исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: av-anashkin@mail.ru.

Емельянович Сергей Владимирович – ведущий инженер Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов, e-mail: seruvarovo@yandex.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.

Anashkin Alexander – Full Doctor of Technical Sciences, 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: av-anashkin@mail.ru.

Emelyanovich Sergey – Leading Engineer of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: seruvarovo@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 03.09.2021 Принята к публикации (Accepted): 07.10.2021

УДК 631.362.34

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-5-12-18

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТРИЕРА С АВТОРЕГУЛИРУЕМЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

¹Тишанинов Николай Петрович

¹Анашкин Александр Витальевич

¹Емельянович Сергей Владимирович

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

Реферат. Представлены методические предпосылки к обоснованию условий и последовательности этапов исследований, критериев оценки процесса и состава исследуемых факторов. В качестве основных этапов исследований предусмотрены: установление величины подачи зерна из бункера - питателя в авторегулируемый делитель с величиной управляющего воздействия; отыскание взаимосвязи шкалы переменного резистора с диапазонами скоростей работы триера на холостом ходу и под нагрузкой; установление взаимосвязей режимов работы и настроечных параметров триера с критериями оптимизации авторегулируемого триерного процесса очистки зерна. Установлено, что при загрузке триера в 1,2 т/ч ячеистая поверхность используется лишь на 38-69% во всем диапазоне скоростных режимов работы, что повышает риски роста остаточной засоренности зерна длинными примесями. При загрузке триера в 1,2-1,83 т/ч технологические потери сходом не превышают 1%. В диапазоне подач зерна в триер – W=2,45-4,35 т/ч на минимальном скоростном режиме работы происходит технологический отказ в виде завала ячеистого цилиндра зерном, так как лопастная розетка не обеспечивает отвод схода. Для положения выводного лотка ($\gamma_n=45^\circ$) и загрузки W=1,83-4,35 т/ч оптимальный диапазон скоростных режимов работы составляет n=31-35 об/мин. При $\gamma_n=55^\circ$ и W=2,45-3,71 т/ч оптимальный режим работы составляет n=36-38 об/мин. В этих условиях протекания процесса триерной очистки зерна технологические потери составляют 0,82-1,13%, а использование рабочей длины ячеистого цилиндра достигает 93-98%, что повышает качество зерна по остаточной засоренности. При управлении процессом триерной очистки зерна связь режима загрузки триера с управляющим воздействием обеспечивается созданными в ФГБНУ ВНИИТН авторегулируемыми делителями, а функционально необходимая коррекция

скоростного режима работы обеспечивается исполнительным механизмом, включающим переменный резистор и частотный преобразователь.

Ключевые слова: триер, процесс, качество, управление, авторегулирование, эффективность.

SEARCH RESULTS OF TRIER WITH AUTOMATIC CONTROL

¹Tishaninov Nikolay

¹Anashkin Alexander

¹Emelyanovich Sergey

¹All-Russian Scientific and Research Institute of Use of Techniques and Oil Products in Agriculture

Abstract. The methodological prerequisites for substantiating the conditions and sequence of research stages, criteria for evaluating the process and the composition of the factors under study are presented. Establishing the amount of grain supply from the hopper - feeder to the auto-adjustable divider with the magnitude of the control action; finding the relationship of the scale of the variable resistor with the ranges of speeds of the trier operation at idle and under load; the establishment of interrelationships between operating modes and tuning parameters of the grader with the optimization criteria for the auto-regulated grading process of grain cleaning are provided as the main stages of research. It has been established that when the trier is loaded at 1.2 t / h, the cellular surface is used only by 38-69% in the entire range of speed modes of operation, which increases the risks of growth of residual grain contamination with long impurities. When loading a trier of 1.2-1.83 t / h, technological losses do not exceed 1%. In the range of grain supply to the grains - $W = 2.45-4.35$ t / h at the minimum high-speed operating mode, a technological failure occurs in the form of a blockage of the cellular cylinder with grain, since the blade rosette does not provide a drainage outlet. The optimal range of high-speed operating modes is $n = 31-35$ rpm for the position of the output tray ($\gamma_n = 450$) and loading $W = 1.83-4.35$ t / h. The optimal operating mode is $n = 36-38$ rpm at $\gamma_n = 550$ and $W = 2.45-3.71$ t / h. Under these conditions, the process of grain cleaning of grain, technological losses are 0.82-1.13%, and the use of the working length of the cellular cylinder reaches 93-98%, which increases the quality of the grain in terms of residual contamination. The connection between the loading mode of the trier and the control action is provided by the auto-adjustable dividers created at the Federal State Budgetary Scientific Institution VNIITiN, and the functionally necessary correction of the high-speed mode of operation is provided by the actuator, which includes a variable resistor and a frequency converter when controlling the process of grain cleaning

Keywords: trier, process, quality, control, auto-regulation, efficiency.

