

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ ВОРОХА НА ПАЛЬЦЕВОЙ РЕШЕТКЕ СТЯСНОЙ ДОСКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Евгений Евгеньевич Петров
Борис Григорьевич Шаповал

Донской государственный технический университет

При проведении экспериментальных исследований по определению качества функционирования системы воздушно-решетной очистки зерноуборочного комбайна в реальных условиях эксплуатации выявлены недостатки применяемых в настоящее время пальцевых решеток стрясной доски. Обоснована актуальность создания пальцевой решетки, обеспечивающей повышение качества технологического процесса сепарации, и стенда для исследования процесса сепарации на пальцевой решетке стрясной доски с целью воспроизведения эксплуатационных условий процесса сепарации. Представлено описание разработанных конструкций стенда и экспериментальной пальцевой решетки. Рассмотрены принцип работы предложенного стенда, а также способы варьирования таких параметров, как частота колебаний стрясной доски с пальцевой решеткой (в интервале $3,3\div 6,6\text{ с}^{-1}$); амплитуда колебаний стрясной доски с пальцевой решеткой (в интервале $0\div 60\text{ мм}$); скорость воздушного потока, создаваемого вентилятором очистки (в интервале $8,9\div 11,5\text{ м/с}$); длина пальцевой решетки (в интервале $100\div 500\text{ мм}$); шаг установки рабочих элементов пальцевой решетки (в интервале $20\div 30\text{ мм}$); ширина щели пальцевой решетки (в интервале $4\div 12\text{ мм}$); угол установки скатов к горизонтальной плоскости пальцевой решетки (в интервале $15\div 75^\circ$); угол установки пальцевой решетки относительно стрясной доски (в интервале $-10\div 10^\circ$). Разработанный стенд позволяет исследовать процесс сепарации вороха на пальцевой решетке стрясной доски зерноуборочного комбайна в лабораторных условиях, оценивать влияние стрясной доски, а также отдельных рабочих органов воздушно-решетной очистки на процесс сепарации вороха, варьировать параметры, которые оказывают влияние на качество функционирования пальцевой решетки, воспроизводить основные условия эксплуатации системы воздушно-решетной очистки зерноуборочного комбайна.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: воздушно-решетная очистка, сепарация, зерноуборочный комбайн, качество функционирования, лабораторные исследования, рабочий орган, пальцевая решетка.

TEST BENCH FOR STUDYING THE PROCESS OF HEAP SEPARATION ON FINGER RAKE OF TOSSING BOARD OF A COMBINE HARVESTER

Evgeny E. Petrov
Boris G. Shapoval

Don State Technical University

Experimental studies on determining the quality of operation of the air-screen separation system of a combine harvester under actual operating conditions have revealed the disadvantages of currently used finger rakes of tossing boards. The authors have substantiated the relevance of creating a finger rake that would provide a higher quality of the separation process, and a test bench for studying the separation process on a finger rake of a tossing board in order to simulate the operating conditions of separation process. The description of the developed test bench designs and experimental finger rake is presented. The authors have considered the operating principle of the proposed test bench, as well as methods for adjusting the following parameters: oscillation frequency of tossing board with finger rake (within the range of $3.3\text{--}6.6\text{ s}^{-1}$); oscillation amplitude of tossing board with finger rake (within the range of $0\text{--}60\text{ mm}$); rate of air flow generated by the cleaning fan (within the range of $8.9\text{--}11.5\text{ m/s}$); length of finger rake (within the range of $100\text{--}500\text{ mm}$); pitch setting of finger rake working elements (within the range of $20\text{--}30\text{ mm}$); finger rake gap width (within the range of $4\text{--}12\text{ mm}$); angle of slopes installation to the horizontal plane of finger rake (within the range of $15\text{--}75^\circ$); angle of installation of finger rake to the tossing board (within the range of $-10\text{--}10^\circ$). The developed test bench allows studying the process of heap separation on a finger rake of tossing board of a combine harvester in laboratory conditions and evaluating the effect of tossing board, as well as individual

working bodies of air-screen separation system on the process of heap separation. It also allows adjusting the parameters that might affect the quality of finger rake operation and allows simulating the main operating conditions of the air-screen separation system of combine harvesters.

KEYWORDS: air-screen cleaning, separation, combine harvester, quality of operation, laboratory tests, working body, finger rake.

Воздушно-решетная очистка – одна из важнейших систем зерноуборочного комбайна. Установлено, что повысить эффективность системы воздушно-решетной очистки можно за счет повышения эффективности технологического процесса, реализуемого на пальцевой решетке стрясной доски [4, 5, 7, 11].

