10. Grigoriev, A.M. Screw conveyors. – M.: "Mechanical Engineering", 1972. – 184s.
11. Meshcheryakov, B. V. Study of the work and justification of the optimal parameters of the working bodies of screw grinders of juicy feed: dis. cand. tech. nauk: 05.20.01 // Meshcheryakov B. V. – Omsk, 1967 – 195s.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Брусенков Алексей Владимирович – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: aleksei_brusenkov@mail.ru.

Капустин Василий Петрович – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: prof@yandex.ru.

Author credentials

Affiliations

Brusenkov Alexey – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education "Tambov State Technical University", Russia, Tambov, e-mail: aleksei_brusenkov@mail.ru.

Kapustin Vasilii – Full Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education "Tambov State Technical University", Russia, Tambov, e-mail: prof@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 16.03.2021 Принята к публикации (Accepted): 11.05.2021

УДК 631.362.34

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-3-56-62

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТЕНДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРИЕРНОЙ ОЧИСТКИ ЗЕРНА

¹Анашкин Александр Витальевич

¹Емельянович Сергей Владимирович

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

Реферат. Получение высококачественного зерна и семян при наличии в зерновом ворохе трудноотделимых сорных примесей невозможно без применения операции триерной очистки. Проведен анализ эффективности использования триерных блоков в составе зерноочистительных технологий. Отмечено несоответствие последовательных технологических процессов выделения длинных и коротких примесей по качественным показателям очистки, обуславливающее необходимость пополнения базы знаний о процессах разделения компонентов зерносмесей ячеистой поверхностью с помощью разработанного ФГБНУ ВНИИТиН стендового оборудования циклического действия. Выявлен общий недостаток всех исследовательских стендов с управляемым частотным преобразователем электроприводом вращения ячеистого цилиндра. Из-за нестабильности частоты вращения ячеистого цилиндра при разной загрузке, необходима ее тарировка для каждого исследуемого режима в зависимости от частоты тока, что существенно увеличивает трудоемкость выполнения экспериментальных исследований. Изготовлен и включен в конструкцию стенда для исследований ячеистых поверхностей электронный тахометр, обеспечивающий непрерывную индикацию на цифровом табло величины частоты вращения триерного цилиндра. Элементная база тахометра включает модуль датчика Холла ОН-137, программируемый микроконтроллер Arduino Nano V3, 7-ми сегментный дисплей 4-bit LED Digital Module. Усовершенствованное стендовое оборудование для исследований процессов триерного разделения компонентов зерносмесей по длине частиц путем применения электронного тахометра позволяет существенно упростить проведение соответствующих

экспериментальных исследований, снизить их трудоемкость и повысить достоверность получаемых результатов.

Ключевые слова: триер, зерносмесь, очистка, стендовое оборудование, электронный тахометр, частота тока, частота вращения.

IMPROVEMENT OF BENCH EQUIPMENT FOR THE STUDY OF TRIER GRAIN CLEANING PROCESSES

¹Anashkin Alexander

¹Emelyanovich Sergey

¹FSBSI "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture"

Abstract. Obtaining high-quality grain and seeds in the presence of difficult-to-separate trash impurities in the grain heap is impossible without the use of a trier cleaning operation. The analysis of the efficiency of using grading blocks as part of grain cleaning technologies is carried out. The discrepancy between the sequential technological processes of separation of long and short impurities in terms of the quality indicators of purification was noted. The discrepancy between the sequential technological processes for the separation of long and short impurities in terms of the quality indicators of cleaning is noted, which necessitates replenishing the knowledge base on the processes of separating the components of grain mixtures with a cellular surface using the bench equipment of cyclic action developed by FGBNU VNIITiN. A common drawback of all research stands with an electric drive of rotation of a honeycomb cylinder, controlled by a frequency converter, was revealed. Due to the instability of the rotational speed of the cellular cylinder at different loads, it is necessary to calibrate it for each investigated mode, depending on the current frequency, which significantly increases the complexity of experimental studies. An electronic tachometer was manufactured and included in the design of the stand for the study of cellular surfaces, which provides continuous indication on a digital display of the rotational speed of the indented cylinder. The element base of the tachometer includes a Hall sensor module OH-137, a programmable microcontroller Arduino Nano V3, a 7-segment display 4-bit LED Digital Module. The improved bench equipment for researching the processes of trier separation of the components of grain mixtures along the length of the particles by using an electronic tachometer makes it possible to significantly simplify the corresponding experimental studies, reduce their labor intensity and increase the reliability of the results obtained.

