

ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ ВОЗДУШНО-РЕШЕТНОГО СЕПАРАТОРА СЕМЯН

Александр Павлович Тарасенко
Владимир Иванович Оробинский
Алексей Михайлович Гиевский
Дмитрий Сергеевич Тарабрин
Максим Сергеевич Анненков

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Для получения качественных семян зерновых культур необходимо комбайновый ворох сразу очищать от большинства засорителей без промежуточного хранения, чтобы избежать самосогревания и заражения зерна. Применяемые в современных семяочистительных линиях воздушно-решетные зерноочистительные машины позволяют реализовать фракционный принцип послеуборочной обработки семенного материала. При такой технологии на первом этапе из зернового вороха выделяются наиболее полноценные зерновки основной культуры, которые затем подвергаются только сортировке на пневмосортировальных столах или фотосепараторах. В статье обоснована принципиальная схема универсальной воздушно-решетной зерноочистительной машины с двухаспирационной пневмосистемой, обслуживаемой одним воздушным потоком и многоярусным размещением сортировальных решет в нижнем стане. Применение одного и того же воздушного потока в горизонтальном и вертикальном каналах аспирации при относительно небольшой их длине позволяет уменьшить общий расход воздуха пневмосистемой, а соответственно и затраты энергии. Математическим моделированием и экспериментальными исследованиями установлена скорость воздушного потока в канале дорешетной очистки 8,0...8,5 м/с, которая позволит повысить общую полноту выделения фуражных фракций совместно с каналом послерешетной очистки до требуемых значений без существенного снижения производительности. Увеличение доли сортировальных решет в станах с 33 до 60-80% одновременно с изменением схемы и режима работы аспирации способствует повышению производительности. Производительность воздушно-решетного сепаратора, у которого аспирационная система и расположение решет выполнены в соответствии с предлагаемой схемой, в 1,6...1,8 раза превосходит показатели существующих аналогичных конструкций, при снижении затрат энергии на привод рабочих органов в 1,6-2,1 раза.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: универсальная воздушно-решетная зерноочистительная машина, двухаспирационная пневмосистема, делитель потока, фракционная очистка, производительность.

SUBSTANTIATION OF THE FUNDAMENTAL CIRCUIT ARRANGEMENT OF AN AIR-SIEVE SEED SEPARATOR

Aleksandr P. Tarasenko
Vladimir I. Orobinsky
Aleksey M. Gievsky
Dmitriy S. Tarabrin
Maksim S. Annenkov

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

In order to obtain high-quality seeds of grain crops the thrashed combine heap must be directly cleaned from most weeds without intermediate storage to avoid spontaneous heating and contamination of grain. The air-sieve grain cleaning machines used in modern seed-cleaning lines allow realizing the fractional principle of post-harvest processing of seed material. With this technology, during the first stage the most valuable grains of the main crop are extracted from the grain heap, which then undergo only sorting on pneumatic separation tables or photo separators. In this article the authors substantiate fundamental circuit arrangement of a universal air-sieve grain cleaning machine with a double-aspiration pneumatic system (serviced by a single air flow) and separating screens stacked in the lower sieve pan. The use of the same air flow in the horizontal and vertical aspiration channels with their relatively small lengths makes it possible to reduce the total air consumption by the pneumatic system, and accordingly, the energy expenditure. Mathematical modeling and experimental studies have established the speed of

air flow in the channel of pre-sieve cleaning to be 8.0-8.5 m/s, which together with the post-sieve cleaning channel will allow increasing the overall completeness of separation of forage fractions up to the required values without a significant reduction in productivity. The increase in the proportion of separating screens in the pans from 33% to 60-80% together with the change in the scheme and operation mode of aspiration contribute to the increase in productivity. The performance of the air-sieve separator, in which the aspiration system and sieve arrangement comply with the proposed diagram, exceeds the performance characteristics of similar existing constructions by 1.6-1.8 times, while the energy costs for driving the working bodies decrease by 1.6-2.1 times.

KEY WORDS: universal air-sieve grain cleaning machine, double-aspiration pneumatic system, flow divider, fractional cleaning, productivity.

