
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РЕШЁТНОЙ ОЧИСТКИ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

**Михаил Константинович Харитонов
Алексей Михайлович Гиевский
Владимир Иванович Оробинский
Алексей Викторович Чернышов
Иван Васильевич Баскаков**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

В настоящее время для получения товарного зерна и семян сельхозтоваропроизводители в основном применяют поточные линии, базирующиеся на универсальных двухаспирационных воздушно-решётных машинах, которые при изменении режима работы могут использоваться как для очистки зерна на товарные цели, так и при подготовке семян. С целью повышения эффективности работы решётной очистки авторы проанализировали кинематический режим работы и на основании данных экспериментальных исследований обосновали рациональную схему размещения решёт в станах в зависимости от их назначения. Экспериментальные исследования были проведены в лаборатории кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей Воронежского ГАУ. В качестве зернового материала использовали неочищенный комбайновый ворох озимой пшеницы сорта Алая заря и ячменя сорта Приазовский 9. Средняя толщина зерновок пшеницы и ячменя составляла соответственно 2,46 и 2,72 мм, масса 1000 семян – 33,2 и 40,5 г, среднее квадратическое отклонение толщины – 0,83 и 0,82 мм. Показано, что решётный стан следует оснащать решётными полотнами с круглыми отверстиями диаметром 7,5 или 8,0 мм, а колосовые решёта устанавливать под углом наклона к горизонту не более 7°. При использовании машины для подготовки семян достаточно одного яруса колосовых решёт. Частоту колебаний решётного стана необходимо выбирать в интервале 340...370 мин⁻¹, что обеспечивает максимальную полноту выделения фуражных фракций сортировальными решётами, установленными в три яруса и оборудованными решётными полотнами с продолговатыми отверстиями для разделения зерна на фракции по толщине. В одном ярусе предпочтительно отдавать размещению трёх решётных полотен в длину.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: зерноочистительная машина, решётный стан, решётное полотно, зерновой ворох, делитель потока, многоярусное размещение, полнота разделения.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF SCREEN-TYPE SEPARATION IN GRAIN CLEANING MACHINES

**Mikhail K. Kharitonov
Aleksey M. Gievsky
Vladimir I. Orobinsky
Aleksey V. Chernyshov
Ivan V. Baskakov**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

In order to obtain marketable grain and seeds agricultural producers in current times mainly exploit assembly lines based on universal double-aspiration air-and-screen separators, which can be used both for grain separation for commercial purposes and for seed treatment by changing the operating mode. The objective of research was to

increase the efficiency of screen separator by substantiating the kinematic mode of operation and a rational arrangement of screens in the shoes depending on their purpose. Experimental studies were carried out in the laboratory of the Department of Agricultural Machinery, Tractors and Cars of Voronezh State Agrarian University. The grain material was unscreened combine heap of winter wheat of the Alaya Zarya cultivar and barley of the Priazovsky 9 cultivar. The average thickness of wheat and barley caryopses was 2.46 and 2.72 mm, respectively; thousand-seed weight was 33.2 and 40.5 g; the mean square deviation of thickness was 0.83 and 0.82 mm. Based on the results of research it is shown that the screen shoe should be equipped with screen plates with round holes of 7.5 or 8.0 mm in diameter, and primary screens should be mounted at an angle of inclination to the horizon of not more than 7°. When the machine is used for seed treatment, it is sufficient to use one deck of screens. The oscillation frequency of the screen shoe must be selected in the range of 340–370 min⁻¹, which ensures the maximum completeness of separation of forage fractions by grading screens mounted in three decks and equipped with screen plates with oblong holes for separating the grain into fractions by thickness. Within one level it is preferable to place three screen plates longways.

KEYWORDS: grain separator, screen shoe, screen plate, grain heap, grain flow divider, multideck arrangement, completeness of separation.

В ведение

В настоящее время в Российской Федерации зерновая отрасль является важнейшей в аграрной сфере по стратегической и социально-экономической значимости.

Дальнейшее увеличение производства зерна выдвигает на первый план необходимость совершенствования системы его послеуборочной обработки, которая включает два основных направления: очистку зерна на товарные цели и очистку зерна для получения семенного материала, сортировку или разделение на фракции различными способами [1, 2, 3, 8, 9, 10, 14].

Для получения товарного зерна и семян сельхозтоваропроизводители в основном применяют поточные линии [1, 5, 6], базирующиеся на универсальных двухаспирационных воздушно-решётных машинах, которые при изменении режима работы могут использоваться как для очистки зерна на товарные цели, так и при подготовке семян [3, 4, 5, 16].

