



Научная статья

4.3.3. – Пищевые системы (технические науки)

УДК 664.788.8(045)

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.02.024

EDN: MQNOGX

ИЗМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ШЕЛУШИТЕЛЯ С АБРАЗИВНЫМИ ДИСКАМИ В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ

Василий Александрович Марьин ¹, Александр Леонидович Верещагин ²,
Андрей Александрович Иванов ³

^{1,3} ООО «Алтай», с. Смоленское, Смоленского района, Алтайского края, Россия

² Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Бийск, Россия

¹ tehbiysk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1858-238X>

² val@bti.secna.ru, <https://orcid.org/0009-0002-6061-7064>

³ tehbiysk@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты производственных исследований влияния степени износа абразивных дисков шелушителя ШЗ-2 на эффективность переработки зерна гречихи в крупу ядрицу. Установлено, что с увеличением износа рабочих поверхностей (от 0,05–0,1 мм до 6,0–8,0 мм) выход ядрицы снижается с 72,2 % до 69,6 %, а доля дроблёного ядра и мучки возрастает. Показано, что неравномерный износ абразивных дисков нарушает технологический процесс шелушения, приводит к повреждению поверхности зерновок и снижению качества готовой продукции. Выполнен экономический расчёт, подтверждающий целесообразность своевременной замены или ремонта абразивных дисков. Результаты исследования могут быть использованы на крупяных заводах для оптимизации программ производственного контроля и повышения рентабельности переработки гречихи.

Ключевые слова: шелушитель, абразивные диски, износ, гречиха, крупа ядрица, эффективность переработки, выход продукции.

Для цитирования: Марьин В. А., Верещагин А. Л., Иванов А. А. Изменение эффективности работы шелушителя с абразивными дисками в процессе работы // Ползуновский вестник. 2026. № 2, С. 171–176. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.02.024. EDN: <https://elibrary.ru/MQNOGX>.

Original article

CHANGING EFFICIENCY OF PEELING MACHINE WITH ABRASIVE DISCS DURING OPERATION

Vasiliy A. Marin ¹, Alexander L. Vereshchagin ², Andrey A. Ivanov ³

^{1,3} Altai LLC, Smolenskoye village, Smolensky district, Altai Territory, Russia

² Biysk Institute of Technology (branch) of Polzunov Altai State Technical University, Biysk, Russia

¹ tehbiysk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1858-238X>

² val@bti.secna.ru, <https://orcid.org/0009-0002-6061-7064>

³ tehbiysk@mail.ru

Abstract. The article presents the results of industrial studies on the influence of the wear degree of abrasive discs of the ShZ-2 huller on the efficiency of buckwheat grain processing into buckwheat groats (kernel). It was found that with an increase in the wear of working surfaces (from 0.05-0.1 mm to 6.0-8.0 mm), the yield of kernels decreases from 72.2% to 69.6%, while the proportion of crushed kernels and meal increases. It is shown that uneven wear of the abrasive discs disrupts the technological process of hulling, leads to damage to the grain surface, and reduces the quality of the finished product. An economic calculation was performed, confirming the feasibility of timely replacement or repair of abrasive discs. The results of the study can be used at cereal plants to optimize production control programs and increase the profitability of buckwheat processing.

Keywords: huller, abrasive discs, wear, buckwheat, buckwheat groats (kernel), processing efficiency, product yield.

For citation: Marin, V. A., Vereshchagin, A. L. & Ivanov, A. A. (2026). Changing efficiency of peeling machine with abrasive discs during operation. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 171-176. (In Russ). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.02.024. EDN: <https://elibrary.ru/MQNOGX>.

