



DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-10

УДК 631.362.33

ВЫДЕЛЕНИЕ СОЛОМИСТЫХ ПРИМЕСЕЙ ЗЕРНОВОГО ВОРОХА ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ РЕШЕТОМ

В.А. САБАШКИН, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,
А.А. СУХОПАРОВ, кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
В.А. СИНИЦЫН, старший научный сотрудник,
С.Е. ЗАХАРОВ, научный сотрудник

*Сибирский научно-исследовательский институт механизации
и электрификации сельского хозяйства СФНЦА РАН
630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск
e-mail: sibime@ngs.ru*

Приведены краткое описание, режимы работы и результаты экспериментальных исследований цилиндрического колосового решета с винтовым распределителем на предварительной очистке зерна. В цилиндрическом решете без распределителя зерновой ворох, увлекаемый вращающейся цилиндрической поверхностью, сосредоточивается в $\frac{1}{4}$ части окружности решета. При установке распределителя, вращающегося в противоположном направлении относительно решета, зерновой ворох, захватываемый винтовыми лопастями, распределяется до $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{2}$ части окружности решета. Винтовые лопасти перемещают ворох в осевом направлении, распределяя его по длине решета. Увеличивается площадь контакта вороха с поверхностью цилиндрического решета, уменьшается толщина слоя вороха, повышается вероятность прохождения зерна через слой вороха и отверстия решета и возрастает производительность на единицу площади рабочей поверхности. Наклон решета в сторону подачи позволяет регулировать скорость перемещения вороха при помощи распределителя. Установка винтового распределителя в колосовом решете позволяет повысить подачу зернового вороха в 1,2–1,6 раза при допустимом уровне потерь зерна и полноте выделения солоmistых примесей выше 70 %. Частота вращения распределителя 30 об./мин предпочтительнее, чем 40 об./мин, так как при этом уровень потерь зерна при одинаковой подаче зернового вороха значительно ниже, а полнота выделения крупных примесей при допустимых потерях зерна выше. Составное цилиндрическое решето, выполненное на 75 % по длине с отверстиями диаметром 10 мм и на 25 % – с отверстиями диаметром 6 мм, увеличивает полноту выделения солоmistых примесей на 10,5 %.

Ключевые слова: зерновой ворох, предварительная очистка, цилиндрическое решето, винтовой распределитель, крупные примеси.

Зерновой ворох, поступающий с полей в период уборки, содержит в своем составе крупные примеси (колоски, частицы соломы, стебли других растений, комочки земли) и мелкие (семена сорных растений, песок, пыль). Их количественный состав зависит от состояния полей, вида и настройки уборочной техники, погодных условий, организационных факторов. Данные примеси обычно имеют высокую влажность, которая

может достигнуть 50–80 %. Зерно с самого начала нахождения его с примесями в одной массе начинает поглощать часть влаги данных примесей, поэтому в первые же сутки могут возникнуть очаги самосогревания [1]. В связи с этим зерновой ворох необходимо сразу после уборки подвергнуть предварительной очистке от посторонних примесей. Особенно данное условие актуально для Сибири, где уборочный период характери-

зуется частым выпадением осадков, высокой влажностью и падением температуры воздуха [2, 3]. В результате предварительной очистки при удалении крупных примесей средняя влажность зерновой массы может понизиться на 1–6 % и более [1]. Кроме частичного удаления влаги предварительная очистка увеличивает сыпучесть зерновой массы. Облегчаются последующие процессы сушки и очистки, повышается устойчивость зерна к самосогреванию при временном хранении [4, 5].

