

Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 2 (42). С. 43-52

Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2022; (2-42): 43-52

Научная статья

УДК 633.853.494

Код ВАК 4.3.1.

DOI: 10.52463/22274227_2022_42_43

EDN: GANBWU

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ГИСТОГРАММЫ ДАЛЬНОСТИ ОТСКОКА ОТ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СЕМЯН РАПСА И СОРНЯКОВ

Дмитрий Владимирович Лопарев^{1✉}¹Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева, Курган, Россия¹kshapgs@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0476-4924>

Аннотация. Применение устаревшей техники и технологий, изношенный парк зерноочистительных машин, а также невозможность быстрой замены оборудования на новое из-за дороговизны является основной причиной несвоевременной и некачественной послеуборочной обработки зернового вороха, что приводит к потере выращенного урожая от 15 до 30%. Для снижения потерь необходимо искать новые технологии, которые позволят уменьшить количество операций и повторных пропусков зерна через машины. Данная работа направлена на разработку технологий и создания технических средств, которые обеспечат высокое качество предварительной и первичной очистки зернового вороха масличных семян рапса при минимальных затратах. Проведя анализ тенденции развития зерноочистительной техники, можно сделать вывод о том, что её качественно новый и недорогой уровень возможен методом сепарации зернового вороха по упругим свойствам. Сепараторы по упругим свойствам являются наиболее перспективными, недорогими, требуют минимальных затрат энергии, они просты и надёжны по конструкции, способны эффективно работать и отвечать требованиям послеуборочной обработки зерна. **Цель исследования** – изучение процесса сепарации по упругим свойствам, установление закономерности взаимодействия семян

рапса и сорняков с отражательной поверхностью. **Методика** – исследование закономерности взаимодействия различных семян с отражательной поверхностью при косом ударе. Для изучения дальности отскока и пятна разброса масличных культур и основных засорителей изготовлена лабораторная установка. **Результаты.** Экспериментальные исследования позволили построить вариационные ряды дальности отскока семян и гистограммы распределения семян рапса, льна, ежовника обыкновенного, вьюнка полевого, щирицы обыкновенной, круглеца метельчатого. Определена их средняя арифметическая величина отскока и коэффициент восстановления скорости. **Научная новизна.** Предложенный подход и методика позволяют исследовать упругие свойства семян масличных культур и основных их засорителей. Установлены параметры, подтверждающие возможность выделения из семян рапса большей части трудноотделимых семян сорных растений.

Ключевые слова: рапс, очистка, сортировка, послеуборочная обработка.

Для цитирования: Лопарев Д.В. Экспериментальные гистограммы дальности отскока от отражательной поверхности семян рапса и сорняков // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 2 (42). С. 43-52. https://doi.org/10.52463/22274227_2022_42_43

Scientific article

EXPERIMENTAL HISTOGRAMS OF SPRINGBACK RANGE FROM THE REFLECTION SURFACE OF RAPESEED AND WEED

Dmitry V. Loparev^{1✉}¹Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, Kurgan, Russia¹kshapgs@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0476-4924>

Abstract. The use of outdated equipment and technologies, a worn-out fleet of grain cleaning machines, as well as the inability to replace equipment quickly with new one due to the high cost, is the main reason for the untimely and poor-quality post-harvest treatment of grain heap, which leads to a loss of the grown crop from 15 to 30%. To reduce losses it is necessary to look for the new technologies that will reduce the number of operations and repeated grain passes through the machines. This work is aimed at developing technologies and creating technical means that will ensure high quality of preliminary and primary cleaning of the grain heap of oilseed rape seeds at minimal cost. After analyzing the trend in the development of grain cleaning equipment we can draw the following conclusion that its qualitatively new and inexpensive level is possible by the method of separation of grain graff by the elastic properties. Separators by the elastic properties are the most promising, not expensive, require minimal energy consumption, they are simple and reliable in design. They are able to work efficiently and meet the requirements of post-harvest grain processing. **The purpose of the study** is to study the separation process by the elastic properties, establish the regularity of the interaction of rapeseed and weeds with the re-

fective surface. **The technique** is the study of the interaction pattern of various seeds with the reflective surface during oblique impact. To study the springback range of rebound and the spot of dispersion of oilseeds and main cloggers, a laboratory installation was made. **Results.** Experimental studies have made it possible to construct variational series of the seed rebound range and histograms of the distribution of seeds of rapeseed, flax, common blackberry, field bindweed, common pigweed, *neslia paniculata*. Their arithmetic mean value of the rebound and the coefficient of speed recovery are determined. **Scientific novelty.** The proposed approach and methodology allow us to study the elastic properties of oilseeds and their main weeds. The parameters confirming the possibility of isolating most of the hard-to-separate weed seeds from rapeseed have been established.

Keywords: rapeseed, cleaning, sorting, post-harvest processing.

For citation: Loparev D.V. Experimental histograms of springback range from the reflection surface of rapeseed and weed. Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2022; (2-42): 43-52. https://doi.org/10.52463/22274227_2022_42_43 (In Russ).

Введение. Переход к рыночным условиям торговли, вступление Российской Федерации во Всемирную торговую организацию, а также отказ от импорта растительных масел с территории ряда стран положительно сказались на состоянии рынка масложировых продуктов. В России образовалась огромная ниша, которую необходимо заполнить отечественным производителям. Среди масличных культур рапс занимает пятое место в мире [1].

