

УДК 631.303

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-4-5-11

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
С СУШИЛКАМИ КАРУСЕЛЬНОГО ТИПА**¹**Тишанинов Николай Петрович**¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. Дан анализ уровня использования существующих зерноочистительных технологий по показателям качества процессов и технологических потерь, которые достигают 17,5 %. Установлены причины значительных технологических потерь, состоящие в снижении управляемости разноканальных технологий из-за отсутствия эффективных средств деления перевалочных потоков зерносмесей и их подачи на технологические каналы. Выявлено, что включение в зерноочистительную технологию сушилок карусельного типа, размещенных на нижних отметках, требует дополнительного перевалочного средства и увеличивает вариативность технологических реализаций до 4-х: загрузка сушилки исходным зерновым ворохом; сортировка подсушенного зернового вороха + дозагрузка сушилки; сортировка подсушенного зернового вороха без дозагрузки сушилки; сортировка исходного зернового вороха без его подсушки. Дано технико-экономическое обоснование двух вариантов модернизации технологий. Установлено, что вариант с большим объемом монтажно-демонтажных работ с целью сокращения одной норки является малоэффективным. В более предпочтительном варианте сохраняются оба перевалочных средства, которые оснащаются двухканальными авторегулируемыми делителями потока зерносмеси каскадного исполнения. Определено, что второй вариант модернизации дешевле по капитальным вложениям в 1,5 раза в сравнении с первым. Кроме того делители каскадного типа в 1,5 – 1,7 раза меньше по технологической высоте относительно жалюзийных делителей, что создает запас углового размещения зернопроводов в пространстве и обеспечивает повышение технологической надежности основного оборудования. Установлено расчетным путем, что сокращение технологических потерь хотя бы на 1,5 % за счет модернизации технологии подработки зерна позволяет окупить затраты на нее в первый год эксплуатации.

Ключевые слова: зерноочистительная технология, эффективность, качество, модернизация, управляемость, авторегулируемые делители, технологические потери.

**MODERNIZATION OF GRAIN-CLEANING TECHNOLOGIES
WITH CAROUSEL TYPE DRYERS**¹**Tishaninov Nikolay**¹FSBSI “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”

Abstract. The analysis of the level of use of existing grain cleaning technologies in terms of the quality of processes for cleaning grain mixtures and technological losses, which reach 17,5 %, is given. The reasons for significant technological losses, consisting in a decrease in the manageability of multi-channel technologies due to the lack of effective means of dividing the transshipment flows of grain mixtures and their supply to the technological channels, are established. Revealed that the inclusion of grain dryers technology the carousel, placed on the bottom levels, requires additional transit funds and increases the variability of technological implementations to 4: boot dryer original grain pile; sorting dried grain heap + reheating of the dryer, sorting the dried grain piles without reloading the dryer, sorting the original grain heap without drying. A feasibility study of two options for technology modernization is given. It was found that the option with a large volume of installation and dismantling works in order to reduce one Noria is ineffective. In a more preferable variant, both transshipment facilities are preserved, which are equipped with two-channel auto-adjustable dividers of the flow of grain mixtures of cascading execution. It is determined that the second option of modernization is 1,5 times cheaper in terms of capital investment compared to the first one. In addition, cascade dividers are

1,5 – 1,7 times smaller in terms of technological height relative to louver dividers, which creates a margin for angular placement of grain pipelines in space and provides an increase in the technological reliability of the main equipment. It is estimated that reducing technological losses by at least 1,5 % due to the modernization of the grain processing technology allows you to recoup the cost of it in the first year of operation.

Keywords: grain cleaning technology, efficiency, quality of modernization, manageability, auto-adjustable dividers, technological losses.