В силу того что очистка зерна тесно связана с процессом уборки, машины предварительной очистки должны быть простыми и надежными по своей конструкции. Одним из эффективных направлений совершенствования подобных машин является использование в них цилиндрических решет [6]. По сравнению с плоскими они обладают рядом преимуществ: не требуют уравнивания, отличаются плавностью движения и простым приводом. Однако имеется недостаток, который сдерживает широкое внедрение цилиндрических решет, – низкая производительность на единицу площади рабочей поверхности [7, 8]. Для повышения производительности машин с цилиндрическим решето нами предложено принудительно распределять зерновой ворох по решетной поверхности винтовым распределителем, вращая его в сторону, противоположную вращению решета, а само решето наклонить в сторону подачи [9].

Суть предложенного заключается в том, что если в цилиндрическом решете без распределителя зерновой ворох, увлекаемый вращающейся цилиндрической поверхностью, сосредотачивается в 1/4 части окружности решета [7, 8], то при установке распределителя, вращающегося в противоположном направлении относительно решета, зерновой ворох, захватываемый винтовыми лопастями, распределяется до 1/3–1/2 части окружности решета. Кроме того, винтовые лопасти перемещают ворох в осевом направлении, распределяя его по длине решета. Таким образом, увеличивается площадь контакта вороха с поверхнос-

тью цилиндрического решета, уменьшается толщина слоя вороха, увеличивается вероятность прохождения зерна через слой вороха и отверстия решета и, как следствие, возрастает производительность на единицу площади рабочей поверхности. Наклон решета в сторону подачи позволяет регулировать скорость перемещения вороха при помощи распределителя.

Цель исследований – оценить качество работы цилиндрического решета с винтовым распределителем при выделении крупных соломистых примесей в процессе предварительной очистки зернового вороха.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Схема экспериментальной установки с цилиндрической сепарирующей поверхностью и винтовым распределителем зерна представлена на рис. 1, а.

Рабочий процесс в установке происходит следующим образом (рис. 2, б): зерновой ворох из бункера при открытии шиберной заслонки рычагом по загрузочному лотку поступает во вращающееся цилиндрическое решето. Под воздействием вращающейся цилиндрической поверхности и лопастей винтового распределителя, вращающегося в противоположную сторону относительно решета, ворох распределяется по окружности решета и далее этими же лопастями перемещается вдоль решета. При перемещении вороха, зерна основного растения и мелкие примеси, размер которых меньше размера отверстий решета, проходят сквозь отверстия, попадают по лотку в сборную емкость для зерна. Крупные примеси, размер которых больше размера отверстий, витками распределителя транспортируются из решета в сборник. Застывшие в отверстиях компоненты вороха очищаются щеткой, неподвижно закрепленной на раме. Частоты вращения цилиндрического решета и распределителя регулируются за счет изменения оборотов электродвигателей соответствующих приводов частотными преобразователями электрического тока. Путем изменения длины опор рамы при по-