Перспектива экспортного потенциала в Курганской области видится в увеличении объема производства масличных культур. По экспорту масличных культур регион работает с азиатскими странами, планируются поставки рапсового масла в Объединенные Арабские Эмираты и европейские страны, в частности Польшу.

Наибольший интерес в Курганской области с учетом климатических условий для регионов Уральского федерального округа представляет масличная культура рапс. По итоговым данным Росстата по России посевные площади рапса за последние 20 лет увеличились в 10 раз. Рапс на данный момент является одной из ведущих культур мирового земледелия. Производство рапса возросло и в Курганской области, общие посевные площади составляют 2,1 % от общего объема посевных площадей рапса в России [1].

Важным этапом в производстве рапса является послеуборочная обработка зерна. Около 10% от себестоимости производства рапса составляет очистка и сортирование. Некачественное выполнение операций послеуборочной обработки приводит к значительным потерям урожая и снижению его качества [2]. Для разработки эффективной технологии необходимо изучение физико-механических особенностей районированных сортов рапса. Объектом исследования стали семена рапса, возделываемые в Курганской области, урожая 2021 г. и сопутствующие трудноотделимые примеси.

Зерноочистительная техника для послеуборочной обработки позволяет провести очистку и сортировку рапса, но применяемые схемы и традиционный набор рабочих органов зерноочистительных агрегатов не обеспечивает требуемого качества при выделении семян сорняков, физико-механические свойства которых мало отличаются от свойств семян рапса [3, 4, 5].

По данным Курганской областной станции защиты растений, на основании сводной ведомости обследования засоренности сельскохозяйственных культур по состоянию на июль

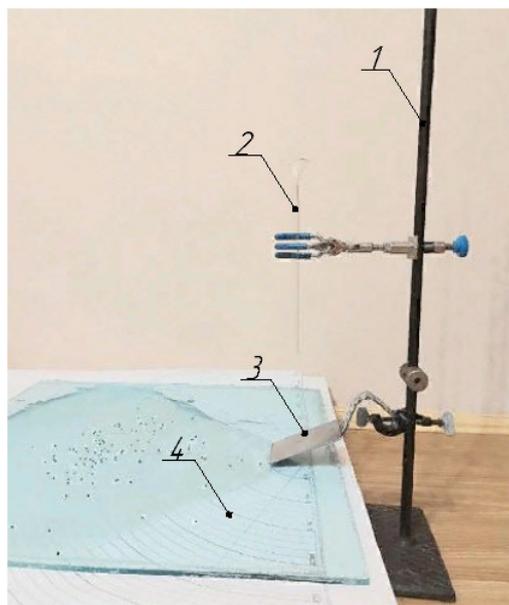
2021 г., в Курганской области сорными растениями рапса являются ежовник обыкновенный, вьюнок полевой, щирица обыкновенная, круглец метельчатый и др. Выделение таких примесей по традиционной схеме возможно при значительных потерях основной культуры или совсем невозможно. Качественная очистка требует использования новой технической базы, основанной на применении рабочих органов с учетом признаков делимости характерных для трудноотделимых примесей. При выделении из семян рапса трудноотделимых примесей положительный результат возможен за счет включения в технологическую линию машин, способы очистки и сортирования которых основаны на различии состояния поверхности (горки, винтовые сепараторы, фрикционные триеры, электромагнитные очистительные машины), цвета (фотосепараторы) и упругости (отражательные столы) [6]. Такие машины не получили широкого распространения по причине сложности конструкции и сложности технической и технологической настройки, дороговизны, необходимости частого регламентного обслуживания и очистки оптических поверхностей [7].

Наиболее перспективным способом очистки семян рапса от трудноотделимых примесей представляется разделение по упругим свойствам. Рабочим органом при разделении по упругим свойствам является отражательная поверхность, на которую падают семена обрабатываемого материала. Эффективное применение данного способа зависит от различия значений коэффициента восстановления рапса и примесей. В результате косоугольного удара о поверхность в зависимости от упругих свойств семена отскакивают в приемники, находящиеся на различном удалении от отражательной поверхности [8, 9, 10].

Методика. Метод сепарации семян на отражательной поверхности, по мнению исследователей С.Д. Птицина, П.И. Рябова, Н.Ф. Попова и других ученых, правильнее называть сепарацией по комплексу физико-механических свойств, так как при ударе семян об отражательную поверхность шероховатость и упругость семян проявляются одновременно [11]. Дальность отскока семян от отражательной поверхности существенно зависит от угла её наклона к горизонту [12, 13]. Экспериментальным путем был установлен угол наклона отражательной поверхности к горизонту 22,5 градусов [8].

Для изучения процесса сепарации семян рапса по упругим свойствам от трудноотдели-

мых сорных растений изготовлена лабораторная установка (рисунок 1) для исследования процесса отскока семян от отражательной поверхности [8].



1 – штатив; 2 – трубка с воронкой; 3 – металлическая отражательная поверхность; 4 – приемная поверхность



Распределение семян ежовника обыкновенного (просо куриное) от отражательной поверхности

Рисунок 1 – Лабораторная установка для исследования процесса отскока семян от отражательной поверхности

Лабораторная установка позволяет исследовать дальность отскока и пятно разброса

масленичных культур и их основных засорителей. В качестве отражательной поверхности взята металлическая пластина толщиной 2 мм. Высота падения принята равной $H = 0,5$ метра. Угол наклона отражательной поверхности 22,5 градусов.

