



Научная статья
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)
УДК 664.74:004.93:004
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.006



ЦИФРОВОЙ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЗЕРНА ГРЕЧИХИ КАК ЭТАП ВНЕДРЕНИЯ ИНДУСТРИИ 4.0 НА ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Станислав Борисович Есин ¹, Евгений Анатольевич Кладов ²

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ esin.s.b@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9844-4395>

² e-kladov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3504-3153>

Аннотация. Современный уровень цифровизации в отрасли хранения и переработки зерна, представленный росетевыми методами (разделение зерновой массы и примеси по цвету), алгоритмами компьютерного зрения (определение стекловидности зерна), методами разделения зерна по оптическим свойствам (фотосортирование с использованием высокоскоростного сканирования массы зерна и последующей обработки изображений по заданному алгоритму: цветовым характеристикам, форме, геометрическим размерам). Зерно гречихи отличается большой вариативностью размеров, что требует разделения его на фракции по крупности перед направлением на шелушение, поэтому важным аспектом увеличения эффективности фракционирования гречихи является возможность цифровизации определений гранулометрического состава зерна. Объектами исследований в работе служили пробы зерна гречихи из 6 районов Алтайского края. Анализ фракционного состава проб гречихи осуществляли согласно «Правилам организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях» в программах «Гранулометрия» и «Гистограммы», разработанных на кафедре «Технология хранения и переработки зерна» АлтГТУ. Данная методика определения гранулометрического состава зерна гречихи позволяет получить количественную характеристику размеров частиц, задействовать информационные технологии в производстве, обеспечив снижение трудоемкости анализа и возможность оперативной коррекции результатов. Сопоставление результатов фракционирования зерна гречихи ситовым методом и с применением программы «Гранулометрия» показало высокую сходимость получаемых данных. Среднее время обработки одного образца предлагаемым способом сокращается в 3–4 раза. Результаты исследования подтверждают эффективность применения программы «Гранулометрия» для экспресс-анализа фракционного состава зерна гречихи, подбора решет и составления партий гречихи для переработки.

Ключевые слова: фракционирование гречихи, металлопробивные решета, ситовой анализ, экспресс-анализ, программное обеспечение, анализ изображений, цифровизация, гранулометрический состав.

Для цитирования: Есин С. Б., Кладов Е. А. Цифровой экспресс-анализ фракционного состава зерна гречихи как этап внедрения индустрии 4.0 на зерноперерабатывающих предприятиях // Ползуновский вестник. 2023. № 2. С. 47–54. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.006. EDN: <https://elibrary.ru/SFODRL>.

Original article

DIGITAL EXPRESS ANALYSIS OF BUCKWHEAT GRAIN FRACTIONAL COMPOSITION AS A STAGE OF INDUSTRY 4.0 INTRODUCTION AT GRAIN PROCESSING ENTERPRISES

Stanislav B. Yesin ¹, Evgeniy A. Kladov ²

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ esin.s.b@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9844-4395>

² e-kladov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3504-3153>

Abstract. *The modern level of digitalization in the grain storage and processing industry is represented by neural network methods (separation of grain mass and impurities by color), computer vision algorithms (determination of grain vitreousness), methods of grain separation by optical properties (photosorting using high-speed scanning of grain mass and subsequent image processing according to a given algorithm – color characteristics, shape, geometric dimensions). Buckwheat grain is characterized by a large variability in size, which requires its separation into fractions by size before being sent for peeling, therefore, an important aspect of increasing the efficiency of buckwheat fractionation is the possibility of digitalizing the definitions of grain granulometric composition. The objects of research in the work were samples of buckwheat grain from 6 districts of the Altai Territory. The analysis of the fractional composition of buckwheat samples was carried out according to the "Rules of organization and management of the technological process at grain enterprises" in the program "Granulometry" and "Histograms" developed at the Department "Technology of grain storage and Processing" Alt-STU. This method of determining the granulometric composition of buckwheat grain, allows you to obtain a quantitative assessment of particle sizes, use information technology in production, thereby reducing the complexity of analysis, besides digital systems have an exceptional ability to promptly correct the results and correct errors. Comparison of the results of buckwheat grain fractionation by the sieve method and using the "Granulometry" program showed high convergence of the data obtained. The average processing time of one sample by the proposed method is reduced by 3-4 times. The results of the study confirm the effectiveness of the "Granulometry" program for express analysis of the fractional composition of buckwheat grain, selection of sieves and preparation of batches of buckwheat for processing.*