Введение. Около двух миллиардов тонн зерна ежегодно производится в мировом аграрном секторе экономики и подвергается очистке от примесей перед хранением и переработкой. Сотни заводов производят зерноочистительные машины для решения этой задачи. Технологические традиции разделения зерносмесей по базовым признакам сохраняются на протяжении многих десятилетий, однако проблемы качества зерноочистительных технологий остаются нерешенными. Технологические потери при подработке зерна достигают 15 – 20 %. В малоценных компонентах зерносмесей (фураже и отходах) после разделения содержится 25 – 67 % зерновок основной культуры. Высока степень остаточной засоренности очищенного зерна относительно современных требований к его качеству. Технологические потери на заключительном этапе зернового производства пропорциональны объему непроизводительных затрат труда, ресурсов и потере соответствующей доли природной ренты. Основные причины сложившегося положения заключаются в отсутствии эффективных средств управления потоками зерна в многоканальных технологических процессах и научно-обоснованных регламентов настройки машин. В существующих зерноочистительных технологиях перевалочные операции реализуются в 1 или 2 канала, а очистительные (сепарирующие) операции – в 4 или 6 каналов. Поэтому перевалочные потоки нужно разделять на несколько равных технологических, что создает предпосылки последующей управляемости процессом и обеспечения его качества. Однако, используемые в производстве флажковые, призменные и тарельчатые делители не обеспечивают качество деления зерновых потоков – погрешность деления превышает 150 %. Падающие потоки зерна меняют направление движения и геометрию сечения, что исключает их качественное деление указанными выше делителями. В этих условиях зерноочистительные технологии используются за пределами экономической эффективности из-за высоких технологических потерь и ограниченной технологической надежности. Из-за нерегламентированной подачи зерна в триерные блоки, например, перегружаемые ячеистые цилиндры поочередно забиваются и простаивают в состоянии технологического отказа. Около 90 % триерных блоков по этой причине выведено из эксплуатации – ущерб по капитальным вложениям составляет многие десятки миллиардов рублей. Поэтому актуальность модернизации существующих зерноочистительных агрегатов на основе вновь созданных средств и научно-обоснованных регламентов управления технологическими процессами сомнений не вызывает.

Материалы и методы. В работе использованы аналитический и расчетно-конструктивный методы, материалы обследования сельскохозяйственных предприятий и результаты разработок.

Результаты и их обсуждение. В Центрально-Черноземном регионе сельские товаропроизводители включают в состав зерноочистительного комплекса сушилки карусельного типа. Это решение является обоснованным по климатическим условиям уборки зерновых культур, но усложняет управление технологическими процессами. При использовании сушилок технологический процесс реализуется по четырем составам операций: загрузка сушилки исходным зерновым ворохом; сортировка посушенного вороха + дозагрузка сушилки; сортировка подсушенного зернового вороха без дозагрузки сушилки; сортировка неподсушенного зернового вороха.

Обеспечить управление технологическим процессом с указанной выше вариативностью операций сложно даже при использовании двух перевалочных норий. При смене вариантов реализации технологии в некоторых предприятиях приходится даже пересоединять зернопроводы. Единственным средством управления процессом в этих случаях кроме шиберов норий является тарельчатый делитель, который используется по прямому назначению и в качестве переключателя. Он не обеспечивает качество деления потока зерна, что снижает эффективность процесса подработки зерна по производительности и качеству.

В существующих технологиях одноручьевая нория обеспечивает процессы перевалки и распределения исходного зернового вороха с помощью тарельчатого делителя, а двухручевая - подачу подсушенного зернового вороха на решетные станы. Нами предлагается два варианта реализации технологического процесса: 1) использование одной двухручевой нории с каскадным делителем в начале технологического процесса, когда нория загружается зерновым ворохом из приемного бункера; 2) использование двух существующих норий с каскадными делителями.

Схема технологического процесса подработки зерна с использованием карусельной сушилки по 1-му варианту модернизации представлена на рисунке 1.