Введение. Существующие триерные технологии очистки зерна используются неэффективно. Для них характерны высокие технологические потери и низкое качество процесса [1, 2]. Эффективное использование триеров требует тщательного выбора режимов работы и настроечных параметров. Эта связь весьма чувствительна, а необходимые средства контроля и управления технологическим процессом отсутствуют [3-5]. Перспектива решения этой проблемы появилась с созданием в ФГБНУ ВНИИТиН нового класса техники – авторегулируемых делителей потока сыпучих материалов [6, 7]. Они позволяют обеспечить взаимосвязь подачи зерна в технологические машины с величиной управляющего воздействия, а последнее посредством исполнительного механизма может корректировать скоростной режим работы триера [8]. База знаний для установления указанных выше связей недостаточна. Объем результатов исследований триерных процессов, содержащийся в основополагающих работах [9-12], не позволяет обосновать даже регламенты работы триерных блоков. Поэтому исследования триера с авторегулируемым управлением актуальны.

Материалы и методы. Стендовое оборудование для исследований ячеистых поверхностей. Средства управления технологическим процессом триерной очистки зерна, включающие: авторегулируемый делитель потока сыпучих материалов, электронный тахометр, переменный резистор, частотный преобразователь. Для обработки результатов исследований использовались методы математической статистики.

Результаты и обсуждение. Поисковая серия опытов была направлена на установление времени и особенностей стабилизации процесса в овсюжном цилиндре после начала подачи в него зерна при различных значениях производительности и скорости его вращения. При этом угловое положение выводного лотка γ_n было зафиксировано на уровне 45° от горизонта. Выявленная динамика процесса от начала загрузки ячеистого цилиндра зерном до его стабилизации по производительности представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Динамика выделения зерновок пшеницы из зерносмеси

В задачи этой серии опытов входило отыскание так называемых «контрольных состояний», соответствующих режимам загрузки и работы триера, при которых вся длина ячеистой поверхности задействована. В этом состоянии зерновой клин, сформированный внутри ячеистого цилиндра, доходит до противоположного его торца от места загрузки зерна. Соответствующие указанному состоянию скоростной режим (n) и величину подачи зерна (W) в триер во взаимосвязи между собой нами принято считать близкими к оптимальным.

Установленные оптимальные сочетания W и n во всем диапазоне исследуемых факторов являются исходными данными для определения взаимосвязей величины смещения стабилизирующей емкости по вертикали с W и n , а также параметрами передаточного механизма на переменный резистор, который передает управляющее воздействие на частотный преобразователь. При этом указанные взаимосвязи должны обеспечивать автоматическую регулировку скорости вращения ячеистого цилиндра, обеспечивая оптимальные режимы работы по качественным показателям очистки зерна.

Установлено, что на малых подачах зерна в ячеистый цилиндр ($W = 1,2$ т/ч) его рабочая поверхность по длине загружена лишь частично. Она уменьшается с ростом скоростного режима в диапазоне $n = 30-45$ об/мин от 1,55 м до 0,85 м. То есть используется на 69-38%. Следует заметить, что наибольшая интенсивность снижения использования рабочей длины ячеистой поверхности наблюдается в первом интервале приращения скоростного режима – от 30 до 35 об/мин. При последующем росте скоростного режима сокращение рабочей длины ячеистой поверхности становится несущественным. Это объясняется тем, что величина циркулирующей массы зерна в ячеистом цилиндре с ростом скоростного режима снижается, что приводит к росту динамического воздействия ячеек на контактирующие с ними зерновки. При этом вероятность захвата зерновок ячейками снижается, что нивелирует прирост расходных характеристик триера за счет скоростного режима.