ВВЕДЕНИЕ

Технологией производства крупы гречневой ядрицы предусмотрен процесс шелушения. Являясь основной операцией, шелушение определяет количественные

и качественные показатели и эффективность переработки зерна [1, 2]. Задачей технологического процесса шелушения является отделение не усваиваемых человеком оболочек [3]. Различают множество способов шелушения и машин, работающих по этим способам,

© Марьин В. А., Верещагин А. Л., Иванов А. А., 2026

однако выбор способа и машины для шелушения перерабатываемого зерна зависит в том числе от прочности связи оболочки с ядром, прочности ядра и ассортимента вырабатываемой продукции [4, 5].

Основным требованием, предъявляемым к шелушительным машинам, является высокая степень шелушения при максимальном сохранении целостности ядра [6, 7]. С этой точки зрения наиболее перспективным для зерна гречихи является шелушение в машинах с абразивными дисками.

Рабочими органами этих шелушителей являются вертикально вращающийся и неподвижно закрепленный абразивные диски.

Технологический процесс осуществляется следующим образом. Зерно, подлежащее шелушению, подается по самотеку с помощью специального устройства в центр между подвижным и неподвижным дисками. Величина зазора устанавливается несколько меньше размера зерна, но больше ядра. Проходя значительное расстояние в рабочей зоне шелушителя, зерно движется по спирали в направлении от внутреннего диаметра диска к наружному, так как один диск вращается относительно другого. В результате приложенных усилий к зерновке развиваются сложные деформации (сжатие, сдвиг, трение и скалывание) следствием которых является разрушение оболочки и отделение ее от ядра.

Характерной особенностью таких машин является высокий коэффициент шелушения и низкая дробимость ядра. Интенсивности шелушения зерна добиваются изменением зазора между подвижным диском и неподвижным.

Эффективность переработки зерна в крупу в большей степени определена повышением коэффициента использования зерна, т.е. выходом и качеством готовой продукции [8, 9].

Однако при эксплуатации любых шелушителей происходит износ его рабочих органов, в том числе и абразивных, они утрачивают свою работоспособность, что приводит к нарушению равномерного шелушения зерна и, как следствие, к появлению повреждений на поверхности обрубленного ядра, увеличению его дробимости и уменьшению коэффициента шелушения [10, 11].

Таким образом, можно утверждать, что износ абразивных поверхностей шелушителей может влиять на эффективность переработки зерна в крупу.

В настоящее время литературные и патентные источники предоставляют большое количество технологий для шелушения зерна гречихи, однако факторы, позволяющие определять влияние степени износа рабочих органов шелушителей на выход, качество вырабатываемой крупы, недостаточно изучены.

В связи с этим актуальным и практически значимым являются исследования, направленные на изучение влияния степени износа рабочих органов шелушителя на эффективность переработки зерна.

Целью настоящей работы является исследование влияния изменения эффективности работы шелушителя с абразивными дисками в процессе работы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили в производственных условиях. В качестве экспериментального материала использовали зерно гречихи урожая предгорной части Алтая 2021–2025 гг. Перед шелушением согласно [12] зерно сортировали на шесть фракций. В дальнейшем каждую фракцию перерабатывали на своем шелушителе с вертикально расположенными дисками

ШЗ-2 [13, 14]. Объектом исследования являются образцы крупы ядрицы, полученные из зерна гречихи, разделенного на фракции по крупности перед шелушением. Исследовали качество крупы ядрицы, полученной после шелушения на дисковых шелушителях с разной степенью износа рабочей зоны абразивных поверхностей.

В качестве абразивных кругов использовали серийно выпускаемые шлифовальные круги Лужского абразивного завода с зернистостью № 40. В таблице 1 представлены технические характеристики абразивных дисков.

Таблица 1 – Технические характеристики абразивных дисков шелушителя

Table 1 – Technical characteristics of abrasive discs of the peeling machine

Показатели	Размеры
Диаметр диска, мм	400
Толщина диска, мм	40
Количество дисков, шт	2

Оценку эффективности шелушения зерна проводили методом сравнения со стандартными показателями, полученными при работе с новыми абразивными дисками и дисками с разной степенью износа.

