

Тип статьи: научная
УДК 631.53.011.4
DOI: 10.35887/2305-2538-2024-5-17-25

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОЧИСТКИ СЕМЯН ЛЮЦЕРНЫ

*Дмитрий Сергеевич Тарабрин*¹, *Евгений Николаевич Шебалин*²,
*Вячеслав Анатольевич Гулевский*³

^{1,2} *Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, п. ВНИИСС,
Воронежская область, Российская Федерация*

³ *Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
г. Воронеж, Российская Федерация*

³gulevsky_va@inbox.ru

Автор, ответственный за переписку: Вячеслав Анатольевич Гулевский, gulevsky_va@inbox.ru
Corresponding author: Vyacheslav Gulevsky, gulevsky_va@inbox.ru

Реферат. Несмотря на высокую эффективность химических препаратов против сорняков, эту борьбу начинают с подготовки посевного материала на семяочистительных линиях. Проблемой в очистке семян сельскохозяйственных культур является выделение семян повилики при подготовке посевного материала люцерны. Очистка люцерны трудоёмкий процесс за счёт сложной структуры комбайнового вороха. В этой связи актуальна разработка технологической схемы очистки вороха люцерны, которая позволит эффективно выделять семена повилики наравне с другими примесями. При разработке технологической схемы очистки люцерны определены параметры исходного вороха и его компонентов. При определении состава вороха люцерны было установлено, что он состоит на 40-60 % из органических примесей, 10 % щуплых семян и до 10 % вороха – необмолоченные бобы, а самих семян люцерны в исходном ворохе обычно не более 30 % от всей массы. Определено, что семена сорняков составляют меньше 1 % исходной массы, тем не менее в ворохе содержалось 0,02 % семян повилики. На лабораторных ситах со целевыми просечками и круглыми отверстиями определены размерные характеристики компонентов. На парусном классификаторе были установлены распределения компонентов по критической скорости витания. Полученные данные позволили разработать технологическую схему очистки семян люцерны, позволяющую эффективно удалять семена повилики при минимальных потерях. С использованием того же оборудования в лабораторных условиях провели проверку предлагаемой схемы очистки люцерны, которая показала, что, комбинируя аспирационную и решетную очистки, можно добиться 99,45 % чистоты семян, при потерях не более 1 %, повилики в конечном материале обнаружено не было.

Ключевые слова: семена, люцерна, повилика, очистка семян, семена сорняков, технология очистки люцерны.

DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGICAL SCHEME AND JUSTIFICATION OF ALFALFA SEED CLEANING PARAMETERS

*Dmitry Tarabrin*¹, *Evgeny Shebalin*², *Vyacheslav Gulevsky*³

^{1,2} *All Russian Research Institute of Plant Protection, VNIISS, Voronezh, Russian Federation*

³ *Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh, Russian Federation*

³gulevsky_va@inbox.ru

Abstract. Despite the high effectiveness of chemical preparations against weeds, this fight begins with the preparation of seed material on seed cleaning lines. An urgent problem in cleaning crop seeds is the isolation of dodder seeds in the preparation of alfalfa seeds. Alfalfa cleaning is a time-consuming process in itself, due to the complex structure of the combine heap. In this regard, it is important to

develop a technological scheme for cleaning the alfalfa heap, which will allow you to effectively separate dodder seeds on a par with other impurities. When developing the technological scheme for alfalfa purification, the parameters of the initial heap and its components were determined. When determining the composition of the alfalfa heap, it was found that the alfalfa heap consists of 40-60% of organic impurities, 10% of puny seeds, and up to 10% of the heap consists of unthreshed beans, and the alfalfa seeds themselves in the initial heap are usually no more than 30% of the total weight, it was also determined that weed seeds make up less than 1% of the original weight, nevertheless, the heap contained 0.02% of dodder seeds. On laboratory screens with slotted notches and round holes, the dimensional characteristics of the components are determined. On the sail classifier, the distributions of the components according to the critical speed of vinow were established. The data obtained made it possible to develop a technological scheme for cleaning alfalfa seeds, which allows you to effectively remove dodder seeds with minimal losses. Using the same equipment in laboratory conditions, the proposed alfalfa cleaning scheme was tested, which showed that by combining aspiration and sieve cleaning, it is possible to achieve 99.45% purity of seeds, with losses of no more than 1%, dodder was not found in the final material.

Keywords: seeds, alfalfa, dodder, seed cleaning, weed seeds, alfalfa cleaning technology.

