

konferentsiia (9-10 fevralia 2022 g.). – Barnaul: RIO Altaiskogo GAU, 2022. – Kn. 2. – S. 49-52.

13. Krivenko D.A. Smesevoe toplivo dlia dvigatelei vnutrennego sgoraniia selskokhoziaistvennykh mashin // Vestnik molodezhnoi nauki AltGAU. – 2022. – No. 2. – S. 57-61.

14. Novozhenov V.A. Gorenje i vzryv: uchebnoe posobie. – Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2009. – S. 45-49.

15. Ofitsialnyi sait. Laboratoriia protsessov gorenii i dinamiki pozhara. Raschet niszhei teploty

sgoraniia po formule Mendeleeva. [Elektron. dan.]. – Rezhim dostupa: <https://firecategory.ru/clients.php?id=10>. (02.03.2023 g.).

16. Spravochnik po kotelnym ustanovkam maloi proizvoditelnosti / pod red. K.F. Roddatisa. – Moskva: Energoatomizdat, 1989. – 488 s.

17. GOST 1129-2013. Maslo podsolnechnoe. Tekhnicheskie usloviia. Prilozhenie A. Zhirno-kislotnyi sostav podsolnechnogo masla.

18. GOST 33131-2014. Smesi biodizelnogo topliva (B6-B20). Tekhnicheskie trebovaniia.



УДК 361.362

DOI: 10.53083/1996-4277-2023-221-3-94-98

М.Е. Микитюк, Н.И. Стрикунов, С.В. Леканов
M.E. Mikityuk, N.I. Strikunov, S.V. Lekanov

ПАРАМЕТРЫ ГРАВИТАЦИОННОГО СЕПАРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА К ЗАГРУЗОЧНОЙ НОРИИ

PARAMETERS OF THE GRAVITATIONAL SEPARATING DEVICE TO GRAIN ELEVATOR

Ключевые слова: зерновая смесь, крупные примеси, грубые примеси, камнеотборник, прутковая решетка, винтовая поверхность, нория, самотечная труба, гравитационный сепаратор.

Одним из путей повышения производительности технологических линий мехтоков является совершенствование технологии и средств их механизации, причем на каждой технологической операции. Важнейшей технологической операцией на поточных линиях является предварительная очистка. Предварительную очистку применяют для обработки свежесобранного зерна. Известно, что в бункер комбайна вместе с зерном поступают и различного рода примеси: семена сорняков, крупные частицы соломы; комки почвы и мелкие камни. Поэтому разработка устройства для выделения грубых примесей является актуальной задачей. Современные сепараторы-камнеотборники в достаточной степени справляются с этой задачей. Эти устройства работают в составе технологических схем зерноочистительных машин и являются неотъемлемой их частью (МПО-50, МПО-50С, МПР-50С и др.), либо работают как отдельные машины с применением различных способов сепарирования. В данной работе предложено одно из устройств для выделения крупных и грубых примесей. Основу устройства составляет прутковая комбинированная сепарирующая решетка, имеющая наклонную и винтовую части. Проведено обоснование параметров предложенного гравитационного устройства. Теоретические исследования показывают, что такое устройство работоспособно как отдельная машина в случае применения его в верхней головке загрузочной нории, а также если оно будет

включено в технологическую схему ворохоочистителей. Установлено, что на характер движения грубых частиц по сепарирующей поверхности предлагаемого устройства оказывают влияние конструктивные и режимные параметры. Экспериментальное подтверждение теоретических предпосылок будет проведено в лабораторных условиях на специально разработанной установке, включающей норию, сепарирующее устройство и специальные емкости. Внедрено в технологической схеме мобильного зерноочистительного агрегата.

Keywords: grain mix, large impurities, coarse impurities, stone separator, bar grate, helical surface, bucket elevator, gravity pipe, gravity separator.

