

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.354.2.027

С.Ф. Сороченко
S.F. Sorochenko

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕПАРАЦИИ ЗЕРНА В СИСТЕМЕ ОЧИСТКИ КОСОГОРНОГО ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

MATHEMATICAL MODEL OF GRAIN SEPARATION IN THE CLEANING SYSTEM OF HILLSIDE COMBINE HARVESTER

Ключевые слова: математическая модель, сепарация зерна, система очистки, косогорный зерноуборочный комбайн, склоны, потери зерна.

Неравномерность распределения зернового вороха на верхнем решете системы очистки зерноуборочных комбайнов, работающих на склонах с боковым наклоном, является основной причиной повышенных потерь зерна и снижения производительности комбайнов. Целью работы является разработка математической модели сепарации зерна в системе очистки косогорного зерноуборочного комбайна с устройствами, выравнивающими зерновой ворох на верхнем решете. Разработанная математическая модель сепарации учитывает скорость зернового вороха в продольном и поперечном направлениях, поперечный угол наклона решета, направление движения зернового вороха, толщину зернового вороха, коэффициенты вариации толщины зернового вороха, расстояние от начала решета, на котором завершено перераспределение зернового вороха. Рассмотрены варианты распределения зернового вороха, достигаемые установкой выравнивающих устройств различных типов. Сравнение проводили с работой системы очистки при отсутствии наклона комбайна в поперечном направлении, оцениваемой потерями зерна, которые составили 0,13%. При наклоне зерноуборочного комбайна на угол 8 градусов потери зерна составили 1,17%. Относительное отклонение между экспериментальными и теоретическими значениями потерь зерна не превышает 8%. Оценена работа динамического выравнивателя зернового вороха, в котором, за счёт дополнительных колебаний решета в поперечном направлении, зерновой ворох разравнивается к концу решета, что позволило уменьшить потери зерна до 0,41%. Выравнивание толщины зернового вороха до его поступления на верхнее решето снижает потери зерна до 0,35%. Выравнивание толщины

зернового вороха на расстоянии 0,3 м от длины верхнего решета снижает потери зерна до 0,23%.

Keywords: mathematical model, grain separation, cleaning system, hillside combine harvester, slopes, grain losses.

Uneven distribution of threshed heaps on the upper sieve of the cleaning system of a combine harvester working on slopes with a side inclination is a basic reason of increased grain losses and decreased output of combine harvesters. The research goal is the development of mathematical model of grain separation in the cleaning system of hillside combine harvester with the devices leveling threshed heaps on the top sieve. The proposed mathematical model of separation considers the speed of threshed heaps in the longitudinal and cross directions, cross slope angle of a sieve, the direction of threshed heaps movement, thickness of threshed heaps, coefficients of thickness variation of threshed heaps, distance from the beginning of a sieve on which redistribution of threshed heaps is complete. The options of threshed heap distribution reached by installation of leveling devices of different types are considered. The comparison was made with operation of cleaning system without thresher inclination in the cross direction evaluated by grain losses of 0.13%. The inclination of the combine harvester by 8 degrees caused grain losses of 1.17%. The divergence between experimental values of grain losses and theoretical values does not exceed 8%. The operation of the dynamic aligner of threshed heaps is evaluated; due to additional oscillations of a sieve in the cross direction, threshed heaps are leveled by the end of a sieve and that reduces grain losses to 0.41%. Leveling of threshed heap thickness before the arrival onto the upper sieve reduces grain losses to 0.35%. Leveling of threshed heap thickness at a distance 0.3 of the length of the top sieve reduces grain losses to 0.23%.

Сороченко Сергей Фёдорович, к.т.н., доцент, каф. «Наземные транспортно-технологические системы», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. Тел.: (3852) 29-09-42. E-mail: sorochenkosf@list.ru.

Sorochenko Sergey Fedorovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Surface Transportation Technological Systems, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov. Ph.: (3852) 29-09-42. E-mail: sorochenkosf@list.ru.

