



*Делитель потока зерна,
теоретический анализ,
каскадный делитель*

*Grain divider, theoretical
analysis, cascade divider*

DOI 10.35694/YARCX.2019.46.2.012

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЕЛИТЕЛЯ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ РАЗМЕЩЕНИЕМ ЩЕЛЕВЫХ ОТВЕРСТИЙ

К.Н. Тишанинов (фото)

к.т.н., старший научный сотрудник лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве
А.В. Анашкин

к.т.н., ведущий научный сотрудник лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Зерноочистительные агрегаты зачастую используют поточные технологические линии для послеуборочной очистки зерна, от качества работы которых зависит стоимость конечного продукта и рентабельность всего цикла производства зерна. Разделение потока зерна на две технологические линии происходит с использованием тройника зернопровода, что приводит к перегруженности одной линии и недогруженности другой. Зерноочистительные машины работают за рамками рекомендуемых нагрузок, что приводит к низкому качеству очистки и высокому уровню потерь зерна. Для качественной настройки зерноочистительных машин в составе технологии послеуборочной очистки зерна необходимы устройства для разделения потоков зерна. В ФГБНУ ВНИИТиН разработаны несколько классов авторегулируемых устройств (делителей): с грузовоспринимающей системой, с щелевыми отверстиями и т.д. В данной статье рассматривается одно из таких устройств – делитель потока зерна с горизонтальным размещением щелевых отверстий.

Результаты исследований

На предыдущих этапах исследований [1] нами была обоснована возможность создания авторегулируемого делителя потока зерна с горизонтальным размещением каскадных отверстий. Для обоснования конструктивных параметров делителя необходимо вычислить возможную погрешность деления при асимметричной подаче зерна в стабилизирующую ёмкость (рис. 1).

Как видно из рисунка 1, при стабилизации падающего потока зерна образуется насыпь, которую упрощённо можно представить в виде конуса. Расход зерна через отводы можно посчитать по следующей схеме (рис. 2).

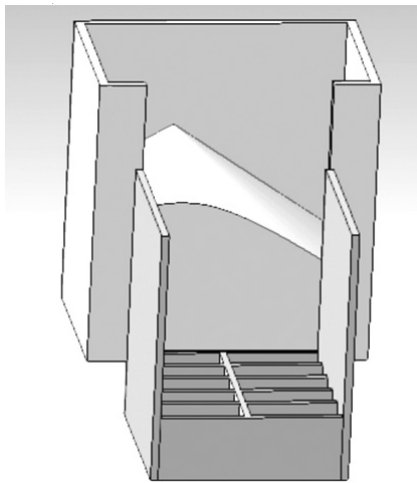


Рисунок 1 – Общий вид делителя при асимметричной подаче зерна

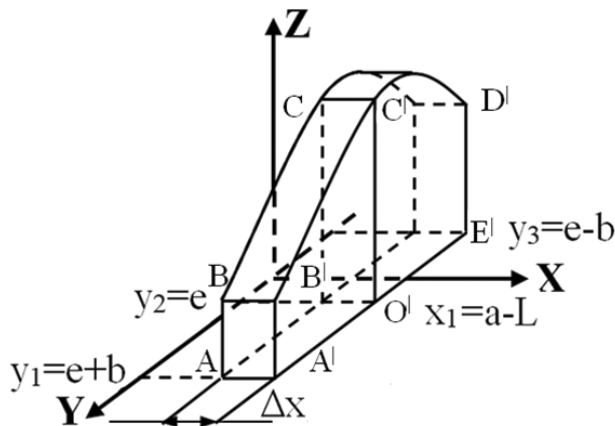


Рисунок 2 – Схема расчёта расходных характеристик отводов

Примем, что в первый отводящий канал (за элементарный промежуток времени Δt) поступает объём зерна, равный площади фигуры $OCDE$ (S_1), умноженный на элементарное расстояние отводящего канала Δx . Тогда расход зерна первого отводящего канала (V_1) вычисляется по формуле:

$$V_1 = \frac{S_1 \cdot \Delta x}{\Delta t} \quad (1)$$

Аналогично найдём расход зерна через второй отводящий канал (V_2):

$$V_2 = \frac{S_2 \cdot \Delta x}{\Delta t},$$

где S_2 – площадь фигуры $ABCO$, мм².