Keywords: *buckwheat fractionation, metal-piercing sieves, sieve analysis, express analysis, software, image analysis, digitalization, granulometric composition.*

For citation: Yesin, S. B. & Kladov, E. A. (2023). Digital express analysis of buckwheat grain fractional composition as a stage of industry 4.0 introduction at grain processing enterprises. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 47-54. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.006. EDN: <https://elibrary.ru/SFODRL>.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы промышленные предприятия России столкнулись с новыми экономическими вызовами. Усиливающаяся санкционная активность западных стран, помноженная на локаут, вызванный коронавирусными ограничениями, заставили по-новому взглянуть на процессы реорганизации и оптимизации производства. В сложившейся ситуации предприятия, игнорирующие цифровую трансформацию производственных процессов и процессов управления производством, обречены на тотальное отставание от конкурентов.

48

Применение технологий «Индустрии 4.0» в промышленности дает возможность сократить издержки на производство, сэкономить материальные и трудовые ресурсы, нивелировать как отсутствие, так и снижение технологической грамотности персонала. Вместе с тем предприятия отрасли хранения и переработки зерна не спешат активно внедрять современные цифровые технологии. Большинство предприятий продолжают ведение технологических процессов так же, как и десятилетия до этого. Цифровые инновации проявляются, в основном, в сфере менеджмента продаж, логистики, бухгалтерского и финансо-

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2 2023

ЦИФРОВОЙ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЗЕРНА ГРЕЧИХИ КАК ЭТАП ВНЕДРЕНИЯ ИНДУСТРИИ 4.0 НА ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

вого учета. Связано это не только с нежеланием собственников тратить ресурсы на модернизацию, которая не начнет приносить прибыль в течение одного-трех лет, но и с имеющимся на предприятиях технологическим и транспортным оборудованием.

Только небольшой ряд моделей технологического оборудования, в основном – импортного производства, оснащен необходимыми электронными компонентами, позволяющими использовать все преимущества интернет-технологий и пригодными для построения информационной модели производства. Несколько лучше обстоят дела с автоматизацией системы безопасности производства, но это – заслуга не столько промышленников, сколько соответствующих государственных надзорных органов и жесткости законодательной базы.

Гречневая крупа является одним из любимых продуктов не только россиян, но и за рубежом [1–3]. Алтайский край традиционно и заслуженно является лидером в России по выработке гречневой крупы [4]. В некоторые годы доля алтайской гречневой крупы на прилавках магазинов составляла более 50 %.

В силу ботанических особенностей переработка гречихи в крупу представляет ряд трудностей. Фракционный состав, обусловленный геометрическими размерами зерна гречихи, очень неоднороден. Размеры зерен орешков при применении ситовой классификации варьируют от 7 мм до 3,4 мм. Отсутствие в технологии производства гречневой крупы операции шлифования вынуждает перед шелушением проводить разделение (фракционирование) зерна гречихи по крупности на пять или даже шесть фракций и проводить раздельное шелушение и сортирование каждой фракции. Попытки уйти от фракционирования гречихи перед шелушением путем применения фотосортировщиков (фотосепараторов) для последующего отбора ядра пока не увенчались успехом по причине значительного дробления ядра при шелушении. Проведение операций фракционирования и раздельного шелушения требует наличия в технологической линии (цепочка сортирование–шелушение–сортирование) большого количества технологического оборудования и, как следствие, технического персонала.

Еще одной особенностью зерна гречихи, как сырья для переработки, является значительная неравномерность содержания различных фракций зерна в поставляемых партиях. Фракционный состав зерна гречихи зависит от сортовых особенностей, района произрастания, погодных условий и т. д. Боль-

шинство предприятий, перерабатывающих гречиху, закупают её в различных районах Алтайского края и регионов СФО, что делает невозможным прогнозирование фракционного состава партий. В результате загрузка технологического оборудования является крайне неравномерной: одни технологические цепочки сортирования–шелушения являются перегруженными, другие – значительно недогруженными. Предприятия решают данную проблему либо снижением общей производительности производства (это происходит, в основном, на гречезаводах, спроектированных по требованиям «Правил организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях» [5]), что приводит к снижению прибыли, либо изначальным проектированием технологических цепочек с учетом возможных перегрузок, соглашаясь на постоянный перерасход энергоресурсов.

