

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-629204>

Оригинальное исследование



Влияние состава очёсанного зернового вороха на предварительную сепарацию свободного зерна

В.Н. Ожерельев¹, В.В. Никитин¹, В.Ю. Савин², Н.В. Синяя¹¹ Брянский государственный аграрный университет, Брянск, Российская Федерация;² Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В статье дан анализ состояния проблемы уборки зерна методом очёса растений на корню. Акцентировано внимание на потенциальной экономической эффективности способа и на сдерживающих его широкое внедрение научно-технологических проблемах. В частности, для уменьшения степени дробления свободного зерна необходима его предварительная сепарация и недопущение поступления в молотильное устройство. Предложено удалять зерно непосредственно на решетчатом днище наклонной камеры комбайна. Научная гипотеза исследования предполагает, что для улучшения сепарации целесообразно предварительно удалить из вороха значительную часть лёгких примесей непосредственно в корпусе очёсывающего адаптера.

Целью исследования — оценка эффективности сепарации свободного зерна за счёт удаления из очёсанного вороха значительной части лёгких примесей до его поступления в наклонную камеру.

Материалы и методы. Для подтверждения гипотезы был проведён эксперимент, в котором на решетчатую поверхность, снабжённую скребковым транспортёром, подавался очёсанный зерновой ворох пшеницы сорта «Московская 56» разного компонентного состава. Весовое содержание зерна при этом варьировалось в пределах от 70 до 100%. В опыте учитывали долю свободного зерна, прошедшего сквозь отверстия решётки при её длине 920 мм и ширине отверстий 12 мм. Она варьировалась в пределах от 65 до 80% по мере увеличения содержания в ворохе свободного зерна.

Результаты. По результатам исследований установлено, что проход свободного зерна через отверстия решетчатого днища варьирует в пределах 65–80%. При этом уменьшение в ворохе массовой доли свободного зерна снижает его проход сквозь отверстия решетчатой поверхности на 15%.

Заключение. Предварительное удаление из очёсанного зернового вороха лёгких примесей, сопоставимых по размерам со свободным зерном, может быть осуществлено путём использования сепарирующей системы инерционного типа. Уменьшение в ворохе, поступающем в систему очистки комбайна, доли лёгких примесей позволяет заметно увеличить эффективность её работы.

Ключевые слова: зерно; очёс на корню; очёсанный зерновой ворох; наклонная камера; предварительное удаление лёгких примесей; эффективность сепарации.

Как цитировать:

Ожерельев В.Н., Никитин В.В., Савин В.Ю., Синяя Н.В. Влияние состава очёсанного зернового вороха на предварительную сепарацию свободного зерна // Тракторы и сельхозмашины. 2024. Т. 91, № 5. С. 553–561. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-629204>

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-629204>

Original Study Article

The influence of the composition of the combed grain heap on the preliminary separation of loose grain

Viktor N. Ozhereliev¹, Viktor V. Nikitin¹, Vladimir Yu. Savin², Natalia V. Sinyaya¹

¹ Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russian Federation;

² Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: The paper reviews the state of the problem of grain harvesting by the method of combing plants on the root. Attention is focused on the potential economic efficiency of the method and on the scientific and technological problems hindering its widespread implementation. In particular, in order to reduce the degree of crushing of loose grain, it is necessary to separate it preliminary and prevent it from entering the threshing device. It is proposed to remove grain directly on the lattice bottom of the inclined chamber of the combine harvester. The scientific hypothesis of the study suggests that in order to improve separation, it is advisable to remove a significant part of light impurities from the pile directly preliminary in the body of the combing adapter.

AIM: Evaluation of the efficiency of separation of loose grain by removing a significant part of light impurities from the combed pile before it enters the inclined chamber.

METHODS: To confirm the hypothesis, the experiment was conducted in which a combed grain pile of wheat of the «Moskovskaya 56» variety of different component composition was fed to a lattice surface equipped with a scraper conveyor. The weight content of the grain varied from 70 to 100%. The experiment took into account the proportion of loose grain that passed through the holes of the grate at its length of 920 mm and the width of the holes of 12 mm. It ranged from 65 to 80% as the content of loose grain in the pile increased.

RESULTS: According to the study results, it was found that the passage of loose grain through the openings of the lattice bottom varies between 65-80%. At the same time, a decrease in the mass fraction of loose grain in the pile reduces its passage through the openings of the lattice surface by 15%.

CONCLUSION: Preliminary removal of light impurities from the combed grain pile, comparable in size to loose grain, can be carried out by using an inertial separation system. Reducing the proportion of light impurities in the pile entering the combine harvester cleaning system makes it possible to significantly increase the efficiency of its operation.

Keywords: grain; combing on the root; combed grain heap; inclined chamber; preliminary removal of light impurities; separation efficiency.

