

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

PROCESSES AND MACHINERY OF AGRO-ENGINEERING SYSTEMS

Научная статья

УДК 631.362:633.16

EDN RVKSDJ

DOI: 10.22450/199996837_2022_3_74

Очистка семян ячменя от трудноотделимых примесей

**Андрей Александрович Абидуев¹, Александр Сергеевич Пехутов²,
Мунко Базарович Балданов³, Альберт Юрьевич Тогмидон⁴**^{1,2,3,4} Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова
Республика Бурятия, Улан-Удэ, Россия^{1,4} abana47@mail.ru, ² pekhutov@mail.ru, ³ munko.baldanov@mail.ru

Аннотация. Семенной материал ячменя в хозяйствах Республики Бурятия имеет неудовлетворительное качество, в основном по содержанию семян таких культурных растений, как пшеницы и овса. Семена ячменя и пшеницы по длине имеют незначительное перекрытие, и зерновки пшеницы могут быть выделены из семенного зерна как короткие примеси в ячеистом сепараторе с ячейками 8,0–8,5 мм. Анализ вариационных кривых семян ячменя и овса по толщине и длине показывает, что мелкие зерновки овса, перекрывающиеся с семенами основной культуры по длине, могут быть выделены из обрабатываемого материала на подсевном решете, и оставшиеся крупные зерновки овса – в ячеистом сепараторе как длинные примеси. Для исследования технологического процесса очистки семян по совокупности размеров в настоящее время существует недостаток знаний. В работе представлен сравнительный анализ основных размеров исследуемых семян ячменя, овса и пшеницы, определены теоретические зависимости по определению качества очистки семенного зерна, выхода семян, доли очищенных семян после обработки и содержания примесей в очищенном материале. В статье приводятся, разработанные авторами, методические положения по исследованию технологического процесса и обоснованию способа очистки семян от трудноотделимой примеси (овса) по совокупности размеров. Разработана математическая модель технологического процесса очистки семян ячменя от трудноотделимой примеси (овса). Разработана технология очистки семян ячменя от овса, включающая обработку зерна в аспирационном канале, на подсевном решете с выделением мелких семян овса в ячеистом сепараторе с размером ячеек 11,2 мм.

Ключевые слова: семена, очистка по совокупности признаков, подсевное решето, ячеистый сепаратор

Для цитирования: Абидуев А. А., Пехутов А. С., Балданов М. Б., Тогмидон А. Ю. Очистка семян ячменя от трудноотделимых примесей // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Том 16. № 3. С. 74–80. doi: 10.22450/199996837_2022_3_74.

Original article

Barley seeds cleaning from hard-separable impurities

**Andrey A. Abiduev¹, Aleksandr S. Pekhutov²,
Munko B. Baldanov³, Albert Yu. Togmidon⁴**^{1,2,3,4} Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov
Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Russia^{1,4} abana47@mail.ru, ² pekhutov@mail.ru, ³ munko.baldanov@mail.ru

Abstract. The barley seed material in the farms of the Republic of Buryatia is of a poor quality. This is due to the presence of wheat and oats seeds. Seeds of barley and wheat have a non-significant overlap in terms of their length and wheat caryopses can be easily separated from the seeds material as short impurities in the cell separator with the 8.0–8.5 mm size of cells. The analysis of variation curves of barley and oats seeds according to the thickness and length shows that small oats caryopses overlapping the main crop culture according to the length, can be separated from the processed material on an undersowing sieve; the rest large oats caryopses are parted in the cell separator as long impurities. Nowadays, there is a lack of knowledge to study the technological process of the seeds cleaning according to a size set. The article deals with the comparative analysis of main sizes of barley, wheat, oats seeds that are under the research. Also, it defines the theoretic dependency to identify levels of quality of the seeds cleaning, seed yield, the rate of cleaned seeds and the presence of impurities in the cleaned seed material. The article provides methodic ideas to study the technological process of seeds cleaning developed by the authors of the article as well as justification of an approach of the seeds cleaning from a hard-separable impurity (oats) according to the set of sizes. A numerical scheme of the technological process of barley seeds cleaning from hard-separable impurities (oats) was developed. The technology of barley seeds cleaning from oats was developed including the seeds processing in the aspiration channel, on the undersowing sieve with parting of small oats seeds in the cell separator with the cells size of 11,2 mm.

