

4.3.1. ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.362.36+631.362:322

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_84

EDN: RGKSGQ

Обоснование режима работы семяочистительного отделения в составе поточной линии при подготовке семян озимой пшеницы на семенные цели

Виталий Алексеевич Гиевский^{1✉}, Владимир Иванович Оробинский², Алексей Михайлович Гиевский³

^{1, 2, 3} Воронежский государственный аграрный университет, Воронеж, Россия

¹ vitaliy.giyevskiy.99@mail.ru[✉]

Аннотация. Представлены результаты исследования, выполненного с целью обоснования режима работы машин в составе поточной линии при подготовке семян озимой пшеницы на семенные цели. Использовали семяочистительную линию, состоящую из приемного отделения, снабженного машиной предварительной очистки и сушилкой, и семяочистительного отделения, которое включало следующее основное технологическое оборудование фирмы Petkus: остоотделительную машину марки SE 10, воздушно-решетную зерноочистительную машину марки U15, триерный блок марки ZA 931, пневмосортировальный стол марки K-400, а также машину для протравливания семян марки СТ2-10. Рассматривалось распределение компонентов зернового вороха по таким показателям, как толщина зерновок и аэродинамические свойства. Доля обмолоченных неповрежденных зерновок в ворохе составляла 91,81%, поврежденных – 1,50, зерновок в пленке (недомолоченных) – 2,68, сорной и незерновой примеси – соответственно 2,20 и 1,81%. В основную часть неповрежденных зерновок вошли фракции, в которых зерновки имели среднюю толщину от 2,5 до 3,3 мм. Зерновки в пленке имели толщину от 2,9 до 3,7 мм, что делает невозможным их полное выделение в отдельную фракцию по этому показателю. Выделение таких зерновок осуществлялось триерным блоком Petkus ZA 931, завершение сортировки и окончательная очистка – пневмостолом Petkus K-400 при установке угла поперечного наклона 1,70–1,71°, продольного – 1,4° и подачей воздушного потока по зонам от 62–63% (зона 1) с последовательным увеличением в зоне 2 до 65–66% и в зоне 3 – до 67–68%. Очищенный ворох семян озимой пшеницы сорта Гомер имел следующие характеристики: средняя толщина – 2,779 мм (среднее стандартное отклонение 0,221 мм); средняя скорость витания – 8,91 м/с (среднее стандартное отклонение 0,862 м/с); масса 1000 зерновок – 51,8 г при средней массе зерновок исходного вороха 44,84 г. Полнота выделения примесей составила более 85,0%, что соответствует требованиям ГОСТ.

Ключевые слова: семена озимой пшеницы, состав вороха, теоретическая вероятность, статистические характеристики распределения, полнота выделения, режим работы, скорость витания

Для цитирования: Гиевский В.А., Оробинский В.И., Гиевский А.М. Обоснование режима работы семяочистительного отделения в составе поточной линии при подготовке семян озимой пшеницы на семенные цели // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 84–95. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_84–95.

4.3.1. TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Justification of the operating mode of the seed cleaning unit as part of the production line for winter wheat seeds preparation intended for seed purposes

Vitaliy A. Gievsky^{1✉}, Vladimir I. Orobinsky², Aleksey M. Gievsky³

^{1, 2, 3} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

¹ vitaliy.giyevskiy.99@mail.ru[✉]

Abstract. The results of a study carried out to substantiate the operating mode of machines in the production line for winter wheat seeds preparation intended for seed purposes are presented. A seed cleaning line was used,

consisting of a receiving compartment equipped with a pre-cleaning machine and a dryer, and a seed cleaning compartment, which included the following basic technological equipment from Petkus: the SE 10 awn separator, the U15 air-and-screen grain cleaner, the ZA 931 grain sorting block, the K-400 gravity separator, as well as the CT2-10 seed-treating machine. The distribution of the components of the grain pile according to such indicators as kernel thickness and aerodynamic properties was considered. The proportion of threshed undamaged kernels in the pile was 91.81%, of damaged ones was 1.50%, kernels in the hull (underthreshed) was 2.68%, weed and tailings was 2.20% and 1.81%, respectively. The main part of the undamaged kernels included fractions in which the kernels had an average thickness of 2.5 to 3.3 mm. The kernels in the film had a thickness of 2.9 to 3.7 mm, which makes it impossible to completely separate them into a fraction according to this indicator. The separation of such grains was carried out by the Petkus ZA 931 grain sorting block, the sorting was completed and the final cleaning was carried out by the Petkus K-400 gravity separator when the angle of transverse inclination was set to 1.70-1.71°, longitudinal to 1.4° and air flow was applied in zones from 62-63% (Zone 1) with a sequential increase in Zone 2 to 65-66% and in Zone 3 up to 67-68%. The cleaned pile of winter wheat seeds of the Homer variety had the following characteristics: average thickness – 2.779 mm (average standard deviation 0.221 mm); average suspension velocity – 8.91 m/s (average standard deviation 0.862 m/s); thousand kernel weight is 51.8 g with an average grain weight of 44.84 g. The completeness of impurity liberation was more than 85.0%, which meets the requirements of All-Russian standards.

Keywords: winter wheat seeds, pile composition, theoretical probability, statistical characteristics of distribution, completeness of impurity liberation, operating mode, suspension velocity

For citation: Gievsky V.A., Orobinsky V.I., Gievsky A.M. Justification of the operating mode of the seed cleaning unit as part of the production line for winter wheat seeds preparation intended for seed purposes. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):84-95. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_84-95.