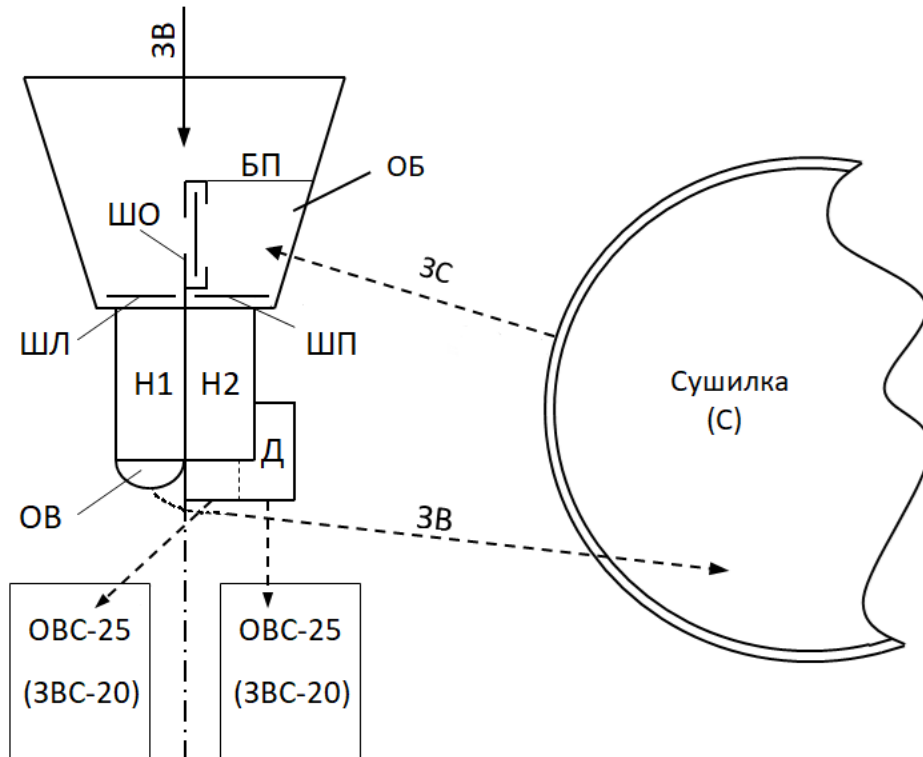


Рисунок 1 – Схема технологического процесса по 1-му варианту модернизации

Загрузка сушилки исходным зерновым ворохом (ЗВ) осуществляется при заполненном приемном бункере (БП) через открытый канал нории (Н1) посредством левого шибера (ШЛ) и отвода (ОВ).

Второй состав операций, обеспечивающий сортировку сухого зерна (ЗС) и одновременную дозагрузку сушилку (С), осуществляется следующим образом. Сухое зерно (ЗС) из сушилки самотеком по зернопроводу поступает в отсек бункера (ОБ) с закрытым шибером отсека (ШО). Далее через открытый шибер (ШП) канала нории (Н2) сухое зерно подается в каскадный делитель, а из него – на зерноочистительные машины ОВС-25 или ЗВС-20.

Третий состав операций, обеспечивающий сортировку сухого зерна, реализуется при закрытых шибера (ШЛ, ШО) и открытом ШП, через который сухое зерно каналом нории (Н2) подается в каскадный делитель (Д), а из делителя – в зерноочистительные машины.

Четвертый вариант технологии предназначен для сортировки зернового вороха (ЗВ) без подсушки, когда ЗВ из приемного бункера (БП) через открытые шибера (ШО, ШП) поступает в канал нории (Н2). При этом шибер (ШЛ) закрыт. Далее ЗВ подается в каскадный делитель, а из него – в зерноочистительные машины.

Все четыре варианта реализации технологии при 1-ом варианте модернизации можно представить соответствующими им последовательностями прохождения составных частей машинной технологии и состояниями рабочей среды:

- 1) ЗВ → БП → ШЛ → Н1 → ОБ → С;
- 2) ЗС → С → ОБ → ШП → Н2 → Д → ОВС-25 (ЗВС-20) + операции по п.1;
- 3) ЗС → С → ОБ → ШП → Н2 → Д → ОВС-25 (ЗВС-20);
- 4) ЗВ → ШО → ОБ → ШП → Н2 → Д → ОВС-25 (ЗВС-20).