Введение

Неравномерность распределения зернового вороха на верхнем решете системы очистки зерноуборочного комбайна, работающего на склонах с поперечным наклоном, является основной причиной повышенных потерь зерна и снижения производительности зерноуборочного комбайна [1, 2].

Для оценки сепарации зерна в системе очистки при поперечном наклоне комбайна предложена математическая модель [3], учитывающая распределение зернового вороха на верхнем решете, %:

$$P = 100 \cdot \exp(-L_p \mu_p e^{-k_1 V_h k_2}), \quad (1)$$

где L_p – длина верхнего решета;

μ_p – коэффициент сепарации зерна;

V_h – коэффициент вариации толщины зернового вороха;

k_1, k_2 – опытные коэффициенты, характеризующие работу системы очистки базового комбайна.

Так как смещение зернового вороха в очистке равнинного зерноуборочного комбайна при поперечном крене происходит на транспортной доске и на верхнем решете, на которых установлены продольные гребёнки, препятствующие смещению зернового вороха в сторону уклона, а характер распределения зернового вороха в начале и в конце решета имеет один вид, поэтому параметр V_h в работе [3] определён как среднее значение:

$$V_h = \frac{V_{hn} + V_{hk}}{2}, \quad (2)$$

где V_{hn}, V_{hk} – коэффициенты вариации толщины слоя зернового вороха в начале и в конце решета соответственно.

Потери зерна, рассчитанные по формуле (1), хорошо согласуются с экспериментальными данными, полученными для равнинного зерноуборочного комбайна при поперечном наклоне комбайна [3]. Однако применение в математической модели сепарации среднего значения коэффициента вариации не позволяет оценивать работу системы очистки косогорного зерноубо-

рочного комбайна с дополнительными устройствами: с динамическим выравнивателем зернового вороха [4-6], выравнивающим толщину зернового вороха к концу верхнего решета; с адаптером для склонов [7-9], выравнивающим зерновой ворох на передней части верхнего решета; с решётно-винтовым сепаратором [10], обеспечивающим равномерную подачу зернового вороха на верхнее решето; с устройствами, стабилизирующими верхнее решето в горизонтальном положении [11-14]. Также в математической модели (1) не учитывается скорость изменения распределения зернового вороха на решете при поперечном наклоне комбайна, зависящая от толщины слоя вороха на решете, угла поперечного наклона комбайна, угла отклонения вектора скорости вороха от продольной оси комбайна.

Цель работы – разработать математическую модель сепарации зерна в системе очистки косогорного зерноуборочного комбайна с устройствами, выравнивающими зерновой ворох на верхнем решете.

Математическое моделирование

Предположим, что вследствие текучести зернового вороха его поверхность на транспортной доске и верхнем решете горизонтальна при любом поперечном наклоне комбайна; при отсутствии поперечного наклона сечение зернового вороха представляет собой прямоугольник [3] (рис. 1); толщина слоя зернового вороха, поступающего на верхнее решето, прямо пропорциональна подаче q_B [15]

$$h_B = \frac{q_B}{V_B \cdot B \cdot \gamma}, \quad (3)$$

где V_B – средняя скорость зернового вороха;

B – ширина рабочего органа (транспортной доски или верхнего решета);

γ – объёмная масса зернового вороха.

Допустим, что при поперечном наклоне комбайна на угол α зерновой ворох поступает на решето равномерным слоем, а затем ворох смещается в сторону уклона, причём известны скорости вороха в про-

дольном $V_{ХСР}$ и поперечном $V_{УСР}$ направлениях.