Введение

Интенсивные технологии производства зерна характеризуются применением научно обоснованного севооборота, норм дробного внесения удобрений по результатам диагностики, интегрированной защиты растений от сорняков, болезней и вредителей, обеспечивающих более полную реализацию потенциала семян. Отличительной особенностью этих технологий является наличие средств механизации, позволяющих выполнять все виды технологических операций в необходимые сроки, с высоким качеством и, как следствие, управлять производственным процессом [8, 10, 13].

Важным фактором в интенсивных технологиях является использование районированных семян интенсивных сортов, выращиванием которых занимаются специализированные предприятия одной из ступеней системы семеноводства.

С учетом конечного назначения продукции все работы по уходу за посевами наземным способом целесообразно проводить с оставлением постоянной технологической колеи (ПТК), которая необходима для проведения работ по защите растений агрегатами с опрыскивателями, внекорневой подкормки растений и десикации посевов перед уборкой урожая.

Для озимой пшеницы, возделываемой на семенные цели, проведение десикации особенно важно с точки зрения повышения качества семян за счет более «мягкого» режима работы молотильно-сепарирующих устройств (МСУ) зерноуборочных комбайнов и снижения степени повреждения семян. При низкой засоренности полей и проведении десикации рациональная настройка воздушно-решетной очистки зерноуборочных комбайнов при уборке может сократить до минимума содержание примесей в зерновом ворохе, что в свою очередь упростит состав линии для послеуборочной очистки и сортирования семян [10, 13].

Процессы послеуборочной обработки и очистки вороха на семенные цели в южных и центральных регионах России изучались Ю.И. Ермоловым, А.В. Бутовченко, А.Ф. Кольцовым, М.Н. Московским и др., которые в своих работах предложили классификацию технологических операций, воздушно-решетных машин, схем решетной очистки, а также систематизацию семяочистительных отделений поточных линий для подготовки семян зерновых культур [2, 7, 9, 15].

Разработке фракционной технологии подготовки семенного материала и воздушно-решетного сепаратора как базовой машины для ее реализации посвящены работы научной школы Воронежского ГАУ под руководством А.П. Тарасенко и В.И. Оробинского [5, 11, 12].

А.И. Бурков привел обобщенный анализ состояния и тенденций развития системы машин для очистки зерна и семян в России [1].

В.Д. Галкин и А.Д. Галкин проанализировали агрегаты и отдельные машины для подготовки семян, в том числе используемые на стадии окончательной очистки и сортировки [4].

В ряде работ обосновываются параметры пневмосистемы с горизонтальным воздушным потоком как для очистки товарного зерна, так и семян [6, 9, 16].

Получение максимального выхода семян требуемого качества из вороха выращенного зерна элитных районированных сортов при использовании универсальных воздушно-решетных машин, минимуме механических воздействий, ограниченном количестве специальных машин и транспортирующего оборудования является актуальным для предприятий системы семеноводства.

Цель исследований заключалась в обосновании режима работы машин семяочистительного отделения, обеспечивающих максимальный выход семян озимой пшеницы, отвечающих требованиям ГОСТ, при минимальном количестве используемых машин.

Озимая пшеница сорта Гомер первой репродукции на семенные цели возделывалась на поле, где предшественником являлся горох.

После уборки предшественника проводилась безотвальная минимальная обработка почвы комбинированными агрегатами. Посев осуществлялся в рекомендуемые для региона сроки (конец августа) с внесением основной дозы калийных и фосфорных удобрений агрегатами в составе трактора и сеялки с оставлением постоянной технологической колеи. Ранневесеннюю подкормку азотными удобрениями производили поверхностным способом. Вторую подкормку проводили в начале выхода растений в трубку и третью – в начале фазы колошения. Весь комплекс операций химической защиты осуществлялся с использованием постоянной технологической колеи в соответствующей фазе развития растений и проявления болезней или вредителей. За две недели до предполагаемого срока уборки при влажности зерна менее 30% проводили десикацию посевов озимой пшеницы.

Уборку выполняли зерноуборочными комбайнами с комбинированным МСУ фирмы CLAAS марки TUCANO 580. В соответствии с полевыми условиями и состоянием хлебостоя проводилась настройка основных органов молотильно-сепарирующего устройства и очистки на рациональный режим работы с использованием электронной бортовой системы комбайна [14]. Частота вращения молотильного барабана составляла 700 мин⁻¹ (зазор на выходе – 10 мм), частота вращения вала вентилятора очистки – 980 мин⁻¹ (открытие жалюзи решет: верхнего – 14 мм, нижнего и удлинителя – 9 мм).

Материалы и методы

Биологическая урожайность посевов озимой пшеницы оценивалась как 48,5 ц/га. Суммарные потери зерна в соломе и полове не превышали 1,5%.

Для подготовки семян использовали семяочистительную линию, состоящую из приемного отделения, снабженного машиной предварительной очистки и сушилкой, и семяочистительного отделения (рис. 1), которое включало следующее основное технологическое оборудование фирмы Petkus: остеотделительную машину марки SE 10, воздушно-решетную зерноочистительную машину марки U15, триерный блок марки ZA 931, пневмосортировальный стол марки K-400, а также машину для протравливания семян марки СТ2-10.