Преимущество 1-го варианта модернизации заключается в сокращении числа используемых норий – с двух в существующем варианте до одной. Однако, при этом необходимо демонтировать две нории и смонтировать двухручьевую на месте размещения одноручьевой. Стоимость монтажно-демонтажных работ оценивается ≈ 300 тыс. руб. Кроме того необходимо реконструировать приемный бункер и оборудовать функционально самостоятельный отсек (ОБ). Причем необходимость обеспечения технологической надежности подачи зернового вороха в канал (Н2) через ШО и ШП требует понижения размещения башмака нории относительно прежней отметки с тем, чтобы увеличить уклон днища в отсеке (ОБ). Размещение зернопровода от сушилки (С) к отсеку (ОБ) также требует увеличения уклона.

Эти работы требуют дополнительных затрат в объеме ≈ 120 тыс. руб., а в сумме ≈ 420 тыс. руб. Если оценивать выигрыш от первого варианта модернизации сокращением эксплуатационных затрат на использование сокращаемой нории, то они не сопоставимы с затратами на реконструкцию. Основная статья экономии – сокращение затрат на электроэнергию, но при годовом объеме работ зерноочистительного агрегата в 3000 – 4000 т, производительности около 20 т/ч и установленной (на нории) мощности электропривода 4 кВт возможная экономия составит 4 – 5,5 тыс. руб.

Поэтому в более предпочтительном варианте модернизации не следует демонтировать существующие нории. Основное внимание следует уделить качеству управления технологическим процессом, которое может быть обеспечено установкой каскадного делителя на каждой нории, рисунок 2. В этом варианте модернизации зерноочистительно-сушильной технологии первая технологическая задача по загрузке сушилки исходным зерновым ворохом решается аналогичным способом. Зерновой ворох (ЗВ) из приемного бункера (БП1) при открытом шибере (Ш1) поступает в башмак нории (Н1) и подается через переключатель (П) в зернопровод к сушилке (С).