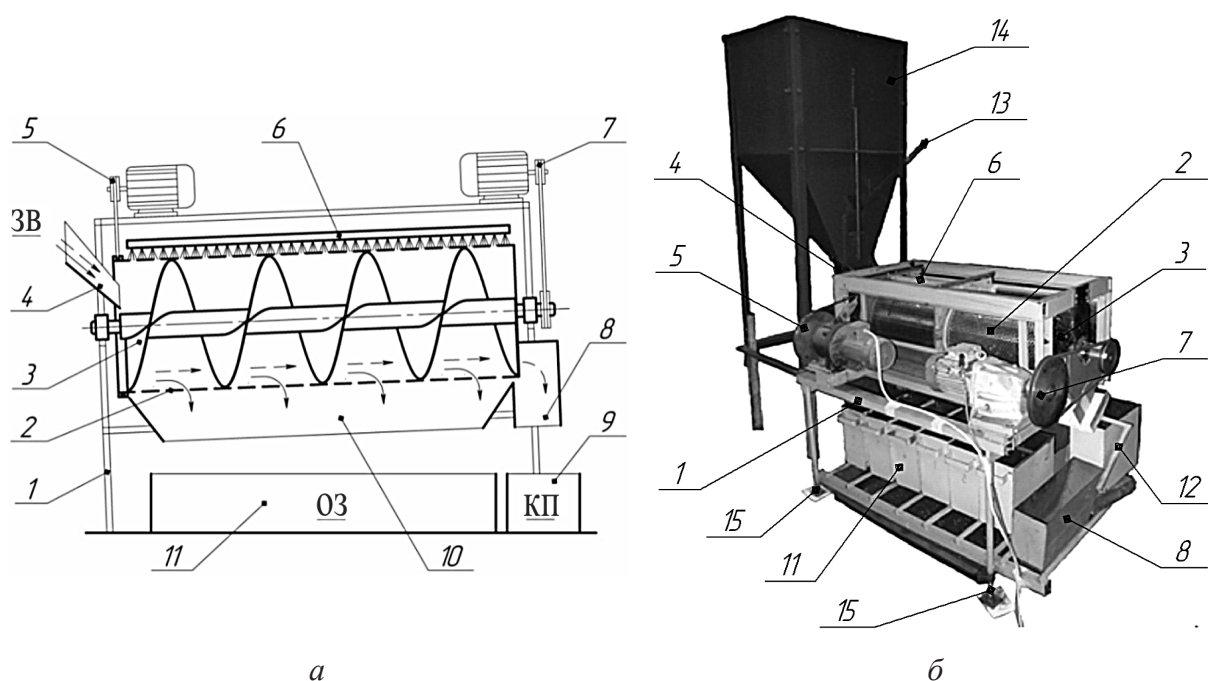


Рис. 1. Экспериментальная установка с цилиндрическим решетом:

а – общая схема; б – общий вид:

1 – рама; 2 – цилиндрическое решето; 3 – винтовой распределитель; 4 – загрузочный лоток; 5 – привод цилиндрического решета; 6 – щетка для очистки решета; 7 – привод винтового распределителя; 8 – лоток для вывода сходовой фракции; 9 – емкость для сбора сходовой фракции; 10 – лоток для вывода проходовой фракции; 11 – емкость для сбора проходовой фракции; 12 – устройство для отсечки потоков фракций; 13 – рычаг открытия задвижки бункера; 14 – бункер; 15 – регулировочные винты; 3В – зерновой ворох, ОЗ – обработанное зерно, КП – крупные примеси

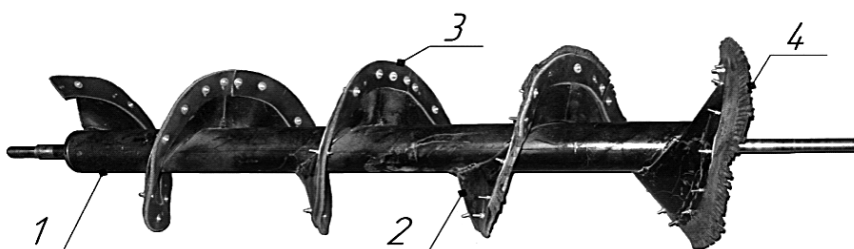


Рис. 2. Винтовой распределитель:

1 – вал; 2 – винт; 3 – накладка из прорезиненной ткани; 4 – накладка щеточная

мощи регулировочных винтов изменяется угол установки цилиндрического решета. Устройство для отсечки потоков фракций используется при проведении опытов для отсечки потоков по времени. Винтовой распределитель (рис. 2.) имеет накладку из прорезиненной ткани и щеточную накладку. Щеточная накладка, установленная в конечной части винтового распределителя, способствует более полному выводу крупных примесей из решета.

Для оценки качества работы цилиндрического колосового решета с винтовым распределителем при выделении крупных солоmistых примесей проведены экспериментальные исследования как с установкой винтового распределителя, так и без него.