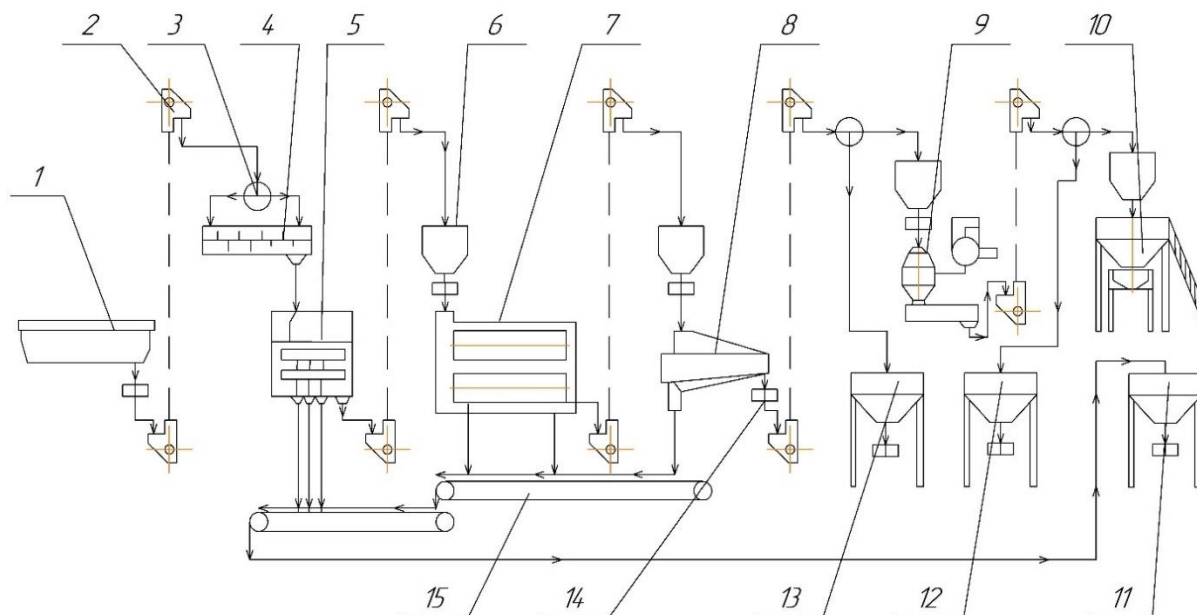


Рис. 1. Семяочистительное отделение поточной линии:

1 – приемное устройство; 2 – нория; 3 – перекидной управляемый клапан; 4 – остеотделительная машина SE 10; 5 – воздушно-решетная зерноочистительная машина U15; 6 – бункер накопитель; 7 – триерный блок ZA 931; 8 – пневмосортировальный стол G40; 9 – машина для протравливания семян СТ2-10; 10 – узел затаривания и отгрузки протравленных семян; 11 – бункер отгрузки фуража и отходов; 12 – бункер отгрузки протравленных семян; 13 – бункер отгрузки непотравленных семян; 14 – управляемая заслонка; 15 – скребковый транспортер

Для управления движением обрабатываемого зернового вороха в семяочистительном отделении установлены управляемые перекидные клапаны 3 и заслонки 14, с помощью которых поток зернового вороха можно направить для прохождения через рабочие органы остеотделительной машины 4 или, минуя их, в воздушно-решетную машину 5 (с целью уменьшения повреждения зерновок как потенциальных семян зерновой ворох подавался в воздушно-решетную машину, минуя рабочие органы шасталки). После окончательной очистки и сортировки семенной ворох может отгружаться через бункер 13 отгрузки непотравленных семян. При протравливании очищенных семян поток управляемым клапаном направляется в протравливатель 9, из которого либо отгружается через бункер 12 без расфасовки, либо устройством взвешивания и затаривания 10 расфасовывается в мешкотару различной вместимости. Перемещение вороха в вертикальном направлении осуществляется нориями серии BE-100 производительностью до 12,5 т/ч при скорости транспортирования до 1,8 м/с.

Отбор образцов исходного комбайнового вороха проводили при уборке и подаче в бункер зерноуборочного комбайна [7, 14].

Результаты и их обсуждение

Для обоснования выбора режима работы воздушно-решетной машины Petkus U15 рассматривалось распределение компонентов комбайнового зернового вороха по таким показателям, как толщина зерновок и аэродинамические свойства. Комбайновый зерновой ворох содержит в своем составе кроме полноценных зерновок мелкие, щуплые, биологически неполноценные и дробленые зерновки, зерновую примесь (семена сорняков и других культур), а также незерновые примеси. Распределение компонентов исходного вороха озимой пшеницы по толщине и составу приведено в таблице 1.

Таблица 1. Распределение компонентов исходного вороха озимой пшеницы по толщине

Средняя толщина компонентов, t_i , мм	Целые зерновки, %	Дробленые зерновки, %	Зерновки в пленке, %	Незерновые примеси, %	Зерновая примесь, %
3,7	–	0	0,55	0,26	–
3,5	–	0	0,8	0,28	–
3,3	6,2	0	0,75	0,29	–
3,1	13,5	0,1	0,46	0,23	–
2,9	28,9	0,25	0,12	0,12	0,1
2,7	25,2	0,35	–	0,11	0,2
2,5	11,5	0,33	–	0,12	0,5
2,3	3,5	0,25	–	0,1	0,7
2,1	2,1	0,17	–	0,1	0,5
1,9	0,91	0,05	–	0,1	0,2
1,7	0,9	0	–	0,1	–
Всего	91,81	1,5	2,68	1,81	2,2

Анализ данных, приведенных в таблице 1, показывает, что доля обмолоченных неповрежденных зерновок в ворохе составляла 91,81%, поврежденных зерновок – 1,50, зерновок в пленке, или недомолоченных, – 2,68, сорной и незерновой примеси – соответственно 2,20 и 1,81%. В основную часть неповрежденных зерновок вошли фракции, в которых зерновки имели среднюю толщину от 2,5 до 3,3 мм. Зерновки в пленке, или недомолоченные, имели толщину от 2,9 до 3,7 мм, что делает невозможным их полное выделение в отдельную фракцию по этому показателю. Большая часть сорной примеси (около 80%) содержалась во фракциях, толщина зерновок в которых была менее 2,4 мм, а незерновая примесь, наоборот, в основном находилась во фракции, толщина зерновок в которой превышала 2,9 мм (свыше 58,0%). Средняя толщина компонентов неочищенного вороха составляла 2,794 мм при среднем стандартном отклонении 0,356 мм.

