процесса триерной очистки зерна к режимам работы // Наука в Центральной России. 2024. Т. 67, № 1. С. 23-31. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-1-23-31.

For citation: Tishaninov N, Anashkin A., Emelyanovich S. Assessment of the sensitivity of the trier grain cleaning process to operating modes. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2024; 67(1): 23-31. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-1-23-31.

Введение. Авторы работ [1-5] разработали базовые положения теории триеров. Они установили закономерности циркуляции слоев зерносмеси в сегменте и его осевого смещения в зависимости от загрузки триера, скоростных режимов работы, исходных свойств зерносмеси и других факторов. По выявленной динамике перемещения рабочей среды в триере авторы аналитическим путем определяют важнейшие характеристики процесса – производительность, энергоемкость. Но результаты их исследований не позволяют достаточно объективно оценивать качество процесса, показатели которого имеют наибольшую весомость в общей оценке. Необходимы большая детализация задач исследований и подтверждение их результатов экспериментальным путем. Частично недостатки работ [1-5] восполняются исследованиями [6-9], в которых рассматриваются условия захвата зерновок ячеями, начальные условия их выброса и траектории движения. Однако, указанные результаты позволяют анализировать процесс только в поперечном сечении триерного цилиндра, они не учитывают влияние на процесс примесных частиц и степени загрузки ячеистой поверхности по длине, которая определяет риски снижения качества процесса. Поэтому оценка влияния степени загрузки ячеистой поверхности по длине на качество процесса в зависимости от подачи зерносмеси триер и скоростного режима работы является актуальной задачей.

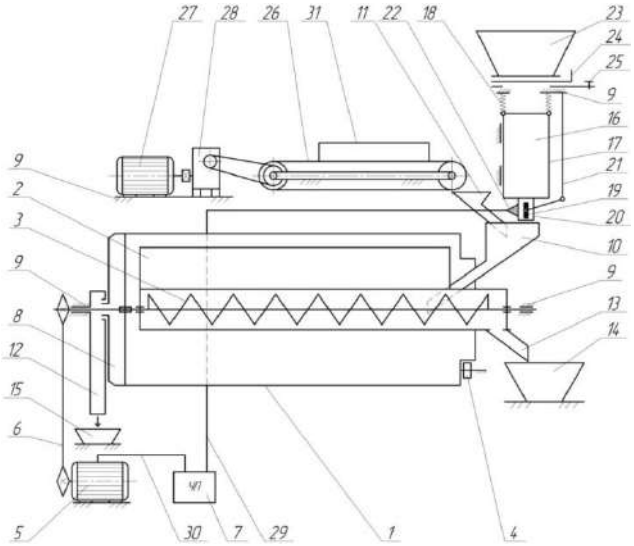
Материалы и методы. Отправной точкой при формировании плана эксперимента стали рациональные режимы и параметры триера, установленные нами ранее [10-12] с использованием в качестве рабочей среды пшеницы без засорителей. Были определены условия, обеспечивающие формирование зернового клина внутри ячеистого цилиндра с исключением или минимально возможным наличием свободной рабочей поверхности и минимальными потерями зерна основной культуры сходом.

Известно, что существенное влияние на величину остаточной засоренности ($З_о$) и величину технологических потерь ($П$) оказывает загрузка ячеистой поверхности [13-17], поэтому в эксперименте наряду с рациональными, необходимо было оценить последствия отклонения режимов работы и настроечных параметров.

Исследования проводились на экспериментальной установке с раздельной подачей компонентов зерносмеси и возможностью автоуправления частотой (n) вращения триерного

цилиндра [18-20], рисунок 1. Для повышения точности контроля *n* до 0,1 об/мин был усовершенствован изготовленный нами электронный тахометр.

Перед проведением основной серии опытов была установлена взаимосвязь *n* с частотой тока (*f*) на выходе частотного преобразователя. Тарировку частоты вращения выполняли следующим образом. Включали электропривод триера, затем с помощью частотного преобразователя задавали частоту тока на некотором уровне и определяли *n* с помощью электронного тахометра. Одновременно с этим величину *n* определяли подсчетом оборотов. Для этого на приводную звездочку была нанесена метка, с помощью которой подсчитывали 30 полных оборотов цилиндра. При этом контролировали время с помощью электронного секундомера с точностью до 0,01 с.



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

Соотношение компонентов зерносмеси изменяли шибером 24, и скоростью движения транспортерной ленты питателя 26.