To cite this article:

Ozhereliev VN, Nikitin VV, Savin VYu, Sinyaya NV. The influence of the composition of a combed grain heap on the preliminary separation of loose grain *Tractors and Agricultural Machinery*. 2024;91(5):553–561. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-629204>

Received: 18.03.2024

Accepted: 03.11.2024

Published online: 04.11.2024

ВВЕДЕНИЕ

Стремление к совершенствованию техники и технологий является одним из главных драйверов развития человечества. Особенно это актуально для сельского хозяйства, поскольку качественное продовольствие становится недоступным для сотен миллионов жителей планеты, что, в значительной степени, связано с постоянно растущей себестоимостью производства.

В производстве зерна опережающими темпами возрастает доля затрат на его уборку, что связано, в частности, с непропорциональным ростом цены зерноуборочных комбайнов. В связи с этим, актуальной задачей является изыскание альтернативного и более дешёвого способа уборки зерновых культур. Наиболее перспективным с этой точки зрения является очёс зерна на корню, что обусловлено, в частности, исключением в этом случае энергозатрат на деформацию и разрыв соломы, достигающих в традиционном зерноуборочном комбайне до 70% от общих затрат энергии на обмолот [1]. Кроме того, создаются предпосылки по существенному упрощению конструкции уборочной техники, её металлоёмкости и цены [2]. С этой целью в Крымском федеральном университете предложено окончательную обработку очёсанного вороха производить не в комбайне, а на стационаре. По расчётам крымских учёных такая технология позволит уменьшить приведённые затраты на уборку зерна по сравнению с использованием традиционного комбайна на 36% [3].

Следует также иметь в виду перспективу уменьшения уровня прямых потерь зерна. Так, в Омской области при сопоставимых условиях потери зерна при прямом комбайнировании традиционной жаткой составили 3,7%, тогда как при использовании однобарабанной очёсывающей жатки ОЗОН они уменьшились до 2,5% [4, 5].

В Кубанском ГАУ предложено агрегатировать очёсывающий адаптер с универсальным энергетическим модулем, который может быть дополнительно снабжён дисками для заделки в почву соломы, оставшейся на поле после очёса зерна [6]. При этом авторы делают правомерный вывод о том, что очёс по-прежнему будет оставаться экзотической технологией до тех пор, пока не удастся решить проблему дополнительного повреждения и даже дробления в молотильном устройстве поступающего в него с очёсанным ворохом свободного зерна. Об обоснованности такого опасения можно судить по тому, что, в большинстве случаев, практическое применение очёсывающих жаток на постсоветском пространстве ограничено пока Северным Казахстаном [7].

Как свидетельствуют приведённые выше аргументы, конструктивно-технологическая схема современного зерноуборочного комбайна не соответствует задаче эффективной обработки очёсанного зернового вороха. В частности, оставшиеся недомолоченными колосья, имеют, как правило, слишком короткую соломину, способную обеспечить приемлемую эффективность ударного

воздействия на содержащиеся в них зерновки бичей молотильного барабана [8].

Более серьёзной проблемой является поступающее в молотильный аппарат свободное зерно, которое в очёсанном ворохе по массе может содержаться от 60 до 85% [2]. Очевидно, что никакой технологической потребности в направлении свободного зерна в молотильное устройство нет. При этом зерновки подвергаются жёсткому ударному воздействию со стороны бичей барабана, что способствует как существенному росту энергозатрат, так и резкому увеличению доли дроблёного или, во всяком случае, повреждённого зерна. В силу чего, по сути, мы расходуем энергию на выполнение вредной работы, не обусловленной технологическими потребностями уборочного процесса. Следовательно, первоочередной научной и практической задачей является адаптация конструкции комбайна к эффективной работе с очёсанным зерновым ворохом [9].

Радикальным решением проблемы является перенесение операций по доработке вороха на стационар, либо его непосредственное использование без дополнительной сепарации, например, в животноводстве, путём измельчения всей получаемой массы для получения таким образом основного компонента комбикорма [2, 3, 6, 10]. Второй вариант предполагает радикальное изменение конструкции зерноуборочного комбайна, обеспечивающее предварительную сепарацию очёсанного вороха до его поступления в молотильный аппарат. Выделенное таким образом свободное зерно вместе с частью лёгких примесей должно поступать непосредственно в систему очистки комбайна, а недомолоченные колосья, соломины и другие относительно крупные примеси в молотильное устройство.

Указанное направление модернизации зерноуборочного комбайна может быть реализовано в двух вариантах, точнее — посредством двух групп конструктивных решений. Первая группа предполагает размещение рабочих органов для предварительной сепарации свободного зерна непосредственно перед молотильным барабаном. Поскольку свободного места для этого в конструкции серийных комбайнов не предусмотрено, то необходимо сдвинуть назад молотильный аппарат, укоротив при этом на соответствующую величину соломотряс.

Такое изменение конструкции не должно негативно отразиться на эффективности работы последнего, так как очёсанный ворох имеет крайне низкую соломиность. Проблема заключается в том, что модернизированный таким образом комбайн может эффективно работать только с очёсывающим адаптером, тогда как при необходимости перехода на уборку кукурузы или подсолнечника могут возникнуть значительные сложности. Пока приемлемых конструктивных решений проблемы потери комбайном универсальности не предложено, однако, по мнению ряда учёных, она в наших условиях является чрезмерной [11].