При разделении зерна на фракции в каждой фракции контролировали содержание зерен других фракций, добиваясь однородности по крупности и содержанию мелких и крупных зерен. Такой подход позволил исключить появления необрушенных зерен в ядрице при разделении продуктов шелушения. Фракционный состав зерна гречихи по крупности представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Фракционный состав зерна гречихи

Table 2 – Fractional composition of buckwheat grain

Наименование	Фракции					
Номер фракции	1	2	3	4	5	6
Массовая доля зерен во фракции, %	37,9	25,4	15,8	13,5	4,4	3,0

Как следует из таблицы 2, массовая доля зерна во фракциях различна, вследствие чего износ абразивных рабочих поверхностей шелушителей различается.

Главными показателями качества шелушения при переработке зерна в крупу, определяющими ее сортность, являются влажность, крупность, условия вегетации, количество расколотых ядер, влаготепловая обработка.

При проведении экспериментов все указанные условия соблюдали, используемое зерно соответствовало ГОСТ Р 19092-2021 Гречиха. Технические условия. Выработанная крупа соответствовала ГОСТ 5550-2021 высший сорт.

Отбор и формирование партий зерна для исследования проводили согласно ГОСТ 13586.3-2015. Образцы для исследования отобрали на гречезаводе производительностью 2,5 т/ч.

Достоверность полученных результатов подтверждена 6-8 кратной повторностью экспериментов. Все исследования обрабатывали статистически. Для выполнения работы использовали стандартные методы оценки качества. В экспериментальной части приведены средние значения показателей. Оценку эффективности шелушения зерна проводили методом сравнения количества готового продукта и массовой долей дробленого ядра и мучки со стандартной работой шелушителя при сохранности (на новых дисках без износа) рабочих органов шелушения.

ИЗМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ШЕЛУШИТЕЛЯ С АБРАЗИВНЫМИ ДИСКАМИ В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ

Научные исследования выполнены на базе Бийского технологического института (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении исследований в указанный период при переработке каждой партии зерна объемом

три тысячи тонн оформляли акт-отчет об использовании зерна и выработке готового продукта с определением качества, количества выработанных продуктов, проводился осмотр оборудования, в том числе абразивных поверхностей шелушителей.

На рисунке 1 представлены абразивные поверхности шелушильного станка ШЗ-2 с разной степенью выработки.



1. Новый без выработки



2. Равномерная выработка по всей рабочей поверхности



3. Выработка с незначительными вкраплениями



4. Неравномерная выработка поверхности



5. Значительная выработка

Рисунок 1 – Абразивные поверхности шелушителя ШЗ-2 с разной степенью выработки поверхности

Figure 1 – Abrasive surfaces of the SHZ-2 peeling machine with varying degrees of surface development

Как следует из рисунка 1, абразивные поверхности, не использованные для переработки, имеют гладкие без нарушения поверхности – 1, равномерная выработка по всей рабочей поверхности – 2, выработка с незначительными круговыми углублениями – 3, неравномерная выработка поверхности с глубокими круговыми углублениями – 4, выработка поверхности со значительным углублением – 5.

В процессе работы происходит механический процесс разрушения абразивных поверхностей шелушителя, которые подвергаются различным воздействиям, что приводит к их износу, что может быть связано со следующими причинами:

- 1) недостаточной прочностью абразивного материала;
- 2) наличием минеральной примеси в зерне – неотделенными камнеотборником;

- 3) неотделенными металломагнитными примесями.

Опыт эксплуатации и анализ работы шелушильных машин ШЗ-2 показал, что некорректная эксплуатация, приводящая к неравномерному износу абразивных поверхностей, оказывает на них отрицательное влияние. Их ресурс может составлять: при равномерной выработке 5–6 тысяч тонн;

- при равномерном износе с небольшими повреждениями – 3–4 тысяч тонн;

- при неравномерной выработке – 2–3 тысяч тонн зерна;

- при значительной выработке – 1–1,5.