По полученным данным рассчитывали *n*, таблица 1.

Таблица 1 – Результаты тарировки частоты вращения триерного цилиндра

Частота тока, Гц	*n*, об/мин (по тахометру)	Число оборотов цилиндра, шт	Время поворота цилиндра на 30 оборотов	*n*, об/мин (расчетная)
31,8	30,3	30	59,22	30,39
37,1	35,4	30	50,81	35,42
42,3	40,3	30	40,37	40,37
47,2	45,0	30	45,03	45,03

Из таблицы 1 видно, что электронный тахометр обеспечивает высокую точность измерений. Расхождения показаний тахометра с расчетным значением *n* не превышает 0,09 об/мин. Установленная взаимосвязь *n* и *f* имеет 100%-ную корреляцию ($R^2 = 1$), рисунок 2.

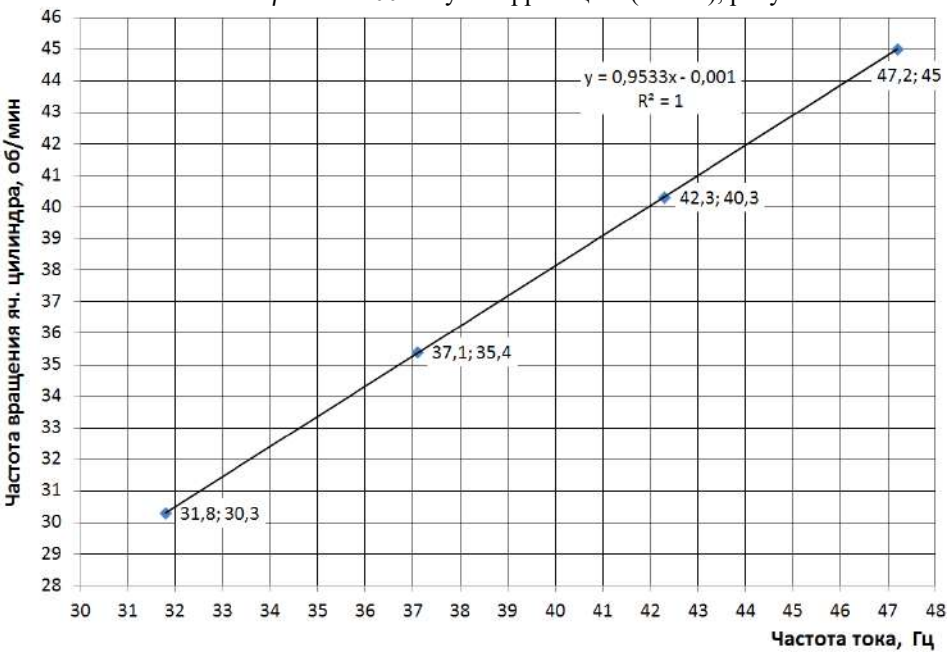


Рисунок 2 – Взаимосвязь частоты вращения ячеистого цилиндра (без загрузки) с частотой тока

Результаты и обсуждение. По условиям опытов подача основной культуры в триерный цилиндр составляла W = 1,2 т/ч (0,333 кг/с), а угловое положение выводного лотка – $\gamma_п$ = 55°. Для этих условий рациональная частота вращения ячеистого цилиндра n = 34,0 об/мин.

Перед началом опыта при незаполненном ячеистом цилиндре взаимосвязи $n = f(f)$ была установлена частота тока f_1 = 35,7 Гц. С момента начала подачи зерна в цилиндр частота его вращения снижалась. При этом производили ее корректировку с помощью регулятора частотного преобразователя с контролем заданного уровня по электронному тахометру. Через некоторое время n стабилизировалась, частота тока при этом составила f_2 = 36,2 Гц, что на 0,5 Гц больше значения f_1 при незаполненном цилиндре. Эта разница соответствует корректировке n в 0,48 об/мин. Для исследуемого процесса она существенна.

Для определения времени стабилизации процесса и уровня технологических потерь при указанных режимах работы триера в процессе опыта отбирали пробы зерна из схода с интервалом 30 с в течение 7 минут. Время отбора пробы составляло $t_{i(сх)}$ =10 с.

Отобранные навески взвешивали и определяли время стабилизации ($t_{ст}$) процесса и потери зерна сходом ($П$), которые составили для указанных выше условий: $t_{ст}$ = 4 мин, $П$ = 35,3 %. Величина потерь определена по пяти навескам, отобранным после $t_{ст}$. Время отбора проб чистого зерна составляло $t_{i(ч)}$ =5 с.

