

## ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЗЕРНОВОГО ВОРОХА НА УРОВЕНЬ ТРАВМИРОВАНИЯ И ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН

**Владимир Иванович Оробинский**  
**Андрей Викторович Ворохобин**  
**Андрей Сергеевич Корнев**  
**Антон Дмитриевич Головин**  
**Илья Геннадиевич Бачурин**  
**Илья Алексеевич Пожидаев**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Растениеводство в Центрально-Черноземном регионе благодаря благоприятным почвенным условиям является приоритетным направлением сельского хозяйства. Повышение эффективности данной отрасли возможно за счет совершенствования составных элементов, входящих в технологические линии соответствующего производства. Особое внимание следует уделять возделыванию зерновых с упором на совершенствование послеуборочной обработки, так как на этом этапе формируется запас семенного материала, от качества которого зависит последующий сбор зерна и, как следствие, обеспечение населения продовольствием. Для определения посевных качеств и травмирования семенного материала при фракционировании зернового вороха в лабораторных условиях ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ были проведены экспериментальные исследования на ворохе озимой пшеницы сорта Московская 39. Опыты показали, что основная часть вороха (72,7–77,6%), подаваемого на решетный стан зерноочистительной машины, выделяется на плоских решетках, размер отверстий которых варьирует от 2,6 до 3,0 мм, причем 96,5–97,1% целого зерна выделяется на решетках с размером отверстий 2,4–3,0 мм. Крупные примеси и зерно в пленке выделяются в виде сходовой фракции с решета с размером отверстий 3,2 мм. Наибольшее влияние на процесс выделения дробленого зерна при очистке зернового вороха оказывает не влажность, а размер отверстий используемых решет. Во всех исследуемых случаях увеличение ширины отверстия решет с 2,0 до 3,2 мм приводит к возрастанию количества зерна в пленке. Так, при влажности 14,2% количество выделенного зерна в пленке увеличилось с 0,2 до 8,41%, а при влажности 18,8% – с 0,16 до 10,22%. Выделение в фуражную фракцию компонентов вороха размером  $\geq 3,2$  мм и  $\leq 2,4$  мм способствует существенному снижению содержания дробленого зерна, засорителей, зерна в пленке в основной фракции, что позволит повысить посевные качества семян и срок их безопасного хранения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фракционирование, зерновой ворох, травмирование, решето, засорители.

## FRACTION COMPOSITION OF THE GRAIN HEAP AND ITS INFLUENCE ON THE LEVEL OF GRAIN DAMAGE AND SOWING QUALITIES OF SEEDS

**Vladimir I. Orobinsky**  
**Andrey V. Vorokhobin**  
**Andrey S. Kornev**  
**Anton D. Golovin**  
**Ilya G. Bachurin**  
**Ilya A. Pozhidaev**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

Plant cultivation in the Central Chernozem Region is a priority industry of agriculture due to favorable soil and climatic conditions. Enhancement of the efficiency of this industry is possible at the expense of the improvement of the basic elements included in various technologies of cultivation, harvesting, storage and processing. Particular attention should be paid to the cultivation of cereal crops, with an emphasis on improving post-harvest processing, since at this stage a stock of seed material is formed for subsequent reproduction, on the quality of which the food security of the region depends. To determine the sowing qualities and damage of seed material during grain heap separation in the laboratory conditions of Voronezh State Agrarian University, experimental studies were conducted on a grain heap of winter wheat of the Moskovskaya 39 variety. Experiments have shown that the bulk of the heap (72.7-77.6%) fed to the sieve shoe of the grain separating machine is allocated on flat sieves, the size of the holes of which varies from 2.6 to 3.0 mm, and 96.5-97.1% of the whole grain is allocated on sieves with a hole size of 2.4-3.0 mm.