Дальнейшая эксплуатация шелушителей с указанными ресурсами приводит к значительным ухудшениям качества и выхода готового продукта крупы гречневой ядрицы. Результаты производственных испытаний представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты производственных испытаний при разной выработке рабочих поверхностей шелушителей
 Table 3 – Results of production tests with different production of the working surfaces of the peelers

Степень износа поверхности	Массовая доля продукта, %			Колотые ядра в крупе, %
	Крупа ядрица	Продел	Мучка	
1	72,2	–	0,3	0,3
2	71,6	0,2	0,4	0,4
3	71,1	0,3	0,6	0,5
4	70,4	0,6	0,9	0,7
5	69,6	0,9	1,2	0,8

Таким образом, на основании проведенных исследований, представленных в таблице 3, можно утверждать, что с увеличением износа абразивных поверхностей шелушителя качество шелушения ухудшается.

Изменение абразивных поверхностей приводит к нарушению зазоров в рабочей зоне шелушителей, интенсивности воздействия абразивных дисков на зерно, неравномерного распределения зерна в рабо-

чей зоне, невозможности правильной регулировки и потере своих характеристик, что сопровождается ухудшением качества шелушения и, как следствие, образованием повреждений на поверхности зерновки, снижением ее прочности и даже к разрушению. На рисунках 2.1–2.5 представлена выработанная крупа ядрица при разной степени разрушения абразивных поверхностей.

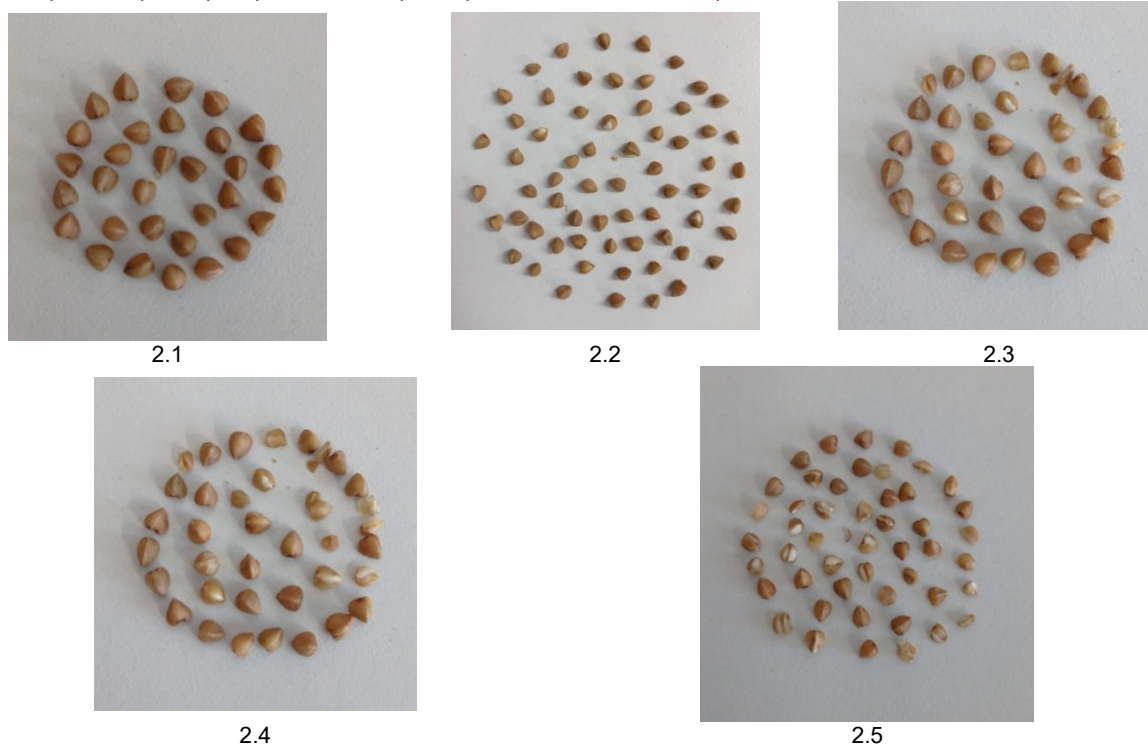


Рисунок 2 – Выработанная крупа гречневая ядрица на шелушителях с разной степенью разрушения абразивной поверхности