Двухаспирационные зерноочистительные машины включают в себя две аспирации: первая выделяет из зернового вороха лёгкие примеси, а вторая – щуплое, биологически неполноценное и дроблёное зерно, которое представляет собой одну из основных частей фуражной фракции [13, 15]. Выделение мелкого зерна в фуражную фракцию является задачей решётной очистки. От работы аспирационной системы машин и решётной очистки, особенно основных сортировальных решёт зависит качество разделения вороха на фракции [3, 4]. Выделение фуражной фракции по размерам на решётах в значительной степени зависит от схем их размещения в станах и кинематического режима работы [2, 3, 11, 12].

С целью повышения эффективности работы решётной очистки проведены исследования, в круг задач которых входили анализ кинематического режима работы и обоснование рациональной схемы размещения решёт в станах в зависимости от их назначения.

Методика исследования

Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I.

В качестве зернового материала использовали неочищенный зерновой ворох озимой пшеницы сорта Алая заря и ячменя сорта Приазовский 9.

Исследование проводили на экспериментальной установке, схема которой представлена на рисунке 1.

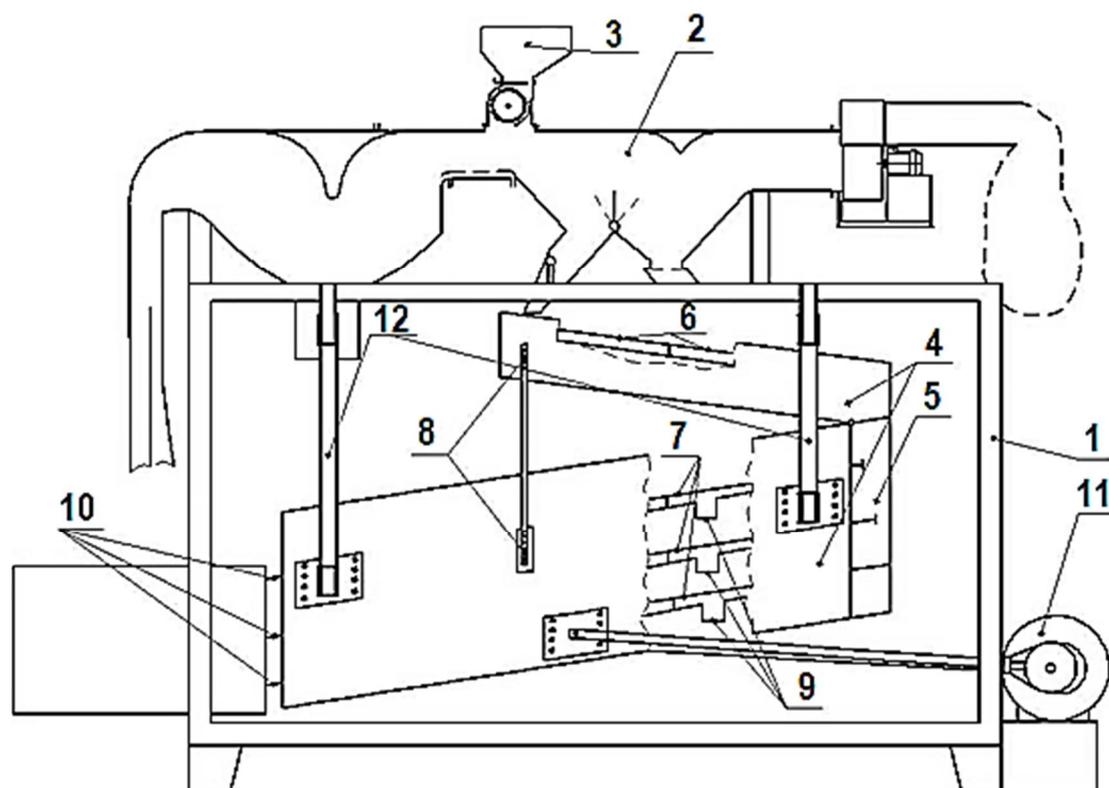


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – рама; 2 – двухаспирационная пневмосистема; 3 – загрузочное устройство; 4 – решётный стан; 5 – делитель; 6 – колосовые решёта; 7 – сортировальные решёта; 8 – стойка; 9 – лотки для вывода фуражной фракции; 10 – лотки для вывода очищенного зерна; 11 – механизм привода стана; 12 – передняя и задняя подвески