Для цитирования: Тарабрин Д.С., Шебалин Е.Н., Гулевский В.А. Разработка технологической схемы и обоснование параметров очистки семян люцерны // Наука в Центральной России Science in the Central Russia. 2024. Т. 71, № 5. С. 17-25. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-5-17-25>.

For citation: Tarabrin D., Shebalin E., Gulevsky V. Development of a thecnological scheme and justification of parameters for cleaning alfalfa seeds. *Nauka v central'noj Rossii = Science in the Central Russia*: 2024; 71(5): 17-25. (In Russ.) <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-5-17-25>.

Введение. Развитие агропромышленного комплекса в условиях борьбы на мировом рынке и с учётом оказываемого давления со стороны западных стран в настоящее время обуславливается стремительным импортозамещением основного сырья и материалов. Не исключением стали и семена сельскохозяйственных культур, до недавнего времени количество импортных, по некоторым культурам, достигало 90 % и выше.

Неотъемлемой частью производства посевного и посадочного материала является послеуборочная обработка урожая семян. Важно обеспечить высокую степень очистки семян на стадии послеуборочной обработки, свыше 96 %, и удалить органические и минеральные примеси [5]. Наличие семян сорняков при посеве культурных растений неизбежно приводит к засорению посевов сорняками и снижению урожайности. В связи с этим важно удалить семена сорняков, особенно опасных, содержание которых регламентируется в шт./кг семенного материала [3], при этом для производителей важным аспектом являются потери качественных семян. При подготовке качественных семян, важно, чтобы в ворохе содержалось как можно меньше поврежденных семян основной культуры, так как их наличие в посевном материале может привести к снижению посевных качеств, а в самих поврежденных семенах неизбежно начнут развиваться микроорганизмы, которые могут привести к порче всей партии семян [1, 4, 7].

Наиболее сложными в обработке являются семена мелкосемянных культур, что обусловлено свойствами самих семян и содержащихся в ворохе засорителей [2]. Для вороха мелкосемянных культур характерно содержание трудноотделимых примесей, в качестве которых нередко выступают семена сорняков. Одной из наиболее востребованной мелкосемянной культурой в РФ является люцерна, зеленая масса которой широко применяется в кормовых целях для различных видов сельскохозяйственных животных.

Для семян люцерны одним из наиболее опасных трудноотделимых засорителей считается повилика, которая, в свою очередь внесена в перечень карантинных сорняков. Очистка семян люцерны – трудоёмкий процесс, за счёт сложной структуры комбайнового вороха, который содержит большое количество разных компонентов. В этой связи актуальна разработка технологической схемы послеуборочной обработки семенного вороха люцерны, которая позволит эффективно выделять семена повилики наравне с другими примесями.

Исследования работы действующих и перспективных семяочистительных линий показали, что при послеуборочной обработке вороха люцерны, в зависимости от технологического оборудования, при достижении чистоты семенного материала 94-98 % потери семян могут достигать 50 %, а с учётом рыночной стоимости это значительные убытки для семенного хозяйства. Исходя из анализа работы действующих технологий очистки семян люцерны, при разработке новой технологической схемы комбайновый ворох, поступающий на очистку, был всесторонне изучен, кроме того, принимались в расчет свойства всех компонентов исходного вороха. Основываясь на результатах исследований, мы разработали технологическую схему, позволяющую добиться высокой степени очистки семян люцерны при минимальных потерях качественных семян.

Проведенные ранее исследования показали, что комбайновый ворох люцерны на 60 % и более состоит из органических примесей, 10 % щуплые семена и необмолоченные бобы, а самих семян люцерны в исходном ворохе обычно не более 30 % от общей массы. Несмотря на низкое содержание семян сорняков, менее 1 %, разбор навесок показал наличие от 0,003 до 0,02 % семян карантинного сорняка повилики. Исходя из анализа состава исходного вороха были выделены 3 основные группы засорителей: органические примеси; семена повилики; семена сорняков [6].

В результате изучения компонентов вороха важно выделить присутствие необмолоченных бобов, которые содержат крупные семена люцерны. Мы установили, что в необмолоченных бобах содержится до 10 % крупных семян, которые при сортировке в основном удаляются в отходы.

Изучение литературных источников и опыта производства мелкосемянных культур привело нас к выводу, что для подготовки посевного материала в неспециализированных предприятиях зачастую используют те же технологии очистки, что и для зерновых и зернобобовых культур, меняя лишь параметры машин.

Материал и методика. Для определения оптимальной последовательности операций и режимов работы рабочих органов семяочистительных машин предварительно были определены физикомеханические свойства исходного вороха люцерны.

