УДК 631.303

DOI: 10.35887/2305-2538-2019-5-5-10

**ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ДЕЛИТЕЛЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА
С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ РАЗМЕЩЕНИЕМ ЦЕЛЕВЫХ ОТВЕРСТИЙ**¹Тишанинов Николай Петрович¹Анашкин Александр Витальевич¹Тишанинов Константин Николаевич¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. Установлено, что делители с шиберной системой авторегулирования потока через боковую стенку стабилизатора дают высокую точность разделения, надежны в эксплуатации и просты в изготовлении. Найдено, что расход зерна через боковые отверстия при той же площади проходного сечения в 4 раза меньше, чем расход зерна через горизонтальные отверстия. Методом морфологического анализа обоснована возможность создания делителя с горизонтальным размещением каскадных отверстий для повышения расходных характеристик. Подтверждено, что падающий в стабилизирующую емкость поток зерна сначала образует конусообразную насыпь, по которой оно стекает в отводящие каналы. Зерновой поток образует веер, а качество деления зависит от положения насыпи, ширины веера и величины подачи. Определены качественные показатели делителя в зависимости от различных вариантов подачи зерна в стабилизирующую емкость, величины подачи и ширины отводящих каналов. Установлено, что уменьшение ширины отводов до 160 мм и увеличение подачи с 2 до 7 т/ч существенно повышает качество деления. Выявлено, что при средней производительности делителя (4,5 т/ч) подача зерна к дальней стенке уменьшает погрешность деления с 140,8% до 55,5% при крайнем фронтальном смещении (100 мм), а при смещении подачи в пределах погрешности (50 мм) уменьшает погрешность деления с 99,2% до 13,9%. На основе полученных данных предложена математическая модель, описывающая распределение погрешности деления потоков зерна в зависимости от смещения подачи в стабилизирующую емкость и величины подачи. Построена поверхность распределения погрешности на основе математической модели. Даны основные рекомендации для разработчиков делителей потоков сыпучих материалов с каскадным размещением целевых отверстий.

Ключевые слова: делитель потока зерна, качество разделения, каскадный делитель.

**WORK QUALITY RESEARCHES OF THE DIVIDER OF BULK MATERIAL
WITH HORIZONTAL ACCOMMODATION OF GRILL HOLES**¹Tishaninova Nikolai¹Anashkin Alexander¹Tishaninov Konstantin¹FSBSI "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture"

Abstract. It was established that dividers with a slide gate system of automatic flow control through the side wall of the stabilizer provide high separation accuracy, reliable in operation and easy to manufacture. It was found that the flow rate of grain through the side holes at the same area of the passage section is 4 times less than the flow rate of grain through the horizontal holes. The possibility of creating a divider with horizontal placement of cascade holes to increase the flow characteristics is justified by the method of morphological analysis. It is confirmed that the flow of grain falling into the stabilizing tank first forms a cone-shaped mound, through which it flows into the diverting channels. The grain flow forms a fan, and the quality of the division depends on the position of the embankment, the width of the fan and the feed value. The qualitative indicators of the divider depending on the different variants of grain supply to the stabilizing tank, the feed value and the width of the discharge channels are established. It was established that reducing the width of the bends to 160 mm and increasing the feed

from 2 to 7 t/h significantly improves the quality of the division. It was found that at the average productivity of the divider (4.5 t/h), the grain supply to the far wall reduces the division error from 140.8% to 55.5% at the extreme frontal displacement (100 mm), and at the feed displacement within the error (50 mm) reduces the division error from 99.2% to 13.9%. A mathematical model based on the obtained data that describes the distribution of the error in the division of grain flows depending on the displacement of the feed to the stabilizing tank and the feed quantity was proposed. The surface of the error distribution based on a mathematical model is constructed. The main recommendations for developers of bulk flow dividers with cascading slotted holes are given.

Keywords: flow divider grain, the quality of the separation, a cascade divider.

Введение. Управление массовыми потоками зерна в зерноочистительных агрегатах [1] позволяют решить ряд задач: настроить машины для очистки зерна на качественную работу, распределить подачу равномерно по ширине решетчатого стана машины для первичной очистки зерна, равномерно распределить поток между параллельными технологическими линиями зерноочистительных машин. Наиболее качественными показателями работы и простотой конструкции по сравнению с аналогами [2, 3, 4] обладает делитель с щелевой системой авторегулирования [5]. Для нужд производства необходимы делители технологически ограниченные по высоте. Учитывая, что расход зерна через горизонтальные отверстия в 4 раза больше чем аналогичный расход через вертикальные отверстия, нами были разработан делитель с горизонтальным размещением каскадных отверстий, качественные показатели которого необходимо исследовать.

Результаты и обсуждение. Для повышения расходных характеристик делителя с щелевыми отверстиями [5] нами был разработан делитель с горизонтальным размещением каскадных отверстий, схема которого показана на рисунке 1.

1 - стабилизирующую емкость; 2 - отводящие каналы; 3 – планки; 4 – корпус; 5 – патрубки.