Установка включает в себя раму 1, двухаспирационную пневмосистему 2, обслуживаемую одним воздушным потоком, загрузочное устройство 3, решётный стан 4 с ярусом колосовых решёт 6, тремя ярусами сортировальных решёт 7 и делителем зерна 5 для разделения зернового вороха на равные части между ярусами сортировальных решёт. Верхняя часть решётного стана крепится к нижней части шарнирно для возможности изменения угла наклона с помощью стойки 8. Для раздельного вывода образуемых фракций предусмотрены лотки для вывода очищенного зерна 10 и лотки для вывода фуражной фракции 9 отдельно с каждого сортировального решета. Стан подвешен на раме посредством передних и задних подвесок 12 разной длины, что позволяет регулировать угол его наклона по отношению к горизонту. Возвратно-поступательное перемещение стану сообщает механизм привода 11. В верхней части стана установлены решётные полотна 6 с круглыми отверстиями $\varnothing 7,0$ мм, а в нижнем – сортировальные решётные полотна 7 с продолговатыми отверстиями $\square 2,6$ мм. Максимальная длина решётных полотен 6 и 7 составляла соответственно 1,94 и 2,91 м. Сортировальные решёта на экспериментальной установке размещались в один, два или три яруса.

На установке была предусмотрена возможность изменения угла наклона колосовых решёт в пределах от 5 до 12° путём изменения длины стойки 8 стана, подачи зернового материала посредством дозирующей заслонки и частоты колебаний. Варьируя частоту вращения электродвигателя привода стана в пределах от 250 до 400 мин^{-1} с помощью частотного преобразователя СТА-А2, изменяли частоту колебаний решётного стана.

Частоту колебаний решётного стана измеряли с помощью механического тахометра ТЧ10-Р. Угол наклона решёт замеряли лазерным дальномером BOSCH GLM 100 С Professional.

Делитель 5 для разделения зернового вороха на равные части, используемый в двух- и трёхъярусной схемах размещения сортировальных решёт, был изготовлен в соответствии с техническим решением по патенту № 2708970 (рис. 2) [7].

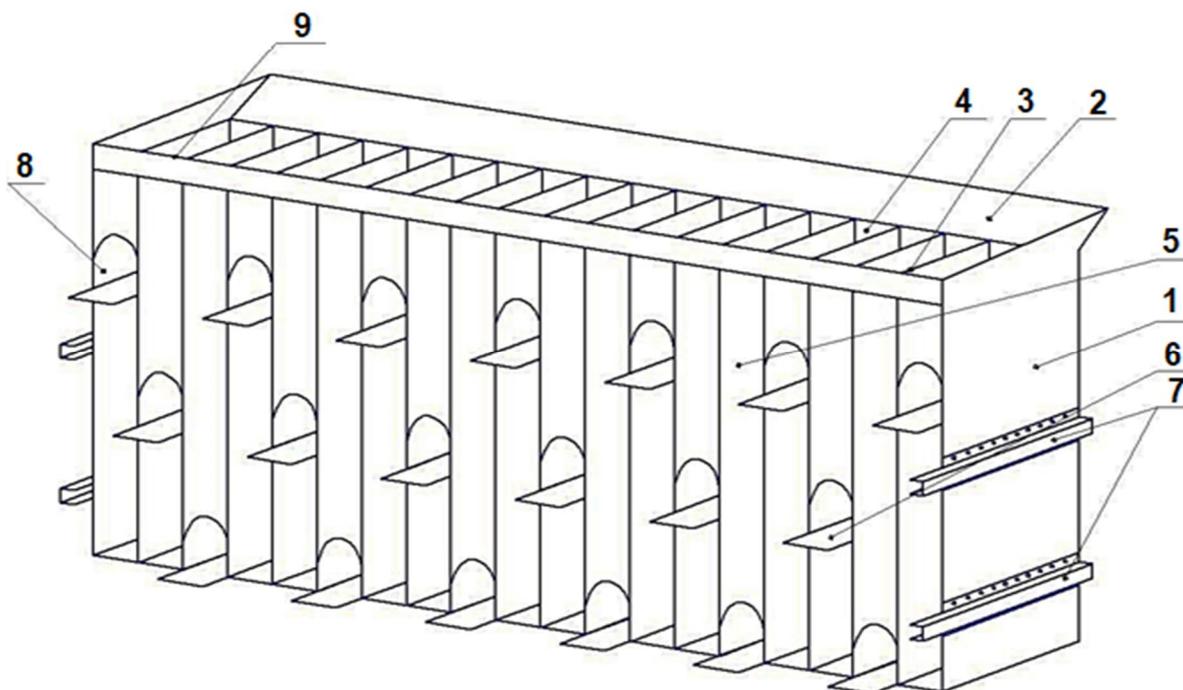


Рис. 2. Схема делителя: 1 – боковые стенки; 2 – приемник; 3 – вертикальные перегородки; 4 – задние стенки; 5 – передние стенки; 6 – скатные лотки, служащие днищем; 7 – кронштейны; 8 – окно; 9 – разновеликие секции

