

yavitel i patentoobladatel Alt. gos. tekhn. un-t. im. I.I. Polzunova. – No. 95118986/13; zayavl. 09.11.95; opubl. 20.11.97, Byul. No. 32.

17. Urkinbaev D.I. Obosnovanie parametrov sistemy stabilizatsii gorizontalnogo polozheniya reshetnogo stana zernouborochnogo kombayna, prednaznachennogo dlya raboty na sklonakh: avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. – Moskva, 1993. – 23 s.

18. 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. – No. 2 (41). – S.3-10.

19. Sorochenko S.F., Rakitina E.Yu. Raspredelenie zernovogo vorokha na stryasnoy doske pri rabote zernouborochnogo kombayna na sklonakh // Sovremennaya tekhnika i tekhnologii: problemy, sostoyanie i perspektivy / Materialy VIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem 22-23 noyabrya 2018 g. Chast I / pod red. k.t.n., dotsenta V.V. Gritsenko; k.t.n., dotsenta G.Yu. Yastrebova / Rubtsovskiy industrialnyy institut. – Rubtsovsk, 2018. – S.1096-1102.

20. Sorochenko S.F., Ryazanov A.V. Adapter dlya raboty na sklonakh // Selskiy mekhanizator. – 2010. – No. 5. – С. 6.



УДК 631.362

**Н.И. Стрикунов, С.В. Леканов, С.А. Черкашин, С.С. Щербаков**  
**N.I. Strikunov, S.V. Lekanov, S.A. Cherkashin, S.S. Shcherbakov**

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНО-РЕШЁТНОГО СЕПАРАТОРА В РЕЖИМЕ ОВСЮГООТБОРНИКА

### THE WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF CENTRIFUGAL-SIEVE SEPARATOR ACTING AS WILD OAT REMOVER

**Ключевые слова:** центробежно-решетный сепаратор, длинные примеси, транспортирующая спираль, кольцевая щетка, полнота выделения.

Создание высокопроизводительных зерноочистительных агрегатов имеет сложную проблему из-за отсутствия высокопроизводительных машин, в особенности триеров (машин для очистки зерна от длинных и коротких примесей). Производительность существующих триеров с ячеистой рабочей поверхностью не превышает 10 т/ч. Представлены теоретические и экспериментальные материалы по обоснованию и реализации технологии, связанной с использованием идеи очистки зерна от длинных и коротких примесей на решетных рабочих поверхностях. Обоснованы оригинальная схема технологического процесса и конструкция высокопроизводительного сепаратора-овсюгоотборника. Предложенные технологическая схема и основные конструктивные

параметры центробежно-решетного сепаратора с предварительной подготовкой зернового материала на коническом делительном решете прошли экспериментальную проверку. В результате проведенных экспериментальных исследований решены задачи по повышению эффективности работы центробежно-решетного сепаратора в режиме овсюгоотборника, а устройство предварительного расслоения оказалось весьма эффективным рабочим органом при работе сепаратора в режиме куколеотборника и ворохоочистителя.

**Keywords:** centrifugal-sieve separator, long impurities, conveying screw, ring brush, separation completeness.

The development of highly-efficient grain cleaning units encounters a complicated problem due to the lack of highly-efficient machinery, particularly sifting cylinders

(machines for cleaning grain from long and short impurities). The output capacity of existing sifting cylinders with alveolar working surface does not exceed 10 t h. This paper discusses the theoretical and experimental data on the substantiation and implementation of the technology associated with the use of the idea of cleaning grain from long and short impurities on sieve working surfaces. The original scheme of the technological process and the design of a highly-efficient wild oat remover are substantiated. The proposed technological scheme and

the main structural parameters of a centrifugal-sieve separator with preliminary preparation of grain material on a conical dividing sieve passed an experimental test. As a result of the experimental studies, the problems on increasing the efficiency of the centrifugal-sieve separator acting as wild oat remover were solved, and the preliminary separation device turned out to be a very efficient working tool when the separator operated as a cackle remover and a pre-cleaning separator.