Распределение компонентов зернового вороха по скорости витания приведено в таблице 2.

Таблица 2. Распределение компонентов исходного вороха озимой пшеницы по скорости витания

Скорость витания, м/с	Целые зерновки, %	Дробленые зерновки, %	Зерновки в пленке, %	Незерновые примеси, %	Зерновая примесь, %
≤ 4	0,18	0	0	0,3	0
4,5	0,37	0,1	0	0,35	0,2
5,3	0,90	0,15	0	0,4	0,3
6,1	3,10	0,15	0	0,35	0,35
6,7	5,39	0,2	0	0,25	0,45
7,3	8,62	0,35	0,35	0,16	0,25
7,8	17,64	0,25	0,4	0	0,25
8,3	31,69	0,2	0,43	0	0,2
9,3	16,20	0,1	0,7	0	0,15
9,7	7,71	0	0,8	0	0,05
10,1	0,00	0	0	0	0
Всего	91,81	1,5	2,68	1,81	2,2

Как видно из приведенных в таблице 2 данных, в неочищенном ворохе озимой пшеницы содержатся частицы со средней скоростью витания менее 4,0 м/с, которые не были удалены из него очисткой зерноуборочного комбайна. В ворохе со скоростью витания менее 5,3 м/с, кроме незерновых легковесных примесей, присутствуют также семена сорных растений (зерновая примесь) и незначительная часть (менее 1,0%) щуплых зерновок. Основная часть целых зерновок имеет скорость витания от 7,3 до 9,7 м/с. Такая же скорость витания присуща большей части (60%) дробленых поврежденных зерновок и практически всем зерновкам в пленке. При скорости воздушного потока более 7,5 м/с из вороха озимой пшеницы можно выделить почти все незерновые примеси. Средняя скорость витания неочищенного вороха составляет 8,176 м/с при среднем стандартном отклонении 0,981 м/с.

Графические зависимости распределения примесных компонентов вороха по толщине приведены на рисунке 2.

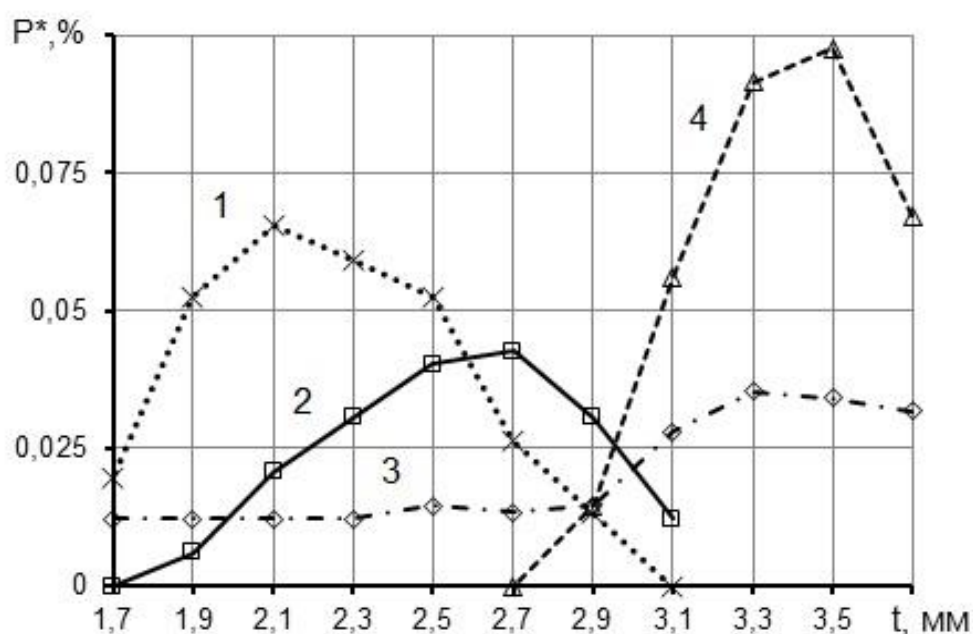


Рис. 2. Распределение примесных компонентов исходного вороха озимой пшеницы по толщине:
1 – незерновая примесь; 2 – зерновая примесь (семена сорняков);
3 – дробленые зерновки; 4 – зерновки в пленке

Как видно из графических зависимостей, при выборе ширины отверстий сортировальных решет 2,4 мм в мелкую фуражную фракцию можно выделить до 30,0% дробленых зерновок, до 64,8% зерновой примеси и до 20,0% незерновой примеси. Колосовые решета с шириной отверстий более 3,4 мм могут только выделить в крупные примеси 29,5% семян сорняков или зерновой примеси, а также до 45,0% недомолоченных зерновок в пленке. При таком выборе размеров сортировальных решет в фуражную фракцию будет направлено до 10,1% мелких целых зерновок основной фракции. Выделение оставшихся примесных компонентов возможно с использованием разделения по скорости витания.

Графические зависимости распределения примесных компонентов зернового вороха по скорости витания в вертикальном воздушном потоке канала окончательной очистки воздушно-решетной зерноочистительной машины приведены на рисунке 3.