Значительно меньше проблем с компоновкой агрегата вызывает размещение устройства для предварительной

сепарации свободного зерна непосредственно в наклонной камере [12]. Для этого её днище выполняют решетчатым и под ним размещают дополнительное устройство для подачи прохода непосредственно на транспортную доску системы очистки (рис. 1).

В Брянском ГАУ экспериментальной наклонной камерой была снабжена очёсывающая жатка ЖО-5 «ОЗОН», агрегатировавшаяся с комбайном «Нива-Эффект». Испытания в 2021 году прошли успешно. В частности, удалось в три раза уменьшить содержание в бункере дроблёного зерна [9, 13]. Тем не менее, работа по совершенствованию конструкции была продолжена. Она была направлена на изыскание возможности увеличения скорости сепарации вороха на решетчатом днище наклонной камеры.

Научная гипотеза заключается в том, что для ускорения прохода вороха сквозь отверстия целесообразно предварительно удалить из него максимально возможную долю лёгких примесей. В принципе, задача аналогична оптимизации работы системы очистки комбайна, которой посвящено значительное число публикаций [14–18]. Однако, имеют место и существенные отличия. Дело в том, что в системе очистки комбайна решета обдуваются воздушным потоком снизу, обеспечивая витание и удаление лёгких примесей. При сепарации очёсанного вороха

в наклонной камере избыточный воздушный поток, генерируемый очёсывающим барабаном, проходит над поверхностью решетчатого днища, что не позволяет ему оказать существенное влияние на процесс разделения компонентов. Кроме того, значительная часть избыточного воздуха удаляется непосредственно из корпуса очёсывающего адаптера, проходя сквозь сетчатые окна его крышек с размером ячеек меньшим размера зёрен очёсываемой культуры. Поэтому, по сути, происходит просыпание зерна и других сопоставимых с ним по размеру компонентов сквозь отверстия решетчатого днища под действием силы тяжести. В связи с этим, в отличие от очистки зерноуборочного комбайна, на выходе получается ворох, содержащий кроме свободного зерна и значительную долю лёгких примесей.

Поскольку свободное зерно и лёгкие примеси конкурируют между собой за проход сквозь отверстия решетчатого днища, то ускорения процесса сепарации целесообразно значительную часть последних удалить непосредственно в корпусе очёсывающего адаптера. Для этой цели может быть использован избыточный воздушный поток и инерционная система разделения компонентов по парусности [19].

В силу того, что конструкция очёсывающего адаптера усложняется, то целесообразно заранее оценить потенциальный положительный эффект, который предполагается получить в результате модернизации устройства. Данное исследование посвящено экспериментальному определению указанного положительного эффекта, заключающегося в степени увеличения эффективности сепарации в результате предварительного удаления из очёсанного вороха значительной части лёгких примесей до его поступления в наклонную камеру.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью исследования является оценка эффективности сепарации свободного зерна за счет удаления из очёсанного вороха значительной части лёгких примесей до его поступления в наклонную камеру.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения эксперимента на базе колосового элеватора комбайна КЗС-1218 была изготовлена экспериментальная установка, имитировавшая процесс сепарации вороха в наклонной камере комбайна, принципиальная схема которой представлена на рис. 2 [20].

Для обеспечения решения поставленной исследовательской задачи нижняя стенка корпуса 1 элеватора была демонтирована, а вместо неё установлена решетчатая поверхность 3 длиной 920 мм, в которой выполнены сплошные продольные отверстия шириной 12 мм. При этом неизменным сохранен скребковый транспортёр 2, привод которого осуществлялся посредством электродвигателя 6

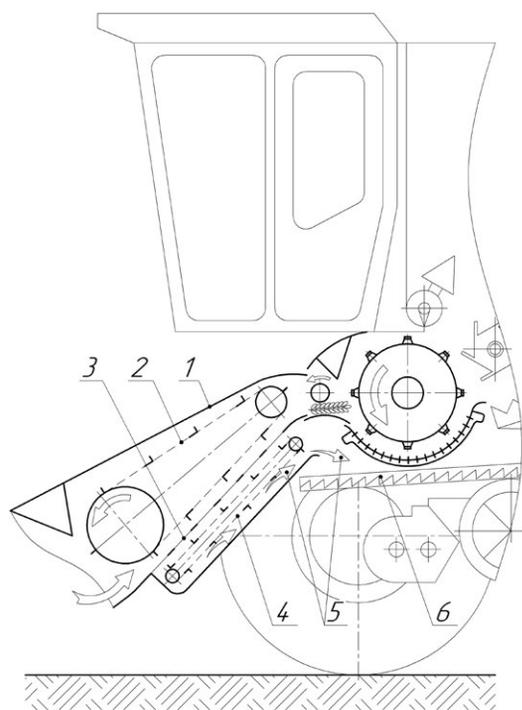


Рис. 1. Общий вид зерноуборочного комбайна с модернизированной наклонной камерой: 1 — наклонная камера; 2 — плавающий транспортёр; 3 — решетчатое днище; 4 — дополнительный скребковый транспортёр; 5 — свободное зерно; 6 — транспортная доска.