Figure 2 – Processed buckwheat kernels on huskers with varying degrees of destruction of the abrasive surface

Анализ таблицы 2 и рисунка 2 показывает, что с увеличением степени нарушения поверхности доля целого ядра уменьшается при возрастании доли дробленого ядра и мучки. При нулевом повреждении (рисунок 2.1) после шелушения ядро ровное, однородное по цвету, повреждения отсутствуют; при равномерной выработке (рисунок 2.2) поверхность слегка зашлифована, присутствуют повреждения семенной оболочки, незначительные отколы с граней и боковых поверхностей; при равномерном износе с незначительными вкраплениями (рисунок 2.3) количество повреждений ядра незначительно увеличивается; при неравномерной выработке поверхности (рисунок 2.4) выявлено ухудшение органолептических показателей, присутствуют сколы ребер и дробленые ядра (рисунок 2.5), значительное ухудшение органолептических показателей, существенное снижение выхода целого ядра.

Таким образом, анализ выработанной продук-

ции позволяет утверждать, что в процессе эксплуатации шелушителей происходит изменение качества и выхода готового продукта, что является следствием нарушения шелушительных поверхностей. Поэтому в процессе эксплуатации необходимо контролировать состояние рабочих поверхностей шелушителей, при необходимости производить их ремонт или замену.

Для оценки степени повреждения выбран метод щупового анализа ГОСТ 2789-73. При щуповом (контактном) методе измерения неровностей поверхности в качестве щупа используют остро заточенную иглу, поступательно перемещающуюся по определенной трассе относительно поверхности. Ось иглы располагали по нормали к поверхности. Опускаясь во впадины, поднимаясь на выступы, фиксировали отклонения от нормали поверхности.

Измерение неровностей поверхности осуществляли на сверлильном станке. Вместо сверла

ИЗМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ШЕЛУШИТЕЛЯ С АБРАЗИВНЫМИ ДИСКАМИ В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ

устанавливали острую иглу и перемещали ее параллельно поверхности, по диаметру измеряя выступы. Согласно данному анализу целью измерений было определение отклонений (неровностей) от номинального значения и исследование их влияния на эксплуатационные характеристики шелушительных машин. Результаты анализов глубины впадин представлены в таблице 4, площадь износа в указанных анализах не определялась.

Таблица 4 – Результаты исследования абразивных поверхностей шелушителей с разной степенью выработки

Table 4 – Results of the study of abrasive surfaces of desiccants with varying degrees of production

Показатель	Износ абразивной поверхности				
	1	2	3	4	5
Степень выработки поверхностей абразивного вала, мм	0,05-0,1	0,2-0,3	0,3-0,5	3,0-5,5	6,0-8,0

Как следует из таблицы 3, анализ износа результатов исследования абразивных поверхностей шелушителей показывает, в процессе эксплуатации износ может значительно превышать размеры ядра гречихи – таблица 5, что может приводить к нарушению процесса шелушения и высокой дробимости ядра.

Таблица 5 – Размеры круглых отверстий, характеризующих крупность фракции ядра

Table 5 – Sizes of round holes, characterizing the size of the core fraction

Номер	Фракции					
	1	2	3	4	5	6
Размер, мм	4,7	4,5	4,2	4,0	3,8	3,6

Проведенные исследования позволяют утверждать, что выработка абразивных поверхностей приводит к невозможности установления оптимального зазора вследствие неровности рабочих поверхностей. Поэтому шелушительные машины не позволяют обеспечить равномерного шелушения зерновой массы. В процессе работы абразивное воздействие изношенных рабочих органов на зерно может сопровождаться образованием повреждений на поверхности зерновки, что может приводить к сколам, снижению прочности и ее разрушению.