При подачах в диапазоне 1,2-2,45 т/ч величина технологических потерь сходом имеет приемлемые значения – не более 1%. Однако, в указанном диапазоне подач существенная доля рабочей длины ячеистого цилиндра (до 62%) имеет маловероятную степень заполнения ячеек зерновками, что создает риски захвата длинных примесей и подачи их в выводной лоток с чистым зерном.

При росте подачи до $W=3,07$ т/ч минимальный скоростной режим работы триера становится недостаточным для обеспечения качества технологического процесса – потери сходом достигают 32,5%. С ростом скоростного режима до 35 об/мин (на 17%) технологические потери резко снижаются (до 0,27%), а зерновой клин занимает лишь 73% рабочей длины (l_p) ячеистого цилиндра. Этот результат подтверждает актуальность проблемы управления процессом триерной очистки зерна, когда взаимосвязь скоростного режима с подачей зерна в ячеистый цилиндр критически меняет качественные показатели работы.

При подаче $W=4,35$ т/ч минимальный скоростной режим не может быть меньше 35 об/мин. Этот скоростной режим обеспечивает полное использование рабочей длины ячеистого цилиндра и приемлемый уровень технологических потерь – 1,19%. С ростом скоростного режима до 40-45 об/мин даже при $W=4,35$ т/ч наблюдается неполное использование рабочей длины ячеистого цилиндра, что повышает риски снижения качества технологического процесса по остаточной засоренности из-за захвата длинных примесей на участке с маловероятным заполнением ячеек зерновками основной культуры.

Во второй части поисковых экспериментов каждой величине подачи (W) подбирался необходимый скоростной режим, при котором обеспечивались лучшие качественные показатели работы триера по технологическим потерям и остаточной засоренности. В результате установлен оптимальный диапазон скоростных режимов, который находится в пределах $n=31-35$ об/мин при $\gamma_n=45^\circ$.

Поисковые исследования подтвердили, что на малых подачах ($<1,8$ т/ч) риски снижения качества технологического процесса по остаточной засоренности сохраняются даже на минимальных скоростных режимах работы триера. На подачах $W \geq 2,45$ т/ч при минимальном скоростном режиме ($n=30$ об/мин) лопастная розетка не обеспечивает отвод схода – ячеистый цилиндр начинает заваливаться зерном, наступает технологический отказ. С ростом W от 1,2 до 3,07 т/ч масса зернового клина внутри ячеистого цилиндра (M_{κ}) возрастает с 9,73 до 46,38 кг (в 4,8 раза).

Причиной технологического отказа триера является не только пониженный скоростной режим работы триера (n) относительно подачи (W), но и завышенная величина угла (γ_n) подъема верхней кромки передней стенки выводного лотка относительно горизонта. Так при $\gamma_n=55^\circ$ масса зернового клина в ячеистом цилиндре (M_{κ}) постоянно возрастает. За первые 75 с опыта ($t_{оп}$) она достигает 21,9 кг при технологических потерях сходом $\Pi=0,3\%$, рисунок 2. В последующие 75 с опыта M_{κ} увеличивается до 30,3 кг, а технологические потери – до 25,5%, рисунок 3.

Рисунок 2 – Зерновой клин за $t_{оп}=75$ с при $W=1,2$ т/ч и $n=30$ об/мин

Рисунок 3 – Зерновой клин за $t_{оп}=150$ с при $W=1,2$ т/ч и $n=30$ об/мин

С ростом $M_{\text{ц}}$ лопастная розетка также не обеспечивает отвод схода зерна и наступает технологический отказ триера.

Увеличение γ_n с 45° до 55° даже при $W=1,2$ т/ч и минимальном скоростном режиме работы триера ($n=30$ об/мин) приводит к росту технологических потерь до 51,1%. Увеличение W до 2,45 т/ч на этой режимной настройке триера приводит к технологическому отказу (завалу ячеистого цилиндра). При $W=3,71-4,35$ т/ч технологический отказ наступает даже при более высоком скоростном режиме – $n=35$ об/мин.

Оптимальная загрузка триера при $\gamma_n=55^\circ$ составляет 2,45-4,35 т/ч, когда использование рабочей длины ячеистого цилиндра составляет 93-98%, обеспечивая минимальные риски роста остаточной засоренности зерна длинными примесями, а технологические потери находятся в пределах 0,82-1,13%. Скоростной режим работы триера при этом изменяется в диапазоне 36-40 об/мин пропорционально величинам W .