Fig. 1. General view of a combine harvester with an upgraded inclined chamber: 1 — the inclined chamber; 2 — a floating conveyor; 3 — a lattice bottom; 4 — an additional scraper conveyor; 5 — loose grain; 6 — a transport board.

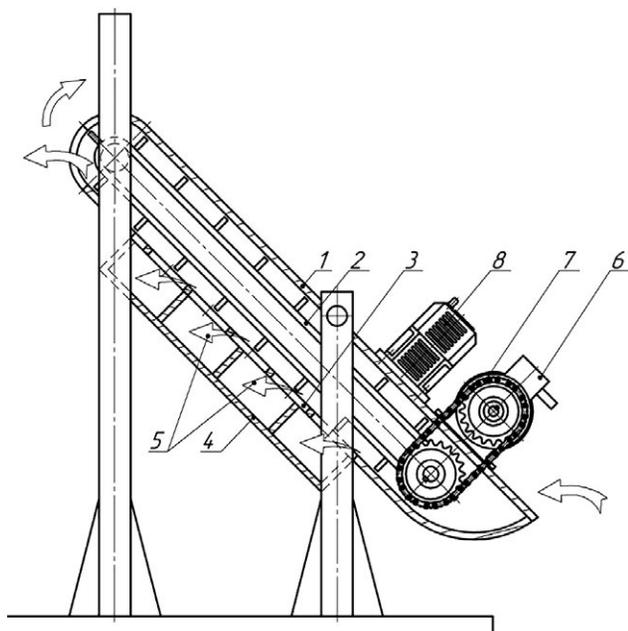


Рис. 2. Принципиальная схема экспериментальной установки: 1 — корпус колосового элеватора; 2 — транспортёр скребковый; 3 — решётка; 4 — ёмкость; 5 — проход вороха; 6 — электродвигатель; 7 — передача цепная; 8 — частотный преобразователь «Веспер» E2-8300.

Fig. 2. Schematic diagram of the experimental installation: 1 — the body of a grain elevator; 2 — a scraper conveyor; 3 — a lattice; 4 — a container; 5 — a pile passage; 6 — an electric motor; 7 — a chain transmission; 8 — the Vesper E2-8300 frequency converter.

и цепной передачи 7. Частотный преобразователь 8 («Веспер» E2-8300) обеспечивал бесступенчатое изменение скорости движения скребкового транспортёра 2. При этом система крепления элеватора позволяет изменять угол наклона решетчатой поверхности от 0° до 45°.

Эксперимент был спланирован как однофакторный, с варьированием доли свободного зерна в подаваемом ворохе от 71,43% до 100%. Базовая масса навески составляла 1 кг свободного зерна. При переходе на очередное значение факторного признака добавляли 0,1 кг лёгких примесей, сохраняя в навеске базовую массу свободного зерна. В результате были получены значения массовой доли зерна в ворохе 71,43; 76,92; 83,33; 90,91 и 100%. При этом

при некотором увеличении массы навески её объём увеличивался более существенно, что обусловлено меньшей объёмной массой лёгких примесей по сравнению с соответствующими параметрами свободного зерна. Эксперимент выполняли на очёсанном зерновом материале пшеницы сорта «Московская 56» влажностью порядка 12%.

Эксперимент осуществлялся следующим образом. Устанавливали корпус 1 элеватора в горизонтальное положение, после чего включали электродвигатель 6, доводя с помощью частотного преобразователя 8 частоту его вращения до величины, при которой линейная скорость скребкового транспортёра 2 становилась равной скорости скребков плавающего транспортёра наклонной камеры комбайна (3 м/с). Затем в течение 1 секунды навеска вороха подавалась на вход скребкового транспортёра 2. Полученный в результате сепарации проход 5 вороха, включавший свободное зерно и сопутствующие ему мелкие примеси сопоставимого размера, накапливался в размещённой под решетчатой поверхностью 3 ёмкости 4. После остановки электродвигателя 6 ёмкость 4 снимали, разбирали ворох 5 по фракциям и определяли массовую долю свободного зерна, прошедшего сквозь отверстия решетчатой поверхности 3. Эксперимент был выполнен в пятикратной повторности.

РЕЗУЛЬТАТ И ЕГО ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты эксперимента приведены в табл. 1. Графическая интерпретация результата приведена на рис. 3.

