

Исследование состояния рабочих органов измельчающих машин на основании анализа вибраций

Сергей Т. Антипов	¹	ast@vsuet.ru
Андрей Н. Рязанов	¹	ryzanovan@mail.ru
Виталий Ю. Овсянников	¹	ows2003@mail.ru
Алексей В. Шаров	¹	sharov_alexei@mail.ru

¹ кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронеж. гос. ун-т. инж. техн., пр-т Революции, 19, г. Воронеж, Россия

Реферат. Совершенствование технологии и техники, направленной на использование вторичного материального сырья, является актуальной задачей. Одной из важнейших операций при получении сырья для комбикормов является тонкое измельчение. В связи с этим в статье рассматривается измельчающее оборудование, позволяющее получить сырье более высокого качества с наименьшими энергозатратами. Предложены методы и средства технической диагностики, рассмотрен принцип определения мест (точек) установки датчиков измерения вибраций, а также выбор метода анализа вибрационного сигнала. Исследование состояния рабочих органов дезинтегратора осуществлялось в цехе ООО ПКФ «Луч 2000». Объектом исследования являлся дезинтегратор с диаметром роторов, составляющих 350 мм, каждый из которых имеет два ряда штифтов. В результате проведения эксперимента было выявлено, что рабочие органы измельчающей машины в результате работы подвержены неравномерному износу, а под действием многоциклового нагрузки возникают микротрещины и усталостные изломы. Методом спектрального анализа было выявлено появление гармоник с большими значениями виброскорости на частоте 126 Гц, а также кратных частотах, что позволяет с большой долей вероятности определять не только фактическое состояние рабочих органов, но и спрогнозировать тенденции развития дефекта. Исходя из анализа спектров, принимается решение о дальнейшем времени эксплуатации оборудования, что существенно снижает вероятность возникновения аварийной остановки оборудования и дорогостоящего ремонта. Данные исследования будут актуальны при использовании средств вибродиагностики на предприятиях, а также при проектировании, конструировании и подборе материалов для измельчающего оборудования

Ключевые слова: вибрации, техническая диагностика, штифт, виброскорость

Study on the status of the working bodies grinding machines based on vibration analysis

Sergei T. Antipov	¹	ast@vsuet.ru
Andrey N. Ryazanov	¹	ryzanovan@mail.ru
Vitaliy Yu. Owsyannikov	¹	ows2003@mail.ru
Aleksey V. Sharov	¹	sharov_alexei@mail.ru

¹ food machines and equipment department, Voronezh state university of engineering technologies, 19, Revolution Av., Voronezh, 394036 Russia

Summary. Improvement of technology and engineering aimed at the use of secondary raw material is an important task. One of the most important operations in the preparation of raw materials for mixed feeds is fine grinding. In this regard, the article discusses the grinding equipment allowing to obtain raw materials of higher quality with the lower energy consumption. Methods and diagnostic tools were proposed, the principle of determining the locations (points) of installation of vibration measurement sensors as well as the choice of the vibration signal analysis method were considered. Investigation of the state of the disintegrator working bodies was carried out in the workshop of LLC PCF "Luch 2000". The object of study is a disintegrator with rotors diameter of 350 mm, each of them having two rows of pins. The result of the experiment revealed that during the operation the working bodies of grinding machines are exposed to uneven wear and under the action of multicycle load micro-cracks and fatigue fractures occur. The method of spectral analysis revealed the appearance of harmonics with large vibration at a frequency of 126 Hz, as well as multiple frequencies, allowing a high degree of probability to determine not only the actual state of the working bodies, but also to predict the defect development trend. Based on the analysis of the spectra, the decision on further time operation of the equipment is made, which significantly reduces the probability of an emergency stop of equipment and expensive repairs. The research data will be relevant when using vibration diagnostics tools in enterprises, as well as in the design, construction and choice of materials for grinding equipment

Keywords: vibration, technical diagnostics, pin, vibration speed

Введение

В соответствии с приоритетами развития нашего государства, обозначенными президентом России Владимиром Путиным в послании к федеральному собранию, в рамках обеспечения продовольственной безопасности и снабжения населения России здоровым питанием необходимо целесообразно подходить к вопросам переработки и утилизации вторичного материального сырья.

Немаловажный вклад при этом вносит мясоперерабатывающая отрасль, поставляющая огромное количество ценных вторичных ресурсов, представляющих собой питательную основу значительной части комбинированных кормов для домашних животных, скота и птицы.