Рисунок 1 – Схема делителя с горизонтальным размещением каскадных отверстий

Устройство для разделения потока сыпучих материалов работает следующим образом.

Сыпучий материал подается с некоторой расходной характеристикой Q в стабилизирующую емкость 1. По мере накопления сыпучий материал поступает в полость корпуса 4 и через отводящие каналы 2 выводится в патрубки 5. Симметричное расположение патрубков 5 относительно ширины корпуса 4 и соответственно длины отводящих каналов 2 делит площадь отводящих каналов 2 пополам, что позволяет разделить поток сыпучего материала на две равные части ($Q/2$) и направить их в два патрубка 5. При увеличении подачи сыпучего материала в

стабилизирующую емкость 1 увеличивается количество задействованных отводящих каналов 2 и высота слоя сыпучего материала над ними, соответственно возрастает расход материала через патрубки 5. При уменьшении подачи сыпучего материала в стабилизирующую емкость 1 уменьшается количество задействованных отводящих каналов 2 и снижается расход сыпучего материала через патрубки 5. Таким образом, осуществляется процесс авторегулирования расходных характеристик устройства для разделения потока сыпучих материалов. Размещение планок 3 в горизонтальной плоскости с равным шагом в одном уровне с дном стабилизирующей емкости 1 позволяеткратно повысить количество задействованных отводящих каналов 2 в сравнении с каскадным размещением планок (по прототипу) при равных уровнях сыпучего материала в стабилизирующей емкости 1. Таким образом, достигается существенное увеличение расходных характеристик устройства для разделения сыпучих материалов при сохранении вертикальных габаритных размеров устройства, что имеет существенное значение при ограничении технологической высоты в производственных условиях, в частности, при компоновке оборудования в зерноочистительных комплексах.

Для обоснования конструктивных параметров делителя исследования были направлены на обоснование минимальной погрешности разделения потоков сыпучих материалов. Результаты исследования устройства показали, что с увеличением величины бокового смещения подачи зерна от центра емкости погрешность разделения резко возрастает и нивелируется увеличением подачи (Рисунок 2).

Рисунок 2 – Зависимость погрешности разделения от бокового смещения подачи зерна в центр емкости и производительности

Данную зависимость можно аппроксимировать следующей формулой:

$$\Delta = K_1 \cdot \frac{e^2}{P} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где Δ – погрешность деления, %;

K_1 – коэффициент соответствия, $0,0354/(\text{т} \cdot \text{мм}^2)$;

e – величина бокового смещения подачи зерна от центра емкости, $0 \dots 100$ мм;

P – величина подачи зерна, т/ч.

Эта зависимость также показана на рисунке 1. Как видно из рисунка погрешность деления прямопропорциональна квадрату величины бокового смещения, и обратнопропорциональна величине подачи.

Исследование фронтального смещения подачи показывают, что при приближении потока зерна к дальней стенке погрешность деления существенно падает при тех же параметрах бокового смещения потока (Рисунок 3).

Рисунок 3 - Зависимость погрешности разделения от бокового, фронтального смещений подачи зерна и производительности

Причем, если рассмотреть крайний (экстремальный) случай, когда поток зерна подаётся к правой стенке и близко к отводам, то начиная с подачи 3,5 т/ч расходные характеристики левого отвода превышает расходные характеристики правого. Это объясняется тем, что поток зерна образует веер, а расход зерна увеличивается вместе с шириной веера. Поэтому, при крайнем смещении большая часть веера попадает в правый отвод, и из-за того, что расходные характеристики части веера попадающего в левый отвод выше, то расход левого отвода превышает расход правого.

При подаче зерна к дальней стенке широкая часть веера упирается в боковые стенки, а маленькая покрывает отводы, в результате наблюдается высокое качество разделения.

С учетом фронтального смещения (L) погрешность разделения можно приближенно определить по формуле 2:

$$\Delta = \left(K_2 \cdot \frac{e^2}{\Pi} + K_3 \cdot \frac{L^2}{\Pi} \right) \cdot 100\%, \quad (2)$$

где K_2 – коэффициент соответствия, 0,025 ч/(т·мм²);

K_3 – коэффициент соответствия, 0,015 ч/(т·мм²);

L – величина фронтального смещения подачи от передней стенки, 0...160 мм.

Поверхность распределения погрешности деления внутри емкости (при подаче 4,5 т/ч) представлена на рисунке 4.

Стоит отметить, что наименьшие значения погрешности деления наблюдаются при подаче к дальней стенке ($L=160$ мм) и увеличиваются при приближении потока к передней стенке.

Рисунок 4 – Математическая модель распределения погрешности деления в зависимости от положения подачи зерна в емкости при подаче 4,5 т/ч

С уменьшением ширины отводов с 240 мм до 160 мм качество разделения существенно повышается (Рисунок 5). На маленькой подаче зерна к дальней стенке при боковом смещении в пределах погрешности качество разделения не превышает 50%, а с увеличением подачи уменьшается до 0...10,4%. Исследование показали также, что боковое смещение подачи зерна в емкость дает большую погрешность разделения, чем фронтальное смещение. Соответственно, основной рекомендацией при проектировании делителя с горизонтальным размещением каскадным отверстий будет подача зерна в центр емкости к дальней стенке при ширине отводящих каналов 160 мм и производительности - 2...7 т/ч.