Делитель зернового материала содержит корпус, состоящий из боковых стенок 1, задней стенки 4 с приёмником 2 и передней стенки 5. Между передней 5 и задней 4 стенками через одинаковые расстояния размещены вертикальные перегородки 3, образующие со стенками открытые сверху и снизу разновеликие секции 9. Количество секций 9 кратно числу ярусов сортировальных решёт нижней части стана. В передней стенке 5 каждой секции 9 на трёх уровнях по высоте выполнены окна 8, причём интервал по высоте расположения окон 8 соответствует расстоянию по высоте установки сортировальных решёт 7 в нижней части стана. Каждое окно 8 секций 9 в основании содержит перегородку, выполненную в виде скатного лотка 6 и проходящую до задней стенки 4 секции 9. С лицевой стороны перегородки выходят за пределы передней стенки 5 секций 9, что обеспечивает их размещение внахлест на соответствующем ярусе решёт в нижней части стана. На боковых стенках 1 с наружной стороны закреплены кронштейны 7 для установки делителя зернового материала по направляющим решётного стана.

Характеристику исходного вороха определяли с использованием отсева лабораторного РЛ-1 с наборами решёт с продолговатыми и круглыми отверстиями. Средняя толщина зерновок пшеницы и ячменя составляла соответственно 2,46 и 2,72 мм, масса 1000 семян – 33,2 и 40,5 г, среднее квадратическое отклонение толщины – 0,83 и 0,82 мм.

Результаты и их обсуждение

Результаты экспериментальных исследований по влиянию угла наклона колосового решета и частоты колебания стана на потери полноценного зерна сходом с решета в графическом виде представлены на рисунке 3.

С увеличением частоты колебаний решётного стана потери зерна пшеницы с колосовых решёт растут независимо от значений угла наклона (рис. 3, а). При угле наклона не более 7° потери зерна не превышают допустимого значения $P = 0,5\%$ даже при частоте 400 мин⁻¹ и рабочей длине колосового решета 0,6 м. Увеличение угла наклона до 9° ведёт к увеличению скорости перемещения вороха по колосовому решету, но потери зерна остаются меньше предельно допустимых. Иной характер изменения схода с колосовых решёт вороха пшеницы наблюдается при угле наклона 12°.

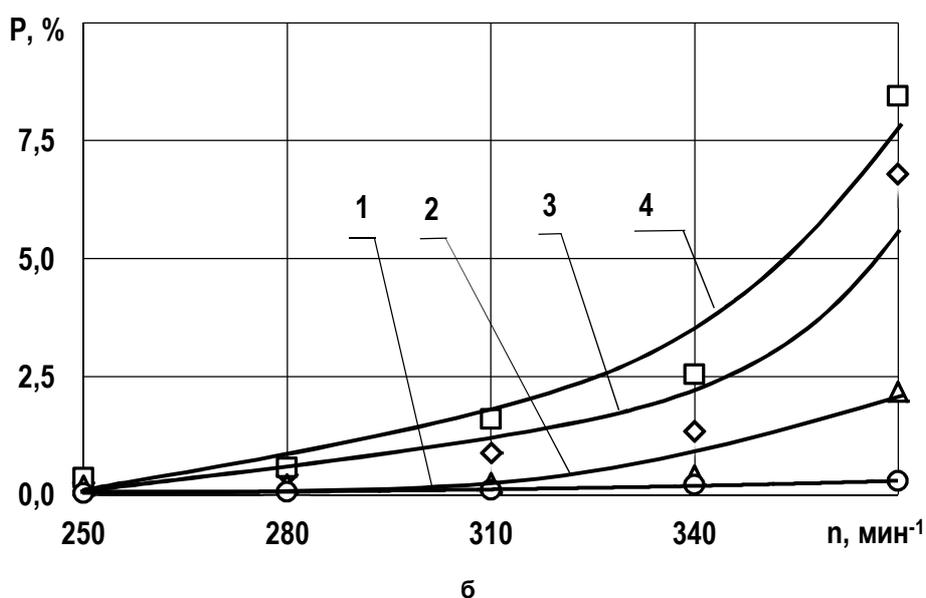
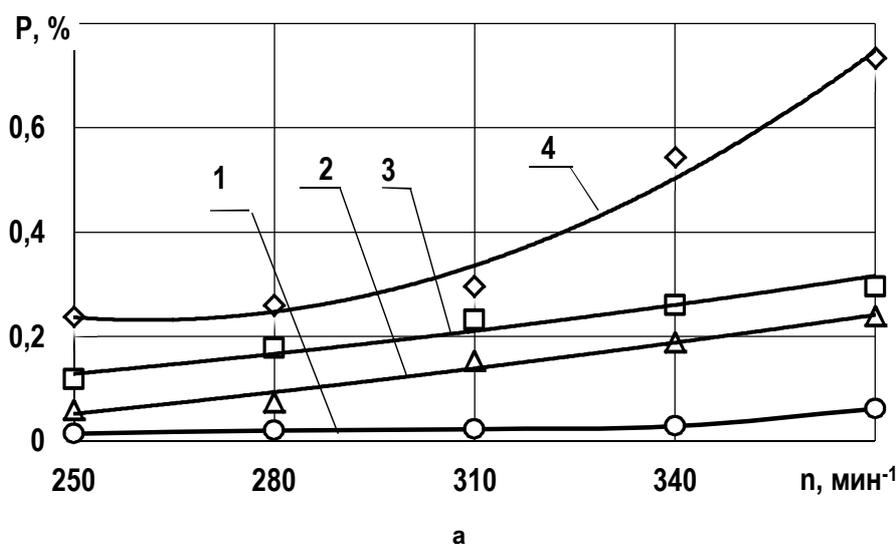