Мясокостная мука, полученная из отходов мясоперерабатывающих технологических линий, является одним из перспективных видов сырья для создания комбикормов с прогнозируемыми

Для цитирования

Антипов С. Т., Рязанов А. Н., Овсянников В. Ю., Шаров А. В. Исследование состояния рабочих органов измельчающих машин на основании анализа вибраций // Вестник ВГУИТ. 2016. № 4. С. 27–30. doi:10.20914/2310-1202-2016-4-27-30

For citation

Antipov S.T., Ryazanov A.N., Owsyannikov V. Yu., Sharov A. V. A study on the status of the working bodies grinding machines based on vibration analysis. *Vestnik VSUET* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 4. pp. 27–30. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2016-4-27-30

свойствами, вследствие высокого содержания в них ряда аминокислот, макро- и микроэлементов.

Сегодня при составлении комбикормов руководствуются измельченным мясокостным сырьем, полученным после силовых измельчителей костного сырья или молотковых дробилок, качество которого не всегда удовлетворяет необходимым нормам и требованиям.

Для получения измельченной мясокостной муки более высокого качества и снижения затрат на ее получение, необходимо использование наиболее перспективных агрегатов для измельчения, а также методов и средств их диагностирования, обеспечивающих повышение их надежности и долговечности [2].

Наиболее эффективными являются дробилки дезинтеграторного типа. Они обладают высокой производительностью, достаточно низкими энергозатратами, а также возможностью подбора оптимальных параметров работы посредством регулировки числа оборотов роторов, что позволяет получать измельчаемое сырье более высокого качества [1,4].

В процессе измельчения мясокостного сырья рабочие органы дезинтегратора (штифты) подвергаются многоцикловым нагрузкам и износу, вследствие чего в них развиваются различного вида дефекты (микротрещины, сколы и др.). Это приводит к разрушению штифтов, в результате чего оборудование выводится из строя, и ему требуется дорогостоящий ремонт. Для определения состояния нагружаемых элементов наиболее эффективным является диагностика на основе анализа вибрационных сигналов.

1.1 Материалы и методы

Исследование состояния рабочих органов дезинтегратора осуществлялось в цехе ООО ПКФ «Луч 2000». Объектом исследования являлся дезинтегратор с диаметром роторов, составляющих 350 мм, каждый из которых имеет два ряда штифтов. Изменение частоты вращения роторов осуществлялось с помощью частотного преобразователя, позволяющего плавно изменять обороты в диапазоне 100–3500 мин⁻¹. При определении основных параметров вибраций, таких как виброскорость v (м/с) и виброускорение a (м/с²), использовался прибор «ТОПАЗ-В» с датчиком вибрации общего назначения «РА-031», имеющим частотный диапазон 2–10000 Гц. Для определения состояния рабочих органов использовался метод частотного анализа, в результате использования которого были получены графики наложения большого количества возмущающих факторов

от подшипниковых опор и шкива. Для измерения параметров вибраций была определена исходная точка измерений – над подшипниковыми опорами 3 (рисунок 1).

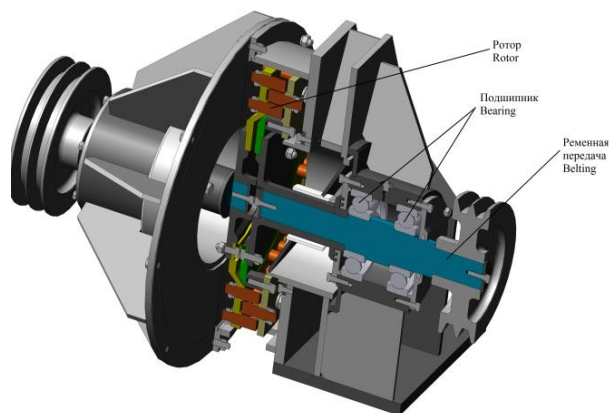


Рисунок 1. Схема источников вибраций

Figure 1. Schematic of vibration

В результате измерений были получены график временной реализации сигнала (рисунок 3), на котором явно выражено превышение значений параметров вибраций, а также спектр виброскорости (рисунок 4), на котором значение параметров вибраций превышено на 124 Гц и 160 Гц соответственно [5]. Это свидетельствует о явном изменении состояния рабочих органов, которое вызывает дисбаланс ротора. По результатам диагностирования было принято решение о разборке дезинтегратора и осмотре его рабочих органов.



Рисунок 2. Штифт с износом

Figure 2. Worn pin

При осмотре на штифтах были обнаружены следы износа (рисунок 2). Изношенные штифты были заменены и установлены на ротор, после была произведена балансировка и установка ротора в дезинтегратор. Затем были проведены повторные измерения параметров вибраций. Получены данные, на которых зафиксировано значительное снижение оставляющих вибраций как на временной реализации сигнала (рисунок 5), так и на спектре виброскорости (рисунок 6).