Определение скоростей витания компонентов вороха проводили на парусном классификаторе с вертикальным аспирационным каналом круглого сечения. В канал загружали образец вороха и постепенно увеличивали скорость воздуха в канале, контролируя прибором Testo-435 с трубкой пито. Вынесенные компоненты в осадочную камеру взвешивались и результаты заносились в таблицы в соответствии с зарегистрированной скоростью воздушного потока.

Распределение компонентов по размерам (ширине и толщине) определяли с помощью набора лабораторных сит с круглыми и щелевыми отверстиями, которые устанавливали на лабораторный рассев РЛ-1. Для этого устанавливали набор сит с одним типом отверстий в колонну с верха вниз от большего размера к меньшему. Далее на верхнее сито высыпали исследуемый образец вороха и закрывали крышкой, после чего запускали механизм круговых колебаний на лабораторном расसेве. По прошествии времени, установленном согласно инструкции эксплуатации РЛ-1, взвешивали компоненты с каждого сита и заносили в таблицу результатов.

На основании анализа полученных характеристик компонентов комбайнового вороха была предложена схема очистки семян люцерны с возможностью удаления семян повилики (рисунок 1).

Учитывая выводы, сделанные при изучении состава и физико-механических свойств исходного вороха, а также исследования технологического процесса подготовки семян люцерны нами разработана схема очистки семян люцерны, которая позволит добиться наилучших показателей чистоты с учётом наличия семян повилики в обрабатываемом материале, а также сохранить посевные качества семян, избежав травмирования их рабочими органами домолачивающих машин, при минимальных потерях целыми семенами (в т. ч. мелкими и щуплыми).

Исходя из состава комбайнового вороха, очистку семян люцерны начинали с разделения массы на 2 фракции. Лабораторные исследования комбайнового вороха позволили определить, что предварительное разделение поступающего вороха на фракции щелевым ситом с шириной щели равной 1, 4 мм позволяет выделить до 90 % необмолоченных бобов, находящихся в первоначальном ворохе. Крупная фракция (сход) с большим содержанием невымолоченных бобов направляется в устройство для вытирания семян из бобов (например, клеверотерку) после чего

масса направляется на вторичную очистку. Мелкая фракция (проход) отправляется напрямую на вторичную очистку, минуя клеверотерку, что позволит снизить массовое травмирование качественных крупных семян.

Далее две фракции одновременно поступают на предварительную аспирационную очистку, которая выполнена в виде вертикального пневмосепарирующего канала. Для предварительной аспирации скорость воздушного потока в зоне сепарации должна быть равна 3,5 м/с, в таком случае из массы выделяется большая часть легковесных примесей, а после разрушения крупных органических примесей – это часть составляет более 50 % массы всех растительных остатков.