Для исследования процесса отскока семян лабораторные испытания проводили следующим образом. На отражательную поверхность через воронку трубки засыпали откалиброванные и высушенные до 8% семена рапса, льна и основных их засорителей. Семена культур падали на отражательную поверхность, в результате происходил косой удар семян об эту поверхность, и благодаря наличию упругих свойств, семена отскакивали от отражательной пластины и свободно отлетали на приемную пластину [8, 11, 13]. Пластина состоит из стеклянной поверхности с разметкой, на которую нанесен клейкий состав. Состав необходим для фиксации места приземления семян, предотвращения перекатывания и отскока зерна.

Лабораторные испытания проводили двумя способами. Первый способ: 10 штук семян каждой культуры бросали по одному на отражательную поверхность с высоты 0,5 метра. Опыты повторяли в пятикратной повторности. Второй способ: семена бросали равномерным непрерывным потоком в количестве 100 штук. Фиксировали дальность полёта каждого зерна и пятно разброса семян. Результаты отскока каждого зерна записывали в таблицу.

Из зернового вороха выбрали основные засорители, по атласу семян и плодов сорных растений определили их названия и краткое описание. На рисунках 2, 3, 4, 5 представлены их фотографии [14].



Рисунок 2 – Семена ежовника (просо куриное)



Рисунок 3 – Семена амаранта запрокинутого (щирица обыкновенная или колосистая)

Ежовник обыкновенный является однолетним растением. Форма зерна, заключенного в чешую, яйцевидно-эллиптическая. Данный вид сорных растений распространен почти во всех областях России, за исключением Крайнего Севера, а также встречается в 61 стране мира [14].

Щирица обыкновенная или колосистая. Семена имеют форму чечевицеобразную, округло-сдавленную, с гладкой, полированной и блестящей поверхностью. Семена сорных растений могут быть обнаружены в различных культурах, распространены в большей части на территории России, кроме Крайнего Севера [14].



Рисунок 4 – Семена ярового однолетника круглеца метельчатого

Круглец метельчатый относится к семейству капустных, как семена масличной культуры рапса. У данного растения мелкие яйцевидно-овальной формы семена. Засоряет посевы озимых и яровых зерновых культур [14].



Рисунок 5 – Семена вьюнка полевого (березки)

Вьюнок полевой (березка). Семена более или менее яйцевидные, трехгранные (двугранно-выпуклые), грани не равны между собой. Поверхность семян шероховато-морщинистая, имеет буро-коричневый окрас. Многолетнее растение широко распространено почти на всей территории России и в 44 странах [14].

Результаты. Результаты экспериментальных исследований занесены в таблицу. В качестве примера приведены вариационные ряды дальности отскока семян вьюнка полевого (таблица). По вариационным рядам построены гистограммы распределения семян, определена средняя арифметическая величина отскока ΔL и коэффициент восстановления скорости K .

Таблица – Вариационные ряды семян вьюнка полевого

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5.0	6.0	6.6	7.1	8.8	8.9	9.6	10.9	13.3	14.9
2	5.4	6.0	6.5	6.3	7.1	7.4	11.1	14.1	19.9	23.2
3	5.4	6.5	9.0	8.5	9.7	9.8	9.9	18.3	19.1	20.4
4	6.0	7.2	7.5	9.1	10.0	11.1	12.1	13.0	17.0	18.9
5	6.4	6.8	7.0	8.0	8.5	7.4	10.5	14.7	15.0	10.0

Многочисленные опыты показали, что вариационные ряды и соответственно гистограмма распределения не изменяется от способа эксперимента. Результаты опыта существенно не меняются от того, каким образом происходит бросание: по одному зерну или непрерывным потоком. Средняя арифметическая величина отскока получается одинаковая.

На рисунке 6 представлена гистограмма дальности отскока (L) семян ежовника обыкновенного (просо куриное) от отражательной поверхности при угле наклона 22,5 градуса и высоте падения 0,5 метра. Около одного про-

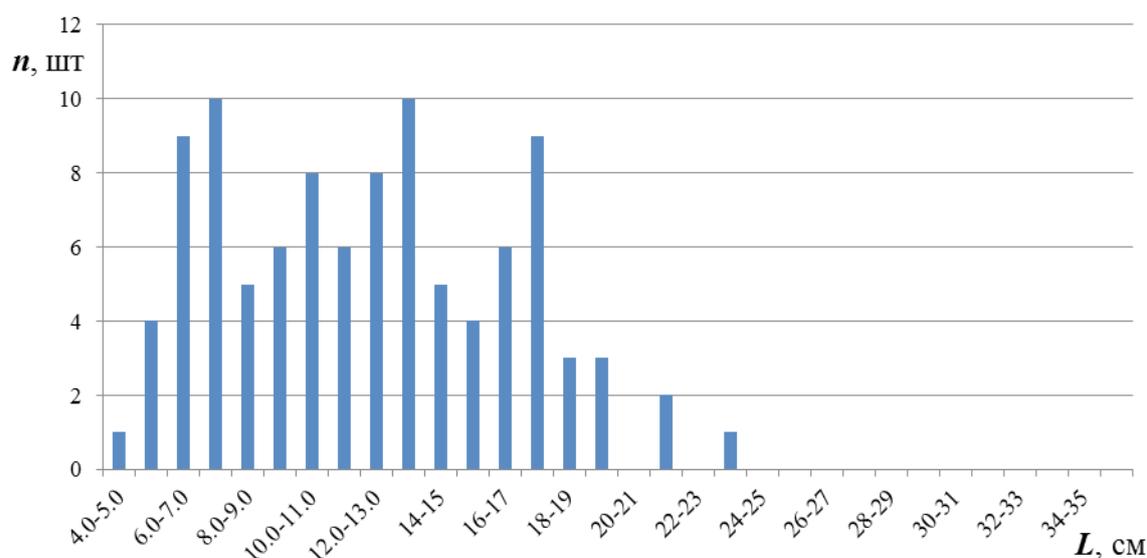


Рисунок 6 – Гистограмма дальности отскока семян ежовника обыкновенного (просо куриное) от отражательной поверхности