Keywords: seeds, cleaning according to the set of features, undersowing sieve, cell separator

For citation: Abiduev A. A., Pekhutov A. S., Baldanov M. B., Togmidon A. Yu. Ochistka semyan yachmenya ot trudnootdelimyh primesej [Barley seeds cleaning from hard-separable impurities]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. – *Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2022; 16; 3: 74–80. (in Russ.). doi: 10.22450/199996837_2022_3_74.

Введение. Семенной материал ячменя в хозяйствах Республики Бурятия имеет неудовлетворительное качество, зачастую из-за высокого содержания в нём семян других культурных растений (пшеница и овёс). В некоторых партиях семенного материала наблюдается превышение содержания семян ржи и овсяга выше нормы. Известная технология очистки семян, которая включает в себя обработку семян на воздушно-решетных машинах и в триерных цилиндрах (ячеистых сепараторах), не позволяет обеспечить получение высококачественных семян [1].

Семена овса являются наиболее трудноотделимой примесью. Анализ вариационных кривых семян ячменя и овса показывает, что наиболее высококачественная очистка зерна от семян овса может быть проведена на основе совокупности размеров, то есть по длине и толщине.

Изменчивость размеров семян можно описать законом нормального распределения, коэффициент корреляции между длиной и толщиной семян является высоким [2, 3]. Поэтому можно предположить, что мелкие семена овса, имеющие такую же длину, как семена основной культуры, могут быть выделены из обрабатываемого материала на подсевном решете с отверстиями продолговатой формы, а оставши-

еся крупные семена овса – в ячеистом сепараторе как длинные примеси.

В настоящее время существует нехватка научных знаний для определения возможности эффективной очистки семян от трудноотделимой примеси по совокупности размеров. Качество очистки семян от указанной примеси по совокупности размеров может быть определено путём совместного рассмотрения и анализа изменчивости толщины и длины компонентов зерна [4, 5].

Для проведения посевных работ в почвенно-климатических условиях Республики Бурятия большую роль играет качество семенного материала. От этого напрямую зависит будущее развитие растений и в итоге урожайность зерновой культуры [6]. Поэтому возникла необходимость в разработке технологического процесса, позволяющего очистить семена от трудноотделимых примесей.

Материал и методы исследований.

Толщина семян ячменя и примесей определялась путём просеивания на решетном классификаторе. Длина семян устанавливалась непосредственным измерением с помощью микрометра. При изучении изменчивости размеров и скорости витания компонентов зерна использовался метод

статистической обработки результатов исследований [7, 8].

При анализе технологического процесса очистки зерна ячменя от овса по совокупности размеров был применён метод математического моделирования [9, 10].

Семена ячменя и овса по толщине имеют незначительное различие. Больше различие эти семена имеют по длине (рис. 1).

Во время разделения семян по длине l_1 и толщине b_1 полнота выделения примеси может быть оценена площадью фигуры

$EFBA_1D_1D$, которая больше площади фигуры $AEFB$, оценивающей качество очистки семенного зерна от овса по указанной длине (рис. 1).

Характеристики нормальных распределений толщины и длины компонентов зерна приведены в таблице 1.

Математическую модель, описывающую технологический процесс очистки семян ячменя от трудноотделимой примеси (овса) по совокупности размеров – толщине (b) и длине (l) можно представить в виде выражения (1):