Рис. 3. Потери зернового вороха с колосовых решёт (P) в зависимости от частоты колебаний решётного стана (n) при разных углах их установки к горизонту: а – пшеница; б – ячмень; 1, 2, 3 и 4 – при углах наклона соответственно 5, 7, 9 и 12°

При увеличении частоты колебаний от 250 до 300 мин⁻¹ потери зерна не превышают допустимого значения. При увеличении частоты колебаний от 310 до 400 мин⁻¹ потери зерна резко возрастают – от 0,8 до 2,0%, что превышает агротребования. Это позволяет сделать вывод, что угол наклона не должен превышать 12°, а значения частоты колебаний стана должны находиться в интервале от 250 до 280 мин⁻¹.

Потери зерна с колосовых решёт с увеличением частоты колебаний решётного стана растут при очистке ячменя более высокими темпами, чем при очистке пшеницы (рис. 3, б). Только при угле наклона решета 5° потери полноценного зерна не превышают допустимого значения $P = 0,5\%$ при всех частотах. Уже при угле наклона 7° потери зерна становятся больше допустимых при частоте колебаний выше 340 мин⁻¹. С увеличением угла установки колосовых решёт к горизонту до 9° потери не превышают допустимого значения только при частотах колебаний 250...280 мин⁻¹, а при угле наклона решёт 12° – только при частоте 250 мин⁻¹.

Таким образом, проведённые исследования позволяют констатировать, что при очистке ячменя на решётном стане рационально устанавливать колосовые решёта под углом наклона к горизонту не более 7°, а частота колебаний решётного стана не должна превышать 340 мин⁻¹.

В ходе экспериментальных исследований проводилась оценка влияния частоты колебаний решётного стана на работу сортировальных решёт. Оценить работу сортировальных решёт можно только полнотой выделения фуражной фракции. Нижний ярус решётного стана включал в себя три последовательно установленных сортировальных решета с углом наклона 9° и вывод каждой фракции в отдельный сборник. Данные об изменении полноты выделения фуражной фракции сортировальными решётами представлены на рисунке 4.