По окончании каждого опыта выполнялся анализ параметров сформированного внутри цилиндра зернового клина с целью оценки длины свободной ячеистой поверхности, рисунок 3.

Из рисунка 3 видно, что свободной поверхности при заданных условиях нет, а зерновая масса перекрывает нижнюю часть выгрузной розетки, что объясняет высокий уровень потерь.

Для снижения потерь была увеличена частота вращения ячеистого цилиндра до n = 34,6 об/мин. Заданному значению n при незаполненном цилиндре соответствует частота тока f_1 = 36,3 Гц, а при W = 1,2 т/ч – f_2 = 36,7 Гц. Разница $\Delta f = f_2 - f_1$= 0,4 Гц эквивалентна 0,38 об/мин, что несколько меньше, чем в предшествующем опыте. Это связано с уменьшением массы зерна, циркулирующего внутри ячеистого цилиндра при увеличении n и неизменных W и $\gamma_п$.

Величина технологических потерь составила *П* = 9,75 %. Увеличение частоты вращения на 0,6 об/мин привело к сокращению потерь в 3,6 раза, что свидетельствует о крайне высокой чувствительности исследуемого процесса к скоростному режиму работы триера. По окончании опыта свободной поверхности внутри ячеистого цилиндра также не наблюдалось.

Рисунок 3 – Зерновой клин внутри цилиндра по окончании опыта при W = 1,2 т/ч, n = 34,0 об/мин, $\gamma_п$ = 55°, $З_и$ = 0%

В ожидании дальнейшего снижения потерь дополнительно был увеличен скоростной режим работы до *n* = 35,1 об/мин. Примесный компонент не подавался. Показания частоты тока составили: f_1 = 36,7 Гц, f_2 = 37,1 Гц. Разность частот Δ *f* = 0,4 Гц осталась на прежнем уровне. Потери составили 3,0 %. Свободная ячеистая поверхность отсутствовала. Этот режим работы триера можно считать рациональным, так как по агротребованиям на триерную очистку зерна допускаются потери до 5 %.

Далее установлен скоростной режим с гарантированным наличием свободной ячеистой поверхности, когда ожидается снижение качества очистки зерна − *n* увеличена до 36,0 об/мин. После остановки привода длина свободной ячеистой поверхности составила 56 см, рисунок 4.

Рисунок 4 – Зерновой клин внутри цилиндра по окончании опыта при W = 1,2 т/ч, n = 36,0 об/мин, $\gamma_п$ = 55°, $З_и$ = 0%

Не смотря на достаточно большой участок свободной ячеистой поверхности потери основной культуры сходом составили *П* = 0,92 %. Это свидетельствует о неблагоприятных условиях захвата зерновок основной культуры на свободной ячеистой поверхности при отсутствии сформированного циркулирующего зернового сегмента.

Далее, при тех же значениях *W*, $\gamma_п$ и *n* наряду с основной культурой была осуществлена подача длинной примеси (овса) с помощью ленточного питателя. Распределение примесного компонента на ленте осуществлялось с помощью оборачиваемого короба с размерами 600×24×21 мм. Масса примеси в коробе составляла в среднем 138 г, что при скорости ленты 2 см/с обеспечивает расходную характеристику примеси $q_п$ = 4,61 г/с. При подаче зерна основной культуры *W* = 1,2 т/ч исходная засоренность зерносмеси составила $З_и$ = 1,3 %.

В результате опыта установлено, что за 6 минут стабилизация процесса по массовому расходу примесного компонента не достигнута. В среднем по навескам, отобранным в заключительном интервале времени (4-6 минут с момента начала подачи примеси в ячеистый цилиндр), сход примеси составил 3,51 г/с − 77,96 % от ее подачи.

Остаточная засоренность по результатам анализа пяти проб средней массой 1820 г из фракции чистого зерна составила $З_о$ = 0,025 % или 8,13 шт./кг, что является высоким результатом для продовольственного зерна, однако для посевного материала, согласно ГОСТ Р 52325–2005 [21], соответствует только категории РС (репродукционные семена).

Потери полноценного зерна в отходы составили *П* = 0,009 %, что в 102 раза меньше, чем в опыте с теми же условиями, но без подачи примесного компонента. Это свидетельствует о принципиальной разнице протекания процесса по условиям захвата частиц основной культуры на свободном участке ячеистой поверхности при наличии или отсутствии длинной примеси в зерносмеси.

