

7. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И.М. Богдевича. – РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2012. – 276 с.

8. Инструкция о порядке известкования кислых почв сельскохозяйственных земель / В.В. Лапа [и др.]; РУП «Институт почвоведения и агрохимии». –

Минск, 2008. – 30 с.

9. Программа мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв в Республике Беларусь на 2011 -2015 гг. / В.Г. Гусаков [и др.]; под ред. В.Г. Гусакова. – НАН Беларуси, МСХП РБ, Госкомимущества, РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2010. – 106 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 15.07.2015

УДК 664.734 : 519.2

ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ДРОБЛЕНИЯ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА И ИХ АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО- МАТЕМАТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Е.М. Бурлуцкий,

доцент каф. ремонта машин Оренбургского гос. аграрного университета, канд. техн. наук, доцент

В.Д. Павлидис,

профессор каф. информатики и прикладной математики Оренбургского гос. аграрного университета, докт. пед. наук, профессор

М.В. Чкалова,

доцент каф. математики и теоретической механики Оренбургского гос. аграрного университета, канд. техн. наук, доцент

В статье приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований технологического процесса дробления, которые доказывают возможность повышения эффективности процесса посредством выравнивания характеристик воздушно-продуктового слоя (ВПС). Разработаны рекомендации по усовершенствованию конструкции рабочей камеры молотковой дробилки закрытого типа, которые способствуют выравниванию характеристик ВПС по всему периметру рабочей камеры и «размывают» границы условных зон.

The results of theoretical and experimental studies of the crushing process, which prove the possibility of increasing the efficiency of the process by aligning the characteristics of the air-layer product (UPU) are presented in the article. Recommendations for improving the design of the working chamber of a hammer mill closed type are developed, which contribute to the equalization characteristics of the UPU around the perimeter of the working chamber and the "blurring" the boundaries of conventional zones.

Введение

Теоретические и экспериментальные исследования авторов подтвердили наличие внутри рабочей камеры молотковой дробилки закрытого типа условных зон относительной стабильности характеристик ВПС и позволили уточнить границы этих зон [1-4]. В каждой зоне были установлены датчики, воспринимающие физическое воздействие ВПС. С помощью программы «Электронный осциллограф» и авторских методик их показания были оцифрованы и представлены в виде числовых таблиц.

Целью данной статьи является доказательство того факта, что любые конструктивно-технологические изменения, приводящие к «размыванию» границ между условными зонами, будут способствовать выравниванию характеристик ВПС по периметру рабочей камеры

и, как следствие, улучшению качества выходного продукта. Таких изменений можно ожидать за счет уменьшения доли «погибших» (просеянных через решето и переизмельченных) частиц и повышения интенсивности процесса размножения (дробления).

Основная часть

Авторами предложено несколько вариантов усовершенствования конструкции рабочей камеры молотковой дробилки, достаточно простых в изготовлении и не требующих значительных материальных затрат, подтвержденных патентами РФ [5-7]. Эти варианты были практически реализованы в ходе производственных испытаний в ООО (СПХ) «Родина» Александровского района Оренбургской области.

Результаты математической обработки показаний датчиков позволили получить «массовый со-

став» ВПС (соотношение целых, раздробленных до нужной степени и переизмельченных частиц зерна в каждой условной зоне) после усовершенствования рабочей камеры.

Круговые диаграммы (рис. 1), построенные по результатам анализа, показывают изменение вклада каждого вида частиц в процентное соотношение по зонам. Такие соотношения видов частиц по условным зонам остаются, примерно, постоянными при многократной циркуляции ВПС и работе дробилки в установившемся режиме.

Проанализировать состояние ВПС до и после конструктивных решений и оценить полученные изменения позволяют гистограммы процентных соотношений видов частиц по условным зонам, показанные на рис. 2.

То же позволяют сделать эпюры моделирования интенсивности процессов размножения (дробления) и гибели (уход через решето, переизмельчение).

Таким образом, конструктивные решения авторов изменили интенсивности процессов «размножения» и «гибели» частиц ВПС (рис. 3, 4), что привело к определенному выравниванию характеристик слоя по всему периметру дробильной камеры.

