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

reduce the level of general vibration while maintaining the standard indicators of separability. The efficiency of the proposed design was tested empirically using a laboratory setup that simulates the operation of a fractional grain cleaning machine OZF-80. The feed of the grain heap from the hopper to the sieve with the size of the sieve holes in 2.8 mm was 15 t/h. The oscillation frequency of the grating mill varied from 300 to 450 min⁻¹, with an interval of 25 min⁻¹, the oscillation amplitude was 16 and 28 mm. It is established that the proposed design of fixing the sieve mill to the frame of the grain cleaning machine gives the best indicators of separation of the grain mixture. The efficiency of using a corrugated pneumatic cylinder increases from 3.3% to 17.8% at an amplitude of 16 mm and from 5.5% to 14.3% with an increase in the vibration frequency of the eccentric mechanism from 300 min⁻¹ to 450 min⁻¹ at an amplitude of 28 mm, in comparison with standard suspension of the sieve bed on flat elastic hangers. This difference in the separation coefficient can be explained by reducing the level of harmful vibration due to vibration damping by a corrugated pneumatic cylinder. The introduction of the proposed technical solution for fixing the grating mill on a corrugated pneumatic cylinder into the design of the air-sieve grain cleaning machine of the OZF series will ensure the required efficiency of the separation process, regardless of its operating modes, by reducing the vibration level of the machine and the grain cleaning unit as a whole.

Key words: vibration, separation coefficient, sieve mill, pneumatic cylinder, grain cleaning machine.

Введение. Качественная обработка зернового вороха после комбайна имеет особое значение для растениеводческой отрасли. От эффективности работы решетных зерноочистительных машин, в основном используемых для этой цели, зависит дальнейший путь зернового материала по технологической линии. Оптимальный вариант заключается в 100 процентном отделении примесей органического и неорганического содержания, а также неполноценного зерна от товарного и фуражного зерна [1, 6, 8, 9]. При этом, в процессе обработки целесообразно минимизировать травмирование зернового материала. Достигнуть такого эффекта на известных конструкциях зерноочистительных машин для послеуборочной обработки зерна пока не получилось, причиной тому служат несколько факторов, одним из которых является возникновение вредной вибрации при работе решетного стана. Поэтому снижение вредной вибрации при работе зерноочистительных машин актуальная задача, для решения которой требуется внедрение в рабочую конструкцию зерновых сепараторов устройств, способных снизить негативные вибрационные колебания.

Конструкция зерноочистительных машин в России и мире в целом чрезвычайно разнообразна, постоянно совершенствуется и модернизируется. Тем не менее, основную массу таких машин составляют зерноочистительные агрегаты, основным рабочим органом которых являются плоские решета. Привод и способ крепления решетных станов на раме машины, также разнообразны по исполнению. Но не смотря на широкий ассортимент исполнения конструкций решетных зерноочистительных машин их слабые стороны, касаемые возникновения значительных знакопеременных вибрационных нагрузок в процессе работы сохраняются во всех случаях. Вибрация в первую очередь возникает от привода таких машин, так как процесс сепарации на решетных станах предусматривает их возвратно-поступательное перемещение [11]. Для этого в приводе предусмотрен эксцентриковый механизм. Вибрационные процессы в решетном стане достаточно трудно контролировать, так как масса решетного стана имеет не постоянные значения из-за сепарируемой массы. Механизм очистки плоских решет, так же усложняет процесс контроля вибрационных процессов. В большинстве сепарирующих решетных машинах используются в основном два способа очистки- это механическая очистка щетками и шариковая очистка. Оба эти способа очистки также влияют на общую вибрацию машины. Так для привода щеток устанавливается дополнительный приводный механизм, а при работе шариков возникают инерционные нагрузки хаотичного характера [2, 3, 5, 7, 10].

Снизить вибрационную нагрузку на раму машины при сохранении штатных показателей сепарируемости позволит применение конструкции гофрированного пневмоцилиндра для установки на него решетного стана [4]. Такое техническое решение позволит при минимальных конструктивных изменениях в зерноочистительной машине снизить вибрацию. Гофрированный пневмоцилиндр (рисунок 1) за счет упругих свойств позволит нивелировать вибрацию от привода решетного стана и гасить знакопеременную нагрузку, передающуюся на раму машины.

Конструкция решетного стана, установленного на гофрированном пневмоцилиндре, обеспечит равномерную работу машины с требуемыми показателями качества получаемого материала.

Рисунок 1 – Гофрированный пневмоцилиндр

Материалы и методы. Эффективность работы предлагаемой конструкции была проверена опытным путем в лаборатории кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей агроинженерного факультета ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. В ходе исследований использовалась лабораторная установка моделирующая 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. При проведении опытов определяли массу зерна сошедшего с решета, массу зерна, прошедшего через решето и выразили через коэффициент сепарации μ .