Введение

Поступающий на послеуборочную обработку ворох зерновых культур наряду с вызревшим зерном включает зерна мелкие, невыполненные, незрелые и поврежденные, а также различного типа засорители. Все эти компоненты, в свою очередь, являются благоприятной и биологически активной средой для роста и размножения микроорганизмов, которые впоследствии снижают качество семян. Для получения качественных семян необходимо комбайновый зерновой ворох сразу очищать от засорителей и биологически неполноценных зерновок без промежуточного хранения, чтобы исключить контакт его со средой обитания микроорганизмов [1, 6, 10].

Современные воздушно-решетные зерноочистительные машины позволяют реализовать альтернативный фракционный принцип послеуборочной обработки семенного материала, когда на первом этапе из зернового вороха выделяются наиболее полноценные зерновки основной культуры, которые подвергаются затем только сортировке на пневмосортировальных столах или фотосепараторах [4, 5, 7, 11]. Обоснована новая схема воздушно-решетного универсального сепаратора с двухаспирационной пневмосистемой, которая обслуживается одним воздушным потоком и многоярусным размещением сортировальных решет в нижнем стане [14]. Использование этой машины позволит увеличить производительность при подготовке семян в 1,6...1,8 раза при снижении затрат энергии на привод рабочих органов в 1,6...2,1 раза.

Цель исследования – обоснование принципиальной схемы высокоэффективной семяочистительной машины с последовательным использованием воздушного потока в аспирациях и многоярусным размещением сортировальных решет в решетных станах.

Объект исследования: рабочий процесс воздушно-решетной семяочистительной машины с параллельным использованием трех ярусов сортировальных решет.

Предмет исследования: закономерности изменения качественных и количественных показателей фракционной очистки зернового вороха в воздушно-решетной семяочистительной машине.

Результаты и их обсуждение

Принятый повсеместно принцип послеуборочной обработки и очистки зернового вороха, при котором на каждом этапе из вороха выделяют только часть примесей и неполноценного зерна, привел к большой протяженности поточных линий, установке в линиях однотипных машин, дублирующих работу предыдущих, многочисленным механическим воздействиям на будущие семена и их повреждению. Такой принцип не учитывает в полной мере конечную цель очистки – получение семян [8, 16, 17].

Этот недостаток присущ как отечественным, так и высокопроизводительным технологическим линиям зарубежного производства. Послеуборочная обработка зернового вороха независимо от его конечного назначения проходит стадию первичной очистки (иногда и предварительной) на воздушно-решетных машинах с целью отделения крупных, легковесных и мелких примесей. Полнота выделения этих примесей должна составлять не менее 60%. Первичная очистка завершается доведением зернового вороха до кондиционной влажности и его закладкой на временное хранение. Наличие в ворохе биологически неполноценного и мелкого зерна основной культуры при хранении снижает посевные качества будущих семян [7, 9, 15].

Второй этап подготовки семян начинается с выгрузки зернового вороха из временных хранилищ и его подачи на воздушно-решетные машины, отличающиеся от аналогичных машин, используемых для первичной очистки, режимом работы. В редких случаях эти машины отличаются компоновкой решетной очистки и возможностью выделения в аспирационной системе дорешетной очистки биологически неполноценного зерна основной культуры. Для достижения требуемой полноты выделения производительность машин снижают как минимум в два раза. На этапе окончательной подготовки семян при необходимости используют триерные машины для выделения длинных и коротких примесей. Завершающий этап заканчивается сортировкой на гравитационных сепараторах или пневмосортировальных столах, называемых также машинами окончательной очистки. Работу последних обеих машин могут обеспечить современные фотосепараторы, что уменьшит протяженность линии и перемещение будущих семян.

Современные воздушно-решетные зерноочистительные машины позволяют реализовать альтернативный фракционный принцип послеуборочной обработки и очистки семенного материала, когда на первом этапе из зернового вороха выделяются наиболее полноценные зерновки основной культуры, которые подвергаются затем только сортировке на пневмосортировальных столах или фотосепараторах [7, 16].