Одним из предлагаемых способов стабилизации фракционного состава зерна гречихи является подготовка сортированных партий перед передачей зерна с хранения в производство, аналогично подготовке «помольных партий» зерна пшеницы в мукомольном производстве. Данная операция дает возможность направленно менять соотношение различных фракций в партии зерна и поддерживать стабильную нагрузку на технологическое оборудование. Вместе с тем, определение фракционного состава зерна гречихи в период активных заготовок вручную методом ситового анализа представляет значительные сложности ввиду длительности процесса и наличия «человеческого фактора», оказывающего существенное влияние на точность получаемых результатов.

КубГТУ предложено устройство для определения фракционного состава зерна гречихи, состоящее из 40 пластин, в центре каждой из которых расположено калибровочное отверстие круглой формы. Пластины зафиксированы в пазах деревянного корпуса на расстоянии 5 мм одна от другой в порядке уменьшения диаметра. В совокупности образуется конус-воронка с максимальным диаметром 6 мм и минимальным 2 мм. Размер отверстий в соседних пластинах отличается на 0,1 мм. При измерениях зерно опускается в воронку и перемещается в свободном падении до пластины, диаметр отверстия в которой совпадает с диаметром описанной окружности вокруг зерна или ядра в миделевом сечении. За величину диаметра описанной окружности вокруг ядра или зерна принимается диаметр отверстия в пластине, в которой задерживается измеряемый объект.

Таким образом, точность измерений в устройстве составляет 0,1 мм [6].

Приведенный пример обеспечивает достаточно высокую точность измерений, что важно при проведении научных исследований, однако он является всего лишь модификацией стандартного метода ситового анализа и малоприменим в условиях ежедневного теххимического контроля производственных предприятий.

Основное производство гречневой крупы локализовано в России, странах постсоветского пространства и Китае. Это является причиной отсутствия зарубежных разработок по цифровому анализу качества зерна гречихи. При этом сами разработки эффективных систем машинного зрения для сельского хозяйства и перерабатывающих производств появились сравнительно недавно [7–11]. Анализ научных публикаций и патентной информации показал отсутствие разработок по цифровому экспресс-анализу фракционного состава зерна гречихи, применимых для серийного производства. Целью исследований стала оценка эффективности использования ранее разработанного программного обеспечения «Гранулометрия» для обработки изображений зерна гречихи и получения данных о его гранулометрическом составе.

Материалы и методы

Объектами исследований в работе выступали образцы заготавливаемой гречихи из шести районов Алтайского края.

Отбор образцов проводили по ГОСТ 13586.3–2015 «Зерно. Правила приемки и методы отбора проб». Подготовка образцов гречихи к ситовому и гранулометрическому анализу заключалась в предварительном просеивании образцов для удаления сорной и зерновой примеси.

Анализ фракционного состава проб выполняли двумя методами:

- стандартным методом ситового анализа в соответствии с ГОСТ Р ИСО 5223-99 «Сита лабораторные для анализа зерновых культур. Технические требования» и «Правилам...» [5] в 3-кратной повторности, с обработкой результатов в программном приложении Microsoft Office Excel. Просеивание образцов проводили на лабораторном рассеивателе РЛ-1 с использованием набора металлопробивных решет по ГОСТ 58488–19 «Решета пробивные для зерна. Общие технические условия», тип 1А, диаметром, в мм: 5,0; 4,7; 4,5; 4,2; 4,0; 3,8; 3,6; 3,4; 3,3;

- в программах «Гранулометрия» и «Гистограммы», разработанных на кафедре «Технология хранения и переработки зерна» АлтГТУ.

Программа «Гранулометрия» является Windows-совместимым приложением, предназначенным для измерения гранулометрического состава зерна и зернопродуктов путем анализа изображений данных объектов [12, 13]. Посредством использования данной программы можно:

- подсчитать общее число частиц в анализируемом образце;
- построить гистограммы распределения частиц (отдельно по длине, по ширине, по периметру и площади);
- вычислить среднее значение размера частиц;
- вычислить площадь внутреннего контура (цветковых пленок на поверхности ядра) при условии, что внутренний контур четко выделяется на поверхности ядра.