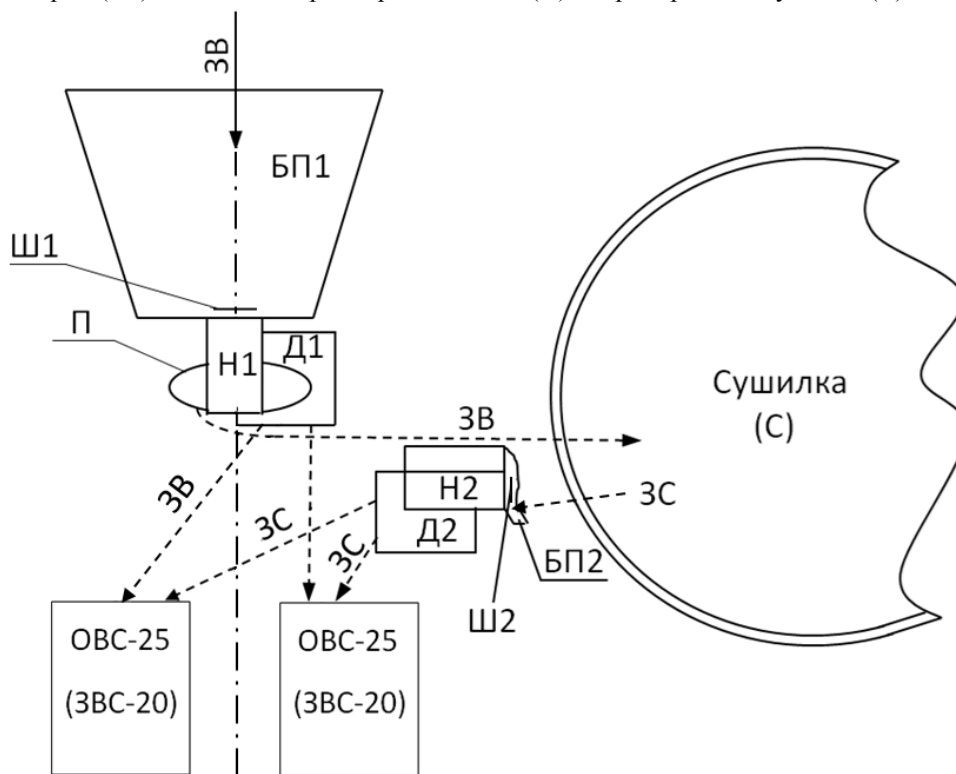


Рисунок 2 – Схема технологического процесса по 2-му варианту модернизации

Вторая технологическая задача, состоящая в сортировке просушенного зернового вороха (ЗС) и одновременной дозагрузке сушилки (С), осуществляется следующим образом. Подсушенный зерновой ворох (ЗС) из сушилки (С) самотеком поступает в приемный бункер (БП2). Далее зерно при открытом шибере (Ш2) поступает в башмак нории (Н2) и подается в каскадный делитель потока зерна (Д2), а из отводов делителя (Д2) по зернопроводам поступает на зерноочистительные машины ОВС-25 или ЗВС-20. При этом дозагрузка сушилки осуществляется в последовательности, указанный выше – по составу операций, необходимых для решения 1-ой технологической задачи.

Третья технологическая задача решается по последовательности операций второй задачи, но без дозагрузки сушилки (С) исходным зерновым ворохом (ЗВ).

Четвертая технологическая задача, состоящая в сортировке исходного зернового вороха (без его подсушки), осуществляется следующим образом. Зерновой ворох (ЗВ) из приемного бункера (Ш1) поступает в башмак нории (Н1) и подается через переключатель (П) в делитель (Д1). Далее из отводов делителя (Д1) по зернопроводам зерновой ворох поступает на зерноочистительные машины ОВС-25 или ЗВС-20.

Последовательности операции по четырем технологическим задачам при 2-ом варианте модернизации будут следующими:

- 1) ЗВ → БП1 → Ш1 → Н1 → П → С;
- 2) ЗС → С → БП2 → Ш2 → Н2 → Д2 → ОВС-25 (ЗВС-20) + операции по п.1;
- 3) ЗС → С → БП2 → Ш2 → Н2 → Д2 → ОВС-25 (ЗВС-20);
- 4) ЗВ → БП1 → Ш1 → Н1 → П → Д1 → ОВС-25 (ЗВС-20).

Из приведенных выше последовательностей операций видно, что совместно нории (Н1) и (Н2) работают только при решении 2-ой технологической задачи. То есть, существующие две нории, сохраненные во втором варианте модернизации, используются в частичном режиме загрузки по времени. Следовательно расчетные оценки экономии затрат на электроэнергию для 1-го варианта модернизации будут еще меньшими. Однако, главным в предложенной модернизации зерноочистительно-сушильного комплекса является обеспечение управляемости технологии по загрузке основного оборудования с использованием авторегулируемых делителей потока сыпучих материалов каскадного исполнения [1, 2].

Каскадные делители потока зерна при равных расходных характеристиках с делителями жалюзийного типа [3] имеют в сравнении с ними меньшие вертикальные габариты в 1,5 – 1,7 раза, что расширяет их применение при модернизации зерноочистительных агрегатов, где технологическая высота всегда ограничена. Каскадные делители просты в изготовлении и имеют достаточный уровень качества деления потока. При подаче 1,5 – 7 кг/с зерносмеси в стабилизирующую емкость к задней стенке погрешность деления не превышает 5 %. При ограничении стабилизирующей емкости до ширины отвода, когда процесс истечения зерносмеси стабилизируется боковыми стенками, погрешность деления снижается до 1,74 %.

Без использования предложенных средств управления массовыми потоками зерна невозможно избежать перекоса в загрузке технологических каналов, что является причиной снижения качества процесса очистки зерна по показателям остаточной засоренности и прямых потерь. В существующих технологиях подработки зерна нет эффективных средств управления массовыми потоками. Флажковые, призмные и тарельчатые делители [4 – 6] допускают отклонения расходов разделяемых потоков зерна > 150 %, что приводит к утрате работоспособности части оборудования и дополнительным потерям полноценного зерна. В фураже и отходах при использовании существующих технологий содержится 25 – 67 % зерновок основной культуры от общей массы с малоценными компонентами.