Large impurities and grain in the film are separated in the form of tailing fraction from a sieve with a hole size of 3.2 mm. It is not the humidity that exerts the greatest influence on the process of crushed grain separation during grain heap cleaning, but the size of the holes of the sieves used. In all the studied cases, an increase in the width of the sieves' holes from 2.0 to 3.2 mm leads to an increase in the amount of grain in the film. Thus, at a humidity of 14.2%, the amount of isolated grain in the film increased from 0.2 to 8.41%, and at a humidity of 18.8% it varies from 0.16 to 10.22%. Separation into the feeding fraction of the components of the heap with a size of  $\geq 3.2$  mm and  $\leq 2.4$  mm contributes to a significant reduction in the content of crushed grain, impurities, grain in the film in the main fraction, which will increase the sowing qualities of seeds and their safe storage period.

KEYWORDS: separation, grain heap, damage, sieve, impurities.

**Ц**ентрально-Черноземный регион относится к важнейшим сельскохозяйственным районам России, так как располагается в благоприятных природных условиях для ведения сельского хозяйства: равнинный рельеф, умеренно континентальный климат, плодородные черноземные почвы. В ЦЧР ведущая отрасль сельского хозяйства – производство зерна. К основным зерновым культурам относятся озимая пшеница, озимая рожь, овес, ячмень.

После сбора урожая зерно нуждается в специальной обработке, которая подразумевает калибровку и очистку. Зерновой ворох, который поступает на очистку, представляет собой многокомпонентную массу, включающую полноценное, биологически неполноценное и травмированное, а также дробленое и микротравмированное зерно, засорители органического и минерального происхождения. Часть этих компонентов, а именно биологически неполноценное зерно и засорители, как правило, имеют более высокую влажность и склонны к травмированию, а травмированные зерновки являются благоприятной средой для размножения и обитания различных микроорганизмов. Все это в значительной степени снижает посевные качества семенного материала даже в случае непродолжительного хранения вороха, не прошедшего послеуборочную обработку [1, 2]. Наиболее полное выделение этих компонентов возможно только при использовании технологии послеуборочной обработки зернового вороха с его фракционированием сразу по мере поступления от комбайнов. При правильном выборе режимов фракционирования, как правило, удается получить требуемое качество семян [3, 4, 5].

Низкие посевные качества семена имеют из-за высокого уровня травмирования их при уборке и послеуборочной обработке. В хозяйствах Российской Федерации для очистки зернового вороха используются зерноочистительные агрегаты и зерносушильные комплексы, которые не обеспечивают поточную фракционную обработку. Технологические линии не обеспечивают получение высококачественных семян за один пропуск, поэтому семенной материал пропускают несколько раз через технологическую линию. Известно, что за счет воздействия рабочих органов и большой протяженности технологической линии при каждом пропуске микротравмирование повышается на 20%.

Технологический и технический уровень механизации в производстве семян на данный момент является недостаточным, что является причиной низких посевных качеств семян и относительно малого безопасного срока хранения. Строительство и комплектация новых технологических линий для послеуборочной обработки зернового материала, поступающего от зерноуборочных машин, должно базироваться на принципах, обеспечивающих реализацию фракционной технологии его обработки с минимальным количеством механических воздействий рабочих органов, и минимальной протяженностью линии [6, 7, 8].

Комплектация технологических линий зерноочистительных агрегатов должна проводиться с учетом целевого назначения обрабатываемого материала (семенное, товарное или фуражное) и валового его производства. Производительность технологических линий должна обеспечивать послеуборочную очистку всего зернового вороха, поступающего от комбайнов без укладки на ток, что позволяет выделить из него засорители и другие компоненты, которые приводят к развитию и размножению микроорганизмов, снижающих их посевные качества.

## ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Целесообразность фракционирования зернового вороха в процессе первичной очистки при послеуборочной обработке была подтверждена в ходе исследований на ворохе озимой пшеницы сорта Московская 39. Результаты распределения компонентов вороха представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Распределение компонентов зернового вороха, поступающего на послеуборочную обработку**

Влажность исходного вороха, %	Ширина отверстий решет, мм	Выделение компонентов из вороха озимой пшеницы на решетках, %	Содержание компонентов вороха, %			
			целое зерно	дробленое зерно	зерно в пленке	засорители
14,4	2,0	2,6	88,37	8,82	0,20	2,61
	2,2	3,2	95,72	2,66	0,30	1,32
	2,4	8,8	97,36	1,42	0,80	0,42
	2,6	22,6	97,44	1,24	0,90	0,42
	2,8	22,4	97,97	0,92	0,95	0,16
	3,0	28,8	95,62	0,84	2,62	0,92
	3,2	11,6	87,29	0,88	8,41	3,42
15,2	2,0	2,2	88,65	8,94	0,21	2,20
	2,2	3,4	95,20	3,62	0,36	0,82
	2,4	8,3	97,61	1,26	0,48	0,65
	2,6	24,6	97,53	1,16	0,66	0,65
	2,8	25,3	97,50	0,92	0,98	0,60
	3,0	22,8	93,16	0,72	3,64	2,48
	3,2	13,4	87,90	0,76	8,42	2,92
17,8	2,0	2,8	89,00	7,86	0,22	2,92
	2,2	3,6	94,78	3,48	0,38	1,36
	2,4	8,2	96,26	2,34	0,58	0,82
	2,6	34,2	97,36	1,32	0,68	0,64
	2,8	22,6	97,76	0,92	0,98	0,34
	3,0	20,8	95,18	0,72	3,42	0,68
	3,2	7,8	87,56	0,76	10,22	1,46
18,6	2,0	2,4	89,54	5,98	0,16	4,32
	2,2	4,2	93,38	3,42	0,36	2,84
	2,4	9,2	96,18	2,32	0,58	0,92
	2,6	25,8	97,41	1,42	0,72	0,45
	2,8	26,2	97,50	1,22	0,96	0,32
	3,0	21,6	95,84	0,94	2,94	0,28
	3,2	10,6	87,86	0,66	10,22	1,32

Из таблицы 1 видно, что основная часть вороха (72,7–77,6%), подаваемого на решетный стан зерноочистительной машины, выделяется на плоских решетках, размер отверстий которых варьирует от 2,6 до 3,0 мм, при этом 96,5–97,1% целого зерна выделяется на решетках с размером отверстий 2,4–3,0 мм. Крупные примеси и зерно в пленке выделяются в виде сходовой фракции с решета, имеющего размер отверстий 3,2 мм. Дробленое зерно и мелкие засорители в основном выделяются на решетках, размер отверстий которых меньше 2,4 мм.

Для определения совместного влияния влажности исходного вороха  $W_{и}$  и размера отверстий решет, используемых в решетных станах зерноочистительных машин, на распределение целого зерна проведена обработка полученных данных с отсевом незначущих факторов [9].

Распределение целого зерна в зависимости от вышеуказанных факторов с достаточной точностью аппроксимируется зависимостью вида

$$Цз = -84,36 + 139,05b + 0,39Wu - 27,25b^2 + 0,13bWu - 0,02W_u^2. \quad (1)$$

Результаты исследований показывают, что при увеличении ширины отверстий решет с 2,0 до 2,8мм при исходной влажности 14,4% выделение целого зерна повышается на 9,6%, а именно с 88,37 до 97,97%, дальнейшее увеличение размеров отверстий решет приводит к снижению выделения целого зерна. Из представленных экспериментальных данных и полученной зависимости видно, что чистота целого зерна в большей степени зависит от размеров отверстий используемых решет и в меньшей от исходной влажности обрабатываемого вороха.

Такие факторы, как уровень травмирования в период уборки и послеуборочной обработки, масса 1000 семян, а также несоблюдение технологии выращивания конкретной культуры, значительно влияют на посевные качества семян [10]. Результаты исследований по определению уровня влияния представленных выше факторов на посевные качества зерна представлены в таблице 2.