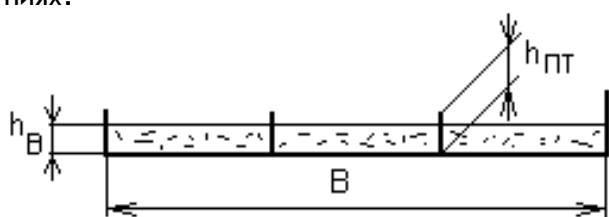


Рис. 1. Поперечное сечение зернового вороха

($h_{ПТ}$ – высота продольной гребёнки)

Выделим объём зернового вороха, перемещающегося в продольном направлении за одно колебание решета на расстояние $\Delta x = V_{ХСР} \cdot T$ (T – период колебаний):

$$\Delta Q = B \cdot h_B \cdot \Delta x = B \cdot h_B \cdot V_{ХСР} \cdot T. \quad (4)$$

Предположим, что ограничение движению зернового вороха в поперечном направлении отсутствует, тогда зерновой ворох в объёме ΔQ переместится на величину $\Delta y = V_{УСР} \cdot T$. Разобьём ширину решета на n участков, причём $n = B / \Delta y$. Бортовые стенки верхнего стана ограничивают движение зернового вороха в поперечном направлении, поэтому участки у нижней боковой стенки увеличатся на элементарный объём $\Delta Q' = \Delta x \cdot \Delta y \cdot h_B = \Delta x \cdot \Delta S$ (ΔS – площадь поперечного сечения элементарного объёма), а верхние участки уменьшатся на указанный объём. Исходя из предположения, что верхняя граница зернового вороха горизонтальна, поперечное сечение элементарного объёма, переместившегося в нижнее положение из верхнего, преобразуется в прямоугольный треугольник со сторонами Δb и Δh (рис. 2), причём

$$\Delta b = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta S}{\text{tg} \alpha}}. \quad (5)$$

Если принять, что за каждое колебание перемещается один элементарный объём зернового вороха, то за z колебаний переместится z элементарных объёмов зернового вороха, причём

$$\Delta b_z = \sqrt{\frac{2 \cdot z \cdot \Delta S}{\text{tg} \alpha}}. \quad (6)$$

Перемещение зернового вороха в сторону наклона решета будет происходить до

тех пор, пока вся поверхность зернового вороха, находящегося на решете, не займёт горизонтальное положение, что происходит при выполнении условия $\Delta b_z \geq B / 2$. Сечение зернового вороха может принимать вид трапеции или треугольника [3].

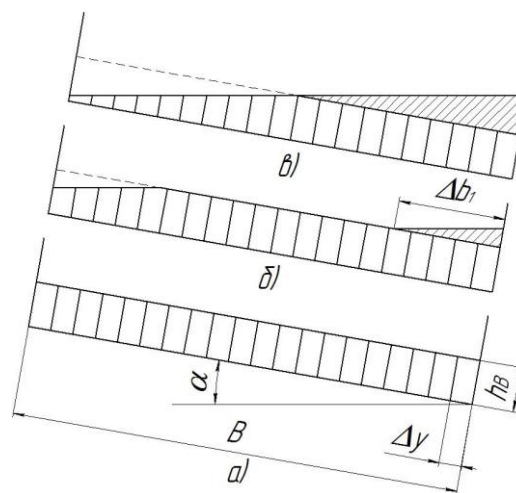


Рис. 2. Распределение зернового вороха при поперечном наклоне решета:

а – начальное;
б – после одного колебания;
в – конечное

Для практических целей необходимо знать скорость перераспределения зернового вороха, при котором поперечное сечение зернового вороха переходит из начальной формы в конечную. Приняв $\Delta b_z = B / 2$, получим количество колебаний решета, при котором зерновой ворох занимает конечную форму:

$$z_k = \frac{B^2 \cdot \omega \cdot \text{tg} \alpha}{16 \cdot \pi \cdot V_{УСР} \cdot h_B}. \quad (7)$$