**Стрикунов Николай Иванович**, к.т.н., доцент, каф. сельскохозяйственной техники и технологий, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-60. E-mail: agau@asau.ru.

**Леканов Сергей Валерьевич**, к.т.н., доцент, каф. растениеводства, переработки и механизации, Алтайский институт повышения квалификации руководителей и специалистов агропромышленного комплекса, г. Барнаул. Тел.: (3852) 52-79-57. E-mail: serrg333@mail.ru.

**Черкашин Сергей Анатольевич**, ООО «Агроцентр Захарово», г. Барнаул. E-mail: sergey-cherkashin91@mail.ru.

**Щербаков Сергей Сергеевич**, аспирант, каф. сельскохозяйственной техники и технологий, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: serch1995.ru@mail.ru.

**Strikunov Nikolay Ivanovich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agricultural Machinery and Technologies, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-60. E-mail: agau@asau.ru.

**Lekanov Sergey Valeryevich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Altai Institute of Professional Development of Managers and Specialists of Agricultural Industry Complex, Barnaul. Ph.: (3852) 52-79-57. E-mail: serrg333@mail.ru.

**Cherkashin Sergey Anatolyevich**, ООО "Agrotsentr Zakharovo", Barnaul. E-mail: sergey-cherkashin91@mail.ru.

**Shcherbakov Sergey Sergeevich**, post-graduate student, Chair of Agricultural Machinery and Technologies, Altai State Agricultural University. E-mail: serch1995.ru@mail.ru.

## Введение

В настоящее время наиболее перспективными являются зерноочистительные машины с использованием центробежных сил и самоориентации частиц в активном слое – центробежно-решетные сепараторы [1-4]. Сепаратор, включающий вертикальное цилиндрическое решето с внутренней винтовой спиралью и внутренним пластинчатым барабаном с кольцевой щеткой, является высокопроизводительным рабочим органом. Высокая производительность сепаратора обеспечивается благодаря действию центробежных сил, полной загрузке рабочей поверхности решета обрабатываемым материалом и непрерывному его скольжению по сепарирующей поверхности [5, 6].

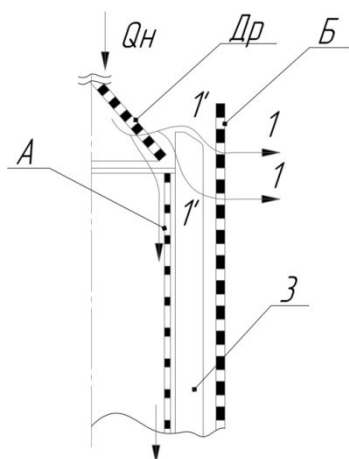
Важнейшее преимущество сепаратора овсюгоотборника и его отличительная особенность – это совмещение двух технологи-

ческих операций разделения (по длине и по ширине частиц) в одном рабочем органе. Экспериментальные исследования показывают, что сепаратор обеспечивает выделение 75-80% овсюга из пшеницы при потерях зерна 0,3-0,4%. Такое качество очистки зерна от длинных примесей можно считать приемлемым при обработке продовольственного зерна. Опыты показали также, что есть пути повышения эффективности работы центробежно-решетного сепаратора [7].

## Основная часть

Одним из путей интенсификации рабочего процесса является проведение предварительной подготовки исходной зерновой смеси до подхода ее к сепарирующей поверхности цилиндрического решета [8-10]. В качестве рабочего органа для предварительной подготовки использовалось коническое де-

лительное решето с круглыми отверстиями диаметром  $d=6,5$  мм. Роль этого решета заключается в том, что оно позволяет снизить концентрацию овсюга в смеси, поступающей на сепарирующую поверхность цилиндрического решета (рис. 1).