Согласно техническим требованиям к семенам их сортовые и посевные качества классифицируют как оригинальные, элитные, репродукционные для производства товарной продукции. При посеве применяют семенной материал, полученный в результате селекции родительских форм гибридов, гибридов и гибридных популяций, внесенных в Государственный реестр селекционных достижений и допущенных к использованию в установленном порядке. Содержание засорителей в семенном материале должно быть не более 2%, а количество семян сторонних растений не более 15 шт./кг [3].

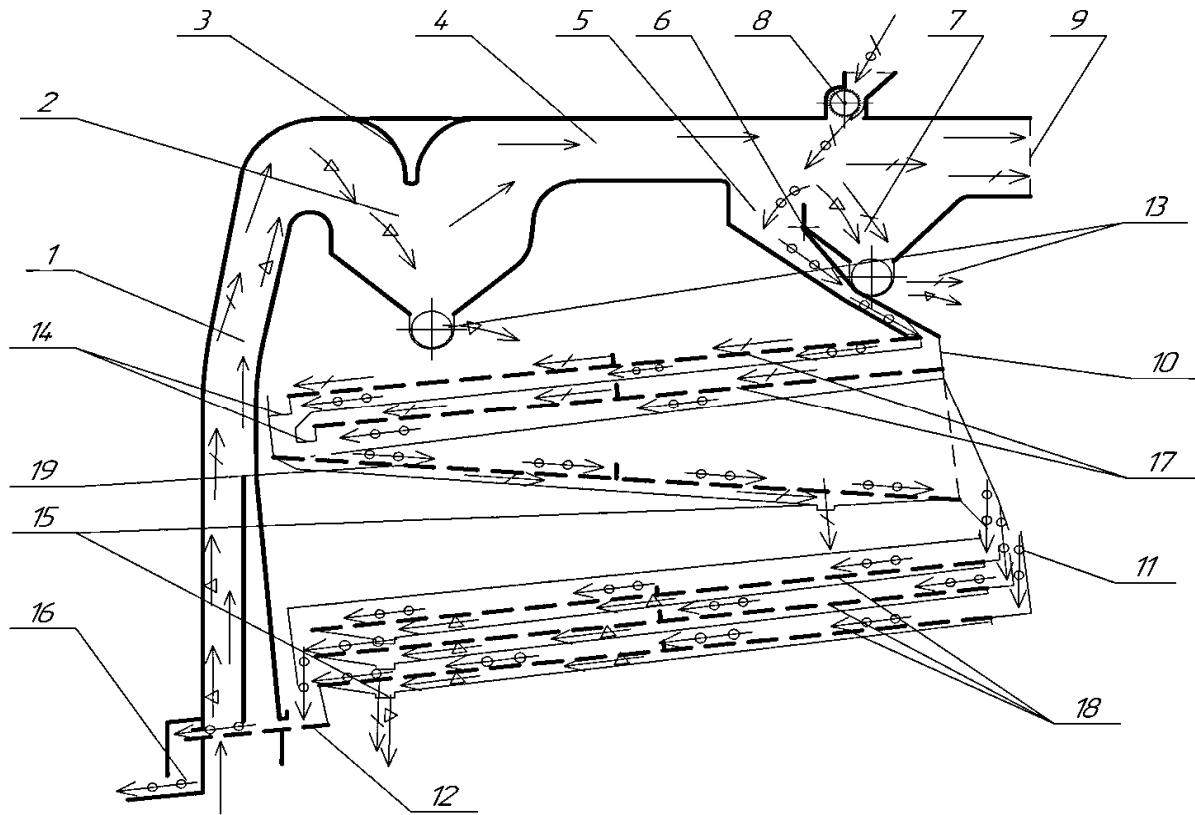
При изучении семенных параметров зерен пшеницы для фракционирования вороха зерна по аэродинамическим и размерным свойствам было определено, что разделение зерна по скоростям витания на фракции сильнее влияет на всхожесть семян, нежели фракционирование по толщине семян. В итоге для подготовки кондиционных семян из вороха пшеницы необходима скорость воздушного потока при фракционировании более 8,0...8,5 м/с [10].

К подобному выводу приходит Н.Э. Гарипов [1] при сортировке яровой пшеницы трех различных сортов. В своей работе автор описал влияние метода разделения яровой пшеницы различных сортов на полевую всхожесть семян. В итоге исследований он определил преимущество разделения по аэродинамическим свойствам перед сортировкой по размерам.

