Тип статьи: научная
УДК 631.303
DOI: 10.35887/2305-2538-2022-5-20-27

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Константин Николаевич Тишанинов [1]
[1]*Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Россия*
[1]TishaninovKN@rambler.ru

Реферат. *Установлены основные направления исследований касающихся послеуборочной обработки зерна: к первой категории относятся методы очистки, ко второй конструкции сепараторов, к третьей технологии очистки зерна. Выделены наиболее часто используемые методы очистки. Установлено, что современные машины для первичной обработки зерна используют двухканальные аспирационные системы и три решета в одном ярусе решетного стана. Показаны различия и преимущества воздушно-решетных машин. Показана низкая эффективность пневмосепараторов как самостоятельных устройств для очистки зерна: при подаче зернового материала 7,9 т/ч чистота материала при использовании сепаратора ПС-15 выросла с 98,16% до 98,70%; при подаче 9,6 т/ч с 98,02% до 99,03%; при подаче 13,4 т/ч с 97,73% до 98,04%; при подаче 14,9 т/ч с 98,12% до 98,77%; при подаче 16,0 т/ч с 97,55% до 98,29%. Показана эффективность энергосберегающих гравитационных сепараторов ЗГ-5: содержание сорной примеси при его использовании уменьшилось до 0,67…0,98%, зерновой примеси до 0,87…1,25%. Обозначены основные цели различного зерноочистительного оборудования: основная очистка, выделение трудноотделимых примесей, получение качественных семян, энергосбережение. Приведены две основные новые технологии очистки зерна: фракционирование и дифференцирование зернового вороха. Даны рекомендации для разработчиков зерноочистительного оборудования.*

Ключевые слова: *послеуборочная очистка зерна, фракционирование.*

THE MAIN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF GRAIN CLEANING EQUIPMENT

Konstantin Tishaninov [1]
[1]*ALL-Russian research Institute for the use of machinery and petroleum products in agriculture, Tambov, Russian Federation*
[1]TishaninovKN@rambler.ru

Abstract. *The main directions of research concerning post-harvest grain processing have been established: the first category includes cleaning methods, the second separator design, and the third grain cleaning technology. The most frequently used cleaning methods are highlighted. It is established that modern machines for primary grain processing use two-channel aspiration systems and three sieves in one tier of the sieve mill. The differences and advantages of air-sieve machines are shown. The low efficiency of pneumatic separators as independent devices for grain cleaning is shown: when feeding grain material of 7.9 t/h, the purity of the material when using the PS-15 separator increased from 98.16% to 98.70%; when feeding 9.6 t/h from 98.02% to 99.03%; when feeding 13.4 t/h from 97.73% to 98.04%; when feeding 14.9 t/h from 98.12% to 98.77%; when feeding 16.0 t/h from 97.55% to 98.29%. The efficiency of energy-saving gravity separators ZG-5 is shown: the content of the weed impurity when using it decreased to 0.67...0.98%, grain impurity up to 0.87...1.25%. The main objectives of various grain cleaning equipment are outlined: basic cleaning, isolation of difficult-to-separate impurities, obtaining high-quality seeds, energy saving. Two main new technologies of grain purification are given: fractionation and differentiation of grain heaps. Recommendations for developers of grain cleaning equipment are given.*

Keywords: *post-harvest grain cleaning, fractionation.*

Для цитирования: Тишанинов К.Н. Основные тенденции развития зерноочистительной техники // Наука в центральной России Science in the central Russia. 2022. Т. 59, № 5. С. 20-27. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-5-20-27.

For citation: Tishaninov K. The main trends in the development of grain cleaning equipment. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2022; 59(5): 20-27. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-5-20-27.

Введение. Наращивание производства зерна является важнейшей задачей агропромышленного комплекса. На урожайность посевов влияют множество факторов: сорт семян, климатические условия и др. Качество семян во многом определяет урожайность будущих посевов, а для получения хороших семян комбайновый ворох необходимо доочищать до требуемых кондиций по чистоте. В процессе послеуборочной доочистки требуются также решать ряд дополнительных задач (например, минимизировать травмированность зерна, не допускать потери чистого зерна в отход). Все это требует конкурентоспособной зерноочистительной техники. Для совершенствования зерноочистительного оборудования (наряду с решением других проблем послеуборочной очистки зерна [1]) необходимо понимать в каких направлениях развивается современная зерноочистительная техника. Поэтому обзор основных тенденций развития зерноочистительного оборудования является актуальной задачей.