**Рис. 1. Фрагмент совместной работы делительного и цилиндрического решет сепаратора-овсюгоотборника:**

- $Q_n$  – подача исходной зерновой смеси;  
 1 – проход основного зернового решета Б (очищенное зерно); 2 – сходовая фракция с делительного решета;  
 1' – проходная фракция через делительное решето Др; А – колосовое решето;  
 3 – пластинчатый барабан

Рабочий процесс протекает таким образом. Исходная зерновая смесь  $Q_n$  поступает на внутреннюю поверхность делительного решета  $D_p$ , где происходит разделение на проходную (1') и сходовую (2) фракции. После сепарации зернового материала на делительном решете наибольшую концентрацию овсюга имеет смесь (2), которая поступает на колосовое решето (А), а проходная фракция (1') – в межпластинчатое пространство барабана (3) и на цилиндрическое решето Б.

Зерновая смесь (1') подходит к решету (Б) с меньшей концентрацией длинных примесей, а зерновая смесь (2) с большей концентра-

цией этих примесей поступает на цилиндрическое решето в нижней его части. Это позволит повысить производительность и качество очистки.

Из вышесказанного следует, что способ предварительной подготовки с применением делительного решета целесообразно применять в центробежно-решетном сепараторе-овсюгоотборнике.

При определении полноты выделения длинных примесей на сепараторе, а также засоренности овсюгом зерна проходной фракции проводились исследования по выявлению зональной засоренности по высоте цилиндрического решета с использованием пробоотборника с отсеками. В результате проведенных опытов была установлена неравномерность местной засоренности зерна, прошедшего через отверстия зернового решета по образующей цилиндра. Просеиваемость и засоренность каждого отсека пробоотборника подсчитывались в относительных величинах. Характер изменения засоренности по высоте цилиндра показан на рисунке 2.

Относительная просеиваемость подсчитывалась по формуле:

$$q_{отн} = \frac{q_i}{q_{ср}} 100\%, \quad (1)$$

где  $q_i$  – просеиваемость  $i$ -го отсека;

$q_{ср}$  – средняя просеиваемость отсеков;

$$q_{отн} = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^{N_p} P_i}, \quad (2)$$

где  $P_i$  – вес проходного материала  $i$ -го отсека;

$h_i$  – размер  $i$ -го отсека по высоте;

$H_p$  – высота решета.

Относительная зональная засоренность зерна определялась по выражению:

$$b_{отн} = \frac{b_i}{b_o} 100\%, \quad (3)$$

где  $b_i$  – содержание семян длинной фракции в материале  $i$ -го отсека пробоотборника;

$b_0$  – содержание семян длинной фракции в исходном материале.

Эта же методика использовалась при работе сепаратора в режиме куколеотборника (подсевного решета), только пробоотборник имел одинаковые отсеки.

Из рисунка 2 видно, что по засоренности образующую цилиндра можно разбить на четыре характерных зоны. Частично зона 1 и особенно зона 3 имеют повышенную засоренность по сравнению с основной рабочей зоной 2. Следовательно, для повышения общего эффекта сепарирования необходимо убрать так называемые всплески зон 1 и 3.

Причиной повышенной засоренности зоны 1 по сравнению с основной зоной 2 являлось недостаточное заполнение кольцевого пространства «В», то есть отсутствовало необходимое зерновое кольцо, выполняющее роль прижимного фартука. Большая скорость зерна, прошедшего через отверстия делительного решета, приводила к дезориентации длинных частиц в зоне 1. Это давало возможность поворота овсюжин относи-

тельно кромки отверстий решета и их просеиванию.