Учитывая, что $V_{УСР} / V_{ХСР} = \text{tg} \varepsilon$ (ε – угол между продольной осью комбайна и вектором скорости элемента вороха относительно решета), получим расстояние X_P , на котором происходит смещение зернового вороха в сторону уклона:

$$X_P = \frac{B^2}{8 \cdot h_B} \cdot \frac{\text{tg} \alpha}{\text{tg} \varepsilon}. \quad (8)$$

Для равнинного комбайна отношение $\text{tg} \alpha / \text{tg} \varepsilon$ имеет примерно постоянное значение. Значение угла ε зависит от типа решета, свойств зернового вороха, скорости воздушного потока, а при установке в очистку выравнивающих устройств также от

направления колебаний верхнего решета или решета адаптера (наличия поперечной составляющей колебаний) [16-19].

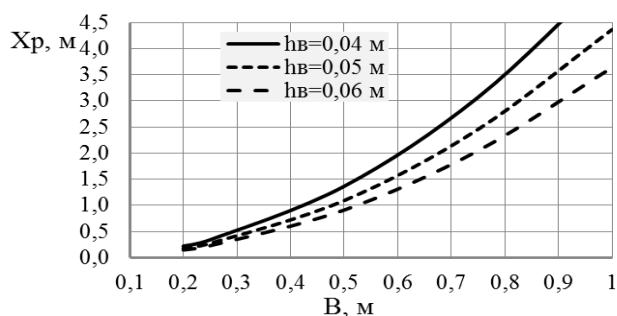


Рис. 3. График зависимости длины участка решета X_p от ширины решета (секции решета): $\alpha = 8^\circ$; $U = 3,5 \text{ м/с}$; $\varepsilon = 4,6^\circ$

При отсутствии на решете продольных гребёнок зерновой ворох смещается в сторону уклона практически по всей длине решета. Установка на решете продольных перегородок способствует более быстрому переходу зернового вороха в установившееся состояние, при котором форма поперечного сечения зернового вороха, при его перемещении по решету в продольном направлении, не изменяется.

Если зерновой ворох поступает на верхнее решето с начальной неравномерностью, то за счёт поперечного наклона решета он также смещается в сторону уклона, и, при удалении от начала решета на величину X_p , смещение в сторону уклона завершается.

Таким образом, учитывая, что колебания решета происходят по гармоническому закону, в поведении зернового вороха можно выделить две фазы: первая фаза – неустановившееся вынужденное движение, режим – динамический нестационарный, при этом $V_h \neq const$; вторая фаза – движение зернового вороха – установившееся вынужденное, режим – динамический стационарный, при этом $V_h = const$.

Применение в системе очистке выравнивающих устройств, например, адаптера для склонов [7, 8], позволит выровнять зерновой ворох на расстоянии X_p от начала решета. Причём при дальнейшем перемещении вороха по решету он также может сместиться в сторону уклона, при этом коэффициент вариации изменяется, или, при введении дополнительных устройств, зер-

новой ворох не смещается, а коэффициент вариации $V_h = const$.

Таким образом, в разрабатываемой математической модели целесообразно учитывать три характерных поперечных сечения по длине решета: в начале решета – коэффициент вариации зернового вороха V_{hm} ; на удалении от начала решета на расстоянии $X_p - V_{hx}$; в конце верхнего решета – V_{hk} . Принимая, что циклическая частота колебаний решета – величина постоянная, можно предположить, что при перемещении зернового вороха от одного сечения к другому коэффициент вариации изменяется по линейной зависимости, причём за одно колебание решета зерновой ворох переместится на расстояние $\Delta x = V_{CPX} \cdot T$ (T – период колебаний решета), а коэффициент вариации изменится на величину ΔV_h . При перемещении зернового вороха от начального сечения к промежуточному получим $\Delta V_{h1} = (V_{hm} - V_{hx}) / z$ (z – количество колебаний решета при перемещении зернового вороха на расстояние X_p , $z = \text{round}(X_p / \Delta x)$), а при перемещении от промежуточного сечения к конечному – $\Delta V_{h2} = (V_{hx} - V_{hk}) / (k - z)$ (k – количество колебаний решета, при котором зерновой ворох находится на его поверхности, т.е. $k = \text{round}(L_p / \Delta x)$).