Результаты и обсуждение. Современные исследования, направленные на улучшение послеуборочной очистки зерна, можно разделить на три группы:

1) Поиск новых и совершенствование старых методов очистки зерна;
2) Создание новых конструкций сепараторов;
3) Совершенствование существующих технологий процесса очистки зерна.

Методы очистки зерна, применяемые на текущий момент, показаны на схеме 1. Эта классификация очень часто встречается в работах по интенсификации процесса сепарации зерна (например, у авторов работ [2, 3, 4]). Наибольшее распространение получили методы разделения по геометрическим свойствам (толщине, широте, длине), по скорости витания и удельному весу. Перспективным направлением являются методы разделения по цвету (фотосепараторы).

Рисунок 1 – Схема современных методов очистки зерна

Второе направление развития зерноочистительной техники представлено многими новыми отечественными разработками (Таблица 1). В первую очередь, к ним можно отнести воздушно-решетные машины – СВУ-5А, ОЗС-50/25/10, ОЗФ-50/25/10. Эти машины имеют двухканальную аспирационную систему, позволяющие выделять легкие примеси и битое зерно, как до решетной очистки, так и после нее. Решетная часть этих зерноочистительных машин различается принципиально. Машина СВУ-5А имеет трехъярусное расположение колосовых (Б1, Б2), сортировальных (Г1, Г2), подсевных (В1, В2) решет. В машине ОЗС-50/25/10 подсевные (В), сортировальные (Г) и колосовые (Б) решета расположены в одном ярусе. Машина ОЗФ-50/25/10 (Рисунок 2) имеет два яруса решет: верхний (состоит из сортировальных (Г) и колосового (Б)) выделяет чистое зерно, нижний (состоит из подсевных (В) и сортировального (Г)) – фуражную фракцию.

Таблица 1- Современные сепараторы зерна

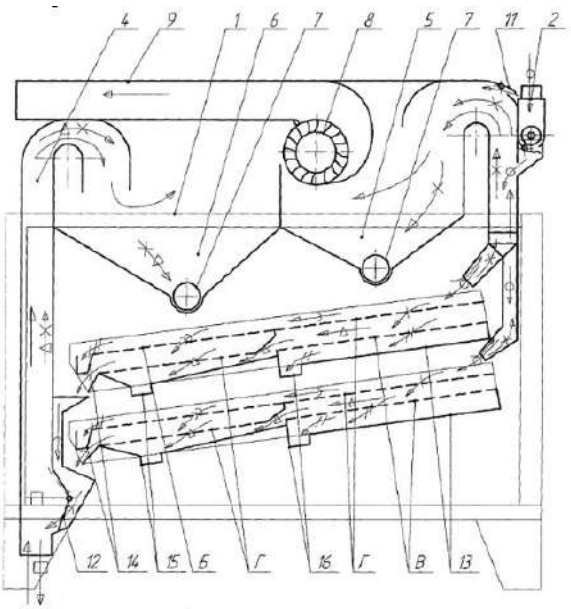
Назначение устройства	Тип устройства	Наименование устройства
Основная очистка зерна	машины для первичной очистки зерна	СВУ-5А, ОЗС-50/25/10, ОЗФ-50/25/10
Выделение трудноотделимых примесей, отличающихся по аэродинамическим свойствам	машины для предварительной и для вторичной очисток зерна	МПО-50, ПС-15
Получение качественных семян из очищенного зернового вороха	пневмосортировальные столы	ПСС-2,5, ПСМ-0,5
	фотосепаратор	фотоэлектронный сепаратор
Энергосбережение	гравитационные сепараторы	ЗГ-5, СГУ-0,15

Машины ОЗФ и ОЗС выполняют разные задачи. Так, машина ОЗФ-50/25/10 позволяет выделять из зернового вороха фракцию семян и фуражную фракцию. Семенная фракция стоит дороже продовольственного зерна, а фураж используются для приготовления кормов. Одноярусное расположение подсевных, сортировальных и колосовых решет в машине ОЗС-50/25/10 рассчитано на максимальную эффективность решетной очистки. Решетные части этих машин (ОЗФ-80/40/20, ОЗС-50/25/10) имеют увеличенное количество решет в одном ярусе – 3 вместо 2-х (ЗВС-20А - машина производства 60-х годов).