центра семян отскакивали на расстояние от 4 до 5 сантиметров. Такое же количество семян (n) отскакивало на максимальное расстояние, равное 23 сантиметрам. Основная часть семян ежовника отскакивает на расстояние от 7 до 18 сантиметров. В этот диапазон отскакивают око-

ло 85 % семян. Средняя дальность отскока ΔL составляет 12,1 см.

На рисунке 7 приведена гистограмма дальности отскока с семенами амаранта запрокинутого (щирца обыкновенная или колосистая).

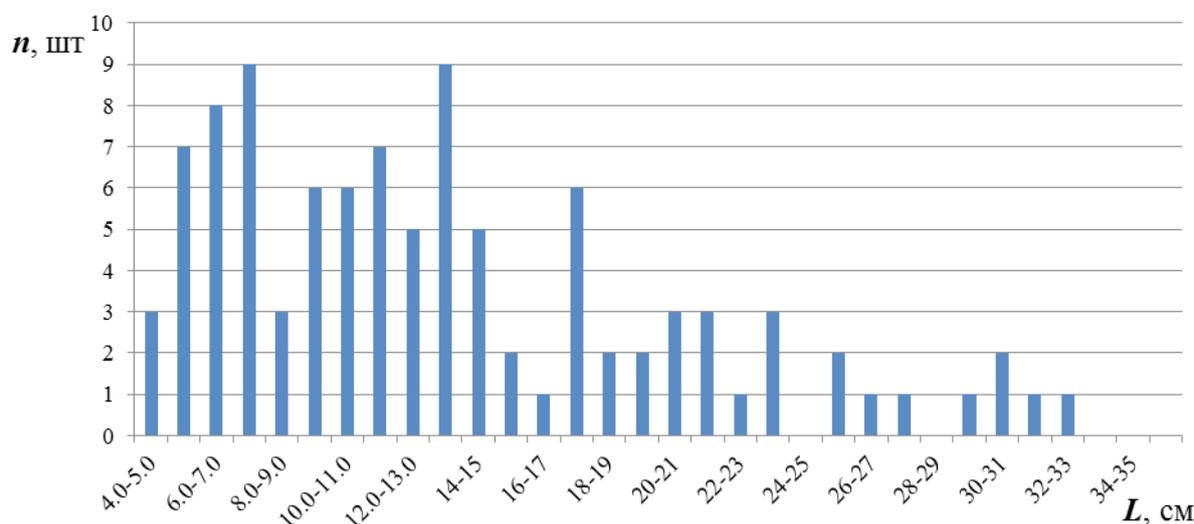


Рисунок 7 – Гистограмма дальности отскока семена амаранта запрокинутого (щирца обыкновенная или колосистая)

Анализ гистограммы дальности отскока семян щирцы обыкновенной от отражательной поверхности показывает, что большая часть семян располагается в диапазоне от 5 до 18 сантиметров. Максимальная дальность отскока

составляет 33 сантиметра. Среднеарифметическое значение дальности отскока ΔL составляет 13,5 см.

На рисунке 8 приведена гистограмма дальности отскока семян круглеца метельчатого.

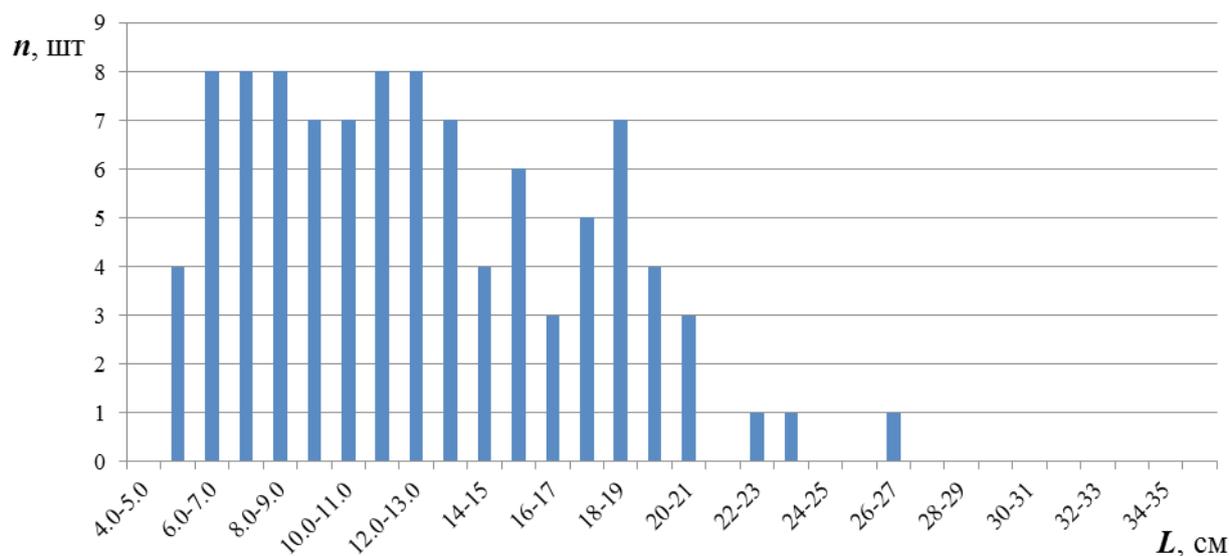


Рисунок 8 – Гистограмма дальности отскока круглеца метельчатого от отражательной поверхности