Существенными недостатками применяемых в настоящее время пальцевых решеток являются низкое качество технологического процесса сепарации вследствие его низкой организации, а также сложность конструкции [4, 10, 11, 15–17]. Наличие указанных недостатков обуславливает необходимость проведения исследований с целью создания пальцевой решетки, обеспечивающей повышение эффективности процесса сепарации.

При проведении экспериментальных исследований по определению качества функционирования пальцевой решетки в реальных условиях эксплуатации зерноуборочного комбайна учитывается вся совокупность воздействий. Однако эта же «совокупность воздействий» не позволяет оценить силу влияния отдельных факторов, представляющих наибольший интерес. Поэтому создание стенда для исследования процесса сепарации на пальцевой решетке стрясной доски, обеспечивающего воспроизведение основных воздействий на технологический процесс воздушно-решетной очистки в условиях эксплуатации, является актуальной задачей.

Для исследования свойств экспериментальной пальцевой решетки разработан стенд, состоящий из рамы, на которой установлены стрясная доска с жестко закрепленной на ней пальцевой решеткой, вентилятор очистки, верхнее и нижнее решета блока решетных сепараторов, блок шнеков (зерновым, колосовым, бункером отходов). Для сбора выходов компонентов вороха стенд оборудован бункерами (зерновой, колосовой, отходов). Подача вороха реализуется загрузочным транспортером, управление стендом – при помощи пульта. Для осуществления фото- и видеосъемки имеется прозрачный щиток на боковой панели стенда. Предусмотрена возможность замены верхнего и нижнего решет блока решетных сепараторов. Приведение в движение стрясной доски, блока решетных сепараторов, вентилятора и транспортера осуществляется отдельными электродвигателями, что позволяет оценивать влияние рабочих органов на исследуемый процесс как в комплексе, так и по отдельности.

Пальцевая решетка представляет собой набор рабочих элементов, лежащих в одной плоскости, верхние части которых выполнены в виде гребней, а нижние – в виде скатов с насечками, образующими желоба, на дне каждого из которых расположены щели [8]. Схема разработанной пальцевой решетки представлена на рисунке.

Стенд с установленной на нем экспериментальной пальцевой решеткой работает следующим образом. Предварительно заготовленный ворох [13] с загрузочного транспортера поступает на стрясную доску, совершающую колебательные движения благодаря шатуну, соединенному с коленчатым валом и двуплечим рычагом, откуда он транспортируется к пальцевой решетке, где продолжается его разрыхление. Верхние части рабочих элементов пальцевой решетки, благодаря колебательным движениям стрясной доски и гребням, транспортируют компоненты вороха, имеющие наименьшую плотность (мелкая солома, обмолоченные колосья, солома, сор), к сходу пальцевой решетки, что снижает вероятность их попадания в готовый продукт. Нижние части

рабочих элементов, благодаря скатам с насечками, образующими желоба, ориентируют необмолоченные колосья при прохождении через пальцевую решетку и транспортируют их на окончание верхнего решета, где происходит их дальнейшая сепарация – транспортировка на нижнее решето, а затем – в колосовой бункер. Через щели, находящиеся на дне каждого желоба, сепарируется свободное зерно, имеющее наибольшую плотность, которое транспортируется на начало верхнего, затем нижнего решета, откуда – в зерновой бункер. Перепады между пальцевой решеткой, верхним и нижним решетами продуваются воздушным потоком вентилятора, в результате чего из вороха, поступающего с пальцевой решетки в бункер отходов, удаляются незерновые компоненты, имеющие наименьшую плотность.