Машины ПС-15, МПО-50 используют для предварительной очистки комбайного вороха (выделяют битые, колотые зерна основной культуры и легкие примеси, отличающиеся по аэродинамическим свойствам). Пневмосепараторы используют замкнутые аспирационные системы. ПС-15 (Рисунок 3, [2]) работает следующим образом: зерновой ворох поступает в приемное устройство, где шнеком 7 выравнивается по ширине пневмоканала.

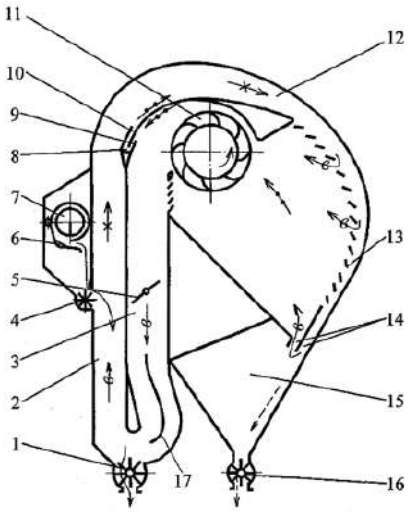
В пневмосепарирующий канал 2 зерно подается питающим валиком 4. Легкая фракция (легкая примесь, битое и мелкое зерно основной культуры) уносится воздушным потоком в инерционный пылеуловитель. Крупная фракция (очищенное зерно) выводится из сепаратора через шлюзовый затвор 1. Легкая фракция выделяется из воздушного потока жалюзийным отделителем (более крупные примеси) и противоточным отделителем (мелкая примесь) и выводятся из сепаратора через шлюзовый затвор 16.

Результаты испытания опытного образца ПС-15 при очистке семян озимой ржи (сорт Вятка – 2) показали: при подаче зернового материала 7,9 т/ч чистота материала выросла с 98,16% до 98,70%; при подаче 9,6 т/ч чистота материала выросла с 98,02% до 99,03%; при подаче 13,4 т/ч чистота материала выросла с 97,73% до 98,04%; при подаче 14,9 т/ч чистота материала выросла с 98,12% до 98,77%; при подаче 16,0 т/ч чистота материала выросла с 97,55% до 98,29%.



1 – рама; 2 – питающее устройство; 3 – канал первой аспирации; 4 – канал второй аспирации; 5, 6 – осадочные камеры; 7 – шнеки; 8 – диаметральный вентилятор; 9 – воздухоотводящий патрубок; 10 – делитель; 11 – регулировочное окно; 12 – клапан; 13 – решетные станы; 14 – лоток вывода колосового вороха; 15 – лоток вывода фуражной фракции; 16 – лоток вывода мелкой фракции

Рисунок 2 – Технологическая схема зерноочистительной машины ОЗФ-50/25/10



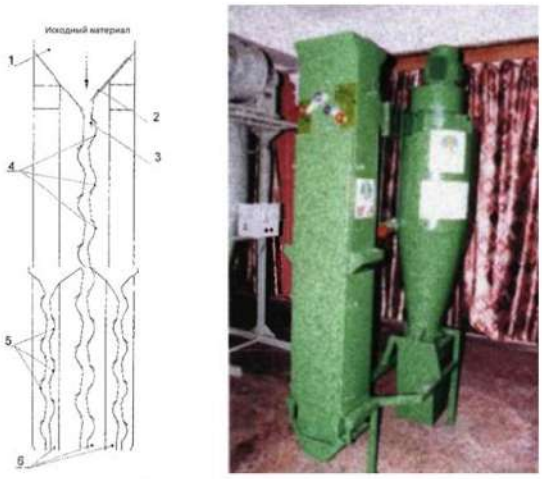
1, 16 –шлюзовые затворы; 2 – пневмосепарирующий канал; 3 – воздухоподводящий канал; 4 – питающий валик; 5 – дроссель; 6 – клапан; 7 – шнек; 8 – перепускное окно; 9 – вход в участок 10; 10 – канал частичного отвода запыленного воздуха; 11 – диаметральный вентилятор; 12 – воздухоотводящий канал; 13 - жалюзийный отделитель; 14 – противоточный отделитель; 15 – осадочная камера; 17 – направляющая перегородка

Рисунок 3 - Технологическая схема пневмосепаратора ПС-15

Гравитационный сепаратор ЗГ-5 (Рисунок 4) с производительностью на пшенице до 5 т/ч в лабораторно-хозяйственных испытаниях показал следующие результаты: содержание сорной примеси уменьшилось до 0,67…0,98%, зерновой примеси до 0,87…1,25%.