Анализ гистограммы дальности отскока семян круглеца метельчатого от отражательной поверхности показывает, что результат отскока достаточно стабилен, семена отлетают в диапазоне от 5 до 27 сантиметров, 97% семян отска-

кивают на расстояние не более 21 сантиметра. Среднеарифметическое значение дальности отскока ΔL составляет 12,5 см.

На рисунке 9 приведена гистограмма дальности отскока с семенами вьюнка полевого.

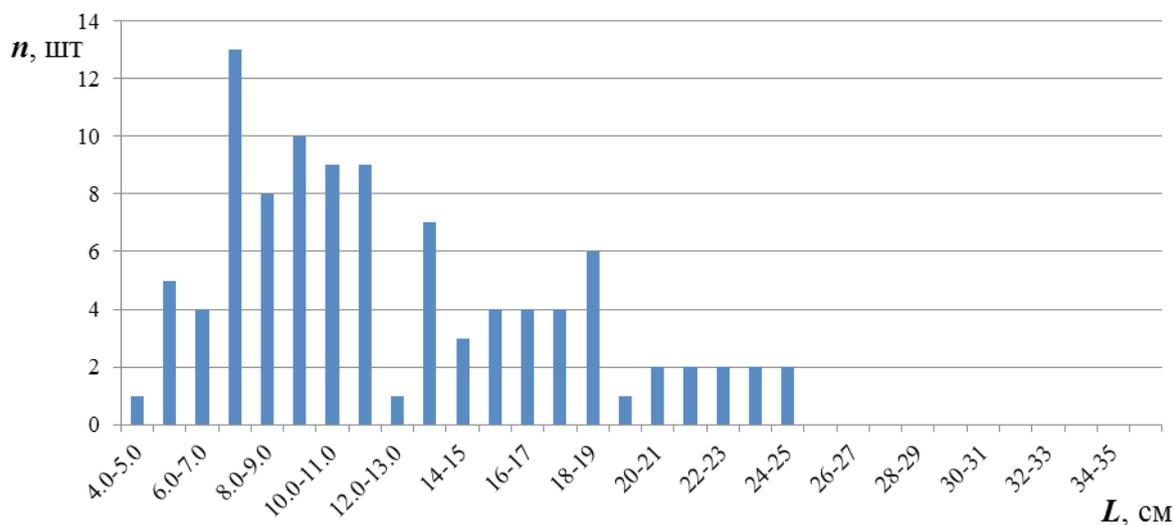


Рисунок 9 – Гистограмма дальности отскока вьюнка полевого от отражательной поверхности

Анализ гистограммы дальности отскока семян вьюнка полевого от отражательной поверхности показывает, что семена отлетают на расстояние от 4 до 25 сантиметров. Наибольшее количество семян (около 76 %) отскакивают на расстояние от 6 до 19 сантиметров. Среднеарифметическое значение дальности отскока ΔL составляет 12,2 см.

Следующие опыты проводили с рапсом сортов «55 регион» (рисунок 10) и «Кампино» (рисунок 11).

Анализ гистограммы дальности отскока семян рапса от отражательной поверхности показывает, что результат достаточно стабилен для разных сортов. Большинство семян отлетают на расстояние от 19 до 31 сантиметров.

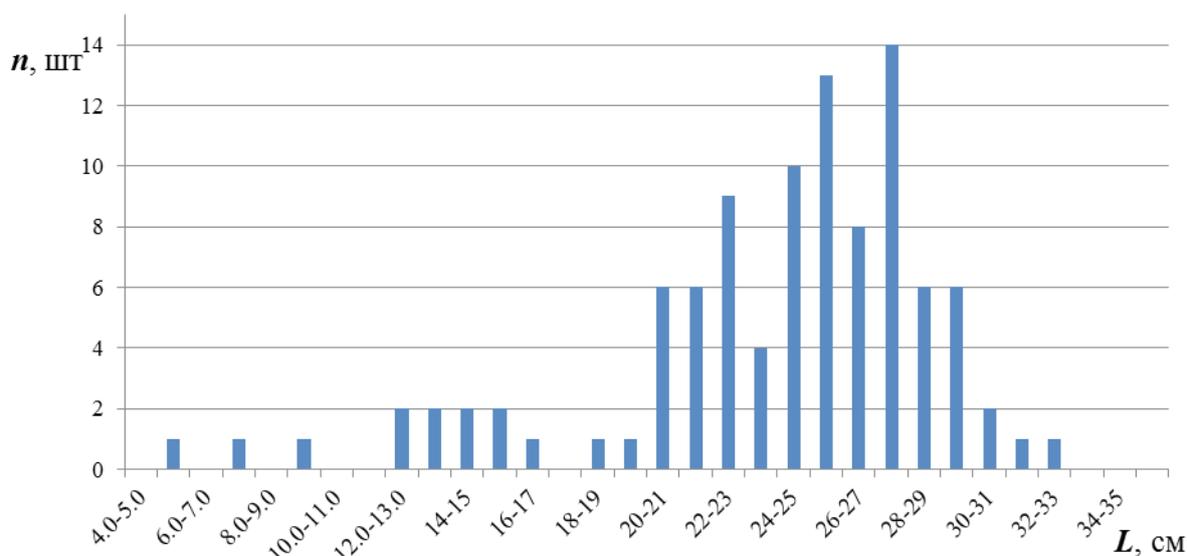


Рисунок 10 – Гистограмма дальности отскока рапса сорта «55 регион» от отражательной поверхности