Для проведения исследований была предложена схема высокопроизводительной двухаспирационной семяочистительной машины с многоярусным размещением сортировальных решет в нижнем стане, пневмосистема которой обслуживается единым воздушным потоком [4] (рис. 1).

Предлагаемый сепаратор имеет аспирационную систему с двумя каналами воздушной очистки 1 и 4, активный питатель 8, два решетных стана, верхний 10 и нижний 11, питающее устройство канала послерешетной аспирации 12, центробежный вентилятор и пылеуловитель, установленные за пределами пневмосистемы (на рисунке не показаны). Канал первой аспирации 4 располагается горизонтально и имеет осадочную камеру, состоящую из двух секций. Секции осадочной камеры дорешетной аспирации разделены стенкой 6 с клапаном: часть камеры 5 для улавливания основной фракции, и часть 7 для выделения примесей и фуража. Секция 5 в нижней части имеет зернопровод с гравитационным клапаном для направления потока зерновой смеси на верхний 10 решетный стан. Обе осадочные камеры 7 и 2 имеют устройство 13 для вывода фуража.

Снизу канал второй аспирации *1* выполнен отдельным элементом и имеет расширение по глубине. В месте расширения пневмоканал разделен вертикальной перегородкой на две зоны: предварительную зону псевдоожижения и основную.



- воздушный поток; \rightarrow \ominus \ominus - зерновой ворох; \rightarrow \oplus \oplus - очищенное зерно;
- \rightarrow \oplus \oplus - зерно, очищенное в первой аспирации; \rightarrow \rightarrow - легковесные примеси;
- \rightarrow \triangle \rightarrow - биологически неполноценное и фуражное зерно; \rightarrow \square \rightarrow - запыленный воздух;
- \rightarrow \oplus \oplus - зерно, очищенное на колосовых решетках; \rightarrow \rightarrow - крупные примеси;
- \rightarrow \rightarrow - мелкие примеси

Рис. 1. Принципиальная схема машины: 1 – канал второй аспирации; 2 – осадочная камера второй аспирации; 3 – направляющая преграда; 4 – горизонтальный канал первой аспирации; 5, 7 – секции осадочной камеры канала первой аспирации; 6 – стенка разделительная с клапаном; 8 – загрузочное устройство; 9 – выводной канал; 10 – решетный стан верхний; 11 – решетный стан нижний; 12 – питающее устройство; 13 – выход легковесных примесей; 14 – выход крупных примесей; 15 – выход фуража; 16 – выход основной фракции; 17 – колосовые решета; 18, 19 – сортировальные решета

На верхнем ярусе решетного стана *10* установлен делитель, который равномерно распределяет поток зерновой смеси на два параллельных колосовых решета *17*. В нижнем ярусе верхнего стана могут устанавливаться как подсевные, так и сортировальные решета с уклоном в противоположную верхнему ярусу сторону. Обрабатываемый материал нижним ярусом решетного стана *10* подается на делитель нижнего решетного стана *11*, состоящий из трех ярусов сортировальных решет *18*. После сортировки на решетных станах основная фракция направляется в канал послерешетной воздушной очистки *1* питающим устройством *12*, после чего очищенный материал выводится и собирается в специальных сборниках.

Использование одного и того же воздушного потока в горизонтальном и вертикальном каналах аспирации при относительно небольшой их длине позволяет умень-

шить общий расход воздуха пневмосистемой, а соответственно и затраты энергии. При этом в горизонтальном канале дорешетной очистки происходит выделение части мелких, щуплых, незрелых и травмированных зерновок основной культуры, а также засорителей, что уменьшает нагрузку на канал послерешетной аспирации и обеспечивает требуемую полноту выделения при более высокой производительности.

Математическим моделированием и экспериментальными исследованиями установлена скорость потока воздуха 8,0...8,5 м/с в канале дорешетной аспирации, необходимая для выделения не только легковесных примесей, но и части фуражной фракции. Это позволит повысить общую полноту выделения фуражных фракций совместно с каналом послерешетной очистки до требуемых значений без существенного снижения производительности.