**Таблица 2. Влияние размера отверстий решет на суммарное травмирование зерна и посевные качества**

Показатели	Размер отверстий решет, мм						
	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
Суммарное микротравмирование, Тс, %	71,8	58,4	57,2	56,1	46,8	44,2	52,6
Масса 1000 семян, г	20,1	22,2	26,4	35,2	41,4	45,1	52,6
Энергия прорастания, %	62,2	66,8	70,7	75,6	76,1	69,8	69,2
Лабораторная всхожесть, %	71,2	77,8	89,8	92,6	93,4	89,5	87,5

Анализ данных, представленных в таблице 2, показывает, что с увеличением размера отверстий решет, установленных в зерноочистительных машинах для послеуборочной обработки зернового вороха, суммарное микротравмирование сначала снижается, а затем возрастает. Минимум повреждений отмечается у зерновок размером 2,8–3,0 мм – соответственно 46,8 и 44,2%. Зерновки размером 2,0–2,6 мм имеют низкую массу 1000 семян и высокий уровень травмирования, их следует использовать для получения хлебопекарных изделий, т. е. на товарные цели.

Посевные качества семян с увеличением размера до 2,8 мм возрастают, а затем снижаются. Максимальную энергию прорастания и лабораторную всхожесть имеют семена, выделенные на решетках 2,6–2,8 мм. Это можно объяснить тем, что при обмолаоте убираемой культуры больше повреждаются семена мелкой и крупной фракций.

Приведенные в таблице 2 данные показывают, что в процессе первичной очистки на универсальных зерноочистительных машинах, которые установлены в технологические линии зерноочистительных агрегатов и зерноочистительных комплексов, должны выделяться три фракции: очищенное зерно, отходоная и фуражная, последняя, в свою очередь, представляет собой зерно размером меньше 2,6 мм, его используют на товарные цели. Для сокращения вероятности создания благоприятных условий для обитания и развития микроорганизмов, ухудшающих посевные и товарные качества зерна, из него в первую очередь следует удалить мелкие засорители, дробленое и биологически неполноценное зерно.

Обработка результатов исследований, представленных в таблицах, позволила получить уравнение, описывающее совокупное влияние первоначальной влажности вороха и размера отверстий решет на распределение дробленого зерна.

Данное распределение с достаточной точностью аппроксимируется при помощи уравнения вида

$$D_z = 84,16 - 58,43b - 0,08W_u + 9,51b^2 + 0,276W_u. \quad (2)$$

Представленные результаты исследований показывают, что при разделении исходного вороха на решетках с увеличением размера отверстий решет и влажности, содержание дробленого зерна снижается. Наибольшее влияние на процесс выделения дробленого зерна при очистке зернового вороха оказывает не влажность, а размер отверстий используемых решет.

Проведенные расчеты по экспериментальным данным, представленным в таблице 1, совместного влияния влажности исходного вороха, подаваемого на обработку, и размеров решет отверстий зерноочистительных машин, установленных в технологической линии, на распределение зерна в пленке позволили получить уравнение вида

$$C_p = 68,77 - 58,15b - 0,14W_u + 11,63b^2 + 0,22bW_u - 0,01W_u. \quad (3)$$

Результаты исследований совместного влияния размеров отверстий используемых решет и исходной влажности обрабатываемого зернового вороха на распределение зерна в пленке показывают, что оно в большей степени зависит от размера отверстий решет.

Во всех исследуемых случаях увеличение ширины отверстия решет с 2,0 до 3,2 мм приводит к возрастанию количества зерна в пленке. Так, при влажности 14,4% количество выделенного зерна в пленке увеличилось с 0,2 до 8,41%, а при влажности 18,6% – с 0,16 до 10,22%.

Немаловажным фактором, влияющим на посевные качества семян, срок их хранения являются засорители минерального и органического происхождения. Именно они, как правило, имеют повышенную влажность, которая передается во время ожидания обработки основному посевному материалу, что способствует развитию благоприятной среды для обитания и размножения микроорганизмов, которые снижают посевные качества семян.

Обработка результатов исследований позволила получить уравнение, которое с достаточной точностью описывает влияние влажности исходного вороха и размера отверстий решет на распределение засорителей:

$$Z = 31,28 - 22,76b + 0,11W_u + 6,17b^2 - 0,61bW_u + 0,05W_u^2. \quad (4)$$

### Выводы

Анализ результатов исследований показывает, что увеличение размера отверстий решет приводит сначала к сокращению выделенных засорителей, а затем к возрастанию.