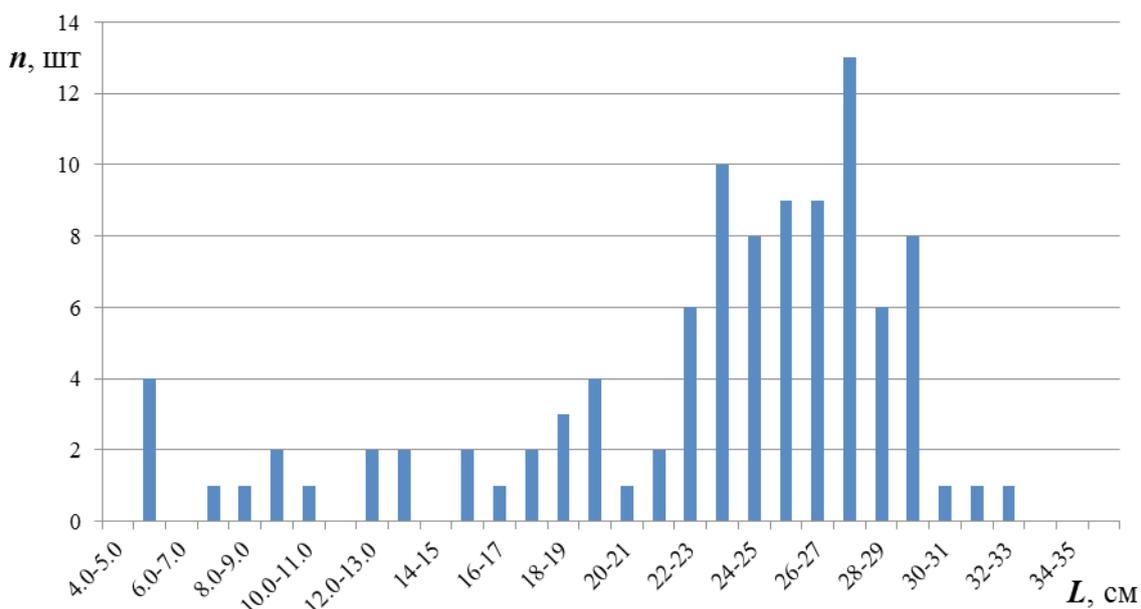


Рисунок 11 – Рапс гибрид сорт «Кампино» (Германия)

Дальность отскока составляет от 5 до 33 сантиметров. Среднеарифметическое значение дальности отскока ΔL составляет 22,9 см.

На рисунке 12 приведена гистограмма дальности отскока с семенами льна сорта «Северный».

Анализ гистограммы дальности отскока семян льна сорта «Северный» от отражательной поверхности показывает, что результат достаточно нестабилен. Наблюдается несколько экстремальных значений дальности отскока на гистограмме. Дальность отскока семян льна со-

ставляет от 4 до 25 сантиметров. Среднеарифметическое значение дальности отскока ΔL составляет 14,2 см.

Выводы. Построенные гистограммы распределения дальности отскока семян трудноотделимых сорняков рапса, характерных для Курганской области, подтверждают возможность выделения из семян рапса большей части трудноотделимых семян сорных растений. Эффективная сепарация семенной смеси возможна при наличии разницы в дальности отскока сортируемой культуры и семян сорняков.