Ранее проведенные исследования [10, 11] показали, что без установки распределителя рациональная работа решета с допустимым уровнем потерь зерна обеспечивается при угле наклона решета к его концу не более 1 град. и частоте вращения решета

не выше 40 об./мин, при установке винтового распределителя – при угле наклона цилиндрического решета в сторону начала решета 3 град. и частоте вращения решета 65 об./мин. В экспериментах угол наклона решета и частота его вращения устанавливали в этих пределах. Для выбора частоты вращения распределителя проведены оценочные опыты с использованием видеосъемки при частоте вращения распределителя 30, 40, 50, 60 об./мин. На основе анализа оценочных опытов для проведения дальнейших экспериментов выбраны частоты вращения винтового распределителя 30 и 40 об./мин как наиболее приемлемые.

Эксперименты проводили на зерновом ворохе пшеницы с содержанием солоmistых примесей 0,1 %, аналогичном вороху, поступающему на предварительную очистку. Солоmistые примеси при повторных пропусках через сепарирующие устройства измельчаются, изменяя свои геометрические характеристики, поэтому они были заменены деревянными брусочками длиной 40 мм с квадратным сечением со стороной квадрата 2 мм.

Опыты осуществляли в следующей последовательности: подготавливали исходный зерновой ворох; очищали и устанавливали емкости для сбора проходowych и сходовых фракций; включали электродвигатели, устанавливали при помощи частотных преобразователей электрического тока требуемые значения частот вращения цилиндрического решета и винтового распределителя; после выхода установки на холостом ходу в установившийся режим открывали на необходимую величину подачи вороха шиберную заслонку бункера. Далее при установившемся рабочем режиме установки производили отсечку по времени потоков проходовой и сходовой фракций, которые направлялись в соответствующие сборные емкости. После осуществления процесса сепарирования производили анализ и взвешивание проходовой и сходовой фракций. Все серии опытов осуществляли при различных подачах зернового вороха.

При каждом опыте определяли полноту выделения крупных солоmistых примесей и потери зерна сходом с решета.

Полноту выделения крупных примесей вычисляли по формуле

$$e = \frac{100 Q_{\text{кк}}}{(Q_{\text{кк}} + Q_{\text{кп}})}, \quad (1)$$

где e – полнота выделения крупных примесей, %; $Q_{\text{кк}}$ – масса крупных примесей в сходовой фракции, г; $Q_{\text{кп}}$ – масса крупных примесей в проходовой фракции, г.

Потери зерна с фракцией крупных примесей вычислялись по формуле

$$s = \frac{100 Q_{\text{зс}}}{(Q_{\text{зс}} + Q_{\text{зп}})}, \quad (2)$$

где s – потери зерна с фракцией крупных примесей, %; $Q_{\text{зс}}$ – масса зерна в сходовой фракции крупных примесей, г; $Q_{\text{зп}}$ – масса зерна в проходовой фракции г.

Результаты опытов представлены в виде графиков функций

$$e = f_1(q); s = F_2(q), \quad (3)$$

где q – подача зернового вороха, кг/с.

Подачу зернового вороха вычисляли по формуле

$$q = \frac{Q_{\text{зс}} + Q_{\text{зп}} + Q_{\text{кк}} + Q_{\text{кп}}}{1000 t}, \quad (4)$$

где t – продолжительность опыта, с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные эксперименты показали, что полнота выделения крупных солоmistых примесей без распределителя выше, чем при установке распределителя (рис. 3). Это объясняется тем, что винтовой распределитель, распределяя зерновой ворох по поверхности решета, уменьшает толщину слоя вороха, поэтому вероятность прохода крупных примесей в проходовую фракцию увеличивается, а в сходовую соответственно уменьшается. Увеличение частоты вращения распределителя повышает полноту выделения крупных примесей, так как увеличивается скорость их вывода в сходовую фракцию. При одних и тех же подачах зернового вороха полнота выделения солоmistых примесей при частоте вращения 40 об./мин на 5–8 % выше, чем при 30 об./мин. Пол-