Экономическая эффективность производственных испытаний при работе шелушителей с разным износом рабочих органов при текущей стоимости зерна гречихи 15 000 руб/т представлена в таблице 6. При стоимости одного диска без НДС, 5 600 руб., с полной заменой ежегодно 24 дисков, общая стоимость дисков составляет 134 400 руб, замена всех дисков составляет 130 000 руб. Таким образом, общая стоимость замены всех дисков будет составлять 264 400 руб.

Таблица 6 – Экономическая эффективность работы шелушителей с разной степенью износа рабочих поверхностей
Table 6 – Economic efficiency of peeling machines with varying degrees of wear on work surfaces

Показатели	Варианты переработки				
	1	2	3	4	5
Номинальная производительность в сутки, т	60	60	60	60	60
Выход готовой продукции (крупка гречневая ядрица), %	72,2	71,6	71,1	71,4	69,6
Выход готовой продукции (крупка продел), %	0,0	0,2	0,3	0,6	0,9
Выход зерноотходов (мучка, продел), %	0,3	0,6	0,9	1,5	2,1
Стоимость переработки без учета мешкотары, руб/т зерна	2 800				
Итоговая цена 1 тонны гречихи, руб	15 000				
Стоимость мешкотары на 1 тонну крупы, руб	333				
Стоимость 1 тонны зерноотходов, руб	3 636				
Стоимость 1 тонны продела, руб	13 500				
Стоимость 1 тонны крупы гречневой, б/НДС, руб	27 000				
Стоимость сырья (суточная), руб	900 000				
Стоимость переработки в денежном выражении, руб	168 000				
Выход Количество крупы, т	43,3	42,1	43,0	42,7	42,2
Количество продела, т	0	0,2	0,2	0,6	0,9
Количество зерноотходов, т	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8
Стоимость тары, руб	14 406	14 368	14 336	14 306	14 266
Итого стоимость готовой продукции, руб	1 082 406	1 082 368	1 082 336	1 082 306	1 082 266
Выручка от реализации крупы, руб	1 168 020	1 164 054	1 159 920	1 151 820	1 138 860
Выручка от реализации продела, руб	0	2220	2 430	4 050	8 910
Выручка от реализации зерноотходов, руб	655	980	1 091	1 745	2 182
Итого выручка, руб	1 168 675	1 165 351	1 163 441	1 157 615	1 149 952
Маржинальная прибыль, руб	85 614	79 480	77 544	69 514	56 954
Эффект по сравнению с базовым сценарием		-7 400	-8 600	-16 100	-29 020
Количество рабочих дней в году	300				
Годовой эффект	0	-2 322 040	-2 418 012	-8 830 030	-8 706 042
Количество дней по окупаемости дисков		34,6	32,8	16,4	9,1

Проведенный расчет, представленный в таблице 6, позволяет утверждать, что экономически целесообразно при любой выработке дисков ремонтировать абразивные поверхности или производить их замену с целью сохранения рентабельности производства. Количество дней

окупаемости при прочих равных условиях будет уменьшаться с ростом цены на готовую продукцию.