One of the ways to increase the productivity of technological lines of mechanized threshing floors is to improve the technology and means of their mechanization, moreover, at each technological operation. The most important technological operation on production lines is pre-cleaning. Pre-cleaning is used to process freshly harvested grain. It is known that various kinds of impurities enter the combine bunker along with the grain: weed seeds, large particles of straw; soil clods and small stones. Therefore, the development of a device for separating coarse impurities is an urgent task. Modern stone separators adequately cope with this task. These devices work as part of the technological schemes of grain cleaning machines and are their integral part (MPO-50, MPO-50S, MPR-50S, etc.), or they work as separate machines using various separation methods. In this paper, one of the devices for separating large and coarse impurities is proposed. The basis of the device is a bar combined separating grate which has an inclined and a

helical parts. The substantiation of the parameters of the proposed gravitational device was carried out. Theoretical studies show that such a device is operable as a separate machine if it is used in the upper head of a loading elevator, and also if it is included in the technological scheme of intake precleaners. It has been determined that the nature of the movement of coarse particles along the separating

surface of the proposed device is influenced by design and operating parameters. Experimental confirmation of the theoretical premises will be carried out in laboratory conditions on a specially designed installation, including a bucket elevator, a separating device and special containers. The device is implemented in the technological scheme of a mobile grain cleaning unit.

Микитюк Максим Евгеньевич, аспирант, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: rb25neo@mail.ru.

Стрикунов Николай Иванович, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: strikunov555@mail.ru.

Леканов Сергей Валерьевич, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: serrg333@mail.ru.

Mikityuk Maksim Evgenevich, post-graduate student, Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: rb25neo@mail.ru.

Strikunov Nikolay Ivanovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: strikunov555@mail.ru.

Lekanov Sergey Valerevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: serrg333@mail.ru.

Введение

При поступлении зерна от комбайнов требуется удаление посторонних примесей. Проблема предотвращения попадания грубых примесей на сепарирующие поверхности зерноочистительных машин решается применением в самих машинах камнеотделительных и улавливающих устройств, например, скальператорных барабанов, сетчатых транспортеров, вибрационных сепарирующих поверхностей и других устройств.

Эти устройства в достаточной степени усложняют машину. При послеуборочной обработке зерна находят применение гравитационные сепараторы [1], а также камнеотборники, как отдельные машины [2].

Винтовые гравитационные сепараторы применяются в горнорудной промышленности [3], комбикормовом производстве [4], а также для проведения селекционных работ [5]. Одним из технических решений задачи по удалению посторонних примесей может стать применение элементов технологического процесса гравитационных сепараторов. Такое устройство к загрузочной нории применено в мобильном зерноочистительном агрегате [6, 8].

Целью работы является разработка и обоснование параметров гравитационного сепарирующего устройства для предварительной очистки зерна.

Задачи исследований:

- 1) изучить применение гравитационных сепараторов при послеуборочной обработке зерна;
- 2) провести теоретическое обоснование основных параметров предлагаемого сепарирующего устройства к загрузочной нории.

Основная часть

Предлагаемый сепарирующий корпус камнеотборника состоит из отдельных элементов. Базовые элементы выполнены из стальной проволоки. Отдельные элементы соединяются в единую конструкцию с помощью специальных элементов, обеспечивающих размещение прутков с определенным шагом.

Боковые стенки корпуса камнеотборника являются одновременно направляющими для наклонной части прутковой решетки и плавно переходящей в винтовую поверхность и отводящими примесью с сепарирующей прутковой поверхностью. Очистительных устройств для камнеотборника не требуется.

Сепарирующий корпус камнеотборника крепится к верхней головке загрузочной нории таким образом, что зерновой материал после удаления примесей перемещается по своей самотечной трубе, а грубые примеси – по отдельной трубе (лотку) в приемную емкость.

В технологических линиях мехтоков и хлебоприемных предприятий применяются нории высокой производительности. Поэтому диаметр самотечных труб должен иметь соответствующую пропускную способность.

Учитывая, что диаметр самотечных труб в современных поточных технологических линиях для обработки продовольственного зерна составляет 200-250 мм, то диаметр выбранного отверстия нории назначаем в этих пределах.

Для этих отверстий справедлива формула истечения сыпучих материалов (для пшеницы) [7]:

$$V_{\text{ист}} = 1,91F^{0,25}; \quad (1)$$

$$V_{\text{ист}} = 0,1 \text{ м/с.}$$

После прохождения зерновым материалом выбросного отверстия нории он поступает на наклонную сепарирующую плоскость гравитационного сепаратора. Зная скорость истечения $V_{\text{ист}}$ по выбросному отверстию, можно определить скорость V_0^I движения частицы до момента касания поверхности прутковой решетки:

$$V_0^I = V_{\text{ист}} + \sqrt{2gh_{\text{пз}}}, \quad (2)$$

где $h_{\text{пз}}$ – высота падения зерна после гашения скорости, в нашем случае 0,2 м.