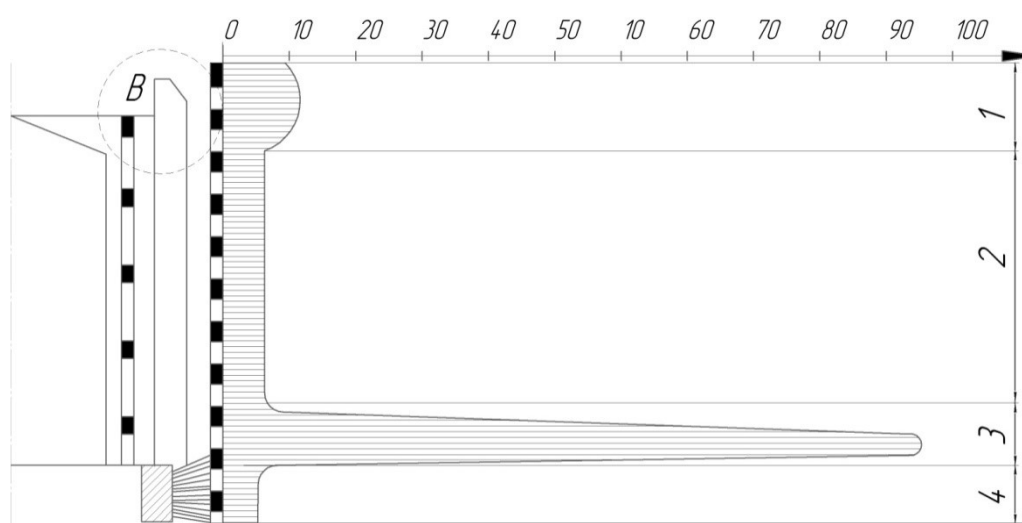
Причиной большой засоренности зоны 3 является массовый подход длинных примесей в эту зону вследствие транспортирования их винтовой спиралью.

Отсутствие фаски на ворсе кольцевой щетки в месте захода спирали под щетку, а также отсутствие кольцевого зазора между щеткой и решетом не создавало нормальных условий для захвата спиралью длинных частиц и транспортирования их под щетку. Происходило ворошение зерновой смеси в этой зоне, что нарушало ориентацию длинных частиц и способствовало их проходу в отверстия решета.

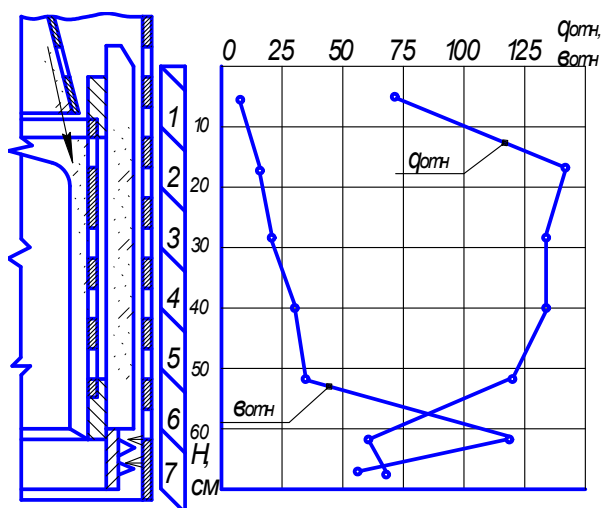
Для снижения засоренности в зонах 1 и 3 (рис. 2) необходимо выполнить следующее:

для зоны 1

- полное заполнение кольцевого пространства этой зоны;
- обеспечить благоприятную ориентацию длинных примесей;
- предотвратить западание в отверстия не успевших соориентироваться длинных частиц;



**Рис. 2. Изменение засоренности зерна прохода по образующей цилиндра в % к исходной засоренности**



**Рис. 3. Изменение относительной просеиваемости  $q_{OTN}$  и засоренности  $B_{OTN}$  зерна прохода по высоте  $H$  цилиндрического решета**

для зоны 3

- обеспечить быстрый вывод длинных примесей из этой зоны под кольцевую щетку;
- создать хорошие условия для захвата спиралью длинных частиц;
- предотвратить возможный проход через отверстия решета дезориентированных частиц.

Хорошее заполнение зерновой смесью зоны «В» можно обеспечить компоновкой всех элементов предварительного расслоения. В верхней части решета установить гасители окружной скорости, так как двухзаходная спираль с этим не справляется. Гасители оказались эффективным устройством при работе решета на выделении мелких примесей (режим куколеотборника).