Как и предполагала научная гипотеза, выдвинутая в настоящем исследовании, с увеличением в ворохе доли лёгких примесей (при неизменной массе свободного зерна) пропускная способность решетчатой поверхности уменьшается. Закономерность процесса выражается следующим полиномом второй степени (рис. 3, а):

$$P_{\text{зep}} = 0,011 \cdot C_{\text{зep}}^2 - 1,292 \cdot C_{\text{зep}} + 103,081, \quad (1)$$

где $C_{\text{зep}}$ — массовая доля свободного зерна в ворохе, %; $P_{\text{зep}}$ — массовая доля свободного зерна, прошедшего сквозь отверстия решетчатого днища, от его массы в исходном ворохе, поступившем на решетчатую поверхность, %.

Таблица 1. Результаты изменения эффективности сепарации от содержания в ворохе свободного зерна

Table 1. Results of changes in the efficiency of separation from the content of loose grain in the pile

Содержание зерна в ворохе, %	Проход свободного зерна, %	Сход зерна, %
100	80,58	19,42
90,91	73,70	26,30
83,33	69,34	30,66
76,92	67,12	32,88
71,43	65,06	34,94

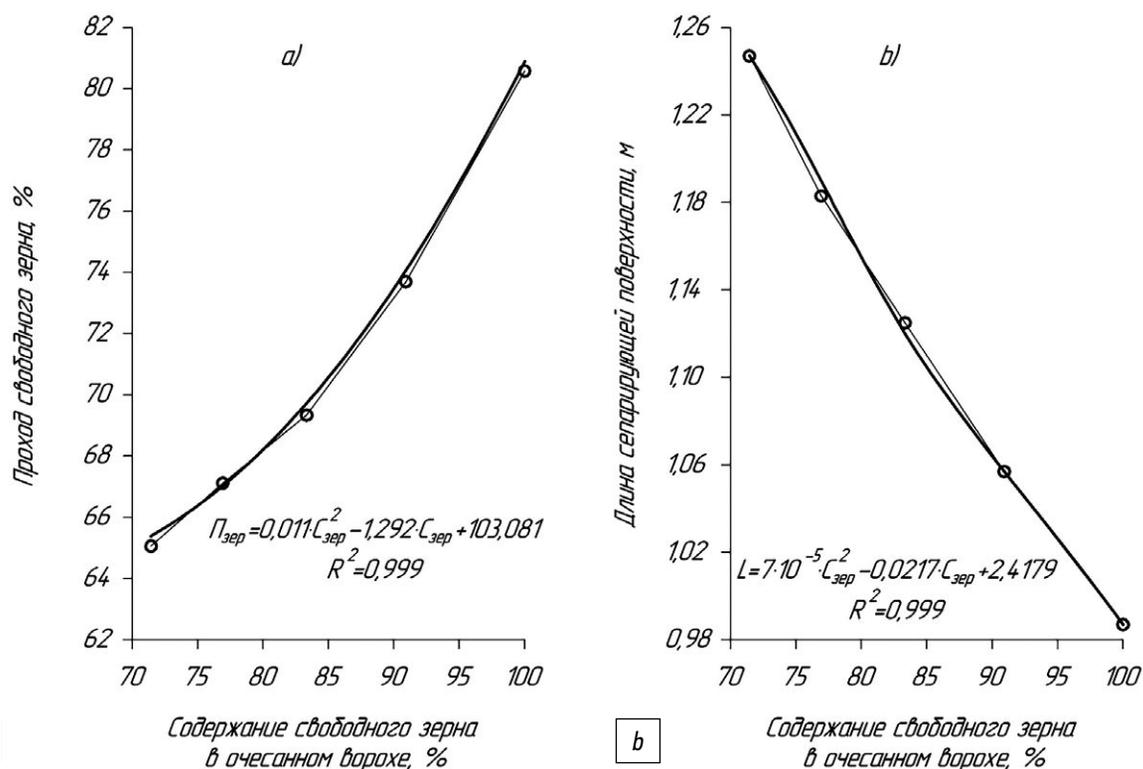


Рис. 3. Результаты эксперимента: *a* — зависимость прохода свободного зерна от его массовой доли в ворохе; *b* — экстраполяция длины решетчатой поверхности, необходимой для полного прохода свободного зерна.

Fig. 3. The results of the experiment: *a* — the dependence of the passage of loose grain on its mass fraction in the pile; *b* — extrapolation of the length of the lattice surface necessary for the complete passage of loose grain.

О высокой степени адекватности модели свидетельствует величина коэффициента детерминации ($R^2 = 0,999$).

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что проход свободного зерна через отверстия решетчатого днища варьирует в пределах 65–80%. При этом уменьшение в ворохе массовой доли свободного зерна до 71,43% снижает его проход сквозь отверстия решетчатой поверхности на 15%. Экстраполяция полученной зависимости позволила установить, что для того, чтобы обеспечить полный проход свободного зерна сквозь отверстия решетчатой поверхности, в зависимости от массовой доли в ворохе свободного зерна, ее длина должна варьироваться в пределах от 0,99 м до 1,25 м (см. рис. 3, *b*). При этом с высокой степенью достоверности ($R^2 = 0,999$) между длиной решетчатой поверхности и массовой долей свободного зерна подчиняется полиномиальной зависимости:

$$L = 7 \cdot 10^{-5} \cdot C_{\text{зер}}^2 - 0,0217 \cdot C_{\text{зер}} + 2,4179. \quad (2)$$

То есть, как и было установлено ранее, длина решетчатой поверхности близка к длине днища наклонной камеры серийного зерноуборочного комбайна [21]. Тем не менее, предварительное удаление части лёгких примесей до поступления вороха в наклонную камеру имеет смысл.