Располагая коэффициентами вариации зернового вороха на любом участке по длине решета, модель сепарации зерна запишем в следующем виде:

$$P = 100 \cdot \prod_{i=0}^k (\exp(-\mu_p \cdot \Delta x \cdot e^{-\frac{V_{hm} + \Delta V_{h1}(-i)}{V_{hx} + \Delta V_{h2}(z-i)}} \text{если } i \leq z) \cdot e^{\frac{V_{hm} + \Delta V_{h1}(-i)}{V_{hx} + \Delta V_{h2}(z-i)}} \text{если } i > z). \quad (9)$$

Модель сепарации (9) позволяет оценить работу системы очистки косогорных зерноуборочных комбайнов с устройствами, выравнивающими толщину зернового вороха.

По данным исследований, проведённых на лабораторной установке системы очистки зерноуборочного комбайна третьего класса, зерновой ворох на верхнем решете при отсутствии поперечного крена имеет небольшую неравномерность распределения (коэффициент вариации зернового вороха равен 0,091), при этом потери зерна (сход зерна с верхнего решета) составляют 0,13% [20]. Потери зерна, рассчитанные по

формуле (9), при параметрах, соответствующих параметрам экспериментальной очистки ($L_p = 1,3 \text{ м}$, $\mu_p = 5,1 \text{ м}^{-1}$, $V_{ХСР} = 0,42 \text{ м/с}$, циклическая частота колебаний решета $\omega = 28 \text{ рад/с}$, $T = 0,224 \text{ с}$) и коэффициентах вариации зернового вороха во всех рассматриваемых сечениях, равных 0,091, равны 0,14%. Относительное отклонение между экспериментальными и теоретическими значениями составляет $\Delta = \frac{|0,13 - 0,14|}{0,13} \cdot 100 = 7,7\%$.

При поперечном наклоне корпуса комбайна на угол 8° и при отсутствии разравнивающих устройств на транспортной доске и верхнем решете зерновой ворох смещается в сторону уклона, при этом коэффициент вариации толщины зернового вороха в начале решета равен $V_{hm} = 0,431$, в конце решета $V_{hk} = 0,542$ [20]. Принимая, что коэффициент вариации зернового вороха по длине решета изменяется по линейной зависимости, коэффициент вариации зернового вороха на середине решета ($X_p = 0,5 \cdot L_p$) равен $V_{hx} = 0,487$. Потери зерна, определённые экспериментально, равны 1,17%, а потери зерна, рассчитанные по формуле (9), – 1,20%, т.е. $\Delta = 2,6\%$.

Рассмотрим варианты распределения зернового вороха на верхнем решете зерноуборочного комбайна при поперечном крене комбайна и наличии разравнивающих устройств.

Первый вариант. Допустим, зерновой ворох поступает на верхнее решето равномерным слоем (разравнивающее устройство расположено перед верхним решетом), а на верхнем решете предусмотрены устройства (например, продольные планки или дополнительные колебания решета в поперечном направлении), предотвращающие смещение зернового вороха в сторону уклона. В этом случае распределение зернового вороха на верхнем решете будет таким же, как при отсутствии поперечного крена, т.е. коэффициент вариации зернового вороха равен 0,091, а потери зерна – 0,13%.

Второй вариант. Допустим, что за счёт разравнивания зернового вороха на верхнем решете, например, за счёт применения динамического выравнивателя [4-6], выравнивание вороха достигается к концу

верхнего решета, при этом $V_{hm} = 0,431$ и $V_{hk} = 0,091$. Потери зерна, рассчитанные по формуле (9), составляют 0,38%.