Третья группа исследований – совершенствование технологий послеуборочной очистки зерна.

Б.С. Окнин, А.А. Терехин, Л.М. Суконин, И.В. Горбачев, В.М. Дринча, В.М. Соловьев предлагают разделять зерновой ворох на три фракции (продовольственного зерна, промежуточной фракции и отходов) с помощью центробежно-пневматического сепаратора. Зерновую фракцию очищают с помощью ЗАВ-40, промежуточную на триерных блоках. Данная схема очистки позволяет снизить нагрузку на триерные блоки.



а) б)

1 - бункер; 2 - заслонка подачи материала; 3 - заслонка распределения потока; 4 - решетки канала, выделяющие крупные примеси; 5 - решетки канала, выделяющие мелкие примеси; 6 - патрубки отвода зерна и примесей.
а) Схема колоны гравитационного сепаратора ЗГ-5
б) Общий вид гравитационного сепаратора ЗГ-5

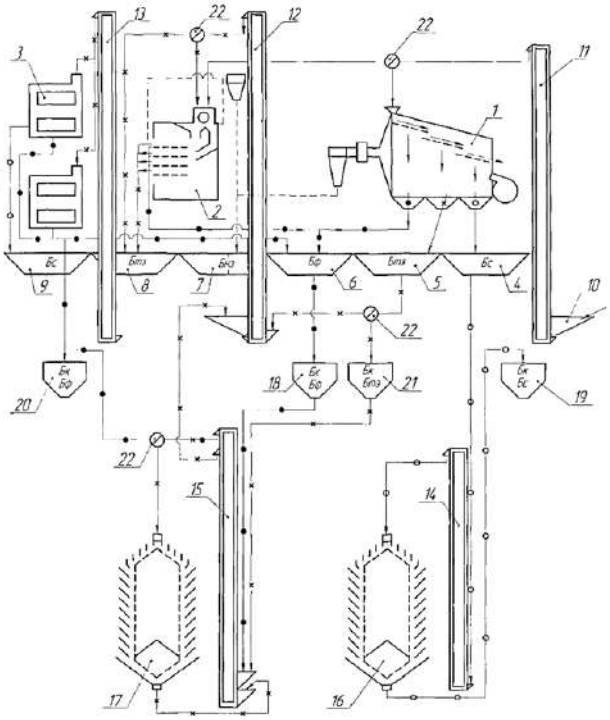
Рисунок 4 – Гравитационный зерноочиститель ЗГ-5

В.И. Оробинский [6] предлагает следующий способ фракционирования зерна: на самой ранней стадии обработки зерна необходимо выделить засорители (особенно мелкие) и биологически неполноценное зерно, которое не представляет интерес как посевной материал. Мелкий сор является благоприятной средой обитания микроорганизмов, что отрицательно сказывается на хранении зерна и его посевных качествах. Выделить фракцию сора и биологически неполноценного зерна можно по аэродинамическим свойствам, плотности и размерам зерновок. При этом количество технологических операций нужно свести к минимуму так, чтобы избежать излишнего травмирования зерна. Суть фракционной технологии очистки зерна заключается в разделении зерновой массы на самой ранней стадии очистки на три фракции: основную, фуражную и отходовую. Такая очистка происходит в два этапа: на первом этапе выделяется зерно, непригодное для кормовых и посевных целей; на втором этапе фракцию разделяют на фураж и отходы. Для такой схемы очистки В.И. Оробинский разработал фракционный очиститель зерна ОЗФ, который мы рассматривали выше.

Чумаков В.Г. предлагает схему послеуборочной обработки зерна на основе дифференцирования потоков зерна (Рисунок 5) [5].

Для очистки зерна по данной схеме используются пневморешетный сепаратор 1, ОЗС-50 , триерные блоки БТЦ-700, две камерные жалюзийные зерносушилки непрерывного действия 16, 17, подача материала осуществляется с помощью норий 11, 12, 13, 14, 15. Имеются основные бункеры 4, 5, 6, 7, 8, 9 и бункеры-компенсаторы 18, 19, 20, 21.