Таким образом, максимальная разница в пропускной способности решетчатого днища наклонной камеры при принятых параметрах процесса равна порядка 15%. То есть, при поступлении в наклонную камеру вороха без предварительного удаления из него лёгких примесей эффективность сепарации должна уменьшаться и степень уменьшения следует признать существенной. Последнее подтверждает актуальность задачи снабжения корпуса очёсывающего адаптера системой инерционного отделения лёгких примесей, а её решение должно обеспечить значимый экономический эффект.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предварительное удаление из очёсанного зернового вороха лёгких примесей, сопоставимых по размеру со свободным зерном, может увеличить скорость сепарации последнего на решетчатом днище наклонной камеры комбайна на 15%, что переводит проблему предварительной сепарации лёгких примесей непосредственно в корпус очёсывающего адаптера в разряд актуальных задач.
2. Предварительное удаление из очёсанного зернового вороха лёгких примесей, сопоставимых по размерам со свободным зерном, может быть

осуществлено путём использования сепарирующей системы инерционного типа.

3. Уменьшение в ворохе, поступающем в систему очистки комбайна доли лёгких примесей, позволяет заметно увеличить эффективность её работы.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. В.Н. Ожерельев — поиск публикаций по теме статьи, написание текста рукописи; В.В. Никитин — экспертная оценка, проведение экспериментальных исследований, утверждение финальной версии; В.Ю. Савин — создание изображений, редактирование текста рукописи; Н.В. Синяя — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, создание изображений. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям *ICMJE* (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пустыгин М.А. Теория и технологический расчет молотильных устройств. М.: ОГИЗ-СЕЛЬХРЗГИЗ, 1948.
2. Леженкин А.М., Кравчук В.И., Кушнарев А.С. Технология уборки зерновых методом очёсывания на корню: состояние и перспективы. Дослідницьке, 2010.
3. Беренштейн И.Б., Мельник Д.Ю. Технично-экономическая оценка технологий уборки зерновых культур методом очёса растений на корню // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2016. № 6 (169). С. 67–73. EDN: YKQQPN
4. Даманский Р.В., Чекусов М.С., Кем А.А., и др. Оценка технологии уборки зерновых культур методом очёса на корню // Вестник Омского ГАУ. 2023. № 1 (49). С. 145–151. EDN: QIZZSG
5. Даманский Р.В. Оптимизация технологического процесса уборки зерновых культур методом очёса растений на корню // Вестник Омского ГАУ. 2023. № 2 (50). С. 137–142. EDN: BWMHPK
6. Ринас Н.А., Маскатова Л.В. Перспективы технологии уборки зерна очёсом на корню. В кн.: Естественно-научные и гуманитарные исследования: теоретические и практические аспекты. Материалы XXXI Всероссийской научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 2021. С. 273–277. EDN: EGBBGN
7. Astaf V.L.Y., Golikov V.A., Zhalnin E.V., et al. Strategy of technical support of grain harvesting operations in republic of Kazakhstan // AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 2020. Vol. 51, No. 3. P. 46–51. EDN: IZRIWY
8. Ожерельев В.Н., Никитин В.В., Алакин В.М., Становов С.Н. Исследование параметров очёсанного зернового вороха // Техника в сельском хозяйстве. 2013. № 1. С. 7–9. EDN: TZNNGD
9. Ожерельев В. Н., Никитин В. В. Результаты адаптации конструкции комбайна к работе с очёсывающей жаткой //

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. V.N. Ozhereliev — analysis of publications on the research topic, creating images, writing the text of the manuscript. V.V. Nikitin — data evaluation, conducting experimental research, approved the final version of the manuscript. V.Yu. Savin — creating images, editing the text of the manuscript. N.V. Sinyaya — literature review, collection and analysis of literature sources, creating images. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Competing interests. The authors declare no any transparent and potential conflict of interests in relation to this article publication.

Funding source. Authors state that this research was not supported by any external sources of funding.