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1 – Влияние способа крепления решетного стана на эффективность сепарирования

Частота колебаний, мин ⁻¹	Амплитуда, мм	Коэффициент сепарации при стандартном креплении решетного стана (вертикальном расположении подвесок)	Коэффициент сепарации при установке решетного стана на гофрированный пневмоцилиндр
n,	A	μ , м ⁻¹	
300	28	0,162	0,171
	16	0,149	0,154
325	28	0,166	0,179
	16	0,152	0,161
350	28	0,174	0,188
	16	0,168	0,175
375	28	0,181	0,206
	16	0,173	0,187
400	28	0,187	0,214
	16	0,175	0,198
425	28	0,192	0,219
	16	0,177	0,204
450	28	0,202	0,231
	16	0,179	0,211

Рисунок 2 – Влияние частоты привода решетного стана на коэффициент сепарации
 а) – амплитуда колебаний 28мм; б) – амплитуда колебаний 16мм;
 1- серийное крепление решетного стана; 2 – предлагаемая конструкция

Оценивая результаты проведенных исследований видно, 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. Это подтверждается ранее проведенными исследованиями по оценке уровня вибрации при аналогичных условиях, которые показали, что предлагаемая конструкция позволяет снизить уровень вибрации на 2,5...44,3% в зависимости от режимных параметров.

Закключение. Внедрение в конструкцию воздушно решётной зерноочистительной машины серии ОЗФ предложенного технического решения для крепления решетного стана на гофрированном пневмоцилиндре (патент №189555) [4] позволит повысить эффективность процесса сепарации на различных режимах ее работы, за счет снижения уровня вибрации машины и в целом зерноочистительного агрегата.

Список литературы

1. Анализ тенденций развития современных зерноочистительных и сортировальных машин / В.П. Чеботарев, И.В. Барановский, А.А. Князева [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2010. – Т. 1. – С. 184-189.
2. Бурков А.И., Глушков А.Л. Определение оптимальной амплитуды и частоты колебаний решётного стана машины предварительной очистки зерна МПЗ-50 // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2011. – № 2 (21). – С. 62-67.
3. Влияние режима работы решетного стана на качественные показатели работы решет / М.К. Харитонов, А.М. Гиевский, А.В. Чернышов, И.В. Баскаков, Д.В. Ненашев // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов (Россия, Воронеж, 12-13 ноября 2019 г.). – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. – С. 421-425.

4. Патент №189555 Российская Федерация, МПК B07B 1/28. Решетный стан: №2018143170. Заявл. 05.12.2018; опубл. 28.05.2019 / Оробинский В.И., Корнев А.С., Аксенов И.И.; заявитель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – 2 с.

5. Расположение колосовых решет в современных зерноочистительных машинах / А.В. Чернышов, А.М. Гиевский, И.В. Баскаков, М.К. Харитонов // Наука и образование в современных условиях: материалы междунар. науч. конф. (Россия, Воронеж, 10 марта - 22 апреля 2016 г.). – Воронеж: ФГБОУ ВО "Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I", 2016. – С. 173-178.

6. Харитонов М.К., Марычев В.В., Чернышов А.В. Способы повышения эффективности работы решетных станков зерноочистительных машин // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Воронеж, 15-17 ноября 2016 г.). – Воронеж, 2016. – С. 96-99.

7. Чернышов А.В., Харитонов М.К. Анализ схем размещения решет в решетных станках зерноочистительных машин // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов I (Россия, г. Воронеж, 28-29 ноября 2011 г.). – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. – Ч III. – С. 266-272.

8. Чернышов, А.В. Исследование работы решетного стана при фракционировании зернового вороха // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы Всероссийской науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, посвященные 100-летию Воронежского гос. аграр. ун-та им. императора Петра I (Россия, г. Воронеж, 28-29 ноября 2011 г.). – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2012. – Ч. IV. – С. 128-131

9. Чернышов А.В., Гиевский А.М. Повышение эффективности подготовки товарного и семенного зерна на решетных станках зерноочистительных машин: монография. – Воронеж: Воронежский ГАУ, 2018. – 160 с.

10. Чернышов А.В. Совершенствование процесса фракционирования зернового вороха на решетном стане зерноочистительных машин: дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / А.В. Чернышов; Воронеж. гос. аграр. ун-т. – Воронеж, 2011. – 140 с.

11. Analysis of the beats of separation sieve pans / Shatsky V.P., Orobinsky V.I., Axenonov I.I., Kornev A.S // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production. Bristol, – 2021. – C. 012106.