ВЫВОДЫ

Таким образом, производственные испытания показали влияние степени повреждения абразивной по-

верхности шелушителя на качество и выход готового продукта. Экономический расчет показал целесообразность ремонта или замены шелушителей при обнаружении ухудшении качества и выхода готового продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгополова Н.В. Сравнительная оценка подготовки зерна гречихи к переработке и сохранности / Н.В. Долгополова, А.А. Манышин, С.Ф. Рюмшина, М.Ж. Аширбеков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 6. С. 13–18.
2. Кандроков Р.Х. Роль шелушения зерна в технологии переработки твердой пшеницы / Р.Х. Кандроков, Г.Н. Панкратов // Хлебопродукты. 2013. № 3. С. 44–45.
3. Безъязыков Д.С. Модернизация технологии шелушения зерна овса / Д.С. Безъязыков, В.Н. Невзоров, И.В. Мацкевич // Вестник КрасГАУ. 2020. № 4 (157). С. 163–168.
4. Еремина М.А. Разработка технологий по производству импортозамещающих продуктов – будущее отечественных производителей при вступлении в ВТО / М.А. Еремина, М.И. Дмитриченко, Г.В. Алексеев // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2012. № 3 (21). С. 89–93.
5. Котельников В.Я. Техничко-экономические параметры и эффективность комплекса для шелушения и размола зерна / В.Я. Котельников, В.Д. Секерин, О.А. Федченкова, Е.В. Мельник // Известия Курского государственного технического университета. 2002. № 1 (8). С. 107–110.
6. Анисимов А.В. Совершенствование технологии подготовки зерна к помолу на малых предприятиях / А.В. Анисимов, Ф.Я. Рудик, Б.П. Загородских // Вестник Мордовского университета. 2018. Т. 28. № 4. С. 603–623.
7. Невзоров В.Н. Технология и оборудование для шелушения зерна пшеницы / В.Н. Невзоров, И.В. Мацкевич, Д.В. Сальхов [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2018. № 6 (141). С. 162–166.
8. Краснов И.Н. Процесс шелушения зерна при его дроблении / И.Н. Краснов, И.И. Пасечников, Ю.С. Горбанёв, Р.В. Поэта // Вестник аграрной науки Дона. 2021. № 1 (53). С. 12–18.
9. Журба О.С. Влияние шелушения зерна на параметры процесса его измельчения / О.С. Журба, А.В. Карамзин, Л.Н. Крикунова, С.М. Рябова // Хранение и переработка сельскохозяйсырья. 2012. № 8. С. 18–23.
10. Верещинский А.П. Эффективность шелушильно-шлифовальных машин «Каскад» при подготовке зерна пшеницы в сортовых помолках // Хлебопродукты. 2012. № 11. С. 40–41.
11. Перов А.А. Способы шелушения зерна / А.А. Перов // Комбикорма. 2010. № 3. С. 45–46.
12. Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях. ВНПО «Зернопродукт». М., 1990. 81 с.
13. Марьин В.А. Шелушение зерна гречихи с помощью шелушителя с абразивными дисками / В.А. Марьин, А.Л. Верещагин, Р.В. Баранов, А.А. Иванов // Хлебопродукты. 2023. № 7. С. 65–69.
14. Марьин В.А. Использование абразивных кругов для шелушения зерна гречихи / В.А. Марьин, А.Л. Верещагин // Хлебопродукты. 2023. № 2. С. 41–44.

REFERENCES

1. Dolgopolova, N.V., Manshin, A.A., Ryumshina, S.F. & Ashirbekov, M.Zh. (2022). Sravnitel'naya otsenka podgotovki zerna grechikhi k pererabotke i sokhrannosti [Comparative as-

essment of buckwheat grain preparation for processing and preservation]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*, (6), 13-18. (In Russ.).