Повышение доли сортировальных решет в станах с 33 до 60–80% одновременно с изменением схемы и режима работы аспирации увеличивает производительность в 1,5...1,8 раза при общей полноте разделения зерновой смеси не менее 80%.

В результате исследований определены рациональные параметры осадочных камер пневмосистемы, учитывая применение единого воздушного потока:

- камера дорешетной аспирации: глубина – 0,5...0,55 м, длина – 0,85...1,0 м, длина отражательной перегородки – до 0,05 м;

- камера послерешетной аспирации: глубина – 0,6...0,75 м, длина – до 0,9 м, длина отражательной перегородки – до 0,24 м.

При использовании в качестве питателя барабана с обрешиненной ячеистой поверхностью установлены основные параметры подачи вороха в горизонтальный воздушный поток, которые можно рекомендовать в качестве рациональных. К этим параметрам относятся: углы вбрасывания вороха в горизонтальный воздушный поток при попутной подаче 45...60°, при встречной – 125...145°; расстояние между осью питающего барабана и разделительной стенкой осадочной камеры: при попутной подаче – 0,48...0,54 м, при встречной – 0,1...0,05 м; скорость вбрасывания вороха – 1,1...2,5 м/с; длина поворотного клапана – 0,1...0,13 м.

Вертикальный пневмоканал второй аспирации глубиной 0,18...0,24 м при загрузке вороха по подканальной сетке целесообразно разделить вертикальной перегородкой высотой 0,58...0,65 м на две зоны: предварительную и основную. Зона предварительного псевдооживления должна составлять 15...20% от общей глубины пневмоканала и иметь переднюю стенку, установленную с отклонением в сторону решетного стана под углом 10...12° [2, 13, 12].

Выявлено преимущество размещения в одном ярусе трех сортировальных решет с общей длиной до 2,97 м для универсальных воздушно-решетных машин при семенной очистке зерна.

Полнота разделения 80%, соответствующая режиму очистки зерна на семенные цели, достигается при удельной нагрузке до 45...50 кг/(ч·дм²) в варианте установки трех сортировальных решет в одном ярусе, в варианте установки двух сортировальных решет – не более 35...38 кг/(ч·дм²).

В качестве колосовых решет рекомендуется использовать решетчатые полотна с круглыми отверстиями, что позволит увеличить допустимую удельную нагрузку по сравнению с полотнами с продолговатыми отверстиями до 180...300 кг/(ч·дм²). При трехъярусном размещении сортировальных решет на машине достаточно устанавливать один ярус колосовых решет [2, 14].

Наряду с высокой производительностью принципиальной новизной машины является обслуживание дорешетной и послерешетной аспирационных систем одним воздушным потоком, что обеспечивает существенное снижение затрат энергии на послеуборочную обработку зерна.

Так, в сравнении с машинами СВУ-60 и ОЗФ-80 предлагаемая машина позволит снизить затраты энергии на привод рабочих органов соответственно в 2,1 и 1,6 раза, а удельные затраты энергии на обработку одной тонны зерна при семенной очистке – в 2,3 раза.

Трехъярусное размещение сортировальных решет в нижнем стане, колеблющемся в противофазе с верхним, вызывает необходимость разделения вороха на три равные части специальным устройством – делителем потока.

Предварительные исследования разделения вороха на три потока по ширине решетного стана дали положительный результат и позволили выявить ряд вопросов, которые потребуют дальнейших исследований. Полученные результаты исследования приведены в графическом виде на рисунке 2.