Третий вариант. Выравнивание толщины зернового вороха происходит в конце транспортной доски, на верхнее решето зерновой ворох поступает с неравномерностью, как в базовой очистке при отсутствии крена комбайна, при этом не исключено смещение зернового вороха на верхнем решете (т.е. $V_{hm} = 0,091$, $V_{hk} = 0,431$) – расчётное значение потерь зерна равно 0,38%.

Четвёртый вариант. Зерновой ворох поступает на начало верхнего решета неравномерно ($V_{hm} = 0,431$), разравнивающее устройство (например, адаптер для склонов [7-9]) выравнивает зерновой ворох на расстоянии от начала решета $X_p = 0,3 \cdot L_p = 0,4 \text{ м}$ ($V_{hx} = 0,091$), далее зерновой ворох не смещается в сторону уклона ($V_{hk} = 0,091$). Потери зерна, полученные экспериментально, составили 0,21% [9], рассчитанные по модели сепарации (9), – 0,20%, т.е. $\Delta = 4,8\%$.

Выводы

1. Разработана математическая модель сепарации зерна, позволяющая оценивать работу системы очистки при поперечном крене зерноуборочного комбайна с устройствами, выравнивающими зерновой ворох на верхнем решете. Относительное отклонение между экспериментальными и теоретическими значениями потерь зерна не превышает 8%.

2. Рассмотрены варианты выравнивания толщины зернового вороха на верхнем решете при поперечном крене комбайна. Выявлено, что выравнивание зернового вороха целесообразно производить в начале верхнего решета (на расстоянии до 0,3 м от его длины).

Библиографический список

- Boettinger S, Fliege L. Working performance of cleaning units of combine harvesters on sloped fields // VDI-MEG Tagung Landtechnik 2010 Braunschweig 27./28.10.2010. VDI Berichte Nr. 2111. Duesseldorf: VDI-Verlag 2010. – S. 63-68.
- Ситников А.А., Сороченко С.Ф., Дрюк В.А. Сравнительный анализ систем очистки косогорного зерноуборочного комбайна // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – № 3. – С. 35-38.