Keywords: trier, grain mixture, cleaning, bench equipment, electronic tachometer, current frequency, rotation frequency.

Введение. Послеуборочная подработка зернового вороха является одним из важнейших этапов производства, от которого зависит качество полученного зерна и посевного материала. Используемые в сельхозпредприятиях зерноочистительные агрегаты в большинстве случаев имеют в своем составе машины и оборудование, позволяющие выделять из зернового материала примеси, отличающиеся по поперечным размерам и аэродинамическим свойствам. При невысокой засоренности полей использование современных воздушно-решетных зерноочистительных машин обеспечивает качество зерна продовольственного назначения на уровне 1 – 4 класса по показателям содержания сорной примеси [1]. Однако при наличии в зерновом ворохе трудноотделимых примесей (куколь, гречишка вьюнковая, колотые частицы основной культуры, овсюг) добиться высокого качества очистки зерна невозможно без применения триерных блоков. Требования к содержанию семян сорняков в посевном материале еще более жесткие [2], что также обуславливает необходимость триерной очистки при его подготовке.

Вместе с тем использование триерных блоков в составе зерноочистительных технологий имеет ряд существенных ограничений, что привело к массовому выводу их из эксплуатации. Основной причиной низкого уровня использования триерных блоков является невозможность их использования в многоканальных зерноочистительных технологиях без эффективных средств деления потока зерна [3, 4].

Кроме того, при последовательной схеме работы триерного блока, когда очищаемый зерновой материал сначала направляется в овсюжные цилиндры для очистки от длинных примесей, а затем в кукольные цилиндры - для очистки от коротких примесей, возникает несоответствие расходных

характеристик качеству технологических процессов. Величины оптимальной производительности овсюжного и кукольного триерных цилиндров существенно различаются. Особенно это наблюдается при наличии трудноотделяемых коротких примесей, склонных к «всплыванию» в циркулирующем сегменте зерносмеси: легковесных семян сорняков, частиц стеблей и соломы [5]. Кроме того, производители зерноочистительной техники регламентируют производительность триерного блока лишь по загрузке овсюжного цилиндра [6-8], что снижает степень выделения трудноотделяемых коротких примесей кукольным цилиндром.

Указанные недостатки и противоречия определили необходимость выполнения большого объема экспериментальных исследований процессов триерной очистки зерносмесей: динамики выделения ячеистой поверхностью зерна основной культуры, коротких примесных компонентов; взаимосвязей производительности овсюжного триера с режимами его работы и настроечными параметрами; закономерностей изменения качества процесса от частоты вращения цилиндра, углового положения выводного лотка и исходной засоренности зерносмесей.

Материалы и методы. Объектом исследования является разработанное ФГБНУ ВНИИТиН стендовое оборудование для исследований ячеистых поверхностей [9-14], позволяющее при непрерывном интервально-временном контроле параметров технологического процесса обеспечить инвариантность получаемых результатов относительно длины ячеистой поверхности и обеспечивающее возможности реализации указанных экспериментальных исследований.

Конструктивной особенностью указанных исследовательских стендов является управление электроприводом с помощью частотного преобразователя. Этим достигается возможность плавной регулировки частоты вращения ячеистого цилиндра, как одного из факторов при исследованиях закономерностей триерного разделения компонентов зерносмесей.