Данная технологическая схема работает следующим образом: зерно из завальной ямы 10 с помощью нории 11 подается на пневморешетный сепаратор 1. Пневмосепаратор делит исходный ворох на четыре фракции: семена (фракция крупных зерен), товарное зерно, фураж и отходы. Если влажность зернового материала низкая (до 16%), то семена и фураж самотеком попадают в бункеры 4,6, откуда подаются с помощью норий в бункеры компенсаторы 18, 19. Незерновые отходы утилизируют. Основной поток зерна (товарное зерно) очищают от сора, мелкого, щуплого и дробленого зерна с помощью машины ОЗС-50. Фураж с этой машины попадает в бункер 6, а товарное зерно в бункер 8.



1 – пневморешетный сепаратор; 2 – воздушно-решетная машина ОЗС-50; 3 – триерные блоки БТЦ-700; 4,5,6,7,8,9 – бункеры; 10 – завальная яма; 11, 12, 13, 14, 15 – нории; 16, 17 – зерносушилки; 18, 19, 20, 21 – бункеры-компенсаторы; 22 – делители

Рисунок 5 – Технологическая схема очистки и сушки зерна с делением на потоки

Выводы. В данной работе подробно рассмотрены основные категории исследований совершенствования зерноочистительной техники; выделены методы, конструкции, технологии. Показаны эффективность работы устройств для очистки зерна. Выделены тенденции развития зерноочистительной техники. Даны рекомендации для разработчиков зерноочистительного оборудования.

Список источников

1. Тишанинов К.Н. Проблемы современной послеуборочной очистки зерна / Наука в центральной России. 2020. № 1 (43). С. 27-35.

2. Конышев Н.Л. Повышение эффективности функционирования замкнутого пневмосепаратора путем совершенствования основных рабочих органов / Дис. канд. техн. наук. Киров, 2000 – 202 с.

3. Хавыев А.А. Повышение эффективности очистки элитных семян пшеницы от низконатурных примесей путем разработки семеочистительной приставки производительностью 1 т/ч / Дис. канд. техн. наук. Пермь, 2004 – 213 с.

4. Зверков Р.А. Интенсификация технологического процесса сепарации зерна на зерноочистительной машине с цилиндрическими качающимися решетами / Дис. канд. техн. наук. Новосибирск, 2007 – 167 с.

5. Чумаков В.Г. Совершенствование технологии и технических средств для послеуборочной обработки зерна на основе дифференцирования потоков зернового вороха / Дис. док.техн. наук. Челябинск, 2012 – 345 с.

6. Оробинский В.И. Совершенствование технологии послеуборочной обработки семян фракционированием и технических средств для ее реализации / Дис. док.техн. наук. Воронеж, 2007. – 334 с.

7. Тиц З.Л. Машины для послеуборочной поточной обработки семян / Москва, - 1967 г.

8. Ямпилов С.С. Технологическое и техническое обеспечение ресурсо-энергосберегающих процессов очистки и сортирования зерна и семян / Улан-Удэ – 2003.

9. Московский М.Н. Интенсификация процесса сепарации семян зерновых в зерноочистительных агрегатах / Дис. канд. техн. наук. Ростов-на-дону, 2005 –218 с.

10. Бутовченко А.В. Интенсификация процесса сепарации зерновых материалов в отделении очистки семяочистительного агрегата / Дис. канд. техн. наук. Ростов-на-Дону, 2008 – 235 с.

11. Бедыч Т.В. Обоснование скорости движения ковшового элеватора, направленное на снижение травмирования зерна / Дис. канд. техн. наук..Оренберг, 2009 – 154 с.

12. Логинов С.Л. Повышение эффективности функционирования универсальной зерноочистительной машины путем совершенствования технологического процесса / Дис. канд. техн. наук. Киров, 2001 – 188 с.

13. Суворов Н.С. Зерноведение. Москва, 1950.

14. Турчин В.С. Обоснование конструктивно-режимных параметров элеваторов ковшового типа для транспортировки сыпучих материалов / Дис. канд. техн. наук. Оренбург, 2005 – 187 с .

15. Строна И.Г. Промышленное семеноводство / Москва, 1980. – 289 стр.

16. Гуляев Г.В., Николаев Г.С., Болдырев М.В. Производство семян на промышленной основе / Москва, 1979. – 225 стр.

17. Павлодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. Производство оригинальных семян сельскохозяйственных культур в условиях северо-востока Кавказа / Астана, 2010. – 31 стр.