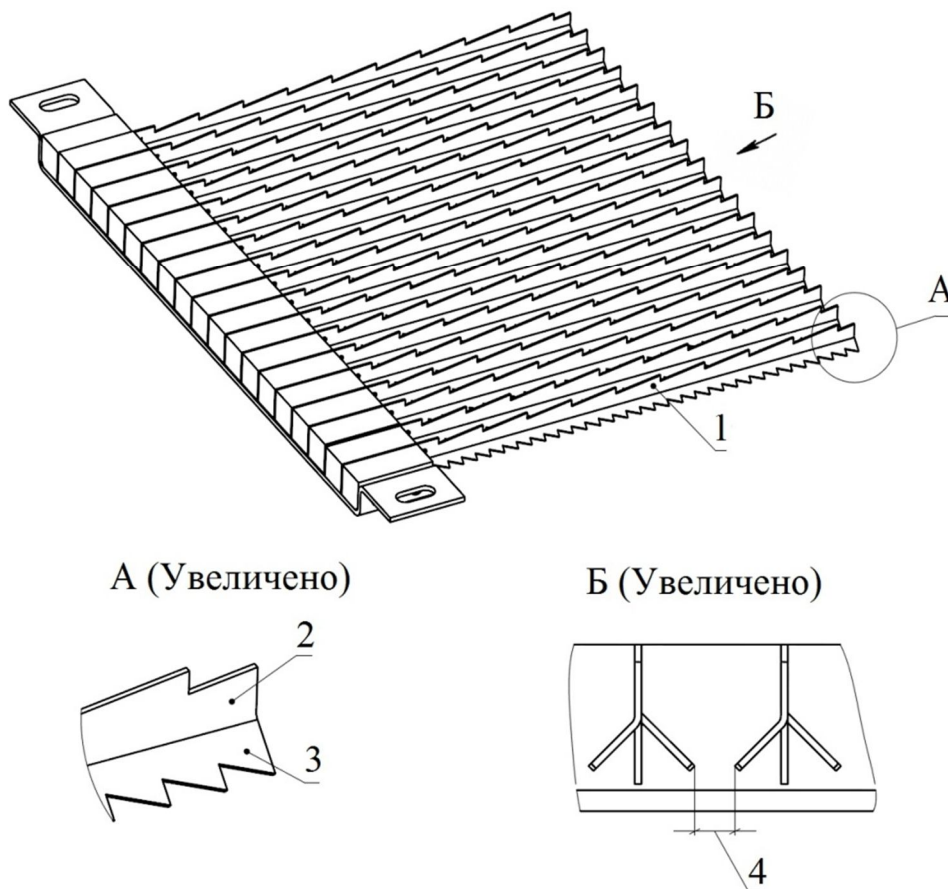


Схема пальцевой решетки: 1 – рабочий элемент; 2 – гребень; 3 – скат с насечками; 4 – щель

Разработанный стенд для исследования процесса сепарации на пальцевой решетке стрясной доски позволяет варьировать следующие параметры:

- частоту колебаний стрясной доски с пальцевой решеткой (за счет изменения частоты вращения колебательного вала) в интервале $3,3 \div 6,6 \text{ с}^{-1}$, с учетом рекомендаций [3];
- амплитуду колебаний стрясной доски с пальцевой решеткой (за счет изменения длины кривошипа привода стрясной доски) в интервале $0 \div 60 \text{ мм}$, с учетом рекомендаций [3];
- скорость воздушного потока, создаваемого вентилятором очистки (за счет изменения частоты вращения вала вентилятора), в интервале $8,9 \div 11,5 \text{ м/с}$, с учетом рекомендаций [3, 6];

- длину пальцевой решетки (за счет возможности ее перемещения к переднему или заднему поперечному соединению стрясной доски) в интервале 100÷500 мм;
- шаг установки рабочих элементов (за счет установки сухарей необходимого размера между рабочими элементами пальцевой решетки) в интервале 20÷30 мм, с учетом рекомендаций [1, 2, 5, 9, 12, 14];
- ширину щели пальцевой решетки (за счет съемных частей ее рабочих элементов) в интервале 4÷12 мм;
- угол установки скатов к горизонтальной плоскости пальцевой решетки (за счет съемных частей ее рабочих элементов) в интервале 15÷75°;
- угол установки пальцевой решетки относительно стрясной доски (за счет характера их соединения) в интервале -10÷10°.

Выводы

Разработанный стенд позволяет:

- исследовать процесс сепарации вороха на пальцевой решетке стрясной доски зерноуборочного комбайна в лабораторных условиях;
- оценивать влияние стрясной доски, а также отдельных рабочих органов системы воздушно-решетной очистки на процесс сепарации вороха;
- варьировать параметры, которые оказывают влияние на качество функционирования пальцевой решетки;
- воспроизводить основные условия процесса эксплуатации воздушно-решетной очистки зерноуборочного комбайна.

Библиографический список

1. Комбайны «Ростсельмаш»: [сайт] [Электронный каталог запчастей]. – Режим доступа: <http://pp.rostselmash.com/index> (дата обращения: 06.07.2018).
2. Комбайны «CLAAS»: [сайт] [Электронный каталог запчастей]. – Режим доступа: <http://partsdoc-public.claas.com/ipp> (дата обращения: 06.07.2017).
3. Красниченко А.В. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин / А.В. Красниченко. – Москва, 1961. – 863 с.