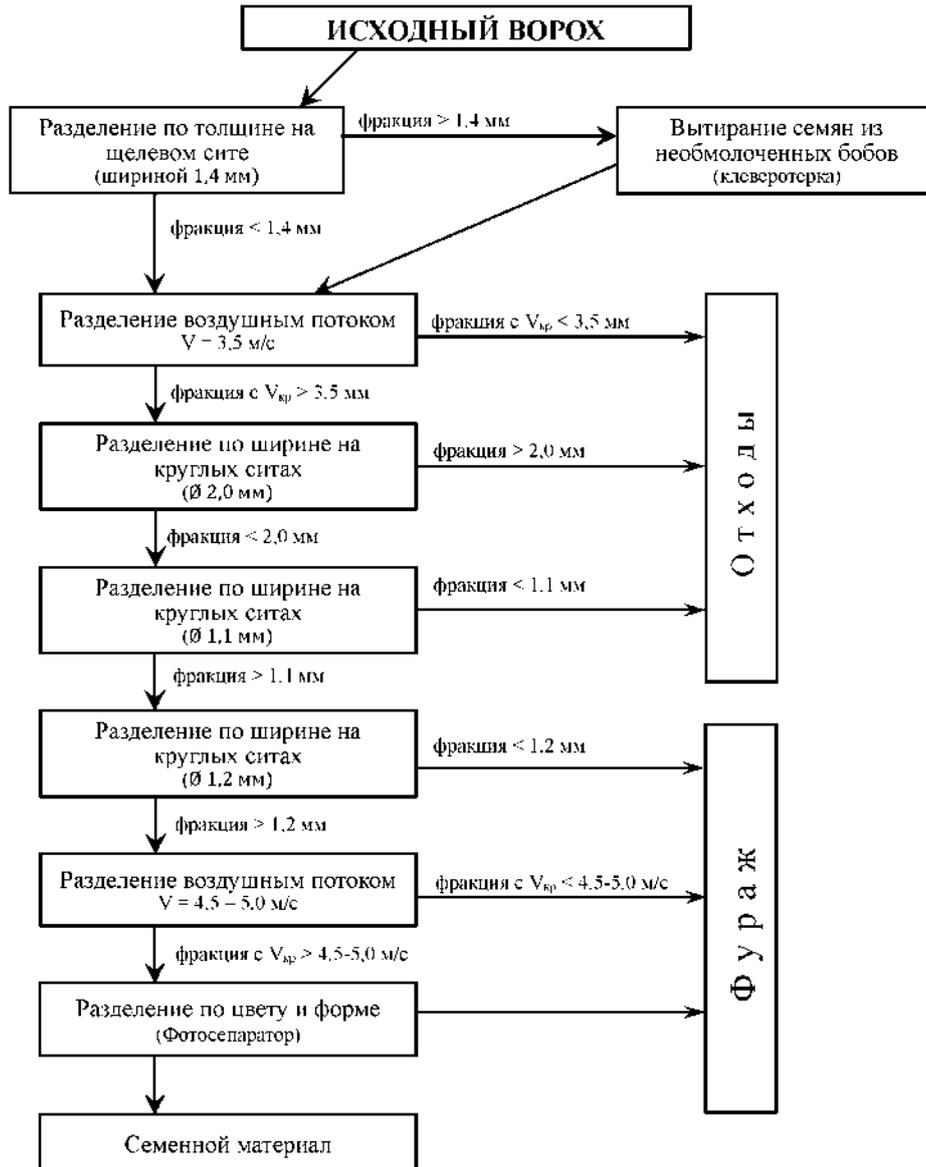


Рисунок 1 – Технологическая схема очистки семян люцерны

После очистки воздушным потоком ворох направляется на решетную очистку, где делиться по ширине на колосовом сите с круглыми отверстиями диаметром 2,0 мм. Крупные примеси сходом с этого сита направляются в отход, так же с минимальными потерями свободными семенами. Далее

масса, прошедшая сквозь отверстия колосового сита, попадает на подсеивное сито с круглыми отверстиями, где из смеси проходом выделяются мелкие примеси, по толщине менее 1,1 мм. В отход на этом сите выделяются в основном минеральные и органические засорители, в том числе и семена сорняков.

Для более полного выделения семян повилки и прочих семян сорняков, обрабатываемый ворох направляется на сортировальное сито, с круглыми отверстиями размером 1,2 мм, сквозь такое сито просеиваются оставшиеся семена сорняков, в т. ч. семена повилки полевой, вместе с незначительной частью мелких семян люцерны, с низкой массой 1000 шт. (не более 1,3 грамма) и собираются как фуражная фракция.

Сходом с сортировального сита семена направляются в вертикальный пневмоканал послерешетной очистки, где воздушным потоком со скоростью 4,5-5,0 м/с из массы удаляются оставшиеся примеси, такие как семена сорняков, органические включения, поврежденные и невызревшие семена люцерны, которые также собираются в фуражную фракцию.

Для достижения наименьшей вероятности содержания семян повилки в итоговом посевном материале люцерны, семенной ворох направляется на окончательную сортировку фотосепаратором. Выбракованные семена люцерны вместе с засорителями также собираются в фураж. Очищенные семена направляются на дальнейшие операции, протравка, затаривание и хранение в зависимости от технологии производства.

Лабораторные испытания разработанной схемы проводились сотрудниками лаборатории механизации ФГБНУ «ВНИИЗР» при использовании оборудования лаборатории кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ».

Для проверки разделения компонентов на ситах по исследуемой схеме отобранные сита с необходимыми размерами, разделение компонентов на них осуществлялось за счёт круговых колебаний, создаваемых рассевом лабораторным РЛ-1.

Разделение по аэродинамическому параметру – скорость витания ($V_{кр}$) осуществлялось на парусном классификаторе с вертикальным аспирационным каналом.

Измерение и контроль скорости воздушного потока осуществляли прибором Testo-435, с помощью трубки Пито.