В зоне 3 перед кольцевой щеткой необходимо установить глухое кольцо высотой  $h_k=30$  мм, которое предотвратит просеивание длинных частиц. Это кольцо и фаска на ворсе щетки под углом  $\alpha=45^\circ$  обеспечат лучшие условия для захвата овсюжин винтовой спиралью. Нормальный кольцевой зазор ( $\Delta=2$  мм) между ворсом щетки и решетом будет способствовать транспортировке

длинных частиц без ворошения и нарушения их благоприятной ориентации.

Для повышения эффективности работы сепаратора необходимо на участке укладки спирали по решету снизить силы трения, а также ликвидировать источник дезориентации длинных частиц. Этим источником являются не полностью перекрытые спиралью отверстия решета.

### Заключение

Предложенные мероприятия позволили существенно повысить эффективность очистки (на 9-11%) зерна от длинных примесей. Если по качеству очистки центробежно-решетный сепаратор приблизится к овсюжному цилиндру ячеистого триера, то сепаратор, обладающий высокой удельной производительностью и без использования вибрации, имеет большие возможности его практического применения.

Данный способ разделения зерна по длине может использоваться при работе сепаратора в режиме подсевного решета, а в сочетании с воздушным потоком – в режиме ворохоочистителя.

**Библиографический список**

1. А.с. 1355298 А1 СССР, В 07 В 1/06. Центробежно-решетный сепаратор / Н. И. Стрикунов, А. И. Климок, Б. Т. Тарасов. – 4083233/29-03; заявл. 16.04.86; опубл. 30.11.87, Бюл. № 44, 3 с. – Текст: непосредственный.
2. Стрикунов, Н. И. Обоснование технологической схемы центробежно-решетного сепаратора / Н. И. Стрикунов, Б. Т. Тарасов. – Текст: непосредственный // Совершенствование технологических процессов и машин при уборке зерновых культур в Западной Сибири: сборник научных трудов / Алт. с.-х. ин-т. – Барнаул, 1987. – С. 34-38.
3. Стрикунов, Н. И. Эффективность работы центробежно-решетного сепаратора с предварительной подготовкой зернового материала / Н. И. Стрикунов, Б. Т. Тарасов. – Текст: непосредственный // Технологии и комплексы машин для уборки зерновых культур и семенников трав в Сибири: сборник научных трудов / ВАСХНИЛ, Сиб. отд-е. – Новосибирск, 1989. – С. 60-67.
4. Стрикунов, Н. И. Интенсификация послеуборочной обработки зерна на основе центробежно-решетного сепарирования / Н. И. Стрикунов, Б. Т. Тарасов, С. В. Леканов. – Текст: непосредственный // Современные проблемы и достижения аграрной науки в животноводстве и растениеводстве: материалы Юбилейной Международной научно-практической конференции. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2003. – Ч. 1. – С. 148-150.
5. Стрикунов, Н. И. К вопросу забиваемости отверстий центробежных решет / Н. И. Стрикунов, Б. Т. Тарасов, С. В. Леканов. – Текст: непосредственный // Вестник АГАУ. – 2003. – Вып. № 1 (9). – С. 34-35.
6. Патент России № 2300426 С1, В 07 В 1/22, В 07 В 9/00. Центробежно-решетный сепаратор / Тарасов Б. Т., Стрикунов Н. И., Леканов С. В., Зиновьев И. А. – № 2005129439/03; заявл. 21.09.2005; опубл. 10.06.2007, Бюл. № 16, 6 с. – Текст: непосредственный.
7. Стрикунов, Н. И. Особенности сепарации зерновой смеси на цилиндрическом подсевном решетке с пластинчатым барабаном / Н. И. Стрикунов, Б. Т. Тарасов, С. В. Леканов, С. А. Павлов. – Текст: непосредственный // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2009. – № 5. – С. 31-33.
8. Леканов, С. В. К вопросу классификации способов предварительной подготовки зернового материала / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, С. А. Черкашин. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4 (114). – С. 142-148.
9. Кузьмін, А. А. Аналіз конструктивних рішень сепараторів первинної обробки зерна // А. А. Кузьмін, Д. В. Лубов, О. І. Омелян [и др.]. – Текст: непосредственный // Перспективна техніка і технології. – 2017. – С. 26-33.
10. Stepanenko, S. P. Research pneumatic gravity separation grain materials. International scientific journal. Mechanization in agriculture, conserving of the resources. Scientific technical union of mechanical engineering industry-4.0 Bulgarian association of mechanization in agriculture. Issue 2. Bulgarian.- 2017. S. 54–56.