Определим основные кинематические и динамические характеристики перемещения частиц примесей по гравитационному сепаратору с учётом их формы как плоские непрокидывающиеся частицы (крупные части соломы, камни и т.д.).

Далее будем рассматривать движение частицы по плоскости, наклоненной к линии горизонта под углом β с коэффициентом трения f . Определим основные кинематические параметры частицы, когда ею пройден отрезок пути длины L_1 (рис.).

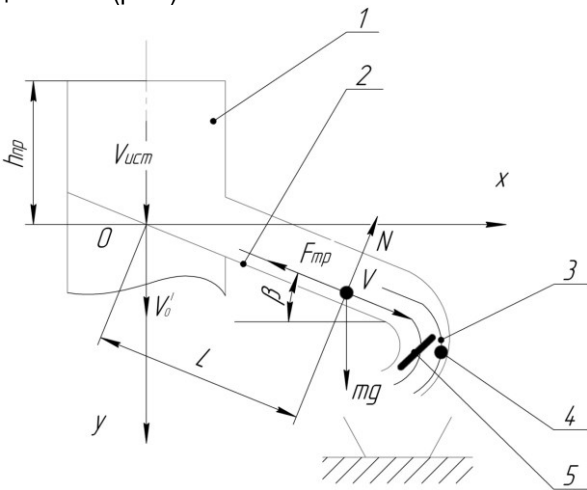


Рис. Схема к определению параметров пруткового сепаратора-камнеотборника:

- 1 – выбросное отверстие нории;
- 2 – наклонная часть прутковой решетки;
- 3 – участок винтовой прутковой поверхности;
- 4 – тяжелые грубые примеси, расположенные ближе к периферии винтовой поверхности;
- 5 – солоmistые частицы, расположенные ближе к центру винтовой поверхности

Исходными данными для определения основных параметров работы камнеотборника являются: $V_0^I = 2,08 \text{ м/с}$; $\beta=12^\circ$; $f=0,3$; $L_1=0,2 \text{ м}$.

Дифференциальное уравнение движения частицы по наклонной сепарирующей поверхности будет иметь вид:

$$\frac{d^2L}{dt^2} = g(\sin\beta - f\cos\beta). \quad (3)$$

Решение уравнения (3) будет таким:

$$L(t) = V_0^I t + g(\sin\beta - f\cos\beta) \frac{t^2}{2}. \quad (4)$$

При этом

$$V(t) = \dot{L}(t) = V_0^I + g(\sin\beta - f\cos\beta)t. \quad (5)$$

Подставив время t из (5) в (4), получим взаимосвязь между пройденным путем и величиной скорости в этот момент:

$$\begin{aligned} L &= V_0^I \frac{V - V_0^I}{g(\sin\beta - f\cos\beta)} + \\ &+ g \frac{\sin\beta - f\cos\beta}{2g^2(\sin\beta - f\cos\beta)^2} (V - V_0^I)^2 = \\ &= \frac{V^2 - (V_0^I)^2}{2g(\sin\beta - f\cos\beta)}. \end{aligned}$$

Откуда находим скорость движения:

$$V = \sqrt{(V_0^I)^2 + 2g(\sin\beta - f\cos\beta)L}. \quad (6)$$

Подставив численные значения входящих в формулу (6) параметров, получим $V=1,977 \text{ м/с}$.

Как следует из формулы (3), величина ускорения постоянна

$$a = \frac{d^2L}{dt^2} = g(\sin\beta - f\cos\beta). \quad (7)$$

После подстановки известных величин в формулу (7) получим $a = -0,83 \text{ м/с}^2$.

Благодаря большому живому сечению сепарирующей решетки (расстояние между прутками $S=10 \text{ мм}$) зерновой материал просеивается и далее движется по самотечной трубе, а крупные солоmistые и тяжелые грубые примеси следуют по винтовой поверхности с постоянным шагом винта $h=\text{const}$.

Зерновая смесь, после сепарации на наклонной части прутковой решетки, поступает на винтовую поверхность, имея в своем составе частицы примеси, отличающиеся формой, плотностью, шероховатостью. Крупные минеральные примеси m_x , при движении по винтовой поверхности приобретают большую скорость, чем легкие солоmistые (плоские) m_c .