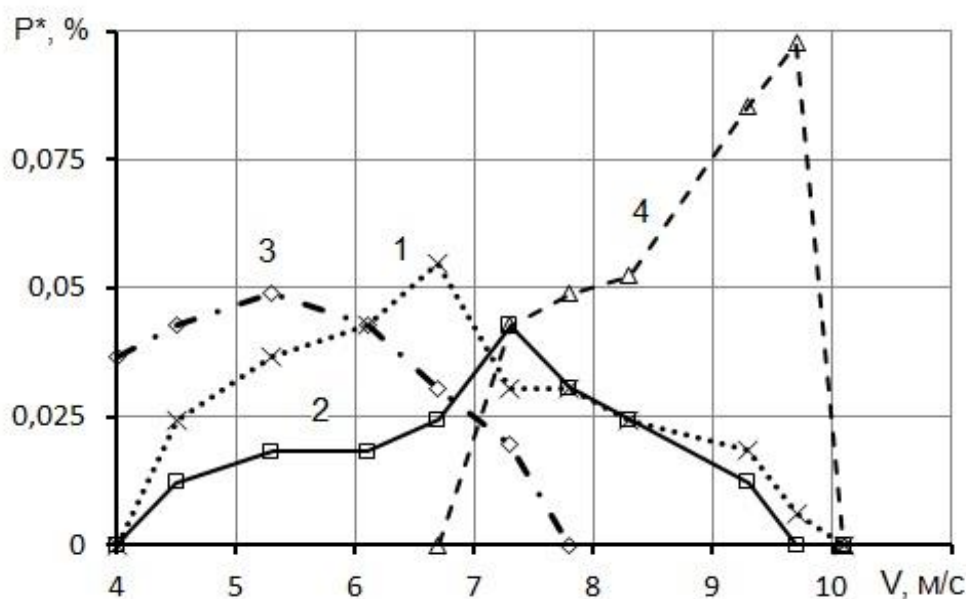


Рис. 3. Распределение примесных компонентов исходного вороха озимой пшеницы по скорости витания: 1 – незерновая примесь; 2 – зерновая примесь (семена сорняков); 3 – дробленые зерновки; 4 – зерновки в пленке

Как видно из приведенных на рисунке 3 графических зависимостей, при скорости воздушного потока в канале окончательной очистки 7,1 м/с без учета корреляционной связи толщины со скоростью витания, а также полноты выделения по этому признаку можно предполагать выделение до 48,0% дробленых зерновок, до 89,5% незерновой примеси, до 51,2% зерновой примеси и только до 7,2% зерновок в пленке. При такой скорости воздушного потока в фуражную фракцию будет выделено до 8,5% шуплых неполноценных зерновок.

Таким образом, совместный анализ приведенных на рисунках 2 и 3 графических зависимостей и данных таблиц 1 и 2 показывает, что полное выделение примесных компонентов зернового вороха с использованием только принципов, на которых основана работа воздушно-решетных машин, с учетом минимальных потерь всхожих зерновок, на практике недостижимо. В связи с этим в поточной линии, кроме воздушно-решетной универсальной зерноочистительной машины марки Petkus U15 с паспортной производительностью в семенном режиме работы 10 т/ч, были задействованы триерный блок Petkus ZA 931 и пневмосортировальный стол марки Petkus K-400, имеющий максимальную производительность до 10 т/ч [2, 4]. Производительность линии устанавливалась не более 7,0 т/ч. Для оценки качества работы поточной семенной линии проводили отбор проб вороха после прохождения рабочих органов воздушно-решетной машины, триерного блока и пневмосортировального стола.

Обоснование режима работы машин поточной линии

При обосновании параметров воздушно-решетной универсальной зерноочистительной машины марки Petkus U15 руководствовались теоретической вероятностью уменьшения содержания целых зерновок в семенной фракции при замене решетных полотен сортировальных решет с 2,2 мм на 2,4 мм и повышении скорости воздушного потока в канале послерешетной очистки с 7,2 до 7,5 м/с.

Уменьшение содержания целых зерновок в семенной фракции за счет замены решетных полотен определится при использовании функции Лапласа из выражения [3, 5]

$$\Delta P_{m_t} = \Phi\left(\frac{t_2 - m_t}{\sigma_t}\right) - \Phi\left(\frac{t_1 - m_t}{\sigma_t}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^{t_2} e^{-\frac{(t_2 - m_t)^2}{2\sigma^2}} - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^{t_1} e^{-\frac{(t_1 - m_t)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где t_2, t_1 – толщина компонентов зернового вороха, соответствующая ширине отверстий сортировальных решет, мм;

m_t – средняя толщина компонентов зернового вороха, мм.

С учетом содержания целых зерновок во фракции $(t_2 - t_1)$ в исходном ворохе и полноты выделения зерновок толщиной меньше ширины отверстий сортировальных решет выражение для определения теоретической вероятности уменьшения целых зерновок в семенной фракции по одному признаку – толщине – примет вид

$$\Delta P_t^u = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \delta_t^u \cdot \varepsilon_c \cdot \left\{ \int_{-\infty}^{t_2} e^{-\frac{(t_2 - m_t)^2}{2\sigma^2}} - \int_{-\infty}^{t_1} e^{-\frac{(t_1 - m_t)^2}{2\sigma^2}} \right\}, \quad (2)$$

где σ_t^u – содержание целых зерновок во фракции $(t_2 - t_1)$ в исходном ворохе;

ε_c – полнота выделения зерновок толщиной меньше ширины отверстий сортировальных решет.