Тогда погрешность деления (Δ) можно вычислить как:

$$\Delta = \frac{V_1 - V_2}{V_1} = \frac{\frac{S_1 \cdot \Delta x}{\Delta t} - \frac{S_2 \cdot \Delta x}{\Delta t}}{\frac{S_1 \cdot \Delta x}{\Delta t}} = \frac{S_1 - S_2}{S_1}, \quad (2)$$

где S_1 – площадь фигуры, ограниченная:

$$\text{кривой } z(y) = H - \operatorname{tg}(\alpha) \cdot \sqrt{(L - a)^2 + y^2}, \quad (3)$$

прямой $z(y) = 0$,

прямой $z(y) = e - b$,

прямой $z(y) = e$,

где H – высота насыпи, м;

α – угол естественного откоса, град;

$2a$ – длина стабилизирующей ёмкости, м;

L – величина горизонтального (по длине ёмкости) отклонения от симметричной подачи зерна, м;

$2b$ – ширина стабилизирующей ёмкости, м;

e – величина горизонтального (по ширине ёмкости) отклонения от симметричной подачи зерна, м.

Следовательно, площадь фигуры S_1 можно вычислить как:

$$\begin{aligned} S_1 &= \int_{e-b}^e dy \int_0^{H - \operatorname{tg}(\alpha) \cdot \sqrt{(L-a)^2 + y^2}} dz = \\ &= \int_{e-b}^e (H - \operatorname{tg}(\alpha) \cdot \sqrt{(L-a)^2 + y^2} - 0) dy = \\ &= H(e - e + b) - \operatorname{tg}(\alpha) \cdot \left(e \cdot \sqrt{(L-a)^2 + e^2} - \right. \\ &\quad \left. - (e-b) \cdot \sqrt{(L-a)^2 + (e-b)^2} \right) / 2 - \operatorname{tg}(\alpha) \cdot \\ &\quad (L-a)^2 \cdot \left(\ln(|e| + \sqrt{(L-a)^2 + e^2}) - \right. \\ &\quad \left. - \ln(|e-b| + \sqrt{(L-a)^2 + (e-b)^2}) \right) / 2. \quad (4) \end{aligned}$$

Аналогичным образом найдём площадь фигуры S_2 :

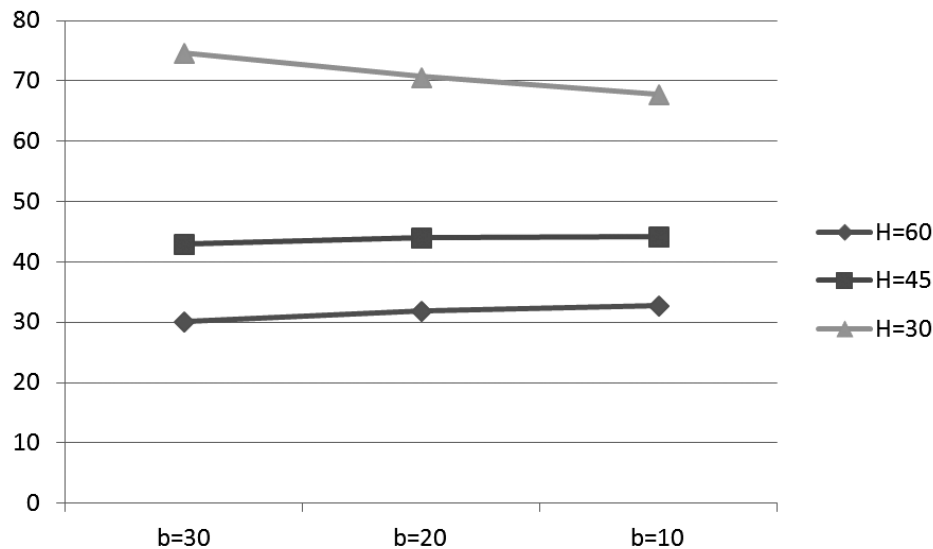
$$\begin{aligned} S_2 &= \int_e^{e+b} dy \int_0^{H - \operatorname{tg}(\alpha) \cdot \sqrt{(L-a)^2 + y^2}} dz = \\ &= \int_e^{e+b} (H - \operatorname{tg}(\alpha) \cdot \sqrt{(L-a)^2 + y^2} - 0) dy = \\ &= H(e - e + b) - \operatorname{tg}(\alpha) \cdot \left((e+b) \cdot \right. \\ &\quad \left. \cdot \sqrt{(L-a)^2 + (e+b)^2} - \right. \\ &\quad \left. - e \cdot \sqrt{(L-a)^2 + e^2} \right) / 2 - \operatorname{tg}(\alpha) \cdot \\ &\quad \cdot (L-a)^2 \cdot \left(\ln(|e+b| + \sqrt{(L-a)^2 + (e+b)^2}) - \right. \\ &\quad \left. - \ln(|e| + \sqrt{(L-a)^2 + e^2}) \right) / 2. \end{aligned}$$