Результаты и обсуждение. Перед реализацией плана исследований для каждого варианта исполнения электропривода устанавливается взаимосвязь частоты вращения цилиндра и частоты тока. Для этого по частотному преобразователю устанавливаются интервальные значения частоты тока, подсчитывается количество полных оборотов ячеистого цилиндра за единицу времени и рассчитываются значения частот вращения цилиндра. Зависимость скоростного режима работы триера от частоты тока имеет линейный характер. При этом скорость вращения цилиндра может существенно изменяться в зависимости от величины загрузки на каждом режиме работы. На рисунке 1 приведен тарировочный график электропривода натурального стенда для исследований процесса выделения коротких примесей из ячменя.

Рисунок 1 – Зависимость частоты вращения цилиндра от частоты тока

Из рисунка 1 видно, что изменение скорости вращения цилиндра от величины загрузки существенное. При изменении загрузки триера от 0 до 1421 кг/ч скорость вращения снижается на 6,8-7,7 об/мин, а при увеличении загрузки зерносмеси до 2563 кг/ч величина снижения скорости вращения достигает 10,3 об/мин. Очевидно, что выявленные взаимосвязи зависят от соотношения мощности электродвигателя и величины загрузки. Поэтому при выполнении экспериментальных исследований приходится выполнять тарировку частоты вращения ячеистого цилиндра для всех исследуемых значений производительности стенда, а в ходе опытов периодически контролировать реальную скорость вращения. Это существенно увеличивает трудоемкость и продолжительность проведения исследований.

Устранение отмеченных недостатков обеспечивает изготовленный нами электронный тахометр для непрерывной индикации на цифровом табло скорости вращения цилиндров исследовательских стендов.

Схема электронного тахометра выполнена на базе датчика Холла. Модуль датчика Холла содержит элемент ОН-137 и, по сути, является магнитным переключателем, имеющим цифровой выходной сигнал. Если рядом с ним нет магнитного поля, то на выходе датчика будет высокое напряжение и, наоборот - при наличии магнитного поля будет низкое напряжение. Для сборки модуля датчика Холла использованы резистор R сопротивлением 820 Ом и конденсатор C емкостью 20 pF (рисунок 2).

Рисунок 2 – Схема модуля датчика Холла

Плата изготовлена из текстолитовой основы для микросхем с односторонним медным покрытием. Для распределения питания, получения и обработки выходного цифрового сигнала, а также для отображения значения скорости вращения мы использовали следующие модули: Arduino Nano V3 – программируемый микроконтроллер, 4-bit LED Digital Module – 7 сегментный дисплей, блок питания напряжением 5В. Все модули соединены по схеме (рисунок 3) и смонтированы в пластиковый корпус.

Для обеспечения работоспособности тахометра написана программа в приложении Arduino IDE 1.6.5 и загружена в память микроконтроллера Arduino Nano V3. Магнитное поле создается неодимовыми магнитами диаметром 5 мм и толщиной 2 мм. Для упрощения конструкции магниты расположены на переднем кольце цилиндра. Так как частота вращения цилиндров в исследовательских стендах находится в диапазоне 30-50 об/мин, то с целью повышения точности измерений и снижения времени обновления показаний тахометра число магнитов доведено до 6 штук. Они расположены на поверхности кольца с интервалом 60°.

1 – модуль датчика Холла ОН-137; 2 – дисплей 4-bit LED Digital Module;

3 – программируемый микроконтроллер Arduino Nano V3

Рисунок 3 – Схема электронного тахометра

Корпус тахометра установлен на раму стенда таким образом, чтобы обеспечивалось удобство считывания значений частоты вращения ячеистого цилиндра, а величина гарантированного воздушного зазора между магнитами и датчиком Холла составляла 2-3 мм, рисунок 4.

Рисунок 4 – Общий вид стенда с электронным тахометром

Заключение. Включение электронного тахометра в конструкцию стендового оборудования для исследований ячеистых поверхностей обеспечивает многократное снижение трудоемкости выполнения тарировочных работ и обеспечивает оперативный контроль соответствия фактического скоростного режима работы стенда с запланированным программой исследований, что существенно повышает достоверность получаемых результатов.