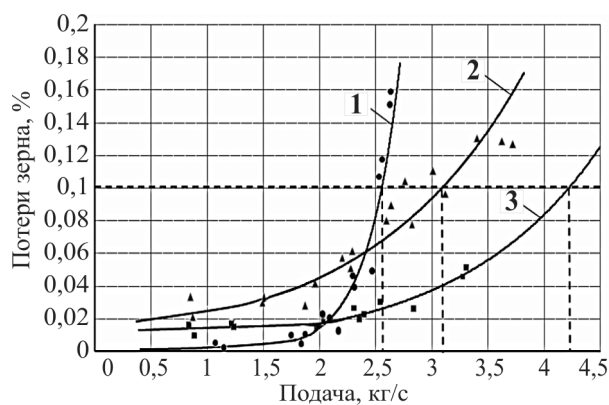


Рис. 3. Изменение количества потерь зерна в зависимости от подачи зернового вороха: 1 – без распределителя, 2 – с распределителем с частотой вращения 40 об./мин, 3 – с распределителем с частотой вращения 30 об./мин

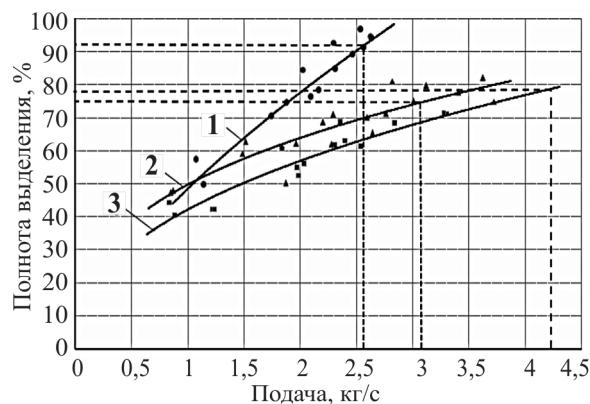


Рис. 4. Изменение полноты выделения соломистых примесей в зависимости от подачи зернового вороха: 1 – без распределителя, 2 – с распределителем с частотой вращения 40 об./мин, 3 – с распределителем с частотой вращения 30 об./мин

нота выделения соломистых примесей без установки распределителя из-за большой толщины слоя вороха на решетке в экспериментах получилась достаточно высокой, однако оценивать качество работы устройств предварительной очистки зернового вороха без учета потерь зерна в сходовую фракцию нельзя. Исходными требованиями на базовые машинные технологические операции в растениеводстве для машин предварительной очистки зерна [12] наряду с полнотой выделения крупных примесей (не

менее 50 %) установлены допустимые потери зерна, которые составляют для решетной части машин предварительной очистки зерна 0,1 %.

Совместный анализ графиков изменения полноты выделения соломистых примесей (рис. 3) и потерь зерна (рис. 4) в зависимости от подачи показал, что при допустимом уровне потерь зерна сходом с решета (0,1 %) подача на решето без распределителя составляет 2,6 кг/с при полноте выделения соломистых примесей 93,3 %, на решето с распределителем, вращающимся с частотой 40 об./мин, – 3,1 кг/с при полноте выделения 74,7 %, на решето с распределителем, вращающимся с частотой 30 об./мин, – 4,2 кг/с при полноте выделения 78,8 %.

Учитывая, что полнота выделения крупных примесей по исходным требованиям на базовые машинные технологические операции в растениеводстве для машин предварительной очистки зерна должна быть не ниже 50 % [12], можно сделать вывод, что установка винтового распределителя позволяет повысить подачу зернового вороха в 1,2 и 1,6 раза при частоте вращения распределителя соответственно 40 и 30 об./мин.