Выводы. Показатели качества работы триеров очень чувствительны относительно режимов их работы и настроечных параметров. Без эффективных средств управления процессом триерной очистки зерна в подавляющем числе случаев реальной эксплуатации триерных блоков (до 90%) наступает технологический отказ – ячеистые цилиндры заваливаются зерном. Чрезмерное понижение загрузки триеров с целью устранения постоянного технологического отказа приводит к снижению эффективности использования зерноочистительных агрегатов и качества зерна по показателю остаточной засоренности. Возможности управления триерными технологиями появляются с созданием авторегулируемых делителей потока зерна, которые позволяют связать величину загрузки триеров с управляющим воздействием, преобразуемым посредством исполнительного механизма (переменного резистора и частотного преобразователя) в коррекцию скоростного режима работы. При этом обеспечивается снижение технологических потерь (до 1%) и рисков увеличения остаточной засоренности зерна длинными примесями.

Список литературы

1. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Модернизация триерного блока // Сельский механизатор. – 2015. – № 11. – С. 14-15.
2. Тишанинов Н.П. Инструменты познания и прогресс // Вестник АПК Верхневолжья. – 2019. – № 3 (47). – С. 65-73.
3. Динамика и качество триерного выделения семян проса из ячменя / Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Тишанинов К.Н., Альшинаийин Х.Д.Д. // Вестник АПК Верхневолжья. – 2021. – № 1 (53). – С. 71-75.
4. Динамика и качество триерного выделения семян вики из ячменя / Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Тишанинов К.Н., Альшинаийин Х.Д.Д. // Вестник АПК Верхневолжья. – 2021. – № 1 (53). – С. 76-81.
5. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Интенсивность выделения зерновок основной культуры из зерносмесей с длинными примесями // Вестник АПК Верхневолжья. – 2019. – № 3 (47). – С. 74-77.
6. Патент № 2341954 Российская Федерация. Устройство для разделения потока сыпучих материалов: № 2006146774/12, заявл. 26.12.2006; опубл. 27.12.2008 / Завражнов А.И., Тишанинов К.Н.
7. Патент № 2437271 Российская Федерация. Устройство для разделения потока сыпучих материалов: № 2010107918/13; заявл. 03.03.2010; опубл. 27.12.2011 / Тишанинов Н.П., Тишанинов К.Н.
8. Патент № 2737754 Российская Федерация. Триер: – № 2020121894; заявл. 26.06.2020; опубл. 02.12.2020 / Тишанинов Н.П.
9. Летошнев М.Н. Сельскохозяйственные машины, теория, расчет, проектирование и испытание. – М., Л.: Сельхозгиз, 1955. – 856 с.
10. Соколов А.Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна. – Изд. 4-е, доп. и перераб. – М.: Колос, 1975. – 495 с.
11. Лурье А.Б. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин. – Л.: Машиностроение, 1997. – 526 с.
12. Урханов Н.А. Исследование технологического процесса работы цилиндрического триера с целью повышения производительности и качества разделения смеси: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства. – 1968. – 130 с.

References

1. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Modernizatsiya triernogo bloka // Sel'skiy mekhanizator. – 2015. – № 11. – S. 14-15.
2. Tishaninov N.P. Instrumenty poznaniya i progress // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. – 2019. – № 3 (47). – S. 65-73.
3. Dinamika i kachestvo triernogo vydeleniya semyan prosa iz yachmenya / Tishaninov N.P., Anashkin A.V., Tishaninov K.N., Al'shinajin H.D.D. // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. – 2021. – № 1 (53). – S. 71-75.
4. Dinamika i kachestvo triernogo vydeleniya semyan viki iz yachmenya / Tishaninov N.P., Anashkin A.V., Tishaninov K.N., Al'shinajin H.D.D. // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. – 2021. – № 1 (53). – S. 76-81.
5. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Intensivnost' vydeleniya zernovok osnovnoj kul'tury iz zernosmesej s dlinnymi primesyami // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. – 2019. – № 3 (47). – S. 74-77.
6. Patent № 2341954 Rossijskaya Federaciya. Ustrojstvo dlya razdeleniya potoka sypuchih materialov: № 2006146774/12, zayavl. 26.12.2006; opubl. 27.12.2008 / Zavrazhnov A.I., Tishaninov K.N.
7. Patent № 2437271 Rossijskaya Federaciya. Ustrojstvo dlya razdeleniya potoka sypuchih materialov: № 2010107918/13; zayavl. 03.03.2010; opubl. 27.12.2011 / Tishaninov N.P., Tishaninov K.N.
8. Patent № 2737754 Rossijskaya Federaciya. Trier: – № 2020121894; zayavl. 26.06.2020; opubl. 02.12.2020 / Tishaninov N.P.
9. Letoshnev M.N. Sel'skohozyajstvennye mashiny, teoriya, raschet, proektirovanie i ispytanie. – M., L.: Sel'hozgiz, 1955. – 856 s.
10. Sokolov A.YA. Tekhnologicheskoe oborudovanie predpriyatij po hraneniyu i pererabotke zerna. – Izd. 4-e, dop. i pererab. – M.: Kolos, 1975. – 495 s.
11. Lur'e A.B. Raschet i konstruirovaniye sel'skohozyajstvennykh mashin. – L.: Mashinostroenie, 1997. – 526 s.
12. Urhanov N.A. Issledovanie tekhnologicheskogo processa raboty cilindricheskogo triera s cel'yu povysheniya proizvoditel'nosti i kachestva razdeleniya smesi: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01 – Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii sel'skogo hozyajstva. – 1968. – 130 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.