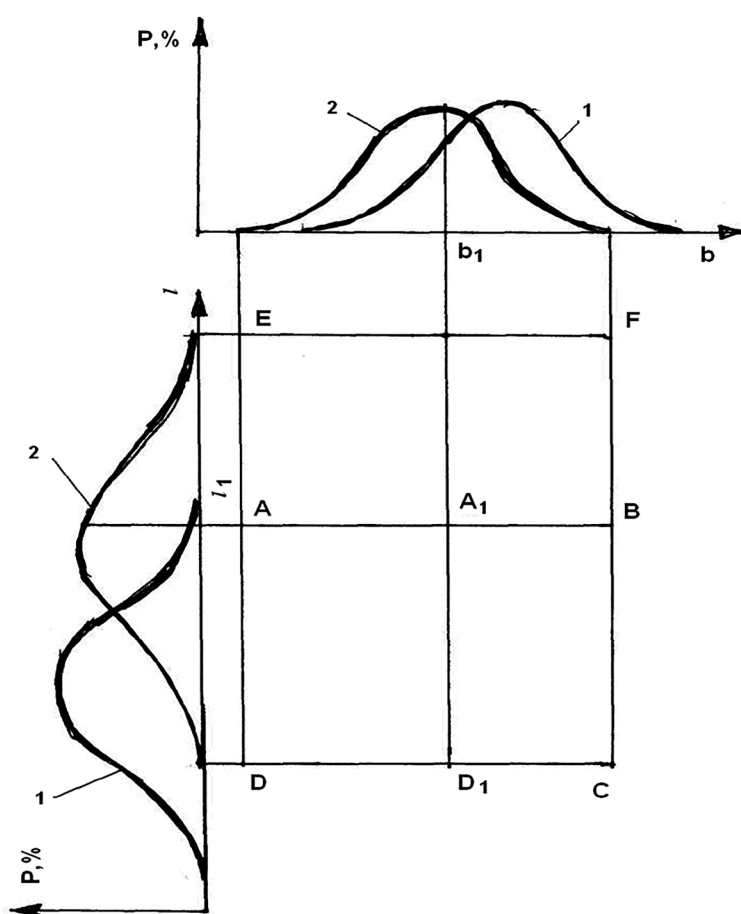


Рисунок 1 – Вариативность толщины b и длины l семян ячменя (1) и овса (2)

Таблица 1 – Характеристики размеров компонентов зерна

В миллиметрах

Семена	Толщина		Длина	
	\bar{b}	σ	\bar{l}	σ
Ячмень	2,73	0,25	8,43	0,67
Овес	2,29	0,23	10,45	0,83

$$E_2 = \Phi^* \left(\frac{b_1 - \bar{b}_п}{\sigma_{бп}} \right) + \left[1 - \Phi^* \left(\frac{b_1 - \bar{b}_п}{\sigma_{бп}} \right) \right] * \left[1 - \Phi^* \left(\frac{l_1 - \bar{l}_п}{\sigma_{лп}} \right) \right] \quad (1)$$

где $\bar{b}_п, \sigma_{бп}$ – среднее значение и среднее квадратическое отклонение толщины примеси (семян овса);

$\bar{l}_п, \sigma_{лп}$ – среднее значение и среднее квадратическое отклонение длины зерновок овса;

b_p, l_l – параметры разделения зерна по толщине и длине.

Долю очищенных семян после такой обработки зернового материала можно определить по выражению (2):

$$B_2 = 1 - \Phi^* \left(\frac{b_1 - \bar{b}_c}{\sigma_{bc}} \right) \quad (2)$$

где \bar{b}_c, σ_{bc} – характеристики толщины семян основной культуры.

Содержание примеси (зерновок овса) (штук на килограмм) в очищенном материале можно определить по выражению (3):

$$a_3 = \frac{\alpha_0(1 - E_2)}{B_2} \quad (3)$$

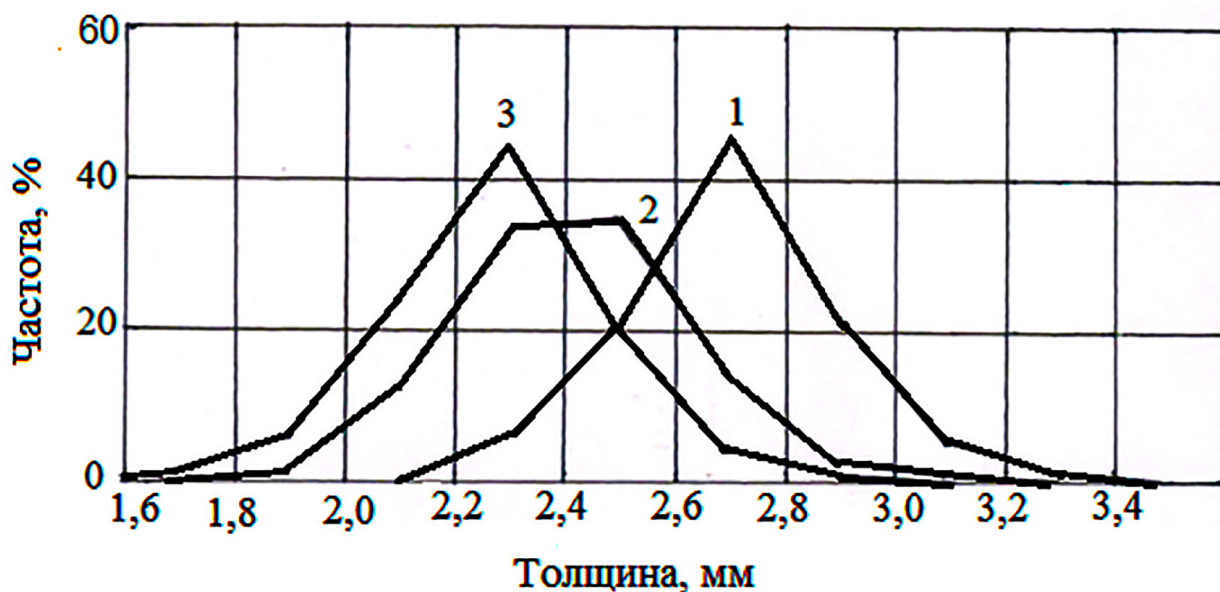
где α_0 – засоренность исходного зерна семенами овса, шт/кг.