Инженерные технологии и системы. 2022, Т. 32, № 2. С. 190–206. doi: 10.15507/2658-4123.032.202202.190-206 EDN: RBNYLL

10. Савин В.Ю. Обоснование рациональных параметров и режимов работы прицепного очёсывающего устройства для уборки зерновых культур: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2011. EDN: QHMZNB

11. Пьянов В.С. Методы повышения производства зерна в хозяйствах России интенсификацией работы парка зерноуборочных комбайнов: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. Зерноград, 2017. EDN: ZQDHZD

12. Ozhereliev V.N., Nikitin V.V., Belous N.M., et al. Perspectives of grain pile separation before it enters the thresher // International Journal of Engineering and Technology (UAE). Vol. 7, No. 2.13. P. 114–116. doi: 10.14419/ijet.v7i2.13.11622 EDN: BUJYTI

13. Ожерельев В.Н., Никитин В.В., Синяя Н.В., и др. Очёс растений на корню с предварительной сепарацией свободного зерна // Тракторы и сельхозмашины. 2022. Т. 89, № 1. С. 73–79. doi: 10.17816/0321-4443-100849 EDN: BXWMPX

14. Ловчиков А.П., Кулагин С.Н. Методические положения к разработке математической модели комбинации решет в системе очистки зерноуборочного комбайна // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 2 (100). С. 80–83. doi: 10.37670/2073-0853-2023-100-2-80-83 EDN: PXYFEA

15. Ловчиков А.П., Кулагин С.Н. Разработка математической модели ветро-решётной очистки комбайна с комбинацией решет // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 5 (97). С. 122–125. doi: 10.37670/2073-0853-2022-97-5-122-125 EDN: RNWJNV

16. Ловчиков А.П. Теоретические предпосылки комбинации решет системы очистки зерноуборочного комбайна // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (95). С. 116–119. doi: 10.37670/2073-0853-2022-95-3-116-119 EDN: OIJDFY
17. Сороченко С.Ф. Математическая модель движения зернового вороха по решетке адаптера очистки зерноуборочного комбайна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 12 (146). С. 131–138. EDN: XDRUUL
18. Баран И.А., Попов В.Б. К вопросу о повышении производительности системы очистки самоходного

- зерноуборочного комбайна // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. 2023. № 1. С. 20–30. EDN: WLRLVW
19. Патент РФ № 2566017 / 20.10.2015, Бюл. № 29. Ожерельев В.Н., Никитин В.В. Устройство для обмолота растений на корню. EDN: ZFTMNN
20. Ожерельев В.Н., Никитин В.В. Предварительная сепарация очёсанного зернового вороха в наклонной камере // Агропромышленный комплекс на рубеже веков. Воронеж. 2015. С. 165–170. EDN: WEDLVN
21. Никитин В.В. Определение оптимальной длины днища наклонной камеры зерноуборочного комбайна при очёсе // Сельский механизатор. 2018. № 5. С. 8–9. EDN: XWCSDZ

REFERENCES

1. Pustygin MA. *Theory and technological calculation of threshing devices*. Moscow: OGIZ-SEL `XRZGIZ; 1948. (in Russ.).
2. Lezhenkin AM, Kravchuk VI, Kushnarev AS. *Grain harvesting technology using the stand stripping method: status and prospects*. Doslidniczkie; 2010. (in Russ.).
3. Berenshtejn IB, Melnik DYU. Technical and economic assessment of technologies for harvesting grain crops by the method of harvesting plants on the root. *Izvestiya selskoxozyajstvennoj nauki Tavridy*. 2016; 6 (169): 67–73. (in Russ.) EDN: YKQQPN
4. Damanskij RV, Chekusov MS, Kem AA, et al. Evaluation of the technology of harvesting grain crops by the method of harvesting on the root. *Vestnik Omskogo GAU*. 2023; 1 (49): 145–151. (in Russ.) EDN: QIZZSG
5. Damanskij RV. Optimization of the technological process of harvesting grain crops by the method of combing plants on the root. *Vestnik Omskogo GAU*. 2023; 2 (50): 137–142. (in Russ.) EDN: BWMHPK
6. Rinas NA, Maskatova LV. Prospects of standing grain harvesting technology. In: *Proceedings of the Russian science conference «Estestvenno-nauchnye i gumanitarnye issledovaniya: teoreticheskie i prakticheskie aspekty»*. Materialy XXXI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Rostov-na-Donu, 2021:273–277. (in Russ.) EDN: EGBBGN
7. Astaf VLY, Golikov VA, Zhalnin EV, et al. Strategy of technical support of grain harvesting operations in republic of Kazakhstan. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*. 2020;51(3):46–51. EDN IZRIWY
8. Ozherelev V.N, Nikitin V.V., Alakin V.M., Stanovov S.N. Investigation of the parameters of a combed grain pile. *Texnika v selskom xozyajstve*. 2013;1:7–9. (in Russ.) EDN: QHMZNB
9. Ozherelev VN, Nikitin VV. The results of the combine design adaptation to work with a stripper header. *Inzhenerye tekhnologii i sistemy*. 2022;32(2):190–206. (in Russ.) doi: 10.15507/2658-4123.032.202202.190-206 EDN: RBNYLL
10. Savin VYu. Justification of rational parameters and operating modes of a trailed stripping tool for harvesting grain crops [avtoref. dissertation]. Voronezh; 2011. (in Russ.) EDN: QHMZNB
11. Pyanov VS. Methods of increasing grain production in Russian farms by intensifying the work of grain harvesting combines [avtoref. dissertation]. Zernograd; 2017. (in Russ.) EDN: ZQDHZD.
12. Ozherelyev VN, Nikitin VV, Belous NM, et al. Perspectives of grain pile separation before it enters the thresh-ER. *International Journal of ngineering and Technology (UAE)*. 2018;7(2.13):14–116. doi: 10.14419/ijet.v7i2.13.11622 EDN: BUJYTI
13. Ozhereliev VN, Nikitin VV, Sinyaya NV, et al. Combing the standing crops with preliminary separation of loose grains. *Tractors and agricultural machinery*. 2022;89(1):73–79. (in Russ.) doi: 10.17816/0321-4443-100849 EDN: BXWMXP
14. Lovchikov AP., Kulagin SN. Methodological provisions for the development of a mathematical model of the combination of sieves in the cleaning system of a combine harvester. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023;2(100):80–83. (in Russ.) doi: 10.37670/2073-0853-2023-100-2-80-83 EDN: PXYFEA
15. Lovchikov AP, Kulagin SN. Development of a mathematical model of wind-sieve cleaning of a combine harvester with a combination of sieves. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022;5(97):122–125. (in Russ.) doi: 10.37670/2073-0853-2022-97-5-122-125 EDN: RNWJNV
16. Lovchikov AP. Theoretical background of the combination of sieves of the combine harvester cleaning system. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022;3(95):116–119. (in Russ.) doi: 10.37670/2073-0853-2022-95-3-116-119 EDN: OIJDFY
17. Sorochenko SF. A mathematical model of the movement of a grain pile through a sieve of the cleaning adapter of a combine harvester. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016;12(146):131–138. (in Russ.) EDN: XDRUUL
18. Baran IA, Popov VB. On the issue of improving the performance of the cleaning system of a self-propelled combine harvester. *Vestnik GGTU im. P.O. Suxogo*. 2023;1:20–30. (in Russ.) EDN: WLRLVW
19. Патент RUS № 2566017 / 20.10.2015. Byul. № 29. Ozherelev VN, Nikitin VV. Device for standing plants threshing. (in Russ.) EDN: ZFTMNN
20. Ozherelev VN, Nikitin VV. Pre-separation of the combed grain heap in an inclined chamber. In: *Proceedings of the Russian science conference «Agropromyshlennij kompleks na rubezhe vekov»*. Voronezh; 2015. (in Russ.) EDN: WEDLVN
21. Nikitin VV. Determination of the optimum bottom length of the inclined chamber of a combine harvester at the point of collision. *Selskii mekhanizator*. 2018;(5):8–9. (in Russ.) EDN: XWCSDZ