Теоретический анализ возможной погрешности разделения потока зерна (Δ) проводился при следующих варьируемых параметрах (табл. 1):

Результаты теоретического анализа показали, что величина (b) слабо влияет на максимальную погрешность разделения. С уменьшением высоты насыпи (H) с 60 см до 20 см погрешность разделения возрастает (рис. 3).

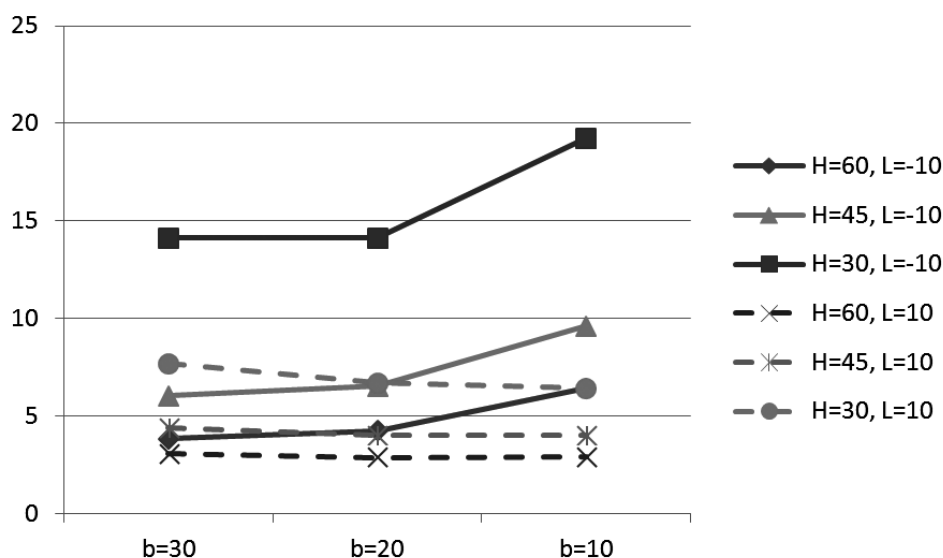
Таблица 1 – Факторы варьирования

Наименование фактора варьирования	Отклонение потока по длине ёмкости (L)	Отклонение потока по ширине ёмкости (e)	Ширина канала (2b)	Высота насыпи (H)
Интервал варьирования	0..25% (a)	0...15 см	10, 20, 30 см	30, 45, 60 см

Рисунок 3 – Зависимость максимальной погрешности деления (Δ_{max}) от ширины канала ($2b$) и высоты насыпи (H)

При малых значениях отклонения потока по ширине ёмкости (величина $e = 1,5$ см) и малых значениях (L) с уменьшением ширины отводящих каналов с 60 см до 20 см погрешность разделения увеличивается с 3,9 до 6,4% (в 1,64 раза) (рис. 4).