**References**

1. A.s. 1355298 A1 SSSR, V 07 V 1/06. Tsentrobezhno-reshetnyy separator / N.I. Strikunov, A.I. Klimok, B.T. Tarasov. – 4083233/29-03; zayavl. 16.04.86; opubl. 30.11.87, Byul. No. 44, 3 s.
2. Strikunov, N.I. Obosnovanie tekhnologicheskoy skhemy tsentrobezhno-reshetnogo separatora / N.I. Strikunov, B.T. Tarasov // Sovershenstvovanie tekhnologicheskikh protsessov i mashin pri uborke zernovykh kultur

v Zapadnoy Sibiri: Sb.nauch.tr. Alt. s.-kh. in-t. – Barnaul, 1987. – S. 34-38.

3. Strikunov, N. I. Effektivnost raboty tsentrobezchno-reshetnogo separatora s predvaritelnoy podgotovkoy zernovogo materiala / N.I. Strikunov, B.T. Tarasov // Tekhnologii i komplekсы mashin dlya uborki zernovykh kultur i semennikov trav v Sibiri: Sb. nauch. tr. VASKhNIL, Sib. otd.-ie. – Novosibirsk, 1989. – S. 60-67.

4. Strikunov, N.I. Intensifikatsiya posleuborochnoy obrabotki zerna na osnove tsentrobezchno-reshetnogo separirovaniya / N.I. Strikunov, B.T. Tarasov, S.V. Lekanov // Sovremennye problemy i dostizheniya agrarnoy nauki v zhivotnovodstve i rastenievodstve: Mat. Yubileynoy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2003. – Ch. 1. – S. 148-150.

5. Strikunov N.I. K voprosu zabivaemosti otverstiy tsentrobezchnykh reshet / N.I. Strikunov, B.T. Tarasov, S.V. Lekanov // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2003. – No. 1 (9). – S. 34-35.

6. Patent Rossii No. 2300426 S1, V 07 V 1/22, V 07 V 9/00. Tsentrobezchno-reshetnyy separator / B.T. Tarasov, N.I. Strikunov, S.V. Lekanov, I.A. Zinovev. –

No. 2005129439/03; zayavl. 21.09.2005; opubl. 10.06.2007, Byul. No. 16, 6 s.

7. Strikunov, N.I. Osobennosti separatsii zernovoy smesi na tsilindricheskom podsevnom reshete s plastinchatym barabanom / N.I. Strikunov, B.T. Tarasov, S.V. Lekanov, S.A. Pavlov // Traktory i selskokhozyaystvennyye mashiny. – 2009. – No. 5. – S. 31-33.

8. Lekanov, S.V. K voprosu klassifikatsii sposobov predvaritelnoy podgotovki zernovogo materiala / S.V. Lekanov, N.I. Strikunov, S.A. Cherkashin // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – No. 4 (114). – S. 142-148.

9. Kuzmin, A.A. Analiz konstruktivnykh rishen separatoriv pervinnoy obrobki zerna // A.A. Kuzmin, D.V. Lubov, O.I. Omelyan i dr. // Perspektivna tekhnika i tekhnologii. – 2017. – S. 26-33.

10. Stepanenko, S.P. (2017). Research pneumatic gravity separation grain materials. International Scientific Jornal. Mechanization in Agriculture, Conserving of the Resources. Scientific Technical Union of Mechanical Engineering Industry - 4.0. Bulgarian Association of Mechanization in Agriculture. 2: 54-56.