Результаты и их обсуждение

В основу процедуры работы программы «Гранулометрия» положена обработка на персональном компьютере цифрового изображения, получаемого путем сканирования исследуемого объекта на планшетном сканере.

Для анализа пластины исследуемой пробы размещают на предметное стекло сканера таким образом, чтобы они не касались краями друг друга, для исключения «сдвигания» частиц. Сканирование проводят в масштабе 1:1 с разрешением от 600, 1200, 2400 точек на дюйм, в зависимости от вида исследуемого объекта. Длина одного пикселя, соответственно, равна 0,0423; 0,0212; 0,0106 мм – этими значениями определяются пределы погрешностей измерений.

Программа позволяет реализовать измерение геометрических характеристик; автоматическое распознавание объектов; классификацию объектов по размеру; статистический анализ (рисунок 1).

Методика работы в программе заключается в построении и математической обработке столбчатых диаграмм распределения частиц по размерным характеристикам – площади или наибольшему линейному размеру. Анализ обработки изображений в программе можно представить как ряд этапов:

- на первом этапе получают изображения объектов путём сканирования;
- на втором этапе полученное изображение переводится в цветовую модель BMP;

ЦИФРОВОЙ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЗЕРНА ГРЕЧИХИ КАК ЭТАП ВНЕДРЕНИЯ ИНДУСТРИИ 4.0 НА ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

- на третьем этапе реализуется обработка изображения (фильтрация, удаление помех, контрастность);

- на четвертом проводится сегментация изображения (определение объектов и границ на изображении);

- пятый этап состоит в подготовке изображения для измерений (связан с анализом контура объектов);

- шестой этап – определение длины, ширины, площади, периметра частиц;

- седьмой этап – вычисление среднестатистических значений (рис. 1).