2. Kandrokov, R.Kh. & Pankratov, G.N. (2013). Rol shelusheniya zerna v tekhnologii pererabotki tverдой pshenitsy [The role of grain hulling in durum wheat processing technology]. *Khleboпродукты*, (3), 44-45. (In Russ.).
3. Bezzyazikov, D.S., Nevzorov, V.N. & Matskevich, I.V. (2020). Modernizatsiya tekhnologii shelusheniya zerna ovsa [Modernization of oat grain hulling technology]. *Vestnik KrasGAU*, (4(157)), 163-168. (In Russ.).
4. Eremina, M.A., Dmitrichenko, M.I. & Alekseev, G.V. (2012). Razrabotka tekhnologii po proizvodstvu importozameshchayushchikh produktov - budushchee otechestvennykh proizvoditeley pri vstuplenii v VTO [Development of technologies for the production of import-substituting products - the future of domestic producers upon accession to the WTO]. *Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa*, (3(21)), 89-93. (In Russ.).
5. Kotelnikov, V.Ya., Sekerin, V.D., Fedchenkova, O.A., & Melnik, E.V. (2002). Tekhniko-ekonomicheskie parametry i effektivnost kompleksa dlya shelusheniya i razmola zerna [Technical and economic parameters and efficiency of a complex for grain hulling and grinding]. *Izvestiya Kurskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, (1(8)), 107-110. (In Russ.).
6. Anisimov, A.V., Rudik, F.Ya. & Zagorodskikh, B.P. (2018). Sovershenstvovanie tekhnologii podgotovki zerna k pomolu na mal'kikh predpriyatiyakh [Improving grain preparation technology for grinding at small enterprises]. *Vestnik Mor-dovskogo universiteta*, *28*(4), 603-623. (In Russ.).
7. Nevzorov, V.N., Matskevich, I.V., Salykhov, D.V. [et al.]. (2018). Tekhnologiya i oborudovanie dlya shelusheniya zerna pshenitsy [Technology and equipment for wheat grain hulling]. *Vestnik KrasGAU*, (6(141)), 162-166. (In Russ.).
8. Krasnov, I.N., Pasechnikov, I.I., Gorbanov, Yu.S. & Poeta, R.V. (2021). Protseess shelusheniya zerna pri ego droblenii [The process of grain hulling during its crushing]. *Vestnik agrarnoy nauki Dona*, (1(53)), 12-18. (In Russ.).
9. Zhurba, O.S., Karamzin, A.V., Krikunova, L.N. & Ryabova, S.M. (2012). Vliyaniye shelusheniya zerna na parametry protseessa ego izmelcheniya [The influence of grain hulling on the parameters of its grinding process]. *Khreneniye i pererabotka sel'khozsyrya*, (8), 18-23. (In Russ.).
10. Vereshchinsky, A.P. (2012). Effektivnost shelushilno-shlifovalnykh mashin "Kaskad" pri podgotovke zerna pshenitsy v sortovykh pomolakh [Efficiency of "Cascade" hulling and grinding machines in the preparation of wheat grain for graded grinding]. *Khleboпродукты*, (11), 40-41. (In Russ.).
11. Perov, A.A. (2010). Spособы shelusheniya zerna [Methods of grain hulling]. *Kombikorma*, (3), 45-46. (In Russ.).
12. Pravila organizatsii i vedeniya tekhnologicheskogo protseessa na krupyanykh predpriyatiyakh [Rules for organizing and conducting the technological process at cereal enterprises]. (1990). Moscow : VNPO "Zernoprodukt". (In Russ.).
13. Marin, V.A., Vereshchagin, A.L., Barinov, R.V. & Ivanov, A.A. (2023). Shelusheniye zerna grechikhi s pomoshchyu shelushitel'ya s abrazivnymi diskami [Buckwheat grain hulling using a huller with abrasive discs]. *Khleboпродукты*, (7), 65-69. (In Russ.).
14. Marin, V.A. & Vereshchagin, A.L. (2023). Ispolzovanie abrazivnykh krugov dlya shelusheniya zerna grechikhi [The use of abrasive wheels for buckwheat grain hulling]. *Khleboпродукты*, (2), 41-44. (In Russ.).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 17 декабря 2025; одобрена после рецензирования 24 апреля 2026; принята к публикации 18 мая 2026.

The article was received by the editorial board on 17 Dec 2025; approved after editing on 24 Apr 2026; accepted for publication on 18 May 2026