Список литературы

1. ГОСТ 9353-2016 Пшеница. Технические условия: Введ. 2018-07-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 12 с.
2. ГОСТ 52325-2005 Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия: Введ. 2005-03-23. – М.: Стандартинформ, 2009. – 20с.
3. Технические средства, необходимые для модернизации зерноочистительных технологий / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин / Новая парадигма устойчивого развития территориально-отраслевых систем в условиях цифровизации: матер. II Международ. науч.-практ. конф. – 2020. – С. 178-186.
4. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Улучшенная технология подработки зерна // Сельский механизатор. – 2020. – № 4. – С. 24-25.
5. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Исследование динамической сегрегации примеси при выделении проса из пшеницы // Наука в центральной России. – 2017. – № 2 (26). – С. 69-77.
6. Сепараторы триерные серии СТ: рук-во по эксплуатации: [Электронный ресурс] / Воронежсельмаш: – Режим доступа: <http://vselmash.ru/newsite/zo/stacionarnie2/Seporatory+ST/>
7. Приставка триерная ПТ-600: рук-во по эксплуатации: [Электронный ресурс] / Воронежсельмаш. – Режим доступа: <http://vselmash.ru/images/content/pt600.pdf>
8. Блок триерный БТМ-800-8Б. Описание.: рук-во по эксплуатации: [Электронный ресурс] / Техника-Сервис. – Режим доступа: http://www.tese.ru/manual/btm_manual.pdf ¶
9. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Растюшевский К.А. Обоснование параметров стэнда для исследования ячеистых поверхностей // Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – № 2. – С. 18-21.
10. Патент РФ № 2616201 Российская Федерация. Стенд для испытаний ячеистых поверхностей: № 2016108182: заявл. 09.03.2016: опубл. 13.04.2017, Бюл. № 11 / Тишанинов Н.П., Анашкин А.В.
11. Патент РФ № 2647526 Российская Федерация. Прибор для выделения примесей из зерносмесей: № 2017114302: заявл. 24.04.2017: опубл. 16.03.2018, Бюл. № 8 / Тишанинов Н.П., Анашкин А.В.
12. Патент РФ № 2492940 Российская Федерация. Стенд для испытаний ячеистых поверхностей: № 2012112301/03: заявл. 29.03.2012: опубл. 20.09.2013, Бюл. № 26 / Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Амелянц А.Г., Тишанинов М.А., Растюшевский К.А.
13. Патент РФ № 2492941 Российская Федерация. Стенд для испытаний ячеистых поверхностей: № 2012113207/03: заявл. 04.04.2012: опубл. 20.09.2013, Бюл. № 26 / Тишанинов Н.П., Амелянц А.Г., Анашкин А.В., Тишанинов К.Н., Растюшевский К.А.
14. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Модернизированный прибор для выделения примесей из зерносмесей – «ТИАН – 1» // Сельский механизатор. – 2019. – № 1. – С. 4 – 5.

References

1. GOST 9353-2016 Pshenica. Tekhnicheskie usloviya: Vved. 2018-07-01. – M.: Standartinform, 2016. – 12 s.
2. GOST 52325-2005 Semena sel'skohozyajstvennyh rastenij. Sortovye i posevnye kachestva. Obshchie tekhnicheskie usloviya: Vved. 2005-03-23. – M.: Standartinform, 2009. – 20s.
3. Tekhnicheskie sredstva, neobhodimye dlya modernizacii zernoочистительных технологий / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin / Novaya paradigma ustojchivogo razvitiya territorial'no-otraslevykh sistem v usloviyah cifrovizacii: mater. II Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf. – 2020. – S. 178-186.
4. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Uluchshennaya tekhnologiya podrabotki zerna // Sel'skij mekhanizator. – 2020. – № 4. – S. 24-25.
5. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Issledovanie dinamicheskoy segregacii primesi pri vydelenii prosa iz pshenicy // Nauka v central'noj Rossii. – 2017. – № 2 (26). – S. 69-77.
6. Separatory triernye serii ST: ruk-vo po ekspluatcii: [Elektronnyj resurs] / Voronezhsel'mash: – Rezhim dostupa: <http://vselmash.ru/newsite/zo/stacionarnie2/Seporatory+ST/>
7. Pristavka triernaya PT-600: ruk-vo po ekspluatcii: [Elektronnyj resurs] / Voronezhsel'mash. – Rezhim dostupa: <http://vselmash.ru/images/content/pt600.pdf>
8. Blok triernyj BTM-800-8B. Opisanie.: ruk-vo po ekspluatcii: [Elektronnyj resurs] / Tekhnika-Servis. – Rezhim dostupa: http://www.tese.ru/manual/btm_manual.pdf
9. Tishaninov N.P., Anashkin A.V., Rastyushevskij K.A. Obosnovanie parametrov stenda dlya issledovaniya yacheistykh poverhnostej // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. – 2013. – № 2. – S. 18-21.