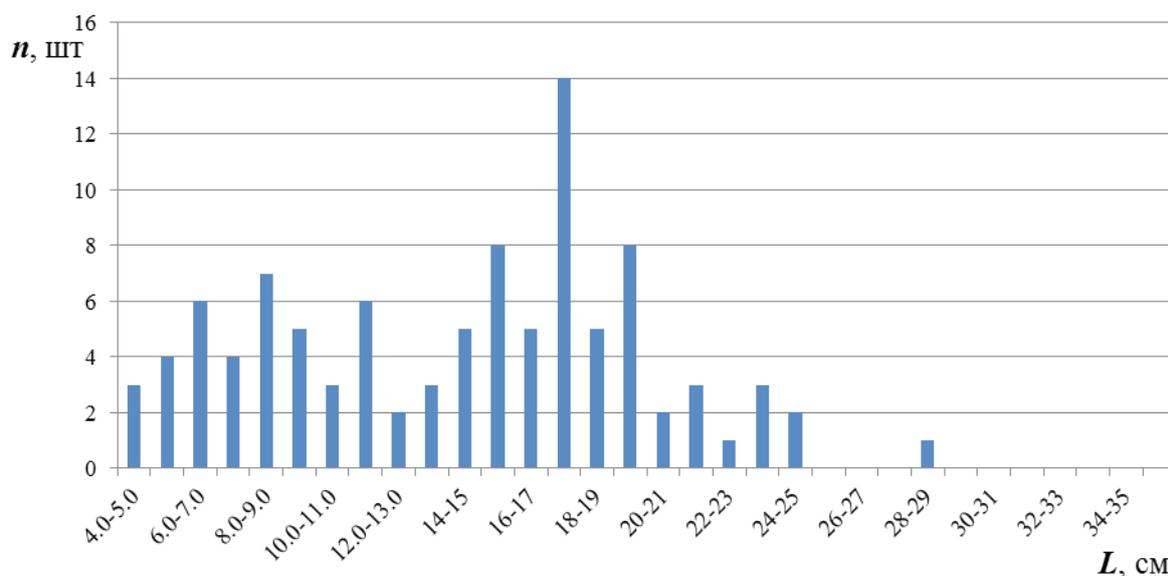


Рисунок 12 – Гистограмма дальности отскока льна сорта «Северный» от отражательной поверхности

Анализ гистограмм дальности распределения показывает, что выделение анализируемых семян сорных растений из рапса за один этап обработки возможен с потерями рапса до 50%. Семян щиряцы обыкновенной данным способом можно выделить только около 80%. Результаты дальности отскока семян льна совпадают с результатами дальности отскока семян сорняков, поэтому их разделение невозможно.

Анализ гистограмм показывает, что у семян округлой формы результат дальности отскока имеет близкое значение. Семена неправильной формы (продолговатые, треугольные и т.п.) из-за неоднородности физико-механической структуры их поверхности имеют значительный разброс дальности отскока, зависящий от точки удара зерна об отражательную поверхность [11].

Решение задач минимальных капитальных, энергетических и иных затрат послеуборочной обработки сельскохозяйственного производства в каждом конкретном случае требует создания, совершенствования и применения эффективной ресурсосберегающей техники. Создание такой техники – проблема научная, прежде всего научно-исследовательская, и на её решение направлены данные исследования.

Полного разделения семян при очистке семян рапса от трудноотделимых засорителей на отражательной поверхности не произойдет [10, 15]. Но данный принцип разделения даёт положительные результаты и повышает качество посевного материала. Для дальнейшего изучения процесса сепарации по упругости, установления

закономерности взаимодействия семян рапса и сорняков с отражательной поверхностью по результатам проведенной работы планируется создание экспериментального сепаратора.

Список источников

- 1 Лопарев Д.В. Перспективы развития возделывания рапса в Курганской области // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи: сборник статей по материалам XII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 125-летию Т.С. Мальцева (6 ноября 2020 г). Курган, 2020. С. 40-45.
- 2 Волынкин В.В. Послеуборочная обработка зерна и её перспективы // Аграрный вестник Урала. 2006. № 6 (36). С. 34-38.
- 3 Лопарев Д.В., Фоминых А.В., Мекшун Ю.Н., Ковшова Н.А. Теоретические исследования движения зерна по решетке, совершающему колебания в своей плоскости // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 3 (31). С. 72-74.
- 4 Mekshun Yu.N., Loparev D.V., Lopareva S.G., Fominykh A.V. Experimental studies of grain material separation by a sieve track // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: the proceedings of the conference AgroCON-2019. Kurgan, 2019. P. 012128.
- 5 Головин А.Ю., Прокопов С.П. Интенсификация процесса сепарации зерна // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2015. № 2. С. 75-76.
- 6 Фоминых А.В., Родионов С.С., Химен-

ков И.А. Исследование движения тела по наклонной плоскости с переменным углом наклона // Вестник Курганской ГСХА. 2013. № 4 (8). С. 106-108.

7 Мекшун Ю.Н., Овчинников Д.Н., Новикова В.А., Лопарева С.Г. Применение фотосепаратора при выделении трудноотделимых примесей // Приоритетные направления развития энергетики в АПК: материалы I Всероссийской научно-практической конференции (28 сентября 2017 г.). Курган, 2017. С. 79-82.

8 Лопарева С.Г. Обоснование параметров двухплоскостного распределителя семян лапового сошника стерневой сеялки: автореф. на соиск. ученой степ. канд. тех. наук: 05.20.01 – механизация сельскохозяйственного производства. Троицк, 2018. 24 с.

9 Чумаков В.Г., Родионова С.И. Экспериментальные исследования косоугольного удара // Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства: материалы Международной научно-технической конференции (5-6 октября 2011 г.). М., 2011. С. 42-43.

10 Слукин О.Л. Повышение эффективности очистки семян рапса от сорной примеси по упругим свойствам: автореф. на соиск. ученой степ. канд. тех. наук: 05.20.01 – механизация сельскохозяйственного производства. Челябинск, 1992. 16 с.

11 Заика П.М., Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. М.: Изд-во Колос, 1978. 288 с.

12 Мекшун Ю.Н., Лопарева С.Г., Родионов С.С. Изучение процесса взаимодействия зерновки с наклонным отражателем // Вестник Курганской ГСХА. 2016. № 3 (19). С. 71-73.

13 О движении твердого тела в сопротивляющейся среде, брошенного под небольшим углом к горизонту / И.И. Горбач [и др.]. Минск: УО «Белорусский национальный технический университет», 2013. С. 301-309.

14 Москаленко Г.П., Юдин Б.И. Атлас семян и плодов сорных растений, встречающихся в подкарантинных грузах и материалах. М.: Товарищество научных изданий КМК, 1999. 264 с.