Исходя из вышеизложенного, можно записать неравенство

$$m_x \omega_x^2 r_x > m_c \omega_c^2 r_c, \quad (8)$$

где m_x – плотные крупные частицы;

m_c – солоmistые плоские частицы.

За счет большой плотности и близкой к круглой форме частиц m_x они стремятся к периферии винтовой поверхности, а солоmistые легкие

– к центру. Происходит отдельный отвод частиц из этих областей, хотя для данного технологического процесса сепарирования такое разделение не требуется.

Заключение

1. Проведенный анализ сепарирующих устройств, работающих в режиме камнеотборников, в составе зерноочистительных машин, показывает, что такие устройства приводят к усложнению конструкций машин, возрастают энергетические затраты.

2. На основе анализа движения зерна по наклонной сепарирующей поверхности с переходом на винтовую поверхность установлено, что прутковая комбинированная сепарирующая поверхность создает условия для устойчивого перемещения грубых и крупных примесей по рабочей поверхности.

3. В предлагаемом устройстве с элементом винтовой поверхности имеется неподвижный, состоящий из прутков наклонный желоб, выполненный в виде спирали с вертикальной осью. Сепарирующее устройство, установленное в верхней головке нории, не имеет движущихся частей и не требует привода, а процесс работы можно наблюдать визуально с площадки обслуживания нории. Техническое решение внедрено в мобильном зерноочистительном агрегате [8].

Библиографический список

1. Балданов, В. Б. Энергосберегающие сепараторы для зерна / В. Б. Балданов, С. С. Ямпиллов, И. А. Цыренов. – Текст: непосредственный // Сборник научных трудов. Серия: Технология и средства механизации в АПК. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2010. – Вып. 6. – С. 159-164.

2. Гортинский, В. В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях / В. В. Гортинский, А. Б. Демский, М. А. Борискин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Колос, 1980. – 304 с. – Текст: непосредственный.

3. Прокопьев, Е. С. Существующие механизмы разделения минеральных частиц на винтовых сепараторах / Е. С. Прокопьев, С. А. Прокопьев, К. В. Федотов. – Текст: непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень: научно-технический журнал. – 2014. – № 1. – 20 с.

4. Совершенствование конструкции сепаратора для промежуточного разделения измельченного зерна в комбикормовом производстве /

А. А. Смышляев, С. В. Мерчалов, В. И. Орбинский [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (207). – С. 113-120. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-207-1-113-120. – EDN LMXNKH.

5. Машины и лабораторное оборудование для селекционных работ в растениеводстве: справочное пособие / под общей редакцией В. М. Дринчи. – Воронеж: НПО «МОДЭК», 2010. – 432 с. – Текст: непосредственный.

6. Патент России № 2759788 С1 МПК В07В 9/00 (2006.01). Мобильный зерноочистительный агрегат / Леканов С. В., Стрикунов Н. И. 2020135095; заявл. 26.10.2020; опубл.: 17.11.2021, Бюл. №32.

7. Гячев, Л. В. Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах / Л. В. Гячев. – Москва: Машиностроение, 1968. – 184 с. – Текст: непосредственный.

8. Леканов, С. В. Мобильные технологии в послеуборочной обработке зерна и семян / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов. – Текст: непосредственный // Актуальные агросистемы. – 2022. – № 1-2. – С. 38-39.

References

1. Baldanov V.B. Energosberegaiushchie separatory dlia zerna / V.B. Baldanov, S.S. Iampilov, I.A. Tsyrenov // Sb. nauch. tr. Seria: Tekhnologiya i sredstva mekhanizatsii v APK. Vyp. 6. – Ulan-Ude: Izd-vo VSGTU, 2010. – S.159-164.

2. Gortinskii V.V. Protsessy separirovaniia na zernopererabatyvaiushchikh predpriiatiakh / V.V. Gortinskii, A.B. Demskii, M.A. Boriskin. – 2-e izd., pererab. i dop. – Moskva: Kolos, 1980. – 304 s.

3. Prokopev E.S. Sushchestvuiushchie mekhanizmy razdeleniia mineralnykh chastits na vintovykh separatorakh / E.S. Prokopev, S.A. Prokopev, K.V. Fedotov // Gorn. inform.-analit. biul.: nauch.-tekhn. zhurnal. – 2014. – No. 1. – 20 s.