Результаты исследований и их анализ. Изменчивость толщины и длины семян ячменя и их трудноотделимых примесей (овса и пшеницы) представлены на рисунках 2 и 3.

Мелкие семена овса можно также выделить из основного материала по поперечному размеру как мелкие примеси, а оставшиеся крупные зерновки овса – как длинные примеси в ячеистом сепараторе с ячейками 11,2 мм.

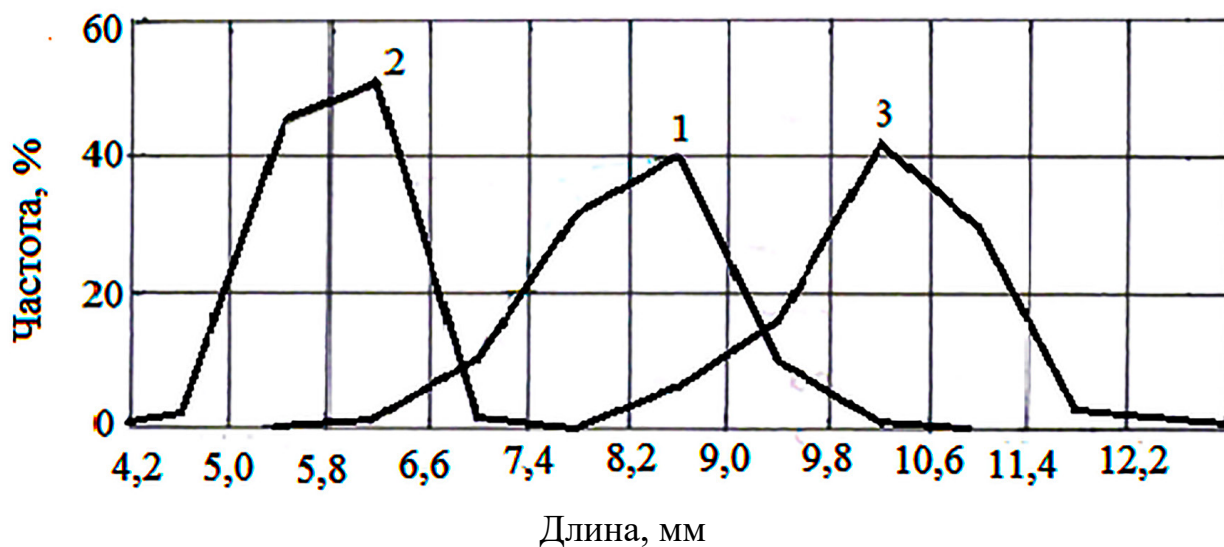
Вариационные кривые семян ячменя и пшеницы по длине не перекрываются (рис. 3), и исходя из этого, данная примесь может быть удалена из семенного материала как короткая примесь в ячеистом сепараторе. Максимальная длина семян пшеницы достигает 7,2–7,6 мм. Разделение семян по указанной длине может быть осуществлено в ячеистом сепараторе с ячейками 8,0–8,5 мм. Скорости витания семян ячменя, пшеницы и овса имеют существенное перекрытие.

Результаты экспериментальных исследований процесса очистки семян ячменя от овса по толщине и длине, проведенных на малогабаритной семяочистительной машине СМ-0,15 и в ячеистом сепараторе с размером ячеек 11,2 мм, и процесса очистки семян, полученные расчётным путём по выражениям (1) и (2) с использованием таблицы нормальной функции распределения [11], представлены на рисунке 4.