15 Косилов Н.И., Фоминых А.В. Фракционные технологии для сепарирования зернового вороха. Куртамыш, 2006. 152 с.

References

1 Loparev D.V. Perspektivy razvitiya vozdevlyaniya rapasa v Kurganskoi oblasti [Prospects for

the development of rapeseed cultivation in the Kurgan region]. Proceedings of the XII All-Russian (national) scientific and practical conference of young scientists dedicated to the 125th anniversary of T.S. Maltsev "Development of scientific, creative and innovative activity of youth" (November 6, 2020). Kurgan. 2020: 40-45. (In Russ).

2 Volynkin V.V. Posleuborochnaya obrabotka zerna i ee perspektivy [Post-harvest grain processing and its prospects]. Agrarian Bulletin of the Urals. 2006; (6-36): 34-38. (In Russ).

3 Loparev D.V., Fominykh A.V., Mekshun Yu.N., Kovshova N.A. Teoreticheskie issledovaniya dvizheniya zerna po reshetu, sovershayushchemu kolebaniya v svoei ploskosti [Theoretical studies of grain movement through a sieve that oscillates in its plane]. Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2019; (3-31): 72-74. (In Russ).

4 Mekshun Yu.N., Loparev D.V., Lopareva S.G., Fominykh A.V. Experimental studies of grain material separation by a sieve track. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.: the proceedings of the conference AgroCON-2019. Kurgan; 2019: 012128. Sci. 341. 2019: 012128.

5 Golovin A.Yu., Prokopov S.P. Intensifikatsiya protsessa separatsii zerna [Intensification of the grain separation process]. Vestnik Omsk State Agrarian University. 2015; (2): 75-76. (In Russ).

6 Fominykh A.V., Rodionov S.S., Zimenkov I.A. Issledovanie dvizheniya tela po naklonnoi ploskosti s peremennym uglom naklona [Investigation of the movement of a body along an inclined plane with a variable angle of inclination]. Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2013; (4-8): 106-108. (In Russ).

7 Mekshun Yu.N., Ovchinnikov D.N., Novikova V.A., Lopareva S.G. Primenenie fotoseparatora pri vydelenii trudnotdelimykh primesei [The use of a photoseparator in the isolation of difficult-to-separate impurities]. Proceedings of the I All-Russian Scientific and Practical Conference "Priority directions of energy development in agriculture" (September 28, 2017). Kurgan; 2017: 79-82. (In Russ).

8 Lopareva S.G. Obosnovanie parametrov dvukhploskostnogo raspredelitel'ya semyan lapovogo soshnika sternevoi seyalki [Substantiation of the parameters of a two-plane seed distributor of a paw coulter of a stubble planter]: abstract for the degree of candidate of technical sciences: 05.20.01 - mechanization of agricultural production. Troitsk; 2018. (In Russ).

9 Chumakov V.G., Rodionov S.I. Eksperimental'nye issledovaniya kosogo udara [Experimental studies of oblique impact]. Proceedings of the international scientific and practical conf.

of the GNU VIM of the Russian Agricultural Academy "Innovative technologies and equipment of a new generation - the basis of modernization of agriculture" (October 5-6, 2011). Moscow. 2011; 42-43. (In Russ).

10 Slukin O.L. Povyshenie effektivnosti oshistki semyan rapsa ot sornoi primesi po uprugim svoistvam [Improving the efficiency of cleaning rapeseed seeds from weed admixture by elastic properties]: abstract for the degree of candidate of technical sciences: 05.20.01 - mechanization of agricultural production. Chelyabinsk; 1992. (In Russ).

11 Zaika P.M., Maznev G.E. Separatsiya semyan po kompleksu fiziko-mekhanicheskikh svoistv [Separation of seeds according to the complex of physical and mechanical properties]. Moscow: Kolos; 1978. (In Russ).

12 Mekshun Yu.N., Lopareva S.G., Rodionov S.S. Izuchenie protsessa vzaimodeistviya zernovki s naklonnym otrazhatelem [Studying the process of interaction of a grain with an inclined reflector]. Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2016; (3-19): 71-73. (In Russ).

13 Gorbach I.I., et al. O dvizhenii tverdogo tela v soprotivlyayushcheysya srede, broshennogo pod nebol'shim uglom k gorizontu [On the motion of a solid body in a resisting medium thrown at a slight angle to the horizon]. Minsk: Belarusian National

Technical University; 2013: 301-309. (In Russ).

14 Moskalenko G.P., Yudin B.I. Atlas semyan i plodov sornykh rastenii, vstrechayushchikhsya v podkarantinnykh gruzakh i materialakh [Atlas of seeds and fruits of weeds found in quarantined cargoes and materials]. Moscow: Association of Scientific Publications KMK; 1999. (In Russ).

15 Kosilov N.I., Fomin A.V. Fraktsionnye tekhnologii dlya separirovaniya zernovogo vorokha [Fractional technologies for separating grain piles]. Kurtamysh; 2006. (In Russ).

Информация об авторе

Д.В. Лопарев – аспирант, AuthorID: 952716.

Information about the author

D.V. Loparev – Postgraduate student, AuthorID: 952716.

Статья поступила в редакцию 16.11.2021; одобрена после рецензирования 23.01.2022; принята к публикации 26.05.2022.

The article was submitted 16.11.2021; approved after reviewing 23.01.2022; accepted for publication 26.05.2022.