Как видно из рисунка 4, возрастание погрешности деления происходит только при малых значениях (L). При больших значениях (L) погрешность разделения намного меньше и уменьшается вместе с уменьшением ширины

Рисунок 4 – Зависимость погрешности деления (Δ) при малых значениях отклонения подачи по ширине ёмкости ($e = 1,5$) от ширины канала ($2b$) при переменных значениях высоты насыпи (H) и отклонений подачи по длине ёмкости (L)

канала (2b). Учитывая, что высота насыпи – величина переменная, и она зависит от подачи зерна в стабилизирующую ёмкость, то снизить общую погрешность можно, приняв минимальные (в выбранном диапазоне варьирования) значения

ширины канала и максимальные значения отклонения подачи по длине ёмкости ($L = 10$, $2b = 20$).

С увеличением отклонения потока зерна по ширине стабилизирующей ёмкости погрешность разделения резко возрастает (рис. 5).

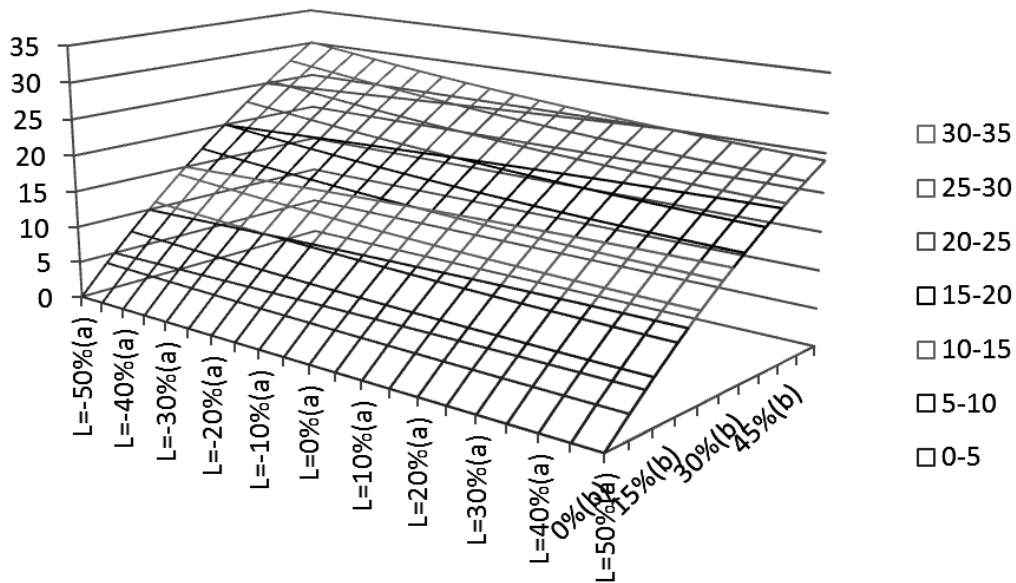


Рисунок 5 – Зависимость погрешности деления (Δ) от значений отклонения подачи по ширине ёмкости (e) и длине ёмкости (L) при фиксированных значениях высоты насыпи ($H = 60$ см) и ширины канала ($2b = 60$)

Выводы

При фиксированных значениях отклонения потока по ширине ёмкости (e) наименьшие значения погрешности деления потока (Δ) наблюдаются при минимальной ширине отводящего канала ($2b = 20$ см), максимальном значении отклонения потока по длине ёмкости ($L = 10$ см) и максимальной высоте насыпи ($H = 60$ см). Учитывая,

что высота насыпи (H) – величина переменная, зависящая от подачи зерна в стабилизирующую ёмкость, то основной рекомендацией при проектировании делителя с горизонтальным расположением каскадных отверстий будет центральная подача зерна по ширине ёмкости, в сторону к передней стенке, и минимально допустимое значение ширины отводящих каналов (10...20 см).

Литература

1. Анашкин, А.В. Морфологический анализ устройств для управления массовыми потоками зерна [Текст] / А.В. Анашкин, К.Н. Тишанинов // Наука в центральной России. – 2019. – № 1 (37). – С. 11–19.

References

1. Anashkin, A.V. Morfologicheskij analiz ustrojstv dlja upravlenija massovymi potokami zerna [Tekst] / A.V. Anashkin, K.N. Tishaninov // Nauka v central'noj Rossii. – 2019. – № 1 (37). – S. 11–19.