3. Сороченко С.Ф. Модель сепарации зерна в системе очистки при поперечном крене зерноуборочного комбайна // Ползуновский вестник. – 2014. – № 4/2. – С. 64-69.
4. Пат. 1371489 SU, МКИ⁴ А01 F12/44. Устройство для равномерного распределения груза в самоходных комбайнах / Франц Глаубис, Гюнтер Айс, Вернер Фромме; патентообладатель Клаас ОХГ (DE). – №3792268/30-15; заявл. 10.09.84; Р 3332763.7; 10.09.83.; опубл. 30.01.88, Бюл. № 4.
5. Пат. 2041594 Рос. Федерация, МПК А01D 41/12. Устройство зерноуборочного комбайна для выравнивания по ширине зернового вороха на решетке при работе на склонах / Яценко Е.М., Песков Ю.А., Мещеряков И.К., Распопов А.Р. и др.; заявитель и патентообладатель Головное спец. констр. бюро по комплексам зерноуборочных машин ПО «Ростсельмаш», АО «Ростсельмаш». – Опубл. 20.08.1995.
6. Пат. 2177683 Рос. Федерация, МКИ⁷ А01F12/44. Решетный стан очистки зерноуборочного комбайна / Сороченко С.Ф., Дрюк В.А. – Опубл. 10.01.02, Бюл. № 1.
7. Пат. на полезную модель 111964 Рос. Федерация: МПК А01F 12/44 Система очистки зерноуборочного комбайна / Сороченко С.Ф., Рязанов А.В. – Опубл. 10.01.2012.
8. Сороченко С.Ф., Рязанов А.В. Адаптер для работы на склонах // Сельский механизатор. – 2010. – № 5. – С. 6.
9. Сороченко С.Ф. Конкурентоспособность зерноуборочных комбайнов, предназначенных для работы на склонах // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 9 (143). – С. 158-164.
10. Сороченко С.Ф. Обоснование параметров решетно-винтового сепаратора в системе очистки зерноуборочного комбайна: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Барнаул, 1996. – 21 с.
11. Уркинбаев Д.И. Обоснование параметров системы стабилизации горизонтального положения решетного стана зерноуборочного комбайна, предназначенного для работы на склонах: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1993. – 23 с.
12. Сороченко С.Ф. Система очистки косякорного зерноуборочного комбайна с решетно-винтовым сепаратором и самоустанавливающимся верхним решетом // Ползуновский вестник. – 2005. – № 2. – С. 170-172.
13. Котов А.В., Чаус В.П. Совершенствование системы очистки зерноуборочного комбайна при уборке зерновых на склонах // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2010. – № 2 (41). – С. 3-10.
14. Lessiter, M. How to Sell: Leveling Systems Increase Harvest Productivity on Sidehills // Farm Equipment. – <https://www.farm-equipment.com/articles/5809-leveling-systems-increase-harvest-productivity-on-sidehills>.
15. Алферов С.А. Воздушно-решетные очистки зерноуборочных комбайнов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 160 с.
16. Дрюк В.А., Сороченко С.Ф. Математическое моделирование движения зернового вороха с динамическим выравниванием по решетку системы очистки зерноуборочного комбайна // Вестник ДГТУ. – 2008. – Т. 8. – № 2. – С. 113-119.
17. Сороченко С.Ф. Исследование движения компонентов зернового вороха по решетку зерноуборочного комбайна при уборке зерновых культур на склонах // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 8 (142). – С. 162-168.
18. Сороченко С.Ф. Математическая модель движения зернового вороха по решетку адаптера очистки зерноуборочного комбайна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 12 (146). – С. 131-138.
19. Сороченко С.Ф. Математическая модель движения зернового вороха по решетку 3D-очистки зерноуборочного комбайна // Научная жизнь. – 2017. – № 8. – С. 6-14.
20. Сороченко С.Ф., Дрюк В.А. Распределение зернового вороха по решетку системы очистки зерноуборочного комбайна при наличии поперечного крена // Совершенствование систем автомобилей, тракторов и агрегатов: сб. ст. / под ред. А.Л. Новоселова; Академия транспорта РФ; АлтГТУ им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2002. – Ч. II. – С. 105-109.

References

1. Boettinger S, Fliege L. Working performance of cleaning units of combine harvesters on sloped fields // VDI-MEG Tagung Landtechnik 2010 Braunschweig 27./28.10.2010. VDI Berichte Nr. 2111. Duesseldorf: VDI-Verlag 2010. – S. 63-68.