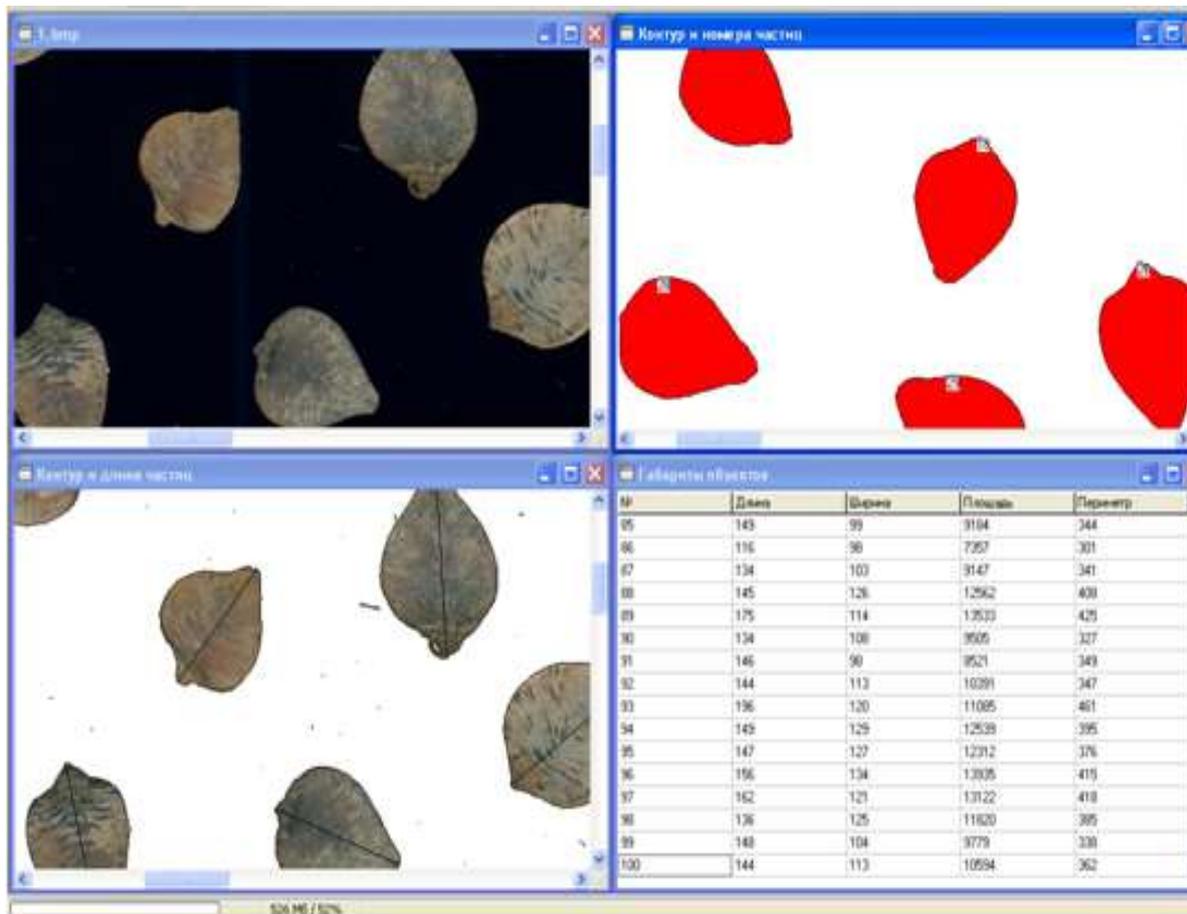


Рисунок 1 – Визуализация объекта измерения в программе «Гранулометрия»

Figure 1 – Visualization of the measurement object in the Granulometry program

Данные, полученные методом ситового анализа (таблица 1) и с использованием программы «Гранулометрия» (рисунок 2), показали значительные вариации фракционного состава зерна гречихи по районам заготовки.

Согласно результатам ситового анализа, в большинстве отобранных проб доля фракций зерна гречихи с наиболее «распространенными» размерами (в пределах от 4,5 до 3,6 мм) составляла от 73,6 % до 100 %. Наиболее однородным составом характеризовались пробы партий гречихи из Кытмановского и Советского районов, в которых отсутствовали как наиболее крупные, так и наиболее мелкие фракции. Самый неоднородный фракционный состав выявлен у проб из партий гречихи, заготовленной в

Усть-Калманском и Косихинском районах: в пробах из этих районов наиболее характерные по крупности фракции составили 62,6 % и 53,9 % соответственно.

Проведенные исследования показывают высокую сходимость результатов, получаемых с применением программы «Гранулометрия», и стандартным ситовым анализом. При этом значительно ускоряется процесс обработки полученных результатов. Среднее время обработки одного образца стандартным ситовым методом составило 14–17 минут против 4–6 минут в «Гранулометрии».

Таким образом, программа обеспечивает возможность не только обрабатывать отдельные образцы, но и проводить расчеты

пропорций для составления «помольных партий» зерна гречихи с рекомендацией по набору металлопробивных решет для установки в технологическую линию.