ОБ АВТОРАХ

*** Никитин Виктор Васильевич,**

д-р техн. наук, доцент,
заведующий кафедрой «Технический сервис»;
адрес: Российская Федерация, 243365, Брянская обл.,
Выгоничский р-н, Кокино, ул. Советская, д. 2а
ORCID: 0000-0003-1393-2731;
Scopus ID: 57201686117;
eLibrary SPIN: 5246-6938;
e-mail: viktor.nike@yandex.ru

Ожерельев Виктор Николаевич,

д-р с.-х. наук, профессор,
профессор кафедры «Технические системы в агробизнесе,
природообустройстве и дорожном строительстве»;
ORCID: 0000-0002-2121-3481;
eLibrary SPIN: 3423-0991;
Scopus ID: 57195608281;
e-mail: vicoz@bk.ru

Савин Владимир Юрьевич,

канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры «Тепловые двигатели и гидромашин»;
ORCID: 0000-0002-2476-9768;
eLibrary SPIN: 1784-5296;
e-mail: savin.study@yandex.ru

Синяя Наталия Викторовна,

канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры «Технический сервис»;
ORCID: 0000-0002-1794-1347;
eLibrary SPIN: 9225-4347;
e-mail: sinzea@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

AUTHORS' INFO

*** Viktor V. Nikitin,**

Dr. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Head of the Technical Service Department;
address: 2a Sovetskaya street, 243365 Kokino, Vygonichsky
District of Bryansk Oblast, Russian Federation;
ORCID: 0000-0003-1393-2731;
Scopus ID: 57201686117;
eLibrary SPIN: 5246-6938;
e-mail: viktor.nike@yandex.ru

Viktor N. Ozhereliev

Dr. Sci. (Agriculture), Professor,
Professor of the Technical Systems in Agrobusiness,
Environmental Management and Road Construction Department;
ORCID: 0000-0002-2121-3481;
eLibrary SPIN: 3423-0991;
Scopus ID: 57195608281;
e-mail: vicoz@bk.ru

Vladimir Yu. Savin,

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Associate Professor of the Heat Engines and Hydraulic Machines
Department;
ORCID: 0000-0002-2476-9768;
eLibrary SPIN: 1784-5296;
e-mail: savin.study@yandex.ru

Natalia V. Sinyaya,

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Associate Professor of the Technical Service Department;
ORCID: 0000-0002-1794-1347;
eLibrary SPIN: 9225-4347;
e-mail: sinzea@yandex.ru