4. Sovershenstvovanie konstruktssii separatora dlia promezhutochnogo razdeleniia izmelchennogo zerna v kombikormovom proizvodstve / A.A. Smyshliaev, S.V. Merchalov, V.I. Orobinskii [i dr.] // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – No. 1 (207). – S. 113-120. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-207-1-113-120. – EDN LMXNKH.

5. Mashiny i laboratornoe oborudovanie dlia selektsionnykh rabot v rastenievodstve: sprav.

posobie / Pod obshch. red. V.M. Drinchi. – Voronezh: NPO «MODEK», 2010. – 432 s.

6. Patent Rossii No. 2759788 S1 MPK B07B 9/00 (2006.01). Mobilnyi zernoochistitelnyi agregat / Lekanov S.V., Strikunov N.I. 2020135095; zaiavl. 26.10.2020; opubl.: 17.11.2021. Biul. No. 32.

7. Giachev L.V. Dvizhenie sypuchikh materialov v trubakh i bunkerakh / L.V. Giachev. – Moskva: Mashinostroenie, 1968. – 184 s.

8. Lekanov S.V. Mobilnye tekhnologii v posleuborochnoi obrabotke zerna i semian / S.V. Lekanov, N.I. Strikunov // Aktualnye agrosistemy. – 2022. – No. 1-2. – S. 38-39.



УДК 361.362

DOI: 10.53083/1996-4277-2023-221-3-98-104

С.В. Леканов, Н.И. Стрикунов, И.Н. Стрикунов

S.V. Lekanov, N.I. Strikunov, I.N. Strikunov

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВО НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF NEW TECHNICAL SOLUTIONS FOR POST-HARVEST GRAIN HANDLING TECHNOLOGIES

Ключевые слова: зерновой ворох, предварительная очистка, первичная очистка, трудноотделимые примеси, триерная очистка, сушилка, технологическая операция.

Оснащение зернопроизводящих хозяйств современной зерноочистительной техникой и передовыми технологиями для очистки зерна является весьма актуальным направлением в сельскохозяйственном производстве. Строительство комплексов послеуборочной обработки зерна для фермерских хозяйств остаётся актуальным направлением. В представленной работе предложена современная технология послеуборочной обработки зерна для крестьянско-фермерского хозяйства, проведено описание всех возможных технологических схем работы. Решена достаточно сложная задача, начиная с этапа проектирования и реализации технологических решений по послеуборочной обработке зерна в хозяйстве. Практика показывает, что те технологии, которые реализованы по индивидуальным проектам для конкретного хозяйства, могут получить распространение и на другие хозяйства, но с учётом особенностей этих хозяйств. Конечно, современные более совершенные технологии должны иметь и научное обоснование принимаемых технологических решений. Такие исследования требуют практической реализации с получением конкретных результатов. Разработанная технология была внедрена в уборочный сезон 2021 г. Необходимо отметить, что была апробирована практика применения дизель-генератора для обеспечения работы комплекса. Практика применения этого технического решения на протяжении всего уборочного сезона принесла положительные результаты. Помимо этого при работе зерноочистительно-сушильного комплекса были апробированы и другие проектные реше-

ния. Практически были проведены испытания комплекса на всех описанных технологических схемах работы, что и было отражено в акте внедрения. Также проведено обучение машинистов для работы на очистительном и сушильном отделениях комплекса. Проведенная работа начиная с экспертизы, разработки, проектирования и внедрения комплекса показывает, что выбранное направление оказалось наиболее эффективным для данного крестьянско-фермерского хозяйства.

Keywords: grain heap, preliminary cleaning, primary cleaning, hard-to-separate impurities, trier cleaning, dryer, technological operation.

Equipping grain-producing farms with modern grain cleaning equipment and advanced technologies for grain cleaning is a very relevant area in agricultural production. The construction of complexes for post-harvest grain handling for farms remains an important area. A modern technology of post-harvest grain handling for a peasant farm is proposed; a description of all possible technological schemes is carried out. A rather difficult task has been solved, starting from the stage of designing and implementing technological solutions for post-harvest grain handling on a farm. Practice shows that those technologies that are implemented on individual projects for a particular farm may be extended to other farms but taking into account the characteristics of these farms. Certainly, modern, more advanced technologies should also have a scientific justification for the technological decisions made. Such studies require practical implementation with concrete results. The developed technology was introduced in the 2021 harvesting season. It should be noted that the practice of using a diesel generator to ensure the operation of the complex was tested. The practice of applying this technical solution