Навеску с исходным ворохом загрузили на лабораторное сито с щелями толщиной 1,4 мм, сито в свою очередь установлено на поддон. Далее, закрыв крышкой лабораторное сито сверху, устанавливали на рабочую поверхность рассева лабораторного и запускали его на 30 секунд. По истечению времени работа рассева останавливалась. Ворох, оставшийся на сите, взвешивался и высыпался в отдельный контейнер для дальнейшей обработки. Прошедшая сквозь сито масса помещалась на сетку, закрепленную в обечайку, и загружалась в аспирационный канал парусного классификатора. Далее, запустив вентилятор классификатора плавно устанавливали скорость воздушного потока равную 3,5 м/с так же на 30 секунд, после чего останавливали классификатор. Вынесенные в осадочную камеру компоненты вороха взвешивали и высыпали в отдельный пакет, для последующего разбора и анализа. Оставшуюся на сетке обечайки часть вороха далее высыпали на сито с круглыми отверстиями, диаметром 2,0 мм и аналогично разделяли на лабораторном рассеве. Компоненты, не прошедшие сквозь сито, взвешивались и также упаковывались отдельно. Массу из поддона засыпали на следующее сито с круглыми отверстиями размером 1,1 мм и снова подвергали воздействию круговыми колебаниями. Пыль и прочие мелкие примеси, которые просеялись через отверстия данного сита, взвешивали и упаковывали отдельно. Семена с небольшой примесью различных засорителей, оставшихся на сите, пересыпали в последнее лабораторное сито с отверстиями диаметром 1,2 мм. Просеянные мелкие семена с мелкогабаритными примесями взвешивались и упаковывались для исследования. После решетной очистки люцерны с последнего сита снова загружалась на сетку в обечайку и помещалась в пневмоканал парусного классификатора. Далее в аспирационной трубе устанавливалась скорость воздуха 4,5-5 м/с на 30 секунд. После этого, классификатор отключали и взвешивали по отдельности вынесенную и оставшуюся массы, после чего образцы запаковывались.

Все отобранные и упакованные образцы были промаркированы. Вес выделенных образцов после каждой операции был занесен в таблицу. После разделения исходного вороха по

разработанной схеме и выделения из него семян люцерны, все полученные образцы в лаборатории механизации защиты растений ФГБНУ «ВНИИЗР» были проанализированы.

Результаты исследований. При анализе физико-механических свойств семян люцерны и выделенных засорителей были получены графики и гистограммы, характеризующие распределение компонентов по толщине, ширине и скорости витания. Определение характеристик компонентов исходной смеси позволило установить оптимальные параметры сортировки люцерны. Так, около 50 % массы составляют компоненты с толщиной более 1,4 мм и представляют они исключительно органические примеси – 45 % и необмолоченные бобы – 5 % (рисунок 2).

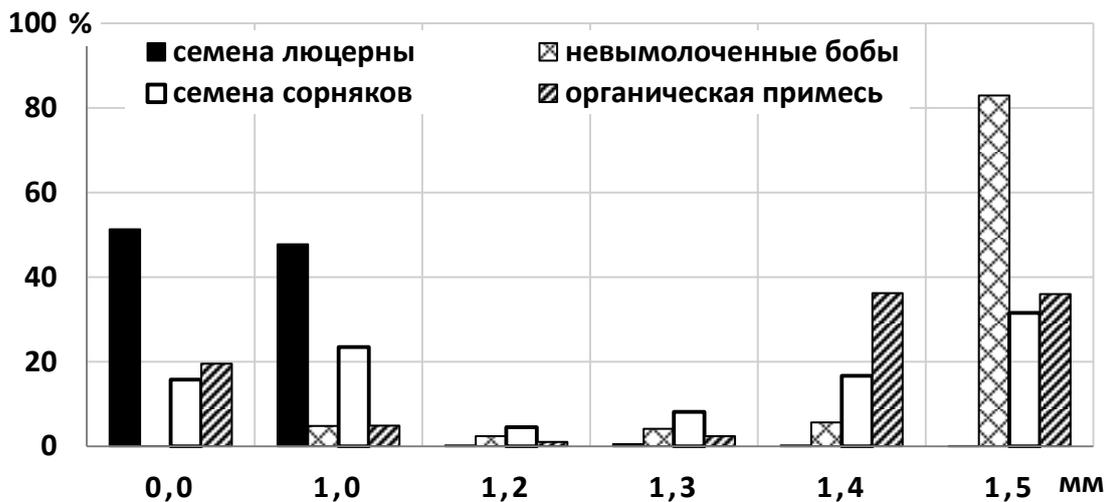


Рисунок 2 – Распределение компонентов на щелевых ситах

Остальные органические примеси, которые имеют толщину сравнимую с бобами люцерны, легко выделяются воздушным потоком скоростью от 3,5 до 4 м/с (рисунок 3). Так же определены параметры семян повилики, а именно установлено, что семена повилики имеют ширину менее 1,2 мм и более 0,8 мм, так же скорость витания семян повилики полевой составила от 4,5 до 6 м/с (рисунок 4).