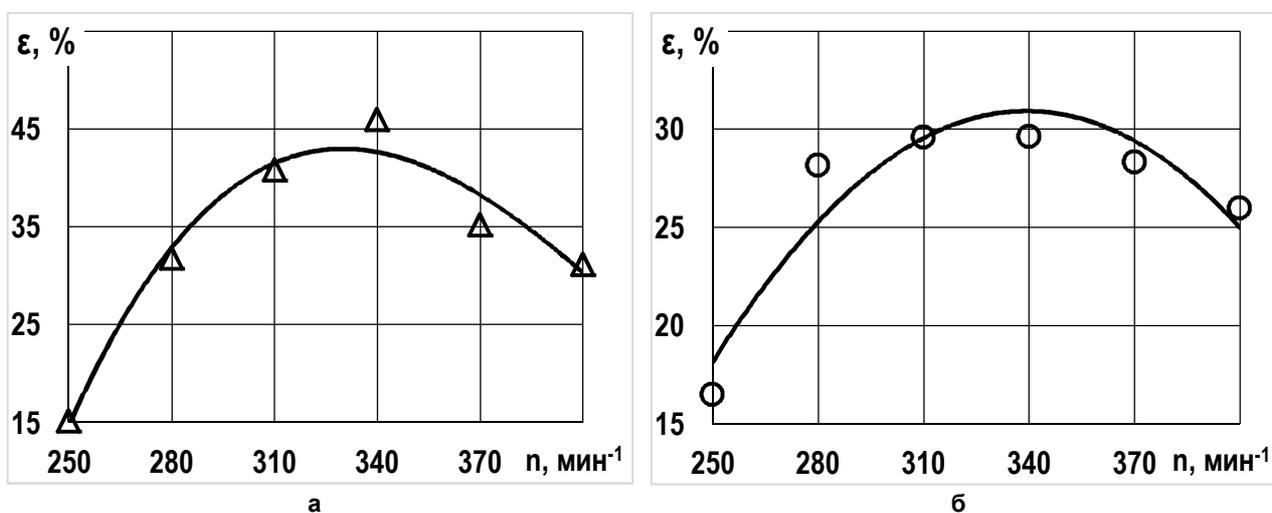


Рис. 4. Зависимость полноты выделения фуражной фракции (ε) сортировальными решётами от частоты колебаний решётного стана (n): а – пшеница; б – ячмень

При очистке пшеницы максимум эффективности выделения фуражной фракции приходится на частоту колебаний решётного стана 340 мин⁻¹ (рис. 4, а).

При сортировке ячменя на фракции диапазон рациональной частоты выше и находится в пределах от 280 до 370 мин⁻¹ (рис. 4, б). Таким образом, результаты исследований позволяют сделать вывод о нецелесообразности повышения частоты колебаний свыше 340 мин⁻¹.

Результаты исследований по влиянию подачи на эффективность выделения фуражных фракций воздушно-решётным сепаратором представлены на рисунке 5.

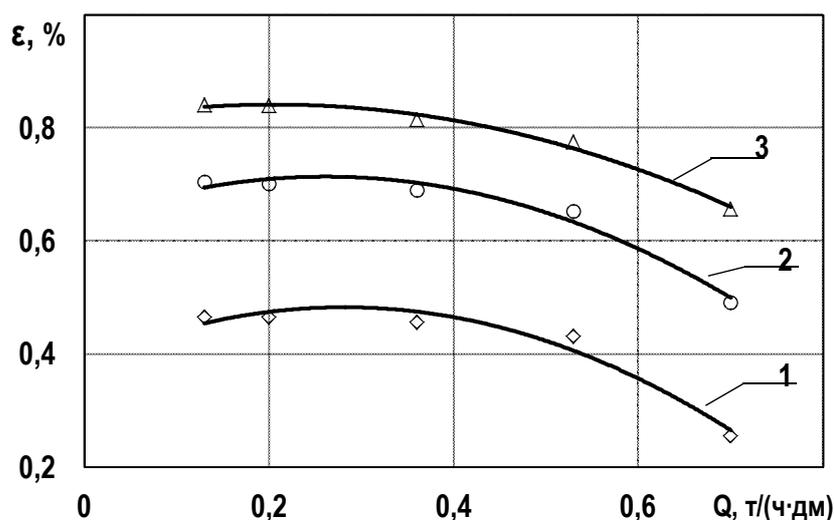


Рис. 5. Влияние удельной подачи вороха (Q) на полноту выделения фуражной фракции (ε) при различной длине сортировальных решёт (L): 1 – L = 0,97 м; 2 – L = 2·0,97 м; 3 – L = 3·0,97 м

Как видно из данных рисунка 5, при установке одного сортировального решета максимальная полнота выделения фуражной фракции при удельной подаче 0,5 т/(ч·дм) не превышает 50%, что даже не соответствует агротехническим требованиям к предварительной очистке. Установка второго сортировального решета в длину позволяет добиться соответствия агротехническим требованиям к очистке зерна на товарные цели при удельной подаче более 2,0 т/(ч·дм). Подготовка семенного материала при удельной подаче менее 0,5 т/(ч·дм) возможна только в случае установки третьего сортировального решета в длину яруса.