Таблица 1 – Результаты ситового лабораторного анализа образцов зерна гречихи

Table 1 – Results of sieve laboratory analysis of buckwheat grain samples

Проход / сход решет, ø мм	Содержание фракции в образце, %			
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Среднее значение
Алейский район				
5,0–4,7	13,0	13,9	14,2	13,7
4,7–4,5	12,1	11,7	11,9	11,9
4,5–4,2	21,2	19,7	19,9	20,3
4,2–4,0	32,9	33,7	34,2	33,6
4,0–3,8	20,4	19,2	19,6	19,7
3,8–3,6	Фракции отсутствуют			
Косихинский район				
5,0–4,7	10,1	8,9	9,1	9,3
4,7–4,5	15,2	14,9	15,6	15,2
4,5–4,2	8,9	9,6	9,2	9,2
4,2–4,0	13,2	14,0	12,7	13,3
4,0–3,8	14,1	14,2	14,5	14,2
3,8–3,6	17,3	17,5	16,9	17,2
3,6–3,4	6,9	5,3	7,8	6,6
3,4–3,3	5,9	6,7	6,2	6,3
Завьяловский район				
5,0–4,7	Фракции отсутствуют			
4,7–4,5	9,2	9,6	9,4	9,4
4,5–4,2	27,9	27,5	27,5	27,6
4,2–4,0	19,1	20,3	20,1	19,8
4,0–3,8	30,8	3,7	30,8	30,7
3,8–3,6	12,2	12,8	12,4	12,5
3,6–3,4	Фракции отсутствуют			
3,4–3,3	Фракции отсутствуют			
Кытмановский район				
5,0–4,7	Фракции отсутствуют			
4,7–4,5	Фракции отсутствуют			
4,5–4,2	10,4	10,2	10,4	10,3
4,2–4,0	33,7	36,2	35,2	35,3
4,0–3,8	44,2	42,8	43,8	43,6
3,8–3,6	10,2	10,7	10,4	10,4
3,6–3,4	Фракции отсутствуют			
3,4–3,3	Фракции отсутствуют			
Усть-Калманский район				
5,0–4,7	14,6	14,9	14,9	14,8
4,7–4,5	14,8	14,6	14,8	14,7
4,5–4,2	19,7	20,1	19,7	19,8
4,2–4,0	17,1	18,1	17,2	17,4
4,0–3,8	13,9	13,8	13,7	13,8
3,8–3,6	11,2	11,6	11,7	11,6
3,6–3,4	7,7	7,9	7,8	7,8
3,4–3,3	Фракции отсутствуют			
Советский район				
5,0–4,7	Фракции отсутствуют			
4,7–4,5	Фракции отсутствуют			
4,5–4,2	9,9	9,6	9,7	9,7
4,2–4,0	22,2	22,7	22,4	22,4
4,0–3,8	43,2	42,1	42,4	42,5
3,8–3,6	25,1	25,8	25,3	25,4
3,6–3,4	Фракции отсутствуют			
3,4–3,3	Фракции отсутствуют			

**ЦИФРОВОЙ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЗЕРНА ГРЕЧИХИ КАК ЭТАП
ВНЕДРЕНИЯ ИНДУСТРИИ 4.0 НА ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