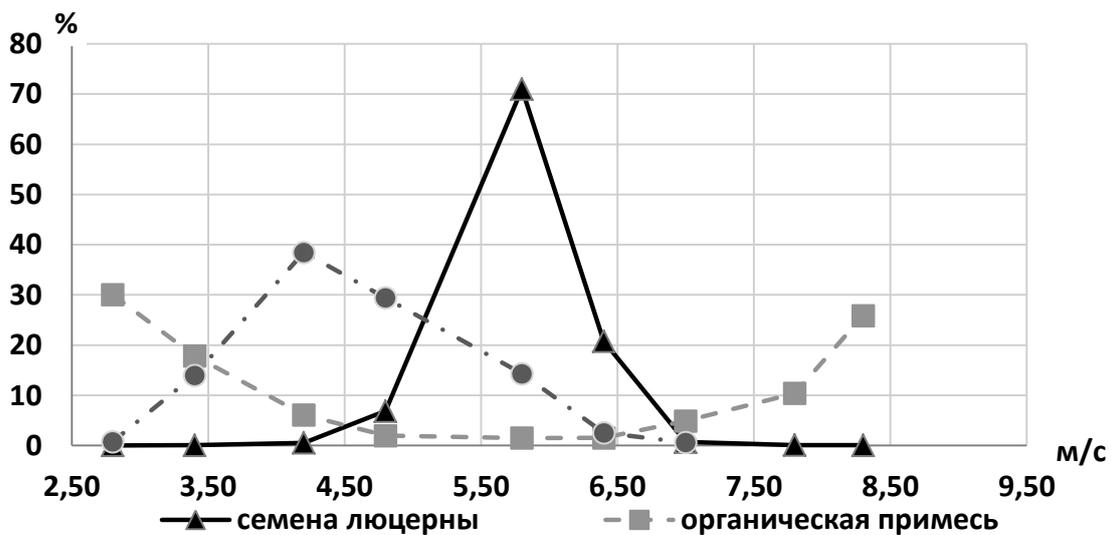


Рисунок 3 – Распределение компонентов по скорости витания

По своим физико-механическим свойствам повилика сопоставима с исследуемыми семенами люцерны, которые имели следующие параметры: ширину от 1 до 1,7 мм, а критическую скорость витания от 4,5 до 6,5 м/с (рисунок 4 и 5).