Повышение скорости воздушного потока в канале послерешетной очистки с 7,2 до 7,5 м/с также приведет к уменьшению теоретической вероятности содержания целых зерновок в семенной фракции с учетом их содержания во фракции $(V_2 - V_1)$ и значения коэффициента корреляции между толщиной и скоростью витания зерновок R_{tv} :

$$\Delta P_v^u = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \delta_v^u \cdot \varepsilon_v \cdot (1 - R_{tv}) \cdot \left\{ \int_{-\infty}^{v_2} e^{-\frac{(v_2 - m_v)^2}{2\sigma^2}} - \int_{-\infty}^{v_1} e^{-\frac{(v_1 - m_v)^2}{2\sigma^2}} \right\}, \quad (3)$$

где σ_v^u – содержание целых зерновок во фракции $(V_2 - V_1)$ исходного вороха;

ε_v – полнота выделения зерновок со скоростью витания меньше скорости в канале послерешетной очистки;

R_{tv} – коэффициент корреляции между толщиной и скоростью витания зерновок.

Коэффициент корреляции между толщиной и скоростью витания зерновок для этих классов определится из выражения

$$R_{tv} = \frac{K_{tv}}{\sigma_t \cdot \sigma_v}, \quad (4)$$

где K_{tv} – корреляционный момент между этими классами по толщине $(t_2 - t_1)$ и скорости витания $(V_2 - V_1)$.

Корреляционный момент можно определить из известного выражения

$$K_{tv} = \sum_{ij} t_i \cdot v_j \cdot p_{ij} - m_t \cdot m_v. \quad (5)$$

Общая теоретическая вероятность уменьшения содержания целых зерновок в семенной фракции при замене решетных полотен сортировальных решет шириной отверстий с 2,2 мм на 2,4 мм и повышении скорости воздушного потока в канале послерешетной очистки с 7,2 до 7,5 м/с определится из выражения

$$\Delta P_m = \Delta P_t^u + \Delta P_v^u. \quad (6)$$

Зная статистические характеристики распределения компонентов исходного вороха по толщине и скорости витания, а также приняв одинаковыми численные значения полноты выделения мелких фуражных зерновок сортировальным решетом и воздушным потоком в канале окончательной очистки, равными 0,85, определили значения коэффициента корреляции, который составил 0,582. Общая теоретическая вероятность уменьшения содержания целых зерновок в семенной фракции достигает 0,0495, или 4,95%.

Для исследования рассматривались два варианта настройки пневмосистемы и комплектования решетных станов воздушно-решетной универсальной зерноочистительной машины Petkus U15 (табл. 3, «А» и «Б»).

По этим двум вариантам в качестве колосового решета Б2 устанавливались полотна с продолговатыми отверстиями шириной 3,6 мм, подсежных В – шириной 1,7 мм.

По варианту «А» ворох проходил последовательно сортировальные решета Г с полотнами в верхнем ярусе шириной 2,4 мм и нижнем ярусе – 2,2 мм. Скорость воздушного потока в канале дорешетной очистки составляла 5,7 м/с, в вертикальном канале послерешетной очистки – 7,2 м/с.

По варианту настройки «Б» зерновой ворох проходил параллельно по двум ярусам сортировальных решет, оборудованных полотнами с продолговатыми отверстиями шириной 2,4 мм. С увеличением размеров отверстий сортировальных решет была увеличена скорость воздушного потока в наклонном канале дорешетной очистки до 6,1 м/с и канале послерешетной очистки до 7,5 м/с.

Таблица 3. Полнота выделения примесных компонентов рабочими органами воздушно-решетной машины

Вариант	Наименование рабочего органа	Режим работы	Выделяемая фракция, %				
			Мелкое и щуплое зерно	Дробленые зерновки	Зерновки в пленке	Сорная примесь	Незерновые примеси
А	Дорешетная аспирация	$V = 5,7$ м/с	61,4	24,0	0,5	59,8	23,8
	Решетная очистка (последовательно)	Б2 = 3,6 мм; В = 1,7 мм; Г = 2,4/2,2 мм					
	Послерешетная пневмосистема	$V = 7,2$ м/с	78,6	56,6	10,5	75,3	68,2
Б	Дорешетная аспирация	$V = 6,1$ м/с	61,4	43,3	1,5	72,8	38,9
	Решетная очистка (параллельно)	Б2 = 3,6 мм; В = 1,7 мм; Г = 2,4/2,4 мм					
	Послерешетная пневмосистема	$V = 7,5$ м/с	84,6	72,3	20,5	80,1	99,3

Анализ приведенных в таблице 3 данных по полноте выделения примесных компонентов позволяет однозначно отдать предпочтение варианту настройки «Б», в котором только полнота выделения дробленых зерновок и зерновок в пленке остается меньше 80%, требуемых для семян. Однако даже при дальнейшем увеличении размеров сортировальных решет и скорости воздушного потока в канале послерешетной очистки достигнуть полного выделения этих примесных компонентов вороха по рассматриваемым признакам невозможно, что неизбежно приведет к уменьшению содержания семенной фракции.

Для более полного выделения дробленых зерновок рассматривалась возможность их выделения кукольным цилиндром триерного блока при соответствующем выборе рабочей сменной поверхности. Для подбора диаметра ячеек кукольного цилиндра с помощью цифрового штангенциркуля 150 мм Gigant DCPR-150 определя-

лась длина целых неповрежденных зерновок пшеницы, имеющих толщину от 2,2 до 2,6 мм. Минимальная длина неповрежденных зерновок таких классов толщины составила 5,335 мм, что позволило рекомендовать использовать кукольный цилиндр с диаметром ячеек не более 5,3 мм.

Выделение зерновок в пленке частично можно реализовать, применив триерный блок Petkus ZA 931, оборудованный овсюжным цилиндром с ячейками диаметром более 9,5 мм.