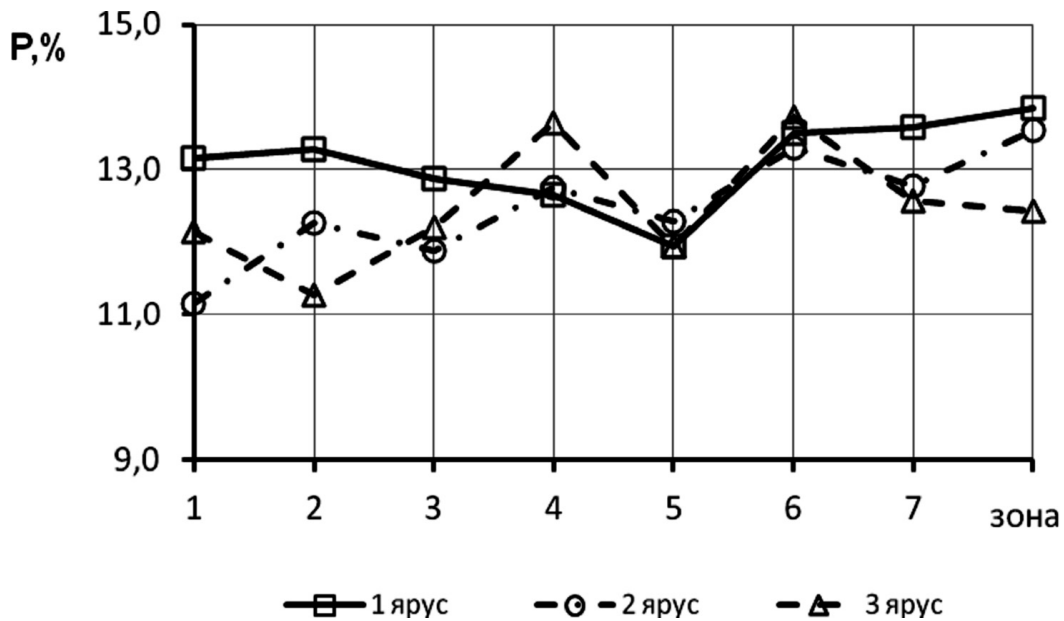


Рис. 2. Распределение зернового вороха между ярусами сортировальных решет делителем потоков

В экспериментальных исследованиях зерновой ворох делился на двадцать четыре параллельных потока. Каждый третий поток направлялся на соответствующий ярус сортировальных решет. Таким образом, на один ярус решет направлялось зерно из восьми потоков, которые должны затем распределяться по поверхности сортировального решета.

Анализ представленных на рисунке 2 результатов исследований показывает, что для каждого яруса между зонами решетного стана зерноочистительной машины зерновой ворох распределяется сравнительно равномерно. Однако, учитывая чередование зон через определенные расстояния, необходимо исследовать распределение вороха на каждом ярусе по ширине решетного стана.

Заключение

Воздушно-решетный сепаратор, имеющий предлагаемую схему аспирационной системы и расположения решет в решетном стане, будет иметь производительность при подготовке семян в 1,6...1,8 раза больше и затраты энергии на привод рабочих органов в 1,6...2,1 раза меньше, чем у аналогичных машин.

Внедрение такой машины позволит реализовать альтернативный фракционный принцип очистки семенного материала, с выделением на первом этапе из зернового вороха полноценных зерновок основной культуры, которые сортируются затем только на пневмосортировальных столах или фотосепараторах.

Библиографический список

1. Гарипов Н.Э. Полевая всхожесть семян сортов яровой пшеницы в зависимости от способов сортировки семян / Н.Э. Гарипов // Научное обеспечение устойчивого ведения сельскохозяйственного производства в условиях глобального изменения климата : матер. международной науч.-практ. конф. – Казань : Фолианть, 2010. – С. 85–88.
2. Гиевский А.М. Обоснование схемы размещения и соотношения решет в решетных станах / А.М. Гиевский, В.И. Оробинский, А.В. Чернышов // Лесотехнический журнал. – 2013. – № 3. – С. 36–46.
3. ГОСТ Р 52325-2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортвые и посевные качества. Общие технические условия. Введ. 2014–01–01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 21 с.
4. Дринча В.М. Исследование сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки / В.М. Дринча. – Воронеж : НПО «МОДЭК», 2006. – 384 с.
5. Еров Ю.В. Совершенствование и пути повышения эффективности системы семеноводства зерновых культур в Республике Татарстан : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Ю.В. Еров. – Немчиновка, 2004. – 19 с.
6. Зарипов С.Н. Пути повышения эффективности системы семеноводства зерновых культур и развития технической базы послеуборочной обработки зерна и семян / С.Н. Зарипов, Д.З. Салахиев, Ю.В. Еров. // Сб. статей ГНУ Калужского НИПТИ АПК, РАСХН. – Калуга : ООО «Меркон», 2007. – С. 197–202.
7. Зюлин А.Н. Современные линии для получения высококачественных семян / А.Н. Зюлин // Нива Татарстана. – Казань, 2006. – № 3–4. – С. 52–54.
8. Карпенко Р.Н. Изменение фракционного состава при уборке семенников люцерны очесом / Р.Н. Карпенко, А.В. Чернышов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета: научные доклады и сообщения. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ. – 2006. – Вып. 13. – С. 165–171.
9. Малис А.Я. Машины для очистки зерна воздушным потоком / А.Я. Малис, А.Р. Демидов. – Москва : Машгиз, 1962. – 176 с.
10. Опыт организации промышленного семеноводства зерновых культур в современных условиях / Ю.В. Еров [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – № 8 (26). – С. 8–11.