После остановки привода свободная ячеистая поверхность от зерна основной культуры оказалась заполнена частицами длинной примеси, рисунок 5.

Рисунок 5– Зерновой клин внутри цилиндра по окончании опыта при W = 1,2 т/ч, n = 36,0 об/мин, $\gamma_п$ = 55°, $З_и$ = 1,3%

Длина свободной от основной культуры ячеистой поверхности составила $l_{св}$ = 75 см, что на 19 см больше, чем в опыте при тех же условиях, но без примеси. Далее при тех же условиях была увеличена продолжительность контроля времени стабилизации процесса по сходу примесного компонента. Через 4 минуты после включения привода и подачи основной культуры процесс стабилизировался по ее расходу. Затем был включен ленточный дозатор примеси и начат отсчет времени отбора проб из схода. Отобрано 30 проб с интервалом в 30. После этого отобрано 5 проб

фракции чистого зерна.

Установлено, что в этих условиях процесс по расходу примесного компонента стабилизировался через 9 минут с момента начала подачи примеси. Остаточная засоренность зерна составила $З_о$ = 0,04 %, что составляет 14,2 шт/кг. Это соответствует той же категории семян РС. Потери зерна сходом $П$ = 0,0004%. Длина свободной ячеистой поверхности $l_{св}$ = 70 см оказалась сопоставимой с предыдущим опытом.

При W = 1,2 т/ч, $\gamma_п$ = 55°, n = 34,6 об/мин и $З_и$ = 1,3 % стабилизация процесса по основной культуре завершилась в течение 5 минут, после чего был включен ленточный дозатор примеси и отобраны пробы аналогично предыдущему опыту.

Остаточная засоренность составила $З_о$ = 0,004 % (1,5 шт/кг), что в 9,5 раз меньше, чем при $l_{св}$ = 70 см. По содержанию семян сорных растений полученный показатель соответствует самой высокой категории качества семян пшеницы ОС (оригинальные семена), для которых допускается не более 3 шт/кг [21]. Потери основной культуры сходом составили $П$ = 1,09%, что 9 раз меньше, чем при $З_о$ =0 и тех же условиях. В связи с этим для подачи зерна на уровне W = 1,2 т/ч скоростной режим n = 34,6 об/мин и угловое положение рабочей кромки выводного лотка $\gamma_п$ = 55° можно считать оптимальными.

Заключение. Установлено, что на качество процесса очистки зерна от длинных примесей скоростной режим работы триера оказывает большое значение. Кроме того характер протекания технологического процесса существенно различается при наличии или отсутствии примеси в рабочей среде. Снижение частоты вращения цилиндра от оптимальных n = 34,6 об/мин до n = 34,0 об/мин (всего на 1,7%) приводит к увеличению технологических потерь в 3,6 раза при нулевой исходной засоренности и в 15,5 раз при засоренности 1,3 %.

При равных значениях производительности (W=1,2 т/ч), углового положения выводного лотка ($\gamma_п$ = 55°) и скоростного режима (n = 34,6 об/мин) наличие примеси ($З_и$ = 1,3%) снижает величину потерь в 9 раз в сравнении с процессом без примесного компонента. Такой эффект достигается за счет смягчения динамического воздействия кромок ячей на зерновки основной культуры при наличии примеси на конечном участке ячеистого цилиндра, что повышает вероятность захвата зерновок ячеями.

Установлена взаимосвязь показателя остаточной засоренности с величиной свободной ячеистой поверхности при отклонении частоты вращения ячеистого цилиндра от оптимальной в большую сторону. При W =1,2 т/ч, $\gamma_п$ = 55°, n = 36,0 об/мин и величине $l_{св}$ = 70 см остаточная засоренность составила $З_о$ = 14,2 шт/кг, а при величине $l_{св}$ = 0 см, достигнутой за счет снижения n до 34,6 об/мин (на 3,9%), $З_о$ составила 1,5 шт/кг (в 9,5 раз меньше).

Список источников

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

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

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

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

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

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

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

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

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

10. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Взаимосвязь качества триерной очистки зерна с режимами работы и настроечными параметрами // Наука в центральной России. – 2023. – № 5 (65). – С. 17-25.

11. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Результаты поисковых исследований прибора для разделения зерносмесей // Наука в центральной России. – 2016. – № 5 (23). – С. 37-44.

12. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Альшинайиин Х.Д.Д. Обоснование режимов работы и параметров прибора для рассева проб зерносмесей // Наука в центральной России. – 2016. – № 3 (21). – С. 74-80.

13. Листопад Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. – М.: Агропромиздат. – 1986. – 687с.

14. Лурье А.Б. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин. – Л.: Машиностроение, 1997. – 526 с.

15. Павловский Г.Т. Исследование технологического процесса в цилиндрических триерах // Сборник научных трудов ВИМ. –1952. – Т.17.

16. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Анализ способов управления качеством триерной очистки зерносмесей // Наука в центральной России. –2017. – № 4 (28). – С. 88-94.

17. Одинцов Д.В. Повышение эффективности функционирования цилиндрического триера с полимерной ячеистой поверхностью путем обоснования основных параметров и режимов работы: дис. … канд. техн. наук: 05.20.01. – Киров, 2007. – 161 с.

18. Патент на изобретение RU 2775584 C1. Тишанинов Н.П., Емельянович С.В. Триер. – 05.07.2022. – Заявка № 2022102982 от 07.02.2022.

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

20. 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.

21. ГОСТ 52325-2005 Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия. – Введ. 2005-03-23. – М.: Стандартинформ, 2009. – 20с.

References

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

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

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

4. Poletaev S.V. Triremes. – M.: Leningrad: Goskomizdat, 1932. – 95 p.

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

6. Rassadin A.A. Movement of a material point and body along rotating frictional and cellular surfaces // Problems of separation of grain and other bulk materials / Proc. VNIIZ. − M., 1963, issue. 42. − P. 91-109.

7. Urkhanov N.A. Anakhin V.D., Vorobiev A.M. Determination of the moment of the beginning of grain movement from the cell of a cylindrical trier. − Ulan-Ude, 1978. − P.78-81.

8. Abiduev A.A. Study of the process of grain loss from the cells of trier cylinders // Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management (Bulletin of ESGTU). – 1989. – P. 107-108.

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

10. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. The relationship between the quality of grain grain cleaning with operating modes and setting parameters // Science in Central Russia. – 2023. – No. 5 (65). – pp. 17-25.

11. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Results of search studies of a device for separating grain mixtures // Science in Central Russia. – 2016. – No. 5 (23). – pp. 37-44.

12. Tishaninov N.P., Anashkin A.V., Alshinaiin Kh.D.D. Justification of operating modes and parameters of the device for sifting samples of grain mixtures // Science in Central Russia. – 2016. – No. 3 (21). – P. 74-80.

13. Leaf fall G.E. Agricultural and reclamation machines. – M.: Agropromizdat. – 1986. – 687 p.

14. Lurie A.B. Calculation and design of agricultural machines. – L.: Mechanical Engineering, 1997. – 526 p.

15. Pavlovsky G.T. Study of the technological process in cylindrical triremes // Collection of scientific papers of VIM. –1952. – T.17.

16. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Analysis of methods for managing the quality of grain-mixed grain cleaning. // Science in Central Russia. –2017. – No. 4 (28). – pp. 88-94.

17. Odintsov D.V. Increasing the efficiency of functioning of a cylindrical trier with a polymer cellular surface by substantiating the main parameters and operating modes: thesis. ...cand. tech. Sciences: 05.20.01. – Kirov, 2007. – 161 p.

18. Patent for invention RU 2775584 C1. Tishaninov N.P., Emelyanovich S.V. Trier. – 07/05/2022. – Application No. 2022102982 dated 02/07/2022.

19. Tishaninov N.P., Emelyanovich S.V. Trier with automatic speed control // Rural machine operator. – 2022. – No. 6. – P. 16-17.

20. Tishaninov N.P., Anashkin A.V., Emelyanovich S.V. Ensuring the quality of grain grain cleaning through automatic regulation of operating modes // Bulletin of the Verkhnevolzhye Agro-Industrial Complex. – 2021. – No. 4 (56). – pp. 67-75.

21. GOST 52325-2005 Seeds of agricultural plants. Varietal and sowing qualities. General technical conditions. – Enter. 2005-03-23. – M.: Standartinform, 2009. – 20 p.

Информация об авторах

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

Information about the authors

N. Tishaninov - Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher; A. Anashkin - Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher; 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): 01.02.2024 Принята к публикации (Accepted): 24.02.2024