Качественные показатели подготовки семян

Завершение сортировки и окончательная очистка семенного вороха озимой пшеницы проводилось пневмостолом Petkus K-400 при следующих параметрах:

- угол поперечного наклона – 1,7–1,71°;
- угол продольного наклона – 1,4°;
- подача воздушного потока по зонам – от 62–63% (зона 1) с последовательным увеличением в зоне 2 до 65–66% и в зоне 3 – до 67–68%.

В таблице 4 приведены значения полноты выделения примесных компонентов машинами поточной линии при подготовке семян озимой пшеницы сорта Гомер первой репродукции.

Таблица 4. Полнота выделения примесных компонентов и фуражных фракций

Марка машины линии	Выделяемая фракция, %				
	Мелкое и щуплое зерно	Дробленые зерновки	Зерновки в пленке (недомолоченные)	Сорная примесь (семена сорняков)	Незерновая примесь
Petkus U15	78,6	56,6	10,5	75,3	68,2
Petkus ZA 931	79,2	75,8	65,4	78,9	81,5
Petkus K-400	85,6	87,5	85,6	85,3	98,6

Таким образом, при очистке озимой пшеницы на семенные цели в поточной линии с использованием универсальной воздушно-решетной зерноочистительной машины Petkus марки U15 с колосовым решетом Б2 шириной 3,6 мм, подсевного В шириной 1,7 мм, сортировальных решет Г шириной 2,4 мм в верхнем ярусе и 2,2 мм в нижнем ярусе, скорости воздушного потока в канале дорешетной очистки 5,7 м/с и канале послерешетной очистки 7,2 м/с, триерного блока Petkus ZA 931, оборудованного кукольным цилиндром с ячейками диаметром 5,3 мм и овсюжным цилиндром с диаметром ячеек 9,8 мм, пневмостолом Petkus K-400 при угле поперечного наклона деки 1,70–1,71°, продольного – 1,4° и подачей воздушного потока по зонам от 62–68%, семенной ворох озимой пшеницы сорта Гомер имеет следующие характеристики:

- средняя толщина – 2,779 мм при среднем стандартном отклонении 0,221 мм;
- средняя скорость витания – 8,91 м/с при среднем стандартном отклонении 0,862 м/с;
- масса 1000 зерновок – 51,8 г при средней массе зерновок исходного вороха 44,84 г.
- выход семян – 82,5% от исходного комбайнового вороха.

Полнота выделения примесей составила более 85,0%, что соответствует требованиям ГОСТ.

Список источников

1. Бурков А.И. Тенденции развития воздушно-решетных зерноочистительных машин на современном этапе // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 63, № 2. С. 4–15. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.63.2.04-15.
2. Бутовченко А.В. Структурный синтез технологических отделений зерноочистительных агрегатов для послеуборочной очистки семян зерновых культур: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. Ростов н/Д, 2021. 479 с.
3. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения: учебное пособие. 5-е изд., стер. Москва: КноРус, 2016. 480 с.
4. Галкин В.Д., Галкин А.Д. Технологии, машины и агрегаты послеуборочной обработки зерна и подготовки семян: монография. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2021. 234 с.
5. Гиевский А.М., Гулевский В.А., Оробинский В.И. Пути повышения производительности универсальных зерноочистительных машин // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2018. № 3(85). С. 12–16. DOI: 10.26897/1728-7936-2018-3-12-16.
6. Дринча В.М., Филатов А.С. Обоснование параметров пневмосепаратора с горизонтальным воздушным каналом // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 1(68). С. 18–26. DOI: 10.17238/issn2071-2243_2021_1_18.
7. Ермолов Ю.И., Бутовченко А.В., Московский М.Н. и др. Проектирование технологических процессов воздушно-решетных и решетных зерноочистительных машин: монография. Ростов н/Д: Донской государственный технический университет, 2010. 638 с.
8. Кильдюшкин В.М., Солдатенко А.Г., Животовская Е.Г. Влияние различных технологий возделывания на продуктивность озимой пшеницы и плодородие чернозема выщелоченного // Масличные культуры. 2019. Вып. 3(179). С. 64–67. DOI: 10.25230/2412–608X-2019-3-179-64-67.
9. Кольцов А.Ф. Имитационное моделирование процесса очистки в зерноочистительной машине горизонтального типа ВСГ-1 // Вестник аграрной науки Дона. 2023. Т. 16, № 2(62). С. 27–36. DOI: 10.55618/20756704_2023_16_2_27–36.
10. Малкандуев Х.А., Шамурзаев Р.И., Малкандуева А.Х. Формирование урожая и качества зерна сортов озимой пшеницы в зависимости от предшественников и условий возделывания // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 3(107). С. 40–50. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-3-107-40-50.
11. Оробинский В.И., Гиевский А.М., Тарасенко А.П. и др. Исследование эффективности очистки вороха яровой пшеницы на семенные цели воздушно-решетным сепаратором // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12, № 2(61). С. 34–42. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.2.34.
12. Оробинский В.И., Гиевский А.М., Чернышов А.В. и др. Исследование качественных показателей семян озимой пшеницы при комбайновой уборке и послеуборочной обработке // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2020. № 21(184). С. 84–97.
13. Сковрцова Ю.Г., Филенко Г.А., Фирсова Т.И. и др. Оценка урожайности и посевных качеств у сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» в первичном семеноводстве // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 24–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2021- 77-5-24-28.
14. Федорова О.А. Эффективные технические решения повышения качества уборки зерновых культур: автореферат дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. Рязань, 2018. 39 с.
15. Butovchenko A., Doroshenko A., Koltsov A. et al. Comparative analysis of the functioning of sieve modules for grain cleaning machines // Innovative Technologies in Environmental Science and Education, ITESE 2019. E3S Web of Conferences (Divnomorskoe Village, September 9-14, 2019). EDP Sciences, 2019. Vol. 135. Article No. 01081. DOI: 10.1051/e3sconf/201913501081.
16. Kravchenko L., Sibirev A., Mosyakov M. et al. Justification choice parameters material input receiving and distributing device in the horizontal type air grain cleaning machine // XVI International Scientific and Practical Conference "State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2023". E3S Web of Conferences (Rostov-on-Don, March 01-05, 2023). EDP Sciences, 2023. Vol. 413. Article No. 02045. DOI: 10.1051/e3sconf/202341302045.