Наблюдением за процессом сепарации и изучением проходовой фракции установлено, что соломистые примеси попадают в проходную фракцию главным образом в конце решета. На основании этого для увеличения полноты выделения соломистых примесей колосовое решето было выполнено составным. При сохранении общей длины 75 % длина решета имела отверстия диаметром 10 мм, а 25 % – в конце решета отверстия диаметром 6 мм. Опыты проводили аналогично предыдущим при частоте вращения распределителя 30 об./мин. Результаты опытов показали, что полнота выделения соломистых примесей при сепарации на составном решете при одних и тех же подачах значительно выше, чем при решете, полностью имеющем диаметр отверстий 10 мм, однако при этом происходило увеличение потерь зерна (рис. 5, 6). Данный результат объясняется тем, что вероятность

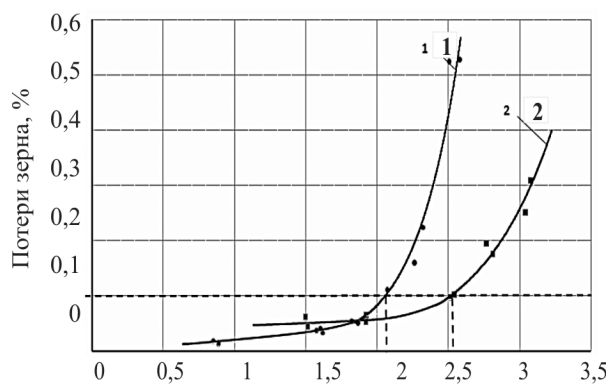


Рис. 5. Изменение потерь зерна в зависимости от подачи зерновой смеси: 1 — без распределителя, 2 — с распределителем

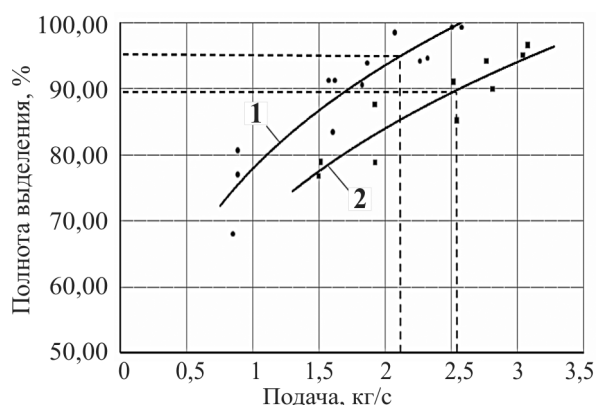


Рис. 6. Изменение полноты выделения соломистых примесей в зависимости от подачи зерновой смеси: 1 — без распределителя, 2 — с распределителем

прохождения зерен через отверстия диаметром 6 мм ниже, чем через отверстия диаметром 10 мм. При допустимом уровне потерь 0,1 % величина подачи зерна без распределителя составила 2,1 кг/с, с распределителем — 2,5 кг/с. При этом полнота выделения соломистых примесей (см. рис. 3) составила соответственно 94,7 и 89,3 %. Установка распределителя в составное цилиндрическое решето позволила повысить подачу зернового вороха в 1,2 раза.

ВЫВОДЫ

1. Полнота выделения соломистых примесей при допустимом уровне потерь зерна при установке винтового распределителя в цилиндрическое решето превышает 70 %, что выше полноты выделения, установленного

исходными требованиями для машин предварительной очистки зерна. Установка винтового распределителя в цилиндрическое решето позволяет повысить подачу зернового вороха в 1,2–1,6 раза.

2. Рациональной является частота вращения распределителя 30 об./мин, так как при этом достигается максимальная подача зернового вороха при допустимом уровне потерь зерна и высокой полноте выделения соломистых примесей.

3. Цилиндрическое решето, выполненное на 75 % по длине с отверстиями диаметром 10 мм и на 25 % — с отверстиями диаметром 6 мм, увеличивает полноту выделения соломистых примесей на 10,5 %.