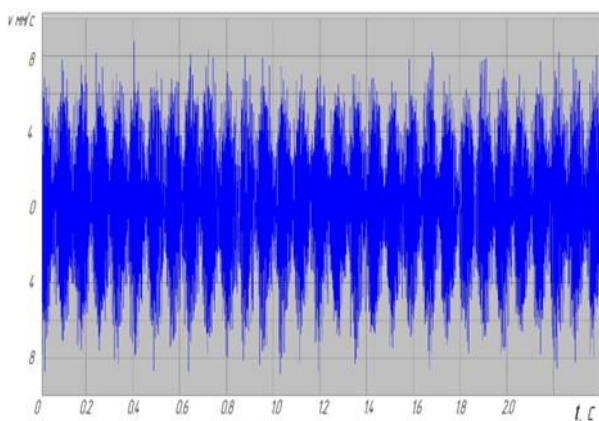


Рисунок 3. Временная реализация сигнала

Figure3. Temporary signal implementation

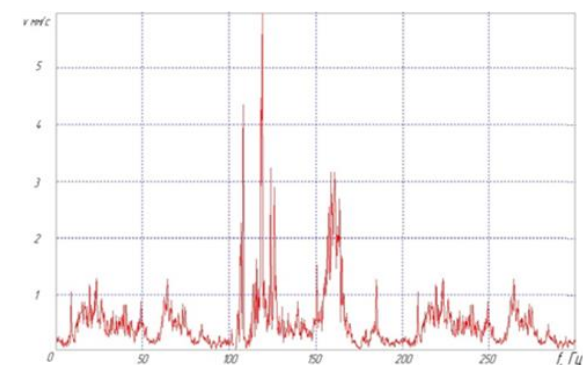


Рисунок4. Спектр виброскорости

Figure 4. Vibration spectrum

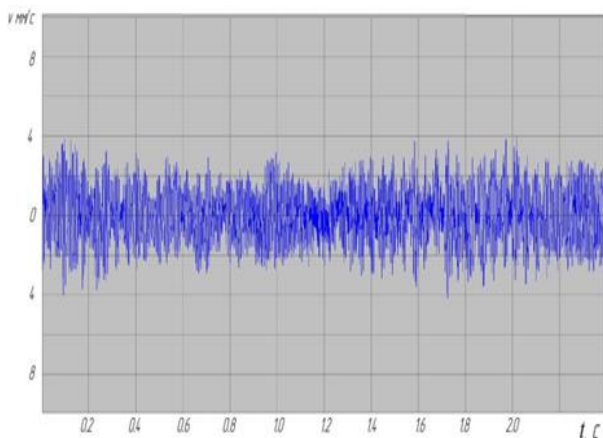


Рисунок 5. Временная реализация сигнала после проведения ремонта

Figure5. Temporary signal implementation after repairs

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Пеленко В.В., Зуев Н.А., Ольшевский Р.Г., Иваненко В.П. и др. Оценка зависимости производительности измельчителей мяса от их конструкции и физико-механических свойств сырья // Вестник Международной академии холода. 2015. № 1. С. 9–15.
- 2 Богомолова И.П., Рязанов А.Н., Самохвалов А.А., Шаров А.В. Управление ресурсосбережением на основе внедрения системы технической диагностики // Вестник

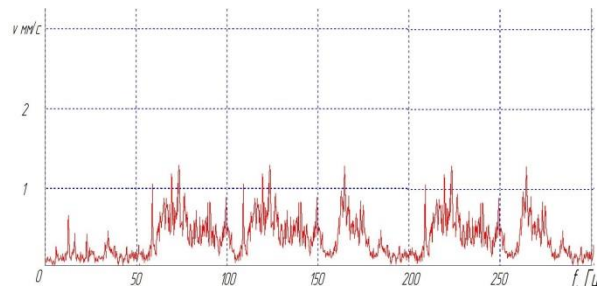


Рисунок 6. Спектр виброскорости после проведения ремонта

Figure6. The range of vibration after repairs

1.2 Результаты и обсуждения.

На основе результатов, полученных в итоге проведения экспериментов, можно сделать вывод о том, что применение средств и методов вибродиагностики является весьма эффективным способом обнаружения возникновения дефектов. Определение технического состояния рабочих органов дезинтегратора в процессе его работы является затруднительным ввиду большого количества возмущающих факторов. Однако разработка методов и средств диагностирования позволяет значительно повысить надежность и долговечность, а также оптимально подобрать режим работы дезинтегратора [6].