4. Мартыненко Д.С. Повышение эффективности системы очистки зерноуборочного комбайна путем применения рекуперативного привода решет и транспортной доски : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Д.С. Мартыненко. – Тюмень, 2015. – 170 с.
5. Марченко А.Т. Совершенствование технологии уборки люцерны на семена с обработкой вороха на стационаре : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / А.Т. Марченко. – Краснодар, 1994. – 130 с.
6. Миренков В.В. Анализ работы вентилятора системы очистки зерноуборочного комбайна / В.В. Миренков // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого. – 2012. – № 2. – С. 18–25.
7. Муратов Д.К. Интенсификация процесса сепарации мелкого зернового вороха в воздушно-решетной очистке зерноуборочного комбайна : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Д.К. Муратов. – Ростов-на-Дону, 2012. – 220 с.
8. Пат. 178042 РФ на полезную модель, МПК А01F 12/44, А01D 41/12 (2006.01). Пальцевая решетка стрясной доски / Петров Е.Е., Бутовченко А.В., Шаповал Б.Г.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет». – № 2017143933 ; заявл. 15.12.2017 ; опубл. 21.03.2018, Бюл. № 9. – 5 с.
9. Ридный С.Д. Совершенствование технологии и средств механизации уборки семенников люцерны (применительно условий степной зоны Северного Кавказа) : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / С.Д. Ридный. – Ставрополь, 2002. – 126 с.
10. Сельскохозяйственные машины : краткий курс лекций для аспирантов направления подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве / Г.Е. Шардина, Р.Р. Хахимзянов (сост.). – Саратов : ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2014. – 80 с.
11. Сороченко С.Ф. Адаптер для работы на склонах / С.Ф. Сороченко, А.В. Рязанов // Сельский механизатор. – 2010. – № 5. – С. 6.
12. Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины : учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – Москва : КолосС, 2004. – 624 с.
13. Шаповал Б.Г. Обоснование состава и свойств вороха, поступающего со стрясной доски на пальцевую решетку, при моделировании процесса сепарации в лабораторных условиях / Б.Г. Шаповал, Е.Е. Петров, А.В. Бутовченко // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения : материалы 11-й международной науч.-практ. конф. в рамках 21-й агропромышленной выставки «Интерагромаш-2018», г. Ростов-на-Дону, 28 февраля – 02 марта 2018 г. – Ростов-на-Дону : ООО «ДГТУ-ПРИНТ», 2018. – С. 20–22.
14. Эйгер М.И. Обоснование и исследование пальцевой решетки для высокопроизводительной очистки зернового вороха : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / М.И. Эйгер. – Ростов-на-Дону, 1970. – 220 с.
15. Aguirre R. Continuous flowing portable separator for cleaning and upgrading beans seeds and grains / R. Aguirre, A.E. Garay // Agricultural Mechanization in Asia, Latin America and Africa. – 1999. – Vol. 30, No. 1. – P. 59–63.
16. Kutzbach H.D. Mähdrescher (Combine Harvesters) / H.D. Kutzbach // Jahrbuch Agrartechnik – Yearbook Agricultural Engineering. – 2001. – Band (Vol.) 13. – Pp. 125–132.
17. Lucas N.G. Whole crop harvesting. The next move / N.G. Lucas // Power Farming. – 1983. – Vol. 62, No. 3. – Pp. 26–29.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Евгений Евгеньевич Петров – аспирант кафедры проектирования и технического сервиса транспортно-технологических систем ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Россия, г. Ростов-на-Дону, e-mail: patka4@mail.ru.

Борис Григорьевич Шаповал – кандидат технических наук, ведущий инженер кафедры теоретической и прикладной механики ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Россия, г. Ростов-на-Дону, e-mail: nba-shapoval@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 31.10.2018

Дата принятия к печати 29.11.2018

AUTHOR CREDENTIALS Affiliation

Evgeny E. Petrov – Postgraduate Student, the Dept. of Engineering and Maintenance of Transporting and Manufacturing Systems, Don State Technical University, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: patka4@mail.ru.

Boris G. Shapoval – Candidate of Engineering Sciences, Leading Engineer, the Dept. of Theoretical and Applied Mechanics, Don State Technical University, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: nba-shapoval@yandex.ru.

Received October 31, 2018

Accepted November 29, 2018