Фракция, выделенная на решетном полотне с размером отверстий 2,8 мм, имеет в своем составе наименьшее количество засорителей.

Обобщая полученные результаты экспериментальных исследований по определению фракционного состава вороха озимой пшеницы, поступающего на послеуборочную обработку, следует отметить, что выделение в фуражную фракцию компонентов вороха размером  $\geq 3,2$  мм и  $\leq 2,4$  мм способствует существенному снижению содержания дробленого зерна, засорителей, зерна в пленке в основной фракции, что позволяет повысить посевные качества семян и срок их безопасного хранения.

### Библиографический список

1. Галкин А.Д. Методы и средства повышения эффективности послеуборочной обработки зерна и семян: рекомендации для хозяйств Среднеуральского региона / А.Д. Галкин, В.Д. Галкин, А.М. Гузаиров. – Пермь : Перм. гос. с.-х. акад., 2001. – 84 с.
2. Гиевский А.М. Качественные показатели работы двухаспирационной пневмосистемы зерноочистительной машины с одним воздушным потоком / А.М. Гиевский, А.В. Чернышов, И.В. Баскаков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. – № 9. – С. 15–16.
3. Гиевский А.М. Пути повышения производительности универсальных зерноочистительных машин / А.М. Гиевский, В.А. Гулевский, В.И. Орбинский // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2018. – № 3 (85). – С. 12–16.

4. Гиевский А.М. Снижение энергозатрат на работу двухаспирационной пневмосистемы / А.М. Гиевский // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2016. – № 1. – С. 2–4.
5. Завражнов А.И. Модернизация технологии подработки зерна путем применения авторегулируемых делителей потока сыпучих материалов / А.И. Завражнов, К.Н. Тишанинов // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2008. – № 3. – С. 56–58.
6. Патрин В.А. Моделирование процесса взаимодействия зерновой среды с рабочими органами сортировальных машин / В.А. Патрин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2008. – № 6. – С. 107–115.
7. Тишанинов Н.П. Классификация и анализ перспектив создания делителей потока сыпучих материалов / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Наука в центральной России. – 2013. – № 5. – С. 75–83.
8. Тишанинов Н.П. Модернизация импортных зерноочистительных технологий / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Наука в центральной России. – 2019. – № 4. – С. 12–18.
9. Чернышов С.В. Снижение травмирования зерна за счет совершенствования механизации его послеуборочной обработки : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / С.В. Чернышов. – Воронеж, 2011. – 129 с.
10. Obtaining high-quality grain through the use of fractional technology for its cleaning / V.I. Orobinsky, A.M. Gievsky, V.A. Gulevsky, I.V. Baskakov, A.V. Chernyshov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials (P2ARM 2020) (Russia, Voronezh, 26-29 February, 2020). – IOP Publishing Ltd, 2021. – Vol. 640. – No. 022046. DOI: 10.1088/1755-1315/640/2/022046.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

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.

Андрей Викторович Ворохобин – 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: dogruzka@rambler.ru.

Андрей Сергеевич Корнев – кандидат технических наук, доцент кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: kornev.andr@mail.ru.

Антон Дмитриевич Головин – обучающийся, агроинженерный факультет ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Илья Геннадиевич Бачурин – обучающийся, агроинженерный факультет ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Илья Алексеевич Пожидаев – обучающийся, агроинженерный факультет ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 18.07.2021

Дата принятия к печати 22.08.2021

### AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

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.

Andrey V. Vorokhobin, 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: dogruzka@rambler.ru.

Andrey S. Kornev, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Technological Equipment, Processing Plants' Processes, Agricultural Engineering, Health and Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: kornev.andr@mail.ru.

Anton D. Golovin, Student, Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Ilya G. Bachurin, Student, Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Ilya A. Pozhidaev, Student, Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Received July 18, 2021

Accepted after revision August 22, 2021