Экспериментальные данные, характеризующие изменение полноты разделения на фракции при различных схемах размещения сортировальных решёт, представлены на рисунке 6.

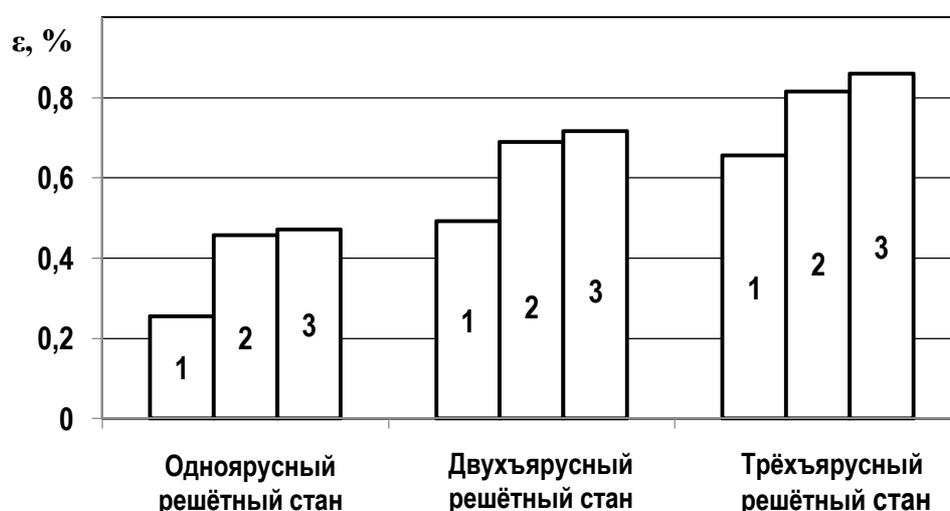


Рис. 6. Влияние количества ярусов сортировальных решёт на полноту выделения фуражной фракции сепаратором (ε): 1, 2 и 3 – соответственно одно, два и три решета

При одноярусной схеме размещения сортировальных решёт не обеспечивается требуемая для семенной очистки полнота выделения фуражных фракций по размерам даже при установке в одном ярусе трёх решётных полотен, так как значения полноты выделения не превышают 0,50.

Двухъярусный решётный стан при размещении в ярусе не менее двух сортировальных решёт гарантированно обеспечивает подготовку товарного зерна с полнотой разделения на фракции в пределах от 0,67 до 0,73 при приемлемой удельной подаче от 0,5 до 2,0 т/(ч·дм).

Трёхъярусный решётный стан при установке в каждом ярусе одного решета при очистке зернового вороха позволяет получить товарное зерно. Для подготовки семян полнота выделения фуражной фракции должна быть не менее 0,8. Такому условию соответствуют трёхъярусные схемы, в которых в каждом ярусе располагается не менее двух сортировальных решётных полотен при удельных подачах до 1,5 т/(ч·дм).

Выводы

1. При семенной очистке зернового вороха озимой пшеницы или ячменя достаточно одного яруса колосовых и трёх ярусов сортировальных решёт, причём в одном ярусе предпочтение следует отдавать размещению трёх решётных полотен в длину.

2. Колосовые решёта с круглыми отверстиями диаметром 7,0 должны располагаться в верхней части решётного стана с углом наклона к горизонту 7°. В этом случае потери зерна не превышают допустимого значения 0,5%.

3. В процессе подготовки семян зерновых культур частоту колебаний решётного стана необходимо выбирать в интервале 340...370 мин⁻¹. В этом случае сортировальные решёта с продолговатыми отверстиями размером 2,6 мм обеспечивают максимальную полноту выделения фуражных фракций по толщине.