Если сопоставить величину технологических потерь при использовании существующих технологий с затратами на их модернизацию с целью повышения качества процесса, то вполне эффективным окажется и 1-ый предложенный вариант с существенными затратами на монтажно-демонтажные работы. Снижение технологических потерь на 1,5 % от существующего уровня при годовом объеме работ в 3000 – 4000 т позволит окупить все затраты на модернизацию уже в первый год эксплуатации модернизированной технологии.

Часто заказчики работ по модернизации зерноочистительных агрегатов (ЗАВ) сомневаются в наличии существенных резервов эффективности и их реализации за счет модернизации, что

является следствием длительного пассивного (немотивированного) отношения к производству – бесхозного отношения.

Между тем резервы эффективности огромные, а основная их доля приходится на снижение технологических потерь. Для условий рядовой эксплуатации зерноочистительных агрегатов в основных аграрноразвитых регионах России выход продовольственного зерна не превышает 70 % от массы исходного зернового вороха [7]. По данным автора работы [8] на все компоненты зерновой и сорной примеси приходится 12,5 %. Следовательно, потенциальный резерв повышения эффективности ЗАВ при их модернизации путем улучшения качества процессов очистки зерна состоит в снижении технологических потерь на 17,5 %.

Во втором варианте совокупные затраты на модернизацию технологии, необходимые для технологической проработки проекта, корректировки конструкторской документации, изготовления и монтажа 2-х каскадных делителей составят 270 – 290 тыс. руб. Это в 1,5 раза меньше, чем затраты по первому варианту, но главное преимущество 2-го варианта заключается в более высоком уровне технологической надежности. При наличии двух перевалочных норий нет «дефицита» технологической высоты, надежнее работают зернопроводы, имеющие запас уклона, за счет чего обеспечивается большая равномерность зерновых потоков.

Выводы. Модернизация зерноочистительных технологий с использованием авторегулируемых делителей потока зерна обеспечивает значительный рост их эффективности (потенциал – до 17,5 % снижения технологических потерь) и предопределена следующими причинами:

- зерноочистительные технологии реализуются в разноканальных вариантах механизации различных операций (перевалочные – в 1 или 2 канала, а технологические – в 4, 6 каналов), что требует деления потоков зерна от перевалочных средств на технологические в равных соотношениях;

- существующие делители флажкового, призмического и тарельчатого исполнений не обеспечивают качество деления (погрешность деления > 150 %), так как падающие потоки зерна меняют направление относительно делителей и геометрию сечения. Это снижает эффективность процессов по производительности и качеству, ограничивает (иногда исключает) работоспособность технологических машин;

- качественное деление (в заданных соотношениях) потока зерна возможно только при его сплошном истечении через все сечение канала (отверстия), но при этом неизбежно возникает сводообразование;

- созданные в ФГБНУ ВНИИТиН авторегулируемые делители потока зерна впервые в отечественной и зарубежной практике позволяют преодолеть указанное физическое противоречие и обеспечить стабильность сплошного истечения потока и его качественное (погрешность < 3 %) деление. Они используются в отечественных и зарубежных технологиях.

Включение в состав технологии сушки карусельного типа усложняет ее управление из-за роста вариативности технологических реализаций процесса, требует дополнительного перевалочного средства. Предпочтительным вариантом модернизации этой технологии является сохранение двух перевалочных норий и их обеспечение авторегулируемыми делителями каскадного типа.

Список литературы

1. Патент РФ № 2520341 МПК А01F 12/44. Устройство для разделения потока сыпучих материалов / Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Тишанинов К.Н. – № 2012145368/13; заявл. 24.10.2012; опубл. 20.06.2014, Бюл. №17.

2. Патент РФ №2706163 МПК А01F 12/4. Устройство для разделения потока сыпучих материалов / Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Тишанинов К.Н. – №2019112704; заявл. 25.04.2019; опубл. 14.11.2019, Бюл. №32.

3. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Тишанинов К.Н. Теоретическое обоснование технологических параметров каскадного делителя // Наука в центральной России. – 2019. – №3 (39). – С. 56-67.

4. Лурье А.Б. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин. – Л.: Машиностроение, 1997. – 526 с.

5. Листопад Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. – М.: Агропромиздат, 1986. – 687 с.

6. Соколов А.Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна. Изд. 4-е доп. и переработке зерна. Изд. 4-е доп. и перераб. – М.: Колос, 1975. – 495 с.

7. Тарасенко А.П., Оробинский В.И., Суднеев А.А., Шередякин В.В., Гиевский А.М. Влияние схемы размещения решет в решетном стане на фракционирование зернового вороха // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 3. – С. 32-34.

8. Московский М.Н. Идентификация процесса сепарации семян зерновых в зерноочистительных агрегатах // Дисс. канд. техн. наук. (05.20.01) – Ростов-на-Дону, 2005. – 218 с.

References.

1. Patent RF № 2520341 МПК А01F 12/44. Ustrojstvo dlja razdelenija potoka sypuchih materialov / Tishaninov N.P., Anashkin A.V., Tishaninov K.N. – № 2012145368/13; zajavl. 24.10.2012; opubl. 20.06.2014, Вjul. №17.

2. Patent RF №2706163 МПК А01F 12/4. Ustrojstvo dlja razdelenija potoka sypuchih materialov / Tishaninov N.P., Anashkin A.V., Tishaninov K.N. – №2019112704; zajavl. 25.04.2019; opubl. 14.11.2019, Вjul. №32.

3. Tishaninov N.P., Anashkin A.V., Tishaninov K.N. Teoreticheskoe obosnovanie tehnologicheskikh parametrov kaskadnogo delitelja // Nauka v central'noj Rossii. – 2019. – №3 (39). – S. 56-67.

4. Lur'e A.B. Raschet i konstruirovanie sel'skohozjajstvennyh mashin. – L.: Mashinostroenie, 1997. – 526 s.

5. Listopad G.E. Sel'skohozjajstvennye i meliorativnye mashiny. – M.: Agropromizdat, 1986. – 687 s.

6. Sokolov A.Ja. Tehnologicheskoe oborudovanie predpriyatij po hraneniju i pererabotke zerna. Izd. 4-e dop. i pererabotke zerna. Izd. 4-e dop. i pererab. – M.: Kolos, 1975. – 495 s.

7. Tarasenko A.P., Orobinskij V.I., Sudneev A.A., Sheredjakin V.V., Gievskij A.M. Vlijanie shemy razmeshhenija reshet v reshetnom стане na frakcionirovanie zernovogo voroha // Tehnika v sel'skom hozjajstve. – 2006. – № 3. – S. 32-34.

8. Moskovskij M.N. Identifikacija processa separacii semjan zernovyh v zernoochistitel'nyh agregatah // Diss. kand. tehn. nauk. (05.20.01) – Ростов-на-Дону, 2005. – 218 s.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Тишанинов Николай Петрович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: vniitinlab5@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Tishaninov Nikolai – Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: vniitinlab5@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 04.06.2020 Принята к публикации (Accepted): 10.07.2020

УДК 631.303

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-4-11-17

ОЦЕНКА ПРЕИМУЩЕСТВА НАКЛОННОГО ИСПОЛНЕНИЯ ЩЕЛЕВОЙ СТЕНКИ ЖАЛЮЗИЙНОГО ДЕЛИТЕЛЯ ПОТОКА ЗЕРНА

¹Тишанинов Константин Николаевич

¹Тишанинов Николай Петрович

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. Известно, что среди разработанных видов делителей жалюзийный тип размещения щелевых отверстий обеспечивает наилучшее качество деления. Установлено, что при модернизации зерноочистительных агрегатов целесообразно использовать делители технологически ограниченные по высоте. Для повышения расходных характеристик делителя