References

1. Analiz tendencij razvitiya sovremennyh zernoochistitel'nyh i sortiroval'nyh mashin / V.P. Chebotarev, I.V. Baranovskij, A.A. Knyazeva [i dr.] // Nauchno-tehnicheskij progress v sel'skohozyajstvennom proizvodstve: mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Minsk: NPC NAN Belarusi po mekhanizacii sel'skogo hozyajstva, 2010. – T. 1. – S. 184-189.

2. Burkov A.I., Glushkov A.L. Opredelenie optimal'noj amplitudy i chastoty kolebaniy reshyotnogo stana mashiny predvaritel'noj ochistki zerna MPZ-50 // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2011. – № 2 (21). – S. 62-67.

3. Vliyanie rezhima raboty reshetnogo stana na kachestvennye pokazateli raboty reshet / M.K. Haritonov, A.M. Gievskij, A.V. Chernyshov, I.V. Baskakov, D.V. Nenashev // Innovacionnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya APK: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenykh i specialistov (Rossiya, Voronezh, 12-13 noyabrya 2019 g.). – Voronezh: FGBOU VO Voronezhskij GAU, 2019. – S. 421-425.

4. Patent №189555 Rossijskaya Federaciya, MPK B07B 1/28. Reshetnyj stan: №2018143170. Zayavl. 05.12.2018; opubl. 28.05.2019 / Orobinskij V.I., Kornev A.S., Aksenov I.I.; zayavitel' FGBOU VO Voronezhskij GAU. – 2 s.

5. Raspolozhenie kolosovyh reshet v sovremennyh zernoochistitel'nyh mashinah / A.V. Chernyshov, A.M. Gievskij, I.V. Baskakov, M.K. Haritonov // Nauka i obrazovanie v sovremennyh usloviyah: materialy mezhdunar. nauch. konf. (Rossiya, Voronezh, 10 marta - 22 aprelya 2016 g.). – Voronezh: FGBOU VO "Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni imperatora Petra I", 2016. – S. 173-178.

6. Haritonov M.K., Marychev V.V., Chernyshov A.V. Spособы povysheniya effektivnosti raboty reshetnyh stanov zernoochistitel'nyh mashin // Innovacionnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya

APK: materialy mezhdunar. nauch. -prakt. konf. (Voronezh, 15-17 noyabrya 2016 g.). – Voronezh, 2016. – S. 96-99.

7. CHernyshov A.V., Haritonov M.K. Analiz skhem razmeshcheniya reshet v reshetnyh stanah zernoochistitel'nyh mashin // Innovacionnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya APK: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenykh i specialistov I (Rossiya, g. Voronezh, 28-29 noyabrya 2011 g.). – Voronezh: FGBOU VPO Voronezhskij GAU, 2015. – CH III. – S. 266-272.

8. CHernyshov, A.V. Issledovanie raboty reshetnogo stana pri frakcionirovanii zernovogo voroha // Innovacionnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya APK: materialy Vserossijskoj nauch.-prakt. konf. molodyh uchenykh i specialistov, posvyashchennye 100-letiyu Voronezhskogo gos. agrar. un-ta im. imperatora Petra I (Rossiya, g. Voronezh, 28-29 noyabrya 2011 g. – Voronezh: FGBOU VPO Voronezhskij GAU, 2012. – CH. IV. – S. 128-131

9. CHernyshov A.V., Gievskij A.M. Povyshenie effektivnosti podgotovki tovarnogo i semennogo zerna na reshetnyh stanah zernoochistitel'nyh mashin: monografiya. – Voronezh: Voronezhskij GAU, 2018. – 160 s.

10. CHernyshov A.V. Sovershenstvovanie processa frakcionirovaniya zernovogo voroha na reshetnom stane zernoochistitel'nyh mashin: dis. kand. tekhn. nauk: 05.20.01 / A.V. CHernyshov; Voronezh. gos. agrar. un-t. – Voronezh, 2011. – 140 s.

11. Analysis of the beats of separation sieve pans / Shatsky V.P., Orobinsky V.I., Axeonov I.I., Kornev A.S // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production. Bristol, – 2021. – S. 012106.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Аксенов Игорь Игоревич – старший преподаватель кафедры электротехники и автоматики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: igor-aksenov1989@ya.ru.

Оробинский Владимир Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, декан агроинженерного факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Корнев Андрей Сергеевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: kornev.andr@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Aksenov Igor – Senior Lecturer of the Dept. of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: igor-aksenov1989@ya.ru.

Orobinsky Vladimir – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor, Head of the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Dean of the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Kornev Andrey – Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent, the Dept. of Technological Equipment, Processes of Processing Industries, Agricultural Mechanization and Life Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: kornev.andr@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 06.09.2021 Принята к публикации (Accepted): 11.10.2021