11. Опыт организации технологического и технического обеспечения послеуборочной обработки зерна и семян в хозяйствах ассоциации «Элитные семена Татарстана» / Ю.В. Еров [и др.] // Научно-производственный журнал «Нива Татарстана». – Казань, 2005. – № 3. – С. 19–20.

12. Пат. 2469525 Российская Федерация, МПК⁷ A01F 12/44; B07 В 4/02. Двухаспирационная пневмосистема зерноочистительной машины / А.П. Тарасенко, А.М. Гиевский; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ им. К.Д. Глинки. – № 2011125251/13; заявл. 17.06.2011; опубл. 20.12.2012; Бюл. № 35. – 4 с.

13. Повышение эффективности работы двухаспирационной пневмосистемы универсальной воздушно-решетной зерноочистительной машины / А.М. Гиевский [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 5. – С. 32–34.

14. Применение конечно-объемного метода решения уравнений гидродинамики для обоснования отдельных параметров пневмосистемы / А.М. Гиевский [и др.] // Вестник аграрной науки. – Орел, 2017. – № 5 (68). – С. 65–73.

15. Сайтов В.Е. Совершенствование технологического процесса воздушно-решетных зерно- и смяочистительных машин (рекомендации) / В.Е. Сайтов. – Киров : Вятская ГСХА, 2008. – 89 с.

16. Сычугов Н.П. Механизация послеуборочной обработки зерна и семян трав : монография / Н.П. Сычугов, Ю.В. Сычугов, В.И. Исупов. – Киров : ФГУИПП «Вятка», 2003. – 367 с.

17. Тарасенко А.П. Совершенствование предварительной обработки семенного зерна / А.П. Тарасенко, В.В. Шередекин, Р.А. Тарасенко // Механизация уборки, послеуборочной обработки и хранения : матер. 2-й Междунар. науч.-практ. конф. «Земледельческая механика в растениеводстве» (17–18 декабря 2003 г.). – Москва : ГНУ ВИМ, 2003. – С. 148–154.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Александр Павлович Тарасенко – доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 224-39-39, E-mail: smachin@agroeng.vsau.ru.

Владимир Иванович Оробинский – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, декан агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 224-39-39, E-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Алексей Михайлович Гиевский – доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 224-39-39, E-mail: aleksej.gievskij@mail.ru.

Дмитрий Сергеевич Тарабрин – аспирант кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, E-mail: faeton912009@rambler.ru.

Максим Сергеевич Анненков – аспирант кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, E-mail: annenkov.maxim@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 29.11.2017

Дата принятия к печати 16.12.2017

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Aleksandr P. Tarasenko – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 224-39-39, E-mail: smachin@agroeng.vsau.ru.

Vladimir I. Orobinsky – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Dean of the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 224-39-39, E-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Aleksey M. Gievsky – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 224-39-39, E-mail: aleksej.gievskij@mail.ru.

Dmitriy S. Tarabrin – Post-graduate Student, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 224-39-39, E-mail: faeton912009@rambler.ru.

Maksim S. Annenkov – Post-graduate Student, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 224-39-39, E-mail: annenkov.maxim@yandex.ru.

Date of receipt 29.11.2017

Date of admittance 16.12.2017