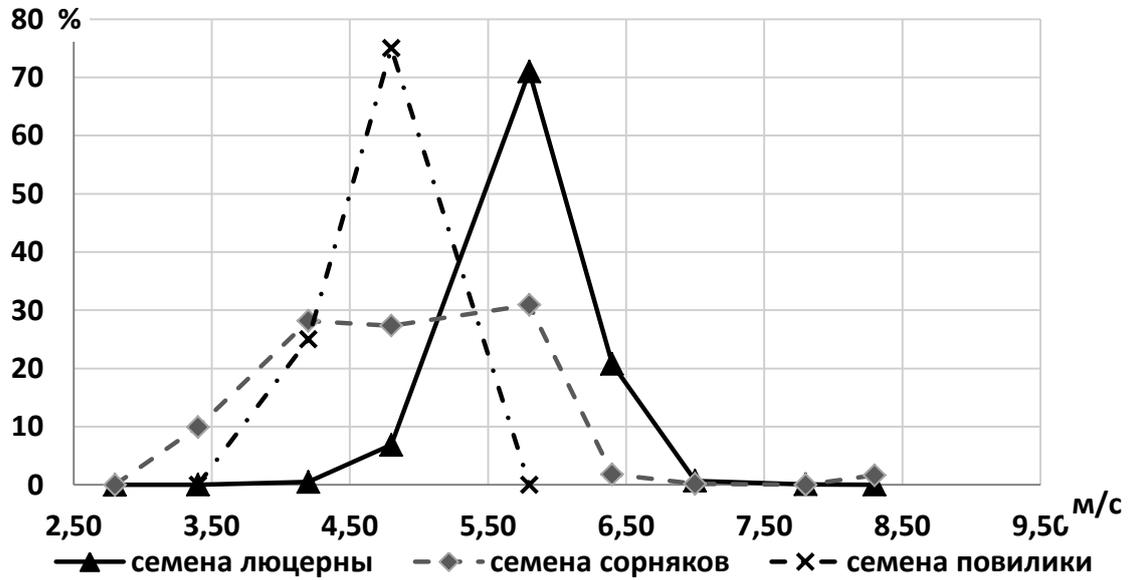


Рисунок 4 – Распределение компонентов по скорости витания

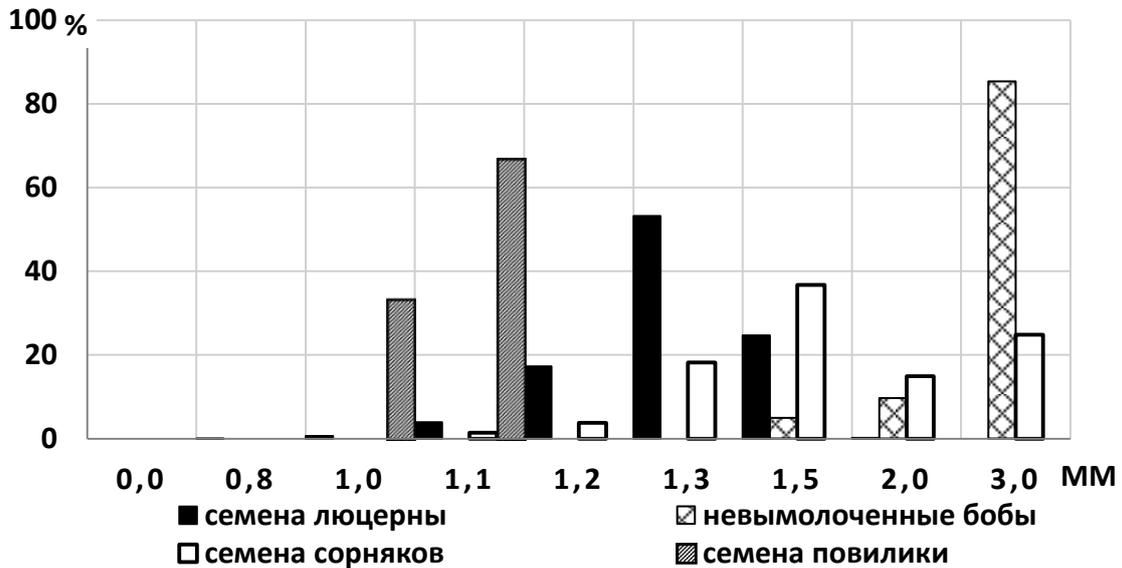


Рисунок 5 – Распределение компонентов на ситах с круглыми отверстиями

Кроме семян повилики в образцах исходного вороха мы обнаружили семена еще других видов сорняков схожих по параметрам с семенами люцерны, такие как куколь, щирица, щетинник и другие.

В результате лабораторных испытаний разрабатываемой схемы очистки люцерны мы установили, что при фракционировании исследуемого вороха более 41,6 % массы выделяется на щелевом сите 1,4 мм и направляется клеверотерку, где семена люцерны выделяются из необмолоченных бобиков. В канале предварительной аспирации в отход выделяется 32,15 % вороха. С учётом массы, пропущенной через клеверотерку 31,4 % выделяется сходом на

колосовом сите диаметром 2 мм. Итого 63,5 % вороха выделяется в отход. Далее, на подсевном и сортировальном ситах размерами 1,1 и 1,2 мм соответственно, семена люцерны очищаются от семян сорняков и мелких примесей, где выделяется около 1 % массы, но в отход уходит основная масса семян сорняков, в том числе и повилики. В канале послерешетной аспирации воздушным потоком со скоростью 4,5-5,0 м/с выносятся 6,75 % массы, это оставшиеся семена сорняков, легковесные примеси и щуплые семена. Очищенный материал составляет 27,64 %, где семена люцерны имеют среднюю массу 1000 шт. равную 2,05 г.

Для достоверности оценки эффективности предложенной схемы нами были определены такие параметры обработанных семян до подачи на фотосепаратор, как чистота семян, полнота выделения примесей и потери качественных семян.

Чистота обработанных семян в итоге составила 99,45 %, а полнота выделения примесей по этой схеме достигает 99,2 %. В очищенных семенах содержится всего 0,05 % семян сорняков (повилики не обнаружили), 0,27 % составляют примеси минеральные и органические, а щуплых семян содержится 0,23 %. Такие показатели, при необходимости, позволяют направить эти семена на доочистку на фотосепаратор, для достижения показателя чистоты 99,99 %.

Потери качественных семян люцерны при очистке семян по такой схеме не превышают 4 %. Основная часть выделенных семян в потери, около 2,62 %, приходится на работу фотосепаратора, что обусловлено условием работы пневматических форсунок и инерцией семян. При этом повторный пропуск выбракованного материала позволит снизить такие потери до минимума. Суммарные потери на воздушно-решетной очистке не превысили 1 % при чистоте семян 99,45 %.