Заключение

Применение и разработка новых конструкций измельчающего оборудования позволяет существенно повысить эффективность переработки вторичных материальных ресурсов. При оптимальном подборе режимов работы оборудования удается достичь высокого качества выходного сырья и снизить удельные энергозатраты.

Применение средств вибродиагностики измельчающего оборудования различных отраслей промышленности позволяет определить их фактическое состояние, что значительно снижает возможность возникновения аварийной остановки оборудования и простоя производства.

Результаты настоящей работы могут быть полезны при разработке систем непрерывного контроля состояния машин и агрегатов пищевых предприятий.

Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 4 (58). С. 304–306.

3 Новицкий В.О., Карпов В.И. Методология исследования и моделирования сложных систем управления для предприятий и компаний зернового сектора АПК // Информационные технологии. 2010. № 9. С. 50–52.

4 Антипов С.Т., Овсянников В.Ю., Шаров А.В. Режимы измельчения высушенного мясокостного сырья в дезинтеграторе // Хранение и переработка сельхозсырья. 2016. № 6. С. 23–28.

5 Wu H., Lou L., Chen C. – C., Hirche S. et al. Cloud-Based Networked Visual Servo Control // IEEE Transaction on Industrial Electronics. 2013. V. 60. P. 554–566.

6 Костюков В.Н., Тарасов Е.В. Исследование виброакустических характеристик подшипников качения // Главный энергетик. 2011. № 8. С 65–68.

REFERENCES

1 Pelenko V.V., Zuev N.A., Ol'shevskii R.G., Ivanenko V.P. et al. Evaluation meat grinders performance depending on their structure and physico-mechanical properties of raw materials. *Vestnik mezhdunarodnoi akademikhologii* [Proceedings of international academy of refrigeration] 2015, no. 1, pp. 9-15. (in Russian).

2 Bogomolova I.P., Ryazanov A.N., Samokhvalov A.A., Sharov A.V. Resource saving management through the introduction of technical diagnostics.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Сергей Т. Антипов д. т. н., профессор, проректор по научной и инновационной деятельности, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ast@vsuet.ru

Андрей Н. Рязанов к. т. н., доцент, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ryzanovan@mail.ru

Виталий Ю. Овсянников к. т. н., доцент, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ows2003@mail.ru

Алексей В. Шаров аспирант, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, sharov_alexei@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Сергей Т. Антипов предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания

Андрей Н. Рязанов консультация в ходе исследования

Виталий Ю. Овсянников консультация в ходе исследования

Алексей В. Шаров написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 22.10.2016

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 11.11.2016

Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2013, no. 4, pp. 304–306. (in Russian)

3 Novitskii V.O., Karpov V.I. The methodology of the study and simulation of complex control systems for enterprises and the agricultural sector grain companies. *Informatsionnyie tehnologii* [Information technology] 2010, no. 9, pp. 50–52 (in Russian).

4 Antipov S.T., Ovsyannikov V. Yu., Sharov A.V. Modes Crushing Dried Raw Meat and Bones in a Desintegrator. *Kranenie i pererabotka sel'khozsr'ya* [Storage and processing of farm products] 2016, no. 6, pp. 23–28 (in Russian).

5 Wu H., Lou L., Chen C. – C., Hirche S. et al. Cloud-Based Networked Visual Servo Control. *IEEE Transaction on Industrial Electronics*. 2013, vol. 60, pp. 554–566.

6 Kostyukov V.N., Tarasov E.V. Studies of vibroacoustic characteristics of rolling bearings. *Glavnyi energetik*. [Head Energy], 2011, no. 8, pp. 65–68. (in Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Sergei T. Antipov doctor of technical sciences, professor, vice-rector for research and innovation, food machines and equipment department, Voronezh state university of engineering technologies, 19, Revolution Av., Voronezh, 394036 Russia, ast@vsuet.ru

Andrey N. Ryazanov candidate of technical sciences, assistant professor, food machines and equipment department, Voronezh state university of engineering technologies, 19, Revolution Av., Voronezh, 394036 Russia, ryzanovan@mail.ru

Vitaliy Yu. Owsyannikov candidate of technical sciences, assistant professor, food machines and equipment department, Voronezh state university of engineering technologies, 19, Revolution Av., Voronezh, 394036 Russia, ows2003@mail.ru

Aleksey V. Sharov graduate student, food machines and equipment department, Voronezh state university of engineering technologies, 19, Revolution Av., Voronezh, 394036 Russia, sharov_alexei@mail.ru

CONTRIBUTION

Sergei T. Antipov proposed a method of experiment and organized production testing

Andrey N. Ryazanov consultation during the study

Vitaliy Yu. Owsyannikov consultation during the study

Aleksey V. Sharov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 10.22.2016

ACCEPTED 11.11.2016