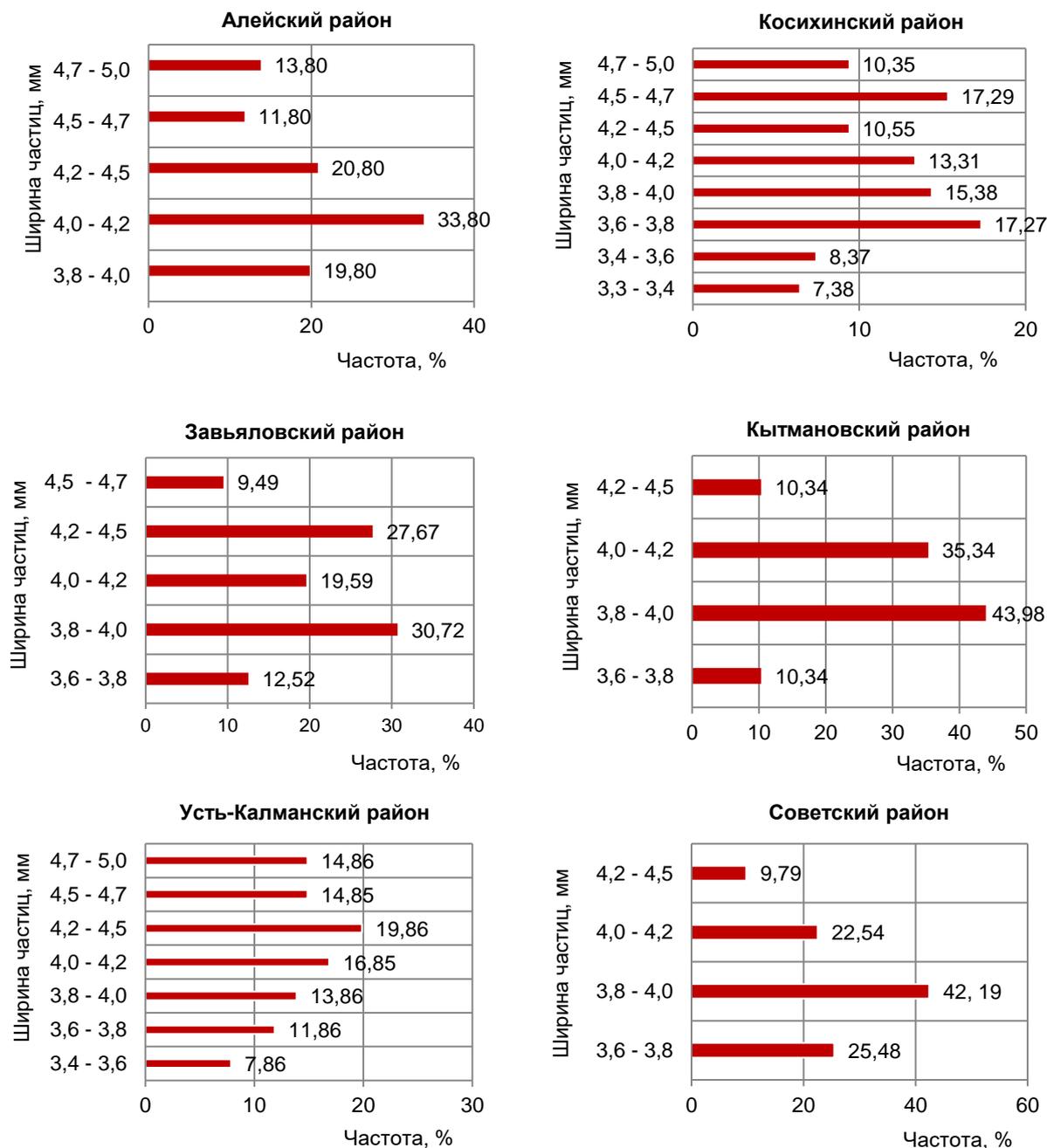


Рисунок 2 – Результаты лабораторного анализа проб зерна гречихи в программе «Гранулометрия»

Figure 2 – Results of laboratory analysis of buckwheat grain samples in the "Granulometry" program

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют рассматривать применение программы «Гранулометрия» в качестве перспективного экспресс-метода производственного анализа заготавливаемого зерна гречихи, составления сортированных партий из поступающего зерна, подбора размеров металлопробивных решет для установки в технологическую линию в зависимости от фракционного состава

заготавливаемого зерна гречихи. Дальнейшее «обучение» программного обеспечения позволит расширить возможности его прикладного использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Klepacka J., Najda A., Klimek K. Effect of Buckwheat Groats Processing on the Content and Bioaccessibility of Selected Minerals // Foods. 2020. № 9, doi: 10.3390/foods9060832.
2. Sofi S.A., Naseer A., Farooq A., Rafiq S., Zargar S.M., Kamran F., Ali Dar T., Mir S.A., Dar B.N., Khaneghah A.M. Nutri-

tional and bioactive characteristics of buckwheat, and its potential for developing gluten-free products: An updated overview // Food Science & Nutrition. 2022. doi:10.1002/fsn3.3166.

3. Yushchenko N., Kuzmyk U., Kochubei-Lytvynenko O., Yatsenko O., Belemets T. Prospects of using Non-Fried buckwheatgroats in first dishes technology // EUREKA: Life Sciences. 2020. № 6. P. 58–65, doi: 10.21303/25045695.2020.001542.

4. Важов В.М., Козил В.Н., Бахтин Р.Ф., Яськов М.И. Региональный аспект возделывания гречихи на Алтае // Успехи современного естествознания. 2018. № 8. С. 40–45.

5. Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях. М. : ВНПО «ЗЕРНОПРОДУКТ», 1991. Часть 1. 74 с.

6. Чеботарев О.Н., Шаззо А.Ю., Бахмет М.П., Палагин Н.В., Голубева О.А., Рыбачук А.В. Определение геометрических размеров зерна гречихи // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2005. № 5–6. С. 17–18.

7. Федотов В.А., Курносоева А.Г., Воякина К.В., Овчинникова М.С. Современные методы проведения гранулометрического анализа зернопродуктов // Евразийский Союз Ученых. 2014. № 7. С. 38–40.

8. Barker D.A., Vouri T.A., Myers D.G. The use of slice and aspect ratio parameters for the discrimination of Australian wheat varieties // Plant Varieties and Seeds. 1992. № 5(1). P. 47–52.

9. Крыловецкий А.А., Суходолов Д.М. Распознавание изображений элементов зерновых смесей методами глубокого обучения с использованием библиотек KERAS И TENSORFLOW // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2018. № 2. С. 139–148.

10. Majumdar S., Jayas D.S. Classification of cereal grains using machine vision. I. Morphology models // Transactions of the ASAE. 2000. № 43(6). P. 1669–1675.