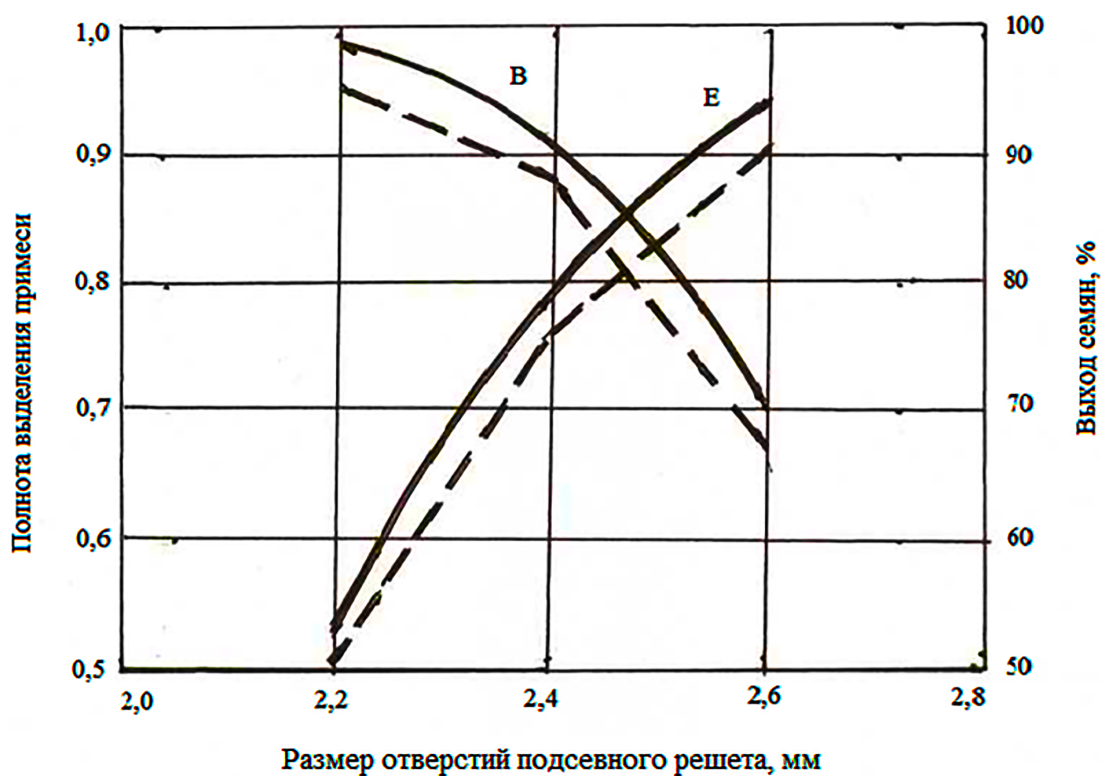
1 – ячмень; 2 – пшеница; 3 – овес

Рисунок 2 – Вариационные кривые семян ячменя и их примесей по толщине



1 – ячмень; 2 – пшеница; 3 – овес

Рисунок 3 – Вариационные кривые семян ячменя и их примесей по длине



— расчётные; - - - экспериментальные

Рисунок 4 – Изменение качественных показателей процесса очистки семян в зависимости от размера отверстий подсеивного решета

Показатели качества очистки семян ячменя, определённые расчётным методом и экспериментальным путём существенно не различаются (рис. 4).

Выводы:

1. Разработаны методические положения исследования технологического процесса очистки семян от трудноотделимой примеси по совокупности размеров, которые с допустимой погрешностью по-

зволяют определить качественные показатели процесса.

2. Разработан способ очистки семян ячменя от трудноотделимой примеси (овса), включающий выделение мелких зерновок овса на подсевном решете, его крупных зерновок как длинных примесей в ячеистом сепараторе с размером ячеек 11,2 мм.

Список источников

1. Технология обработки зерна / под ред. Я. Н. Куприц. М. : Колос, 1965. 504 с.
2. Киреев М. В., Феофанов А. С. К методике построения и использования вариационных кривых распределения размеров семян // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1962. Т. 88. С. 115–119.
3. Урханов Н. А. Интенсификация послеуборочной обработки и очистки зерна от примесей по длине. Улан-Удэ : Восточно-Сибирский государственный технический университет, 1999. 320 с.
4. Абидуев А. А., Абидуев Ал. А. Моделирование процесса очистки семян пшеницы от ячменя // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2009. № 3. С. 147–152.
5. Баженов Ю. И. Определение количества удаляемых примесей // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1973. № 11. С. 43–44.
6. Калашников С. С. Разработка и обоснование параметров рассеивателя семян дискового сошника для посева зерновых культур : дисс. ... канд. техн. наук. Улан-Удэ, 2018. 179 с.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.
8. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. М. : Наука, 1971. 576 с.
9. Вайсман М. Л., Резников А. Р. Обоснование схемы процесса сепарации семян // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1973. № 1. С. 41–42.
10. Моделирование процесса фракционной очистки зерна в зерноочистительном агрегате / Ю. И. Ермольев, М. Ю. Кочкин, Г. И. Лукинов, А. В. Бутовченко // Вестник Донского государственного технического университета. 2010. № 3 (46). С. 386–396.
11. Вентцель Е. С. Теория вероятностей : учебник. М. : Высшая школа, 1999. 576 с.