Анашкин Александр Витальевич – доктор технических наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: av-anashkin@mail.ru.

Емельянович Сергей Владимирович – ведущий инженер Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов, e-mail: seruvarovo@yandex.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.

Anashkin Alexander – Full Doctor of Technical Sciences, 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: av-anashkin@mail.ru.

Emelyanovich Sergey – Leading Engineer of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: seruvarovo@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 07.09.2021 Принята к публикации (Accepted): 11.10.2021

УДК 631.362.3

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-5-18-23

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА КРЕПЛЕНИЯ РЕШЕТНОГО СТАНА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕПАРАЦИИ

¹Аксенов Игорь Игоревич

¹Оробинский Владимир Иванович

¹Корнев Андрей Сергеевич

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»

Реферат. В сельском хозяйстве, обработка зернового вороха после комбайна осуществляется в основном решетными зерноочистительными машинами, процесс работы которых связан с высокой вибрационной нагрузкой. Для снижения уровня общей вибрации при сохранении штатных показателей сепарируемости предлагается использовать конструкцию гофрированного пневмоцилиндра, на который монтируется решетный стан. Эффективность работы предлагаемой конструкции была проверена опытным путем с использованием лабораторной установки, моделирующей работу фракционной зерноочистительной машины ОЗФ-80. Подача зернового вороха из бункера на сито с размером отверстий решет в 2,8 мм составляла 15 т/ч. Частота колебаний решетного стана варьировалась от 300 до 450 мин⁻¹, с интервалом 25 мин⁻¹, амплитуда колебаний составляла 16 и 28 мм. Установлено, что предлагаемая конструкция крепления решетного стана к раме зерноочистительной машины дает лучшие показатели сепарирования зерновой смеси. С увеличением частоты колебаний эксцентрикового механизма с 300 мин⁻¹ до 450 мин⁻¹ эффективность использования гофрированного пневмоцилиндра увеличивается от 3,3% до 17,8 % при амплитуде 16 мм и от 5,5 % до 14,3% при амплитуде 28 мм, в сравнении со стандартным подвешиванием решетного стана на плоских упругих подвесках. Объяснить такое различие по коэффициенту сепарации можно снижением уровня вредной вибрации за счет гашения колебаний гофрированным пневмоцилиндром. Внедрение в конструкцию воздушно решётной зерноочистительной машины серии ОЗФ, предложенного технического решения для крепления решетного стана на гофрированном пневмоцилиндре, обеспечит требуемую эффективность процесса сепарации не зависимо от режимов ее работы, за счет снижения уровня вибрации машины и в целом зерноочистительного агрегата.

Ключевые слова: вибрация, коэффициент сепарации, решетный стан, пневмоцилиндр, зерноочистительная машина

INFLUENCE OF THE GRID MILL MOUNTING METHOD ON THE SEPARATION EFFICIENCY

¹Aksenov Igor

¹Orobinsky Vladimir

¹Kornev Andrey

¹Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

Abstract. The processing of the grain heap after the combine is carried out mainly by sieve grain cleaning machines, the process of which is associated with a high vibration load, in agriculture. It is proposed to use the design of a corrugated pneumatic cylinder, on which the sieve mill is mounted, to