References

1. Burkov A.I. Trends in development of air screen grain cleaners at present stage. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;3(2):4-15. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.63.2.04-15. (In Russ.).
2. Butovchenko A.V. Structural synthesis of technological units of grain cleaning machines for post-harvest cleaning of grain seeds: Doctoral Dissertation in Engineering Sciences: 05.20.01. Rostov on Don; 2021. 479 p. (In Russ.).
3. Ventzel E.S., Ovcharov L.A. Probability theory and its engineering applications: textbook. 5th edition, stereotype. Moscow: KnoRus Publishers; 2016. 480 p. (In Russ.).
4. Galkin V.D., Galkin A.D. Technologies, machines and aggregates of post-harvest grain processing and seed preparation: monograph. Perm: Procrust Publishers; 2021. 234 p. (In Russ.).
5. Gievsky A.M., Gulevsky V.A., Orobinsky V.I. Ways of increasing performance of universal grain cleaning machines. *Vestnik of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin"*. 2018;3(85):12-16. DOI: 10.26897/1728-7936-2018-3-12-16. (In Russ.).

6. Drincha V.M., Filatov A.S. Substantiation of the parameters of a pneumatic separator with a horizontal air channel. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(1):18-26. DOI: 10.17238/issn2071-2243_2021_1_18. (In Russ.).
7. Ermoliev Yu.I., Butovchenko A.V., Moskovsky M.N. et al. Design of technological processes and air-screen and sieve grain cleaning machines: monograph. Rostov on Don, Don State Technical University Publishers; 2010. 638 p. (In Russ.).
8. Kildyushkin V.M., Soldatenko A.G., Zhivotovskaya E.G. The impact of different technologies on the productivity of winter wheat and the fertility of leached chernozem. *Oil Crops*. 2019;3(179):64-67. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-3-179-64-67. (In Russ.).
9. Koltsov A.F. Simulation modeling of the cleaning process in a VSG-1 horizontal grain cleaning machine. *Don Agrarian Science Bulletin*. 2023;16(2):27-36. DOI: 10.55618/20756704_2023_16_2_27-36. (In Russ.).
10. Malkanduev Kh.A., Shamurzaev R.I., Malkandueva A.H. Formation of yield and grain quality of winter wheat varieties depending on predecessors and growing conditions. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2022;3(107):40-50. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-3-107-40-50. (In Russ.).
11. Orobinsky V.I., Gievsky A.M., Tarasenko A.P. et al. Determination of efficiency of spring wheat heap precleaning separation for seed purposes by air-and-screen cleaner. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019;12(2):34-42. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.2.34. (In Russ.).
12. Orobinsky V. I., Gievsky A.M., Chernyshov A.V. et al. Research of qualitative indicators of winter wheat seeds during combine harvesting and postharvest processing. *Transactions of Taurida Agricultural Science*. 2020;21(184):84-97.
13. Skvortsova Yu.G., Filenko G.A., Firsova T.I. et al. Estimation of productivity and sowing qualities of the winter soft wheat varieties of the FSBSI "ARC "Donskoy" in the primary seed production. *Grain Economy of Russia*. 2021;5(77):24-28. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-24-28. (In Russ.).
14. Fedorova O.A. Effective technical solutions for improving the quality of harvesting grain crops: Author's Abstract of Doctoral Dissertation in Engineering Sciences: 05.20.01. Ryazan; 2018. 39 p. (In Russ.).
15. Butovchenko A., Doroshenko A., Koltsov A. et al. Comparative analysis of the functioning of sieve modules for grain cleaning machines. In: Innovative Technologies in Environmental Science and Education, ITESE 2019. E3S Web of Conferences (Divnomorskoe Village, September 9-14, 2019). EDP Sciences. 2019;135:01081. DOI: 10.1051/e3sconf/201913501081.
16. Kravchenko L., Sibirev A., Mosyakov M. et al. Justification choice parameters material input receiving and distributing device in the horizontal type air grain cleaning machine. In: XVI International Scientific and Practical Conference "State and Prospects for the Development of Agribusiness, "INTERAGROMASH 2023". E3S Web of Conferences (Rostov-on-Don, March 01-05, 2023). EDP Sciences. 2023;413:02045. DOI: 10.1051/e3sconf/202341302045.

Информация об авторах

В.А. Гиевский – аспирант кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», vitaliy.giyevskiy.99@mail.ru.

В.И. 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», main@agroeng.vsau.ru.

А.М. Гиевский – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», aleksej.gievskij@mail.ru.

Information about the authors

V.A. Gievsky, Postgraduate Student, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, vitaliy.giyevskiy.99@mail.ru.

V.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, main@agroeng.vsau.ru.

A.M. Gievsky, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, aleksej.gievskij@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 05.12.2025; одобрена после рецензирования 16.01.2026; принята к публикации 20.01.2026.

The article was submitted 05.12.2025; approved after reviewing 16.01.2026; accepted for publication 20.01.2026.

© Гиевский В.А., Оробинский В.И., Гиевский А.М., 2026