References

1. Kuprits Ya. N. (Eds.). *Tekhnologiya obrabotki zerna [Grain processing technology]*, Moskva, Kolos, 1965, 504 p. (in Russ.).
2. Kireev M. V., Feofanov A. S. K metodike postroeniya i ispol'zovaniya variacionnykh krivykh raspredeleniya razmerov semyan [On the methodology of constructing and using variational curves of seed size distribution]. *Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. – Mechanization and electrification of agriculture*, 1962; 88: 115–119 (in Russ.).
3. Urkhanov N. A. *Intensifikaciya posleuborochnoj obrabotki i ochistki zerna ot primesej po dlina [Intensification of post-harvest processing and purification of grain from impurities along the length]*, Ulan-Ude, Vostochno-Sibirskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 1999, 320 p. (in Russ.).
4. Abiduev A. A., Abiduev Al. A. Modelirovanie processa ochistki semyan pshenicy ot yachmenya [Modeling of the process of cleaning wheat seeds from barley]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2009; 3: 147–152 (in Russ.).
5. Bazhenov Yu. I. . Opredelenie kolichestva udalyaemykh primesej [Determination of the amount of impurities to be removed]. *Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. – Mechanization and electrification of agriculture*, 1973; 11: 43–44 (in Russ.).

6. Kalashnikov S. S. Razrabotka i obosnovanie parametrov rasseivatelya semyan diskovogo soshnika dlya poseva zernovyh kul'tur [Development and justification of the parameters of the seed disperser of the disc coulter for sowing grain crops]. *Candidate's thesis*. Ulan-Ude, 2018, 179 p. (in Russ.).

7. Dospekhov B. A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)], Moskva, Agropromizdat, 1985, 351 p. (in Russ.).

8. Mitropolskiy A. K. *Tekhnika statisticheskikh vychislenij* [Statistical computing techniques], Moskva, Nauka, 1971, 576 p. (in Russ.).

9. Vaysman M. L., Reznikov A. R. Obosnovanie skhemy processa separacii semyan [Justification of the scheme of the seed separation process]. *Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. – Mechanization and electrification of agriculture*, 1973; 1: 41–42 (in Russ.).

10. Ermolyev Yu. I., Kochkin M. Yu., Lukinov G. I., Butovchenko A. V. Modelirovanie processa frakcionnoj ochistki zerna v zernoochistitel'nom agregate [Simulation of the process of fractional grain cleaning in a grain cleaning unit]. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – Bulletin of the Don State Technical University*, 2010; 3 (46): 386–396 (in Russ.).

11. Ventcel E. S. *Teoriya veroyatnostej: uchebnik* [Probability theory: textbook], Moskva, Vysshaya shkola, 1999, 576 p. (in Russ.).

© Абидуев А. А., Пехутов А. С., Балданов М. Б., Тогмидон А. Ю., 2022

Статья поступила в редакцию 14.06.2022; одобрена после рецензирования 30.07.2022; принята к публикации 12.08.2022.

The article was submitted 14.06.2022; approved after reviewing 30.07.2022; accepted for publication 12.08.2022.

Информация об авторах

Абидуев Андрей Александрович, доктор технических наук, доцент, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, abana47@mail.ru;

Пехутов Александр Сергеевич, доктор технических наук, доцент, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, pekhtov@mail.ru;

Балданов Мунко Базарович, кандидат технических наук, доцент, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, munko.baldanov@mail.ru;

Тогмидон Альберт Юрьевич, аспирант, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, abana47@mail.ru

Information about authors

Andrey A. Abiduev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, abana47@mail.ru;

Aleksandr S. Pekhtov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, pekhtov@mail.ru;

Munko B. Baldanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, munko.baldanov@mail.ru;

Albert Yu. Togmidon, Postgraduate Student, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, abana47@mail.ru