Рисунок 5 – Зависимость погрешности деления при ширине отводов 160 мм от бокового, фронтального смещений подачи зерна и производительности

Заключение. Применение каскадных делителей потока сыпучих материалов ограничено числом технологических каналов (не более двух) и реальным уровнем показателей качества процесса деления. Наилучшие показатели качества процесса достигаются при смещении подаваемого потока к задней стенке приемной емкости и минимальном его отклонении от оси симметрии емкости – в диапазоне расходных характеристик до 7 т/ч достигается погрешность 0...10,4%.

Список литературы

1. Bohnet M. Mechanische Verfahrenstechnik / M. Bohnet. – Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2004. – 270 s.
2. Пат. 2415070 Российская Федерация, МПК C1, 2415070/13. Адаптивный делитель потока сыпучего материала // Кузнецов В.В., Востриков П.С., Извеков Е.А. – 2009145228/11; Заявлено 07.12.2009; Оpubл. 27.03.2011. Бюл. №9.
3. Пат. 2326043 Российская Федерация, МПК C1, 2326043/13. Устройство для разделения потока сыпучего материала // Кузнецов В.В., Извеков Е.А., Востриков П.С. – 2006143914/11; Заявлено 11.12.2006; Оpubл. 10.06.2008. Бюл. №16.
4. А.С. 1142388. Устройство для разделения потока сыпучего материала // Гаврилова Е.И., Куприянова Л.Г., Родкин Б.Ш., Штительман Б.А. – 3569953/27–11; Заявлено 31.03.83; Оpubл. 28.05.85. Бюл. №8.
5. Пат. 2459405 Российская Федерация, МПК C1, A01F12/46. Устройство для разделения потока сыпучих материалов // Тишанинов Н.П., Тишанинов К.Н. – 2011110258/13; Заявлено 17.03.2011; Оpubл. 27.08.2012. Бюл. №24.

References

1. Bohnet M. Mechanische Verfahrenstechnik / M. Bohnet. - Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2004. - 270 s.
2. Pat. 2415070 Russian Federation, IPC C1, 2415070/13. Adaptive flow divider bulk material // Kuznetsov V.V., Vostrikov P.S., Izvekov E.A. – 2009145228/11; Declared 07.12.2009; Publ. 27.03.2011. Bul. No. 9.

3. Pat. 2326043 Russian Federation, IPC C1, 2326043/13. Device for separating the flow of bulk material // Kuznetsov V.V., Izvekov E.A., Vostrikov P.S. – 2006143914/11; Announced 11.12.2006; Publ. 10.06.2008. Bul. No. 16.

4. A.S. 1142388. Device for separating the flow of bulk material // Gavrilova EI, Kupriyanova LG, Rodkin B.Sh., Shtitelman BA - 3569953/27-11; Claimed 31.03.83; Publ. 05/28/85. Bul №8.

5. Pat. 2459405 Russian Federation, IPC C1, A01F12/46. Device for separating flow of bulk materials // Tishaninov N.P. Tishaninov K.N. - 2011110258/13; Stated 17.03.2011; Publ. 27.08.2012. Bul. No. 2

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Тишанинов Николай Петрович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: vniitinlab5@mail.ru.

Анашкин Александр Витальевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: av-anashkin@mail.ru.

Тишанинов Константин Николаевич – кандидат технических наук старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: TishaninovKN@rambler.ru.

Author credentials

Affiliations

Tishaninov Nikolai – Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: vniitinlab5@mail.ru.

Anashkin Alexander – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: av-anashkin@mail.ru.

Tishaninov Konstantin - Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: TishaninovKN@rambler.ru

Поступила в редакцию (Received): 26.08.2019 Принята к публикации (Accepted): 30.09.2019

УДК 631.362.3

DOI: 10.35887/2305-2538-2019-5-10-16

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ В КУКОЛЬНОМ ЦИЛИНДРЕ ТРИЕРА

¹Тишанинов Николай Петрович

¹Анашкин Александр Витальевич

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. Представлены результаты исследований технологических потерь за счет случайного захвата ячеями кукольного цилиндра зерновок основной культуры и выброса их в отводной лоток в зависимости от конструктивно-режимных параметров. Установлено, что при малой величине угла подъема верхней кромки передней стенки выводного лотка ($\gamma < 35^\circ$) и скоростном режиме $n = 40$ об/мин технологические потери достигают 34%. Эти результаты получены при наибольшем радиальном зазоре между верхней кромкой стенки лотка и внутренней поверхностью ячеистого цилиндра ($Z_p = 20$ мм). При увеличении угла γ и уменьшении радиального зазора (Z_p) технологические потери резко уменьшаются. Установлено, что с увеличением массы