2. Sitnikov A.A., Sorochenko S.F., Dryuk V.A. Sravnitelnyy analiz sistem ochistki kosogornogo zernouborochnogo kombayna // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2017. – T. 31. – № 3. – S. 35-38.
3. Sorochenko S.F. Model separatsii zerna v sisteme ochistki pri poperechnom krene zernouborochnogo kombayna // Polzunovskiy vestnik. – 2014. – № 4/2. – S. 64-69.
4. Pat. 1371489 SU, MKI4 A01 F12/44. Ustroystvo dlya ravnomernogo raspredeleniya gruzha v samokhodnykh kombaynakh / Frants Glaubis, Gyunter Ays, Verner Fromme; patentoobladatel Klaas OKhG (DE). – № 3792268/30-15; zayavl. 10.09.84; R 3332763.7; 10.09.83.; opubl. 30.01.88, Byul. № 4.
5. Pat. 2041594 Ros. Federatsiya, MPK A01D 41/12. Ustroystvo zernouborochnogo kombayna dlya vyravnivaniya po shirine zernovogo vorokha na reshete pri rabote na sklonakh / Yashchenko E.M., Peskov Yu.A., Meshcheryakov I.K., Raspopov A.R. i dr.; zayavitel i patentoobladatel Golovnoe spets. konstr. byuro po kompleksam zernouborochnykh mashin PO «Rostselmash», AO «Rostselmash». – Opubl. 20.08.1995.
6. Pat. 2177683 Ros. Federatsiya, MKI7 A01F12/44. Reshetnyy stan ochistki zernouborochnogo kombayna / Sorochenko S.F., Dryuk V.A. – Opubl. 10.01.02, Byul. № 1.
7. Pat. na poleznuyu model 111964 Ros. Federatsiya: MPK A01F 12/44 Sistema ochistki zernouborochnogo kombayna / Sorochenko S.F., Ryazanov A.V. – Opubl. 10.01.2012.
8. Sorochenko S.F., Ryazanov A.V. Adapter dlya raboty na sklonakh // Selskiy mekhanizator. – 2010. – № 5. – S. 6.
9. Sorochenko S.F. Konkurentosposobnost zernouborochnykh kombaynov, prednaznachennykh dlya raboty na sklonakh // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – № 9 (143). – S. 158-164.
10. Sorochenko S.F. Obosnovanie parametrov reshetno-vintovogo separatora v sisteme ochistki zernouborochnogo kombayna: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. – Barnaul, 1996. – 21 s.
11. Urkinbaev D.I. Obosnovanie parametrov sistemy stabilizatsii gorizontalnogo polozheniya reshetnogo stana zernouborochnogo kombayna, prednaznachennogo dlya raboty na sklonakh: avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. – M., 1993. – 23 s.
12. Sorochenko S.F. Sistema ochistki kosogornogo zernouborochnogo kombayna s reshetno-vintovym separatorom i samostanavlivayushchimsya verkhnim reshetom // Polzunovskiy Vestnik. – 2005. – № 2. – S. 170-172.
13. Kotov A.V., Chaus V.P. Sovershenstvovanie sistemy ochistki zernouborochnogo kombayna pri uborke zernovykh na sklonakh // Vestnik Gomelskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. P.O. Sukhogo. – 2010. – № 2 (41). – S. 3-10.
14. Lessiter, M. How to Sell: Leveling Systems Increase Harvest Productivity on Sidehills // Farm Equipment. – <https://www.farm-equipment.com/articles/5809-leveling-systems-increase-harvest-productivity-on-sidehills>.
15. Alferov S.A. Vozdushno-reshetnye ochistki zernouborochnykh kombaynov. – M.: Agropromizdat, 1987. – 160 s.
16. Dryuk V.A., Sorochenko S.F. Matematicheskoe modelirovanie dvizheniya zernovogo vorokha s dinamicheskim razravnivaniem po reshetu sistemy ochistki zernokombayna // Vestnik DGTU. – 2008. – T. 8. – № 2. – S. 113-119.
17. Sorochenko S.F. Issledovanie dvizheniya komponentov zernovogo vorokha po reshetu zernouborochnogo kombayna pri uborke zernovykh kultur na sklonakh // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – № 8 (142). – S. 162-168.
18. Sorochenko S.F. Matematicheskaya model dvizheniya zernovogo vorokha po reshetu adaptera ochistki zernouborochnogo kombayna // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – № 12 (146). – S. 131-138.
19. Sorochenko S.F. Matematicheskaya model dvizheniya zernovogo vorokha po reshetu 3D- ochistki zernouborochnogo kombayna // Nauchnaya zhizn. – 2017. – № 8. – S. 6-14.
20. Sorochenko S.F., Dryuk V.A. Raspredelenie zernovogo vorokha po reshetu sistemy ochistki zernokombayna pri nalichii poperechnogo krena // Sovershenstvovanie sistem avtomobiley, traktorov i agregatov: Sb. statey. Ch.II / pod red. A.L. Novoselova / Akademiya transporta RF, AltGTU im. I.I.Polzunova. – Barnaul: Izd-vo AltGTU, 2002. – S. 105-109.