10. Patent RF № 2616201 Rossijskaya Federaciya. Stend dlya ispytanij yacheistyh poverhnostej: № 2016108182: zayavl. 09.03.2016: opubl. 13.04.2017, Byul. № 11 / Tishaninov N.P., Anashkin A.V.

11. Patent RF № 2647526 Rossijskaya Federaciya. Pribor dlya vydeleniya primesej iz zernosmesej: № 2017114302: zayavl. 24.04.2017: opubl. 16.03.2018, Byul. № 8 / Tishaninov N.P., Anashkin A.V.

12. Patent RF № 2492940 Rossijskaya Federaciya. Stend dlya ispytanij yacheistyh poverhnostej: № 2012112301/03: zayavl. 29.03.2012: opubl. 20.09.2013, Byul. № 26 / Tishaninov N.P., Anashkin A.V., Amel'yanc A.G., Tishaninov M.A., Rastyushevskij K.A.

13. Patent RF № 2492941 Rossijskaya Federaciya. Stend dlya ispytanij yacheistyh poverhnostej: № 2012113207/03: zayavl. 04.04.2012: opubl. 20.09.2013, Byul. № 26 / Tishaninov N.P., Amel'yanc A.G., Anashkin A.V., Tishaninov K.N., Rastyushevskij K.A.

14. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Modernizirovannyj pribor dlya vydeleniya primesej iz zernosmesej – «TIAN – 1» // Sel'skij mekhanizator. – 2019. – № 1. – S. 4 – 5.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Анашкин Александр Витальевич – доктор технических наук, ведущий 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

Anashkin Alexander – Full Doctor of Technical Sciences, Leading 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): 29.03.2021 Принята к публикации (Accepted): 30.04.2021

УДК 631.362.3

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-3-62-68

АНАЛИЗ УРОВНЯ ОБЩЕЙ ВИБРАЦИИ ПРИ УСТАНОВКЕ РЕШЕТНОГО СТАНА ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ НА ГОФРИРОВАННЫЙ ПНЕВМОЦИЛИНДР

¹Аксенов Игорь Игоревич

¹Оробинский Владимир Иванович

¹Корнев Андрей Сергеевич

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

Реферат. Процесс решетной сепарации в зерноочистительных машинах сопровождается значительным вибрационными нагрузками на узлы агрегата, что оказывает негативное воздействие на процесс сепарации, надежность машины в целом и здоровье работников, обслуживающих зерноочистительный агрегат. Избежать этого возможно за счет установки решетного стана на эластичный пневмоцилиндр, заполненный сжатым воздухом, для гашения вертикально направленных вибраций. Определяли эффективность использования предлагаемой конструкции. В ходе исследований измеряли вибрацию непосредственно на раме лабораторной установки. Высота пневмоцилиндра составляла 0,3 м. Частота колебаний привода решетного стана варьировалась от 300 до 500 мин⁻¹ с шагом в 25 мин⁻¹. Амплитуда колебаний составляла 16 и 28 мм. В качестве объекта сравнения взята конструкция решетного стана стандартной