Библиографический список

1. Анализ тенденций развития современных зерноочистительных и сортировальных машин / В.П. Чеботарев, И.В. Барановский, А.А. Князева и др. // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : матер. международной науч.-практ. конф. – Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2010. – Т. 1. – С. 184–189.
2. Бурков А.И. Определение оптимальной амплитуды и частоты колебаний решётного стана машины предварительной очистки зерна МПЗ-50 / А.И. Бурков, А.Л. Глушков // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2011. – № 2 (21). – С. 62–67.
3. Гиевский А.М. Пути повышения производительности универсальных зерноочистительных машин / А.М. Гиевский, В.А. Гулевский, В.И. Оробинский // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2018. – № 3 (85). – С. 12–16.
4. Ермольев Ю.И. Модельное прогнозирование показателей функционирования воздушно-решётной зерноочистительной машины от роста эффективности операции пневмосепарации / Ю.И. Ермольев, А.В. Бутовченко, А.А. Дорошенко // Вестник Донского государственного технического университета. – 2014. – Т. 14, № 1 (76). – С. 122–134.
5. Зюлин А.Н. Фракционные технологии очистки семян зерновых / А.Н. Зюлин, В.М. Дринча, С.С. Ямпилев // Земледелие. – 1998. – № 6. – С. 39.
6. Опыт организации промышленного семеноводства зерновых культур в современных условиях / Ю.В. Еров, С.Н. Зарипов, Х.Х. Каримов и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – № 8. – С. 8–11.
7. Пат. 2708970 Российская Федерация, МПК В07В 1/28 (2006.01). Решётный модуль зерноочистительной машины / А.В. Чернышов, А.М. Гиевский, В.И. Оробинский, И.В. Баскаков, М.К. Харитонов; патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – № 2019110469; заявл. 08.04.2019; опубл. 13.12.2019, Бюл. № 35. – 7 с.
8. Пивень В.В. Основные тенденции совершенствования фракционных технологий очистки зерна / В.В. Пивень, О.Л. Уманская // Проблемы современной науки и образования. – 2013. – № 1 (15). – С. 39–42.
9. Ульрих Н.Н. У истоков механизации предпосевной подготовки семян и послеуборочной обработки зерна / Н.Н. Ульрих // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1980. – № 4. – С. 19–21.

10. Фракционные технологии и технические средства для качественной семенной очистки зерна / Ю.И. Ермолев и др. // Агро-Маркет. – 2006. – № 5. – С. 24–25.
11. Comparative analysis of the functioning of sieve modules for grain cleaning machines / A. Butovchenko, A. Doroshenko, A. Kol'cov, V. Serdyuk // E3S Web Conferences: Innovative Technologies in Environmental Science and Education (ITESE-2019). – Russia, Krasnodar Krai, Gelendzhik District, Divnomorskoe Village, Resort "Raduga", 2019. – Vol. 135. – № 01081. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913501081>.
12. Design of a grain cleaning machine for small farms / K.D. Astanakulov, Y.Z. Karimov, G. Fozilov // Journal Ama, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. – 2011. – Vol. 42 (4). – Pp. 37–40.
13. Mathematical modeling of the grain material separation in the pneumatic system of the grain-cleaning machine / I. Badretidinov, S. Mudarisov, M. Tuktarov, E. Dick, S. Arslanbekova // Journal of Applied Engineering Science. – 2019. – Vol. 17 (4). – Pp. 529–534.
14. Saitov V.E. Experimental substantiation of the effective height of a grain falling by a stream of liquid in an ergot release device / V.E. Saitov, V.G. Farafonov, A.V. Saitov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science [Electronic Resource]. – Kurgan, 2019. – Vol. 341. – No. 012123. DOI: [10.1088/1755-1315/341/1/012123](https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012123).
15. Substantiation of basic scheme of grain cleaning machine for preparation of agricultural crops seeds / A.M. Gievskiy, V.I. Orobinsky, A.P. Tarasenko, A.V. Chernyshov, D.O. Kurilov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [Electronic Resource]. – Tomsk, 2018. – Vol. 327 (4). – № 042035.
16. Work improvement of air-and-screen cleaner of combine harvester / N. Aldoshin, O. Didmanidze, N. Lylin, M. Mosyakov // Engineering for Rural Development : Proceedings of 18th International Scientific Conference (Latvia University of Life Sciences and Technologies, Faculty of Engineering, Jelgava, May 22–24, 2019). – 2019. – Vol. 18. – Pp. 100–104. DOI: [10.22616/ERDev2019.18.N110](https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N110).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Михаил Константинович Харитонов – аспирант кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж; e-mail: hari0007jntckbua@icloud.com.

Алексей Михайлович Гиевский – доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж; e-mail: aleksej.gievskij@mail.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», Россия, г. Воронеж; e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Алексей Викторович Чернышов – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж; e-mail: lexa-c@yandex.ru.

Иван Васильевич Баскаков – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж; e-mail: vasich2@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 16.02.2020

Дата принятия к печати 26.03.2020

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Mikhail K. Kharitonov, Postgraduate Student, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: hari0007jntckbua@icloud.com.

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, Russia, Voronezh, e-mail: aleksej.gievskij@mail.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, Russia, Voronezh, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Aleksey V. Chernyshov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: lexa-c@yandex.ru.

Ivan V. Baskakov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: vasich2@yandex.ru.

Received February 16, 2020

Accepted after revision March 26, 2020