4. Дальнейшие исследования необходимо направить на увеличение подачи вороха при допустимом уровне потерь зерна сходом (0,1 %) и обеспечении полноты выделения выше 80 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Киреев М.В., Григорьев С.М., Ковальчук Ю.К. Послеуборочная обработка зерна в хозяйствах. — Л.: Колос, 1981. — С. 53–59.
2. Максимчук В.К., Сабашкин В.А. Условия послеуборочной обработки зерна в лесостепной зоне Западной Сибири // Сиб. вестн. с.-х. науки. — 1976. — № 2. — С. 95–100.
3. Чепурин Г.Е., Иванов Н.М., Кузнецов А.В. и др. Уборка и послеуборочная обработка зерновых культур в экстремальных условиях Сибири. — М.: Росинформагротех, 2011. — С. 6–21.
4. Обработка и хранение зерна / пер. с нем. А.М. Мазурицкого; под ред. и с предисл. А.Е. Юкиша. — М.: Агропромиздат, 1985. — С. 163–170.
5. Трисвятский Л.А. Хранение зерна. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1985. — С. 186–191.
6. Иванов Н.М., Леканов С.В., Стрикунов Н.И. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Мобильные зерноочистительные маши-

- ны: учеб.-метод. пособие / под ред. Н.М. Иванова. – Новосибирск. – 2013. – 325 с.
7. **Тиц З.Л., Анискин В.И., Баснак'ян Г.А. и др.** Машины для послеуборочной поточной обработки семян: теория и расчет машин, технология и автоматизация процессов. – М.: Машиностроение, 1967. – С. 130–134.
 8. **Кожуховский И.Е.** Зерноочистительные машины. Конструкции, расчет и проектирование; изд. 2-е, перераб. – М.: Машиностроение, 1974. – С. 39–43.
 9. **Пат. 2489840 РФ. МПК А01F12/44, B07B1/22/ Зерноочистительная машина / Н.М. Иванов, В.Р. Торопов, А.А. Орлов, А.А. Сухопаров, В.А. Синицын, В.И. Николашкин; заявл. 30.03.2012, опубл. 20.08.2013. – Бюл. № 23.**
 10. **Иванов Н.М., Торопов В.Р., Сухопаров А.А.** Оценка процесса сепарации зерна в цилиндрическом колосовом решете с винтовым распределителем // Вестн. Алтайского ГАУ. – 2013. – № 6. – С. 88.
 11. **Иванов Н.М., Торопов В.Р., Сухопаров А.А., Синицын В.А.** Результаты испытаний цилиндрического колосового решета с винтовым распределителем на предварительной очистке зерна // Сел. механизатор. – 2013. – № 5. – С. 12–13.
 12. **Исходные** требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве. – М.: Росинформагротех, 2005. – С. 131–134.
 3. **Chepurin G.E., Ivanov N.M., Kuznetsov A.V. i dr.** Uborka i posleuborochnaya obrabotka zernovykh kul'tur v ekstremal'nykh usloviyakh Sibiri. – M.: Rosinformagrotekh, 2011. – S. 6–21.
 4. **Obrabotka i khranenie zerna / per. s nem. A.M. Mazuritskogo; pod red. i s predisl. A.E. Yuki-sha.** – M.: Agropromizdat, 1985. – S. 163–170.
 5. **Trisvyatskii L.A.** Khranenie zerna. – 5-e izd., pererab. i dop. – M.; Agropromizdat, 1985. – S. 186–191.
 6. **Ivanov N.M., Lekanov S.V., Strikunov N. I.** Mobil'naya tekhnika i tekhnologii dlya posleuborochnoi obrabotki zerna i semyan. Mobil'nye zernoochistitel'nye mashiny: ucheb.-metod. posobie / pod red. N.M. Ivanova. – Novosibirsk. – 2013. – 325 s.
 7. **Tits Z.L., Aniskin V.I., Basnak'yan G.A. i dr.** Mashiny dlya posleuborochnoi potochnoi obrabotki semyan: teoriya i raschet mashin, tekhnologiya i avtomatizatsiya protsessov. – M.: Mashinostroenie, 1967. – S. 130–134.
 8. **Kozhukhovskii I.E.** Zernoochistitel'nye mashiny. Konstruktsii, raschet i proektirovanie; izd. 2-e, pererab. – M.: Mashinostroenie, 1974. – S. 39–43.
 9. **Pat. 2489840 RF. МРКА01F12/44, B07B1/22/ Zernoochistitel'naya mashina / N.M. Ivanov, V.R. Toropov, A.A. Orlov, A.A. Sukhoparov, V.A. Sinitsyn, V.I. Nikolashkin; yayavl. 30.03.2012, opubl. 20.08.2013. – Byul. № 23.**
 10. **Ivanov N.M., Toropov V.R., Sukhoparov A.A.** Otsenka protsessa separatsii zerna v tsilindricheskom kolosovom reshete s vintovym raspredelitelem // Vestn. Altaiskogo GAU. – 2013. – № 6. – S. 88.
 11. **Ivanov N.M., Toropov V.R., Sukhoparov A.A., Sinitsyn V.A.** Rezul'taty ispytaniy tsilindricheskogo kolosovogo resheta s vintovym raspredelitelem na predvaritel'noi ochistke zerna // Sel. mekhanizator. – 2013. – № 5. – S. 12–13.
 12. **Iskhodnye** trebovaniya na bazovye mashinnye tekhnologicheskie operatsii v ras-tenievodstve. – M.: Rosinformagrotekh, 2005. – S. 131–134.