Выводы. Разработанная схема очистки семян люцерны позволяет добиться чистоты материала 99,45 % без использования специальных машин. Предлагаемая технологическая схема основана на машинах и технологиях, которые применяются в большинстве современных хозяйствах. Применение клеверотерки в схеме очистки обеспечивает снижение потерь качественными семенами до уровня 1 %. Однако для гарантированного удаления семян повилики и прочих сорняков необходимо использовать современный фотосепаратор в качестве машины конечной очистки. По результатам исследований определено, что благодаря использованию фотосепаратора в схеме очистки вороха чистота семян люцерны составила 99,99 %, при потерях качественными семенами не более 4%. В свою очередь применение предлагаемой технологической схемы позволяет получать качественные семена люцерны, свободные от семян сорняков, что позволит снизить засоренность полей, а также распространение карантинного сорняка повилики.

Список источников

1. Баскаков, И.В. Влияние озонной обработки на вредителей зерна / И.В. Баскаков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 12, № 3 (62). – С. 41-46.
2. Гиевский, А.М. Обоснование размеров осадочных камер двухаспирационной пневмосистемы зерноочистительной машины / А.М. Гиевский [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – Вып. 4 (51). – С.87-95.
3. ГОСТ Р 52325-2005 Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия. – Введ. 2005-03-23. – М.: Гостандарт России: Изд-во стандартов, 2009. – 22 с.
4. Орбинский, В.И. Снижение травмирования зерна при уборке: монография / В.И. Орбинский, И.В. Баскаков, А.В. Чернышов // ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – Воронеж, 2017. – 161 с.
5. Тарасенко, А.П. Влияние схемы размещения решет в решётном стане на фракционирование зернового вороха / А.П. Тарасенко [и др.] // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 3. – С. 32-34.
6. Тарабрин, Д.С. Определение параметров очистки семян люцерны / Д.С. Тарабрин, Е.Н. Шебалин, В.А. Гулевский // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства. – Сборник научных докладов XXII Международной научно-практической конференции. – Тамбов, 2023. – С. 28-33.

7. Чернышов, А.В. Повышение эффективности подготовки товарного и семенного зерна на решётных станах зерноочистительных машин: монография / А.В. Чернышов, А.М. Гиевский. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. – 159 с.

References

1. Baskakov, I.V. Influence of ozone treatment on grain pests / I.V. Baskakov // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. – 2019. – Т. 12, No 3 (62). – P. 41-46. [in Russian]
2. Gievsky, A.M. Substantiation of the size of sedimentary chambers of a two-aspiration pneumatic system of a grain cleaning machine / A.M. Gievsky [i dr.] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – Vol. 4 (51). – P.87-95. [in Russian]
3. GOST R 52325-2005. Seeds of agricultural plants. Varietal and sowing qualities. General specifications. – Introduced. 2005-03-23. / Moscow: Gostandart Rossii: Standards Publishing House, 2009. – 22 p. [in Russian]
4. Orobinskiy, V.I., Reducing grain injury during harvesting: monograph / V.I. Orobinskiy, I.V. Baskakov, A.V. Chernyshov // Voronezh State Agrarian University. – Voronezh, 2017. – 161 p. [in Russian]
5. Tarasenko, A.P. Influence of the sieve placement scheme in a lattice mill on the fractionation of grain heap / A.P. Tarasenko [i dr.] // Tekhnika v sel'skokhozyaistvo. – 2006. – № 3. – P. 32-34. [in Russian]
6. Tarabrin, D.S. Determination of alfalfa seed purification parameters / D.S. Tarabrin, E. N. Shebalin, V. A. Gulevsky // Improving the efficiency of resource use in agricultural production – new technologies and equipment of a new generation for crop production and animal husbandry. – Collection of scientific reports of the XXII International Scientific and Practical Conference. – Tambov, 2023. – pp. 28-33. [in Russian]
7. Chernyshov, A.V., Improving the Efficiency of Preparation of Commodity and Seed Grain at Grid Mills of Grain Cleaning Machines: Monograph / A.V. Chernyshov, A.M. Gievskiy – Voronezh: Voronezh State Agrarian University, 2018. – 159 p. [in Russian].

Информация об авторах

Д.С. Тарабрин - кандидат технических наук; Е.Н. Шебалин – научный сотрудник; В.А. Гулевский – доктор технических наук.

Information about the authors

D. Tarabrin - Candidate of Technical Sciences; E. Shebalin – Senior Researcher, V. Gulevsky - Doctor of technical sciences.

Вклад авторов все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию (Received): 20.08.2024 Принята к публикации (Accepted): 14.10.2024