18. Аринов К.К., Шестокова Н.А. Агрономические основы семеноведения и семенного контроля на севере Казахстана / Астана, 2006. – 108.

19. Цециновский В.М., Шапиро И.Г. Влияние геометрии «трудных» зерен и отверстий сита на условия сепарирования / Тр. ВНИИЗ. – М.:1970, вып. 69.

20. Лапшин И.П., Лапшин Н.П. Исследование устойчивости движения решетных станов зерноочистительных машин / В кн.: Стратегия социально-экономического развития Уральского экономического района. Тезисы докладов Межрегиональной научно-практической конференции. – Курган: ИПП «Зауралье», 1997.

References

1. Tishaninov K.N. Problems of modern post-harvest grain cleaning / Science in Central Russia. 2020. No. 1 (43). pp. 27-35.

2. Konyshev N.L. Improving the efficiency of the closed pneumoseparator by improving the main working bodies / Dis. Candidate of Technical Sciences. Kirov, 2000 – 202 p.

3. Khavyev A.A. Improving the efficiency of cleaning elite wheat seeds from low-grade impurities by developing a seed cleaning attachment with a capacity of 1 t/h / Dis. Candidate of Technical Sciences. Perm, 2004 – 213 p.

4. Zverkov R.A. Intensification of the technological process of grain separation on a grain cleaning machine with cylindrical swinging sieves / Dis. Candidate of Technical Sciences. Novosibirsk, 2007 – 167 p.

5. Chumakov V.G. Improvement of technology and technical means for post-harvest grain processing based on differentiation of grain heap flows / Dis. Doctor of Technical Sciences. Chelyabinsk, 2012 – 345 p.

6. Orobinsky V.I. Improving the technology of post-harvest seed treatment by fractionation and technical means for its implementation / Dis. Doctor of Technical Sciences. Voronezh, 2007. – 334 p.

7. Tic Z.L. Machines for post-harvest in-line seed treatment: Moscow, - 1967

8. Yampilov S.S. Technological and technical support of resource-saving processes of cleaning and sorting of grain and seeds, Ulan-Ude – 2003.

9. Moskovsky M.N. Intensification of the process of separation of grain seeds in grain cleaning units: Dis. candidate of Technical Sciences. Rostov-on-Don, 2005 -218 p.

10. Butovchenko A.V. Intensification of the process of separation of grain materials in the purification department of the seed cleaning unit: Dis. Candidate of Technical Sciences. Rostov-on-Don, 2008 – 235 p.

11. Bedych T.V. Justification of the bucket elevator movement speed aimed at reducing grain injury: Dis. Candidate of Technical Sciences..Orenburg, 2009 – 154 p.

12. Loginov S.L. Improving the efficiency of the universal grain cleaning machine by improving the technological process: Dis. Candidate of Technical Sciences. Kirov, 2001 – 188 p.

13. Suvorov N.S. Grain science. Moscow, 1950.

14. Turchin V.S. Substantiation of the design and operating parameters of bucket-type elevators for the transportation of bulk materials: Dis. Candidate of Technical Sciences. Orenburg, 2005 – 187 p .

15. Strona I.G. Industrial seed production. Moscow, 1980. – 289 p.

16. Gulyaev G.V., Nikolaev G.S., Boldyrev M.V. Seed production on an industrial basis. Moscow, 1979. – 225 p.

17. Pavlodar Scientific Research Institute of Agriculture. Production of original seeds of agricultural crops in the conditions of the north-east of the Caucasus. Astana, 2010. – 31 p.

18. Arinov K.K., Shestokova N.A. Agronomic foundations of seed science and seed control in the north of Kazakhstan. Astana, 2006. – 108.

19. Tsetsinovsky V.M., Shapiro I.G. Influence of geometry of "difficult" grains and sieve holes on separation conditions / Tr. VNIIZ. – M.: 1970, issue 69.

20. Lapshin I.P., Lapshin N.P. Investigation of the stability of the movement of sieve mills of grain cleaning machines. In: Strategy of socio-economic development of the Ural Economic District. Abstracts of reports of the Interregional scientific and practical conference. – Kurgan: IPP "Trans-Urals", 1997.

Информация об авторах

К.Н. Тишанинов – кандидат технических наук.

Information about the authors

K.N. Tishaninov – Candidate of technical Sciences.

Поступила в редакцию (Received): 05.10.2022 Принята к публикации (Accepted): 14.10.2022