11. Paliwal J., Visen N.S., Jayas D.S., White N.D.G. Cereal grain and dockage identification using machine vision // Biosystems Engineering. 2003. № 85 (1). P. 51–57.

12. Лузев В.С., Кладов Е.А. Гранулометрический состав промежуточных продуктов размола зерна // Хлебопродукты. 2006. № 11. С. 48–49.

13. Кладов Е.А., Есин С.Б., Егорова Е.Ю. Компьютерная обработка изображений и их интерпретация в анализе гранулометрического состава масличной муки // Ползуновский вестник. 2022. № 4–1. С. 48–56, doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.006.

Информация об авторах

С. Б. Есин – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии хранения и переработки зерна Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Е. А. Кладов – ассистент кафедры технологии хранения и переработки зерна Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. Klepac, J., Najda, A. & Klimek, K. (2020). Effect of Buckwheat Groats Processing on the Content and Bioac-

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 03.02.2023; одобрена после рецензирования 13.05.2023; принята к публикации 11.06.2023.

The article was received by the editorial board on 03 Feb 2023; approved after editing on 13 May 2023; accepted for publication on 11 June 2023.

cessibility of Selected Minerals. Foods. 9. doi: 10.3390/foods9060832.

2. Sofi, S. A., Naseer, A., Farooq, A., Rafiq, S., Zargar, S. M., Kamran, F., Ali Dar, T., Mir, S. A., Dar, B. N. & Khaneghah, A. M. (2022). Nutritional and bioactive characteristics of buckwheat, and its potential for developing gluten-free products: An updated overview. Food Science & Nutrition. doi: 10.1002/fsn3.3166.

3. Yushchenko, N., Kuzmyk, U., Kochubei-Lytvynenko, O., Yatsenko, O., Belemets, T. (2020). Prospects of using Non-Fried buckwheat groats in first dishes technology. EUREKA: Life Sciences. 6. 58-65. doi.org/10.21303/25045695.2020.001542.

4. Vazhov, V.M., Kozil, V.N., Bakhtin, R.F. & Yaskov, M.I. (2018). Regional aspect of buckwheat cultivation in Altai // Successes of modern natural science. 8. 40-45.

5. Rules of organization and management of the technological process at cereal enterprises (1991). Moscow: VNPO "GRAIN PRODUCT". Part 1. 74 p.

6. Chebotarev, O.N., Shazzo, A.Yu., Bakhmet, M.P., Palagin, N.V., Golubeva, O.A. & Rybachuk, A.V. (2005). Determination of the geometric dimensions of buckwheat grain. News of higher educational institutions. Food technology. 5-6. 17-18.

7. Fedotov, V.A., Kurnosova, A.G., Voyakna, K.V. & Ovchinnikova, M.S. (2014). Modern methods of granulometric analysis of grain products. Eurasian Union of Scientists. 7. 38-40.

8. Barker, D.A., Vouri, T.A. & Myers, D.G. (1992). The use of slice and aspect ratio parameters for the discrimination of Australian wheat varieties. Plant Varieties and Seeds. 5 (1). 47-52.

9. Krylovetsky, A.A. & Sukhodolov, D.M. (2018). Image recognition of elements of grain mixtures by deep learning methods using KERAS and TENSORFLOW libraries. Bulletin of the VSU. Series: System analysis and information technologies. 2. 139-148.

10. Majumdar, S. & Jayas, D.S. (2000). Classification of cerealgrains using machine vision. I. Morphology models. Transactions of the ASAE. 43 (6). 1669-1675.

11. Paliwal, J., Visen, N.S., Jayas, D.S. & White, N.D.G. (2003). Cereal grain and dockage identification using machine vision. Biosystems Engineering. 85(1). 51-57.

12. Luzev, V.S. & Kladov, E.A. (2006). Granulometric composition of intermediate products of grain grinding. Bread products. 11. 48-49.

13. Kladov, E.A., Esin, S.B. & Egorova, E.Yu. (2022). Computer image processing and their interpretation in the analysis of the granulometric composition of oilseed flour. Polzunovskiy vestnik. 4-1. 48-56. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.006.

Information about the authors

S. B. Yesin - candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.

E. A. Kladov - assistant, Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.