REFERENCES

1. **Kireev M.V., Grigor'ev S.M., Koval'chuk Yu.K.** Posleuborochnaya obrabotka zerna v khozyaistvakh. – JI.: Kolos, 1981. – S. 53–59.
2. **Maksimchuk V.K., Sabashkin V.A.** Usloviya posleuborochnoi obrabotki zerna v lesostepnoi zone Zapadnoi Sibiri // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 1976. – № 2 – S. 95–100.

REMOVING STRAW IMPURITIES FROM GRAIN HEAPS BY CYLINDRICAL SIEVE

**V.A. SABASHKIN, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher,
A.A. SUKHOPAROV, Candidate of Science in Engineering, Senior Researcher,
V.A. SINITSYN, Senior Researcher,
S.E. ZAKHAROV, Researcher**

*Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, SFSCA RAS
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia
e-mail: sibime@ngs.ru*

There is given a brief description, modes of operation and findings of experimental studies on a cylindrical sieve with screw dispenser for grain pre-cleaning. In a cylindrical sieve without dispenser, a grain heap being moved by the rotating cylindrical surface is concentrated in a quarter of the circumference of the sieve. When the dispenser rotating in the opposite direction with respect to the sieve is installed, the grain heap captured by the screw blades is distributed over 1/3 to 1/2 of the circumference of the sieve. The heap is moved by the screw blades in the axial direction, and distributed over the length of the sieve. Thus, contact area between the heap and the surface of the cylindrical sieve increases, the grain heap layer thickness decreases, the probabilities of grains to pass through the layer thickness and the holes of the sieve increase, and performance per unit of the working surface area increases. An inclination of the sieve towards feed makes it possible to control the speed of the heap movement by means of the dispenser. The screw dispenser installed in the sieve allows increasing feed of the grain heap 1.2–1.6 times with the acceptable level of grain losses and removal of straw impurities up to 70 percent. The dispenser rotational speed of 30 rpm is preferable to that of 40 rpm because of much lower grain losses at the same grain feed, and of more complete removal of big impurities at the acceptable grain losses. The cylindrical sieve, made in such a way that its 75 percent have the holes of 10 mm in diameter and 25 percent the holes of 6 mm in diameter, contributes to completeness of removing straw impurities by 10.5 percent.

Keywords: grain heap, pre-cleaning, cylindrical sieve, screw dispenser, big impurities.

Поступила в редакцию 25.08.2017