Зоотехнические условия, предъявляемые к измельченному корму, рекомендуют иметь однородную массу корма, что создает хорошие предпосылки для одинакового усвоения животными всех частей корма. В измельченном корме должно быть как можно меньше пылевидных фракций (размер частиц менее 0,25 мм) [8]. Скармливание животным переизмельченного продукта снижает прирост живой массы, влияет на пищеварение, так как животное проглатывает корм без пережевывания. Значительные потери в приросте живой массы наблюдаются при скармливании измельченного зерна, имеющего в большом количестве одновременно сравнительно мелкие и крупные частицы [9].

Получение корма с более высокой равномерностью измельчения, имеющего узкие границы размеров частиц, соответствующих по гранулометрическому составу физиологии определенных групп сельскохозяйственных животных и птиц, являлось одной из целей проведенных исследований.

Требования тонкого помола соблюдаются для телят в возрасте до 6 месяцев, поросят-отъемышей, молодняка свиней, молодняка птицы, кур-несушек и взрослых уток (при кормлении влажными мешанками) [10, 11].

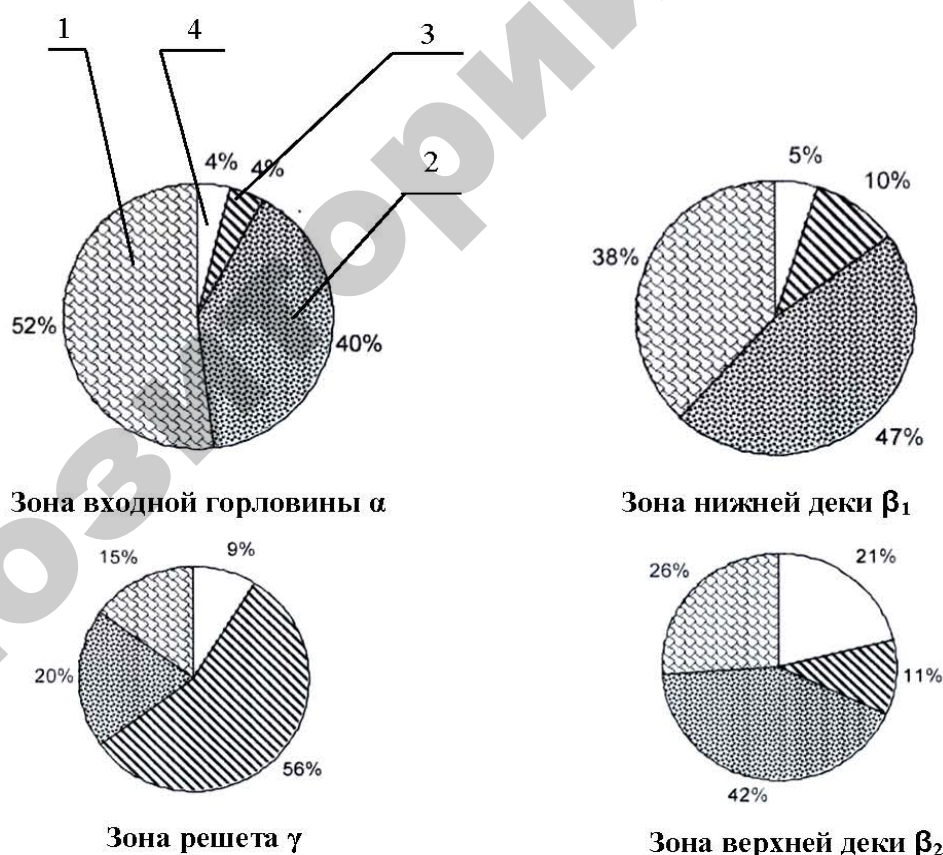


Рисунок 1. Круговые диаграммы процентных соотношений видов частиц по условным зонам (оптимальная загрузка): 1 – целые зерновки; 2 – размножающиеся; 3 – погибшие (готовый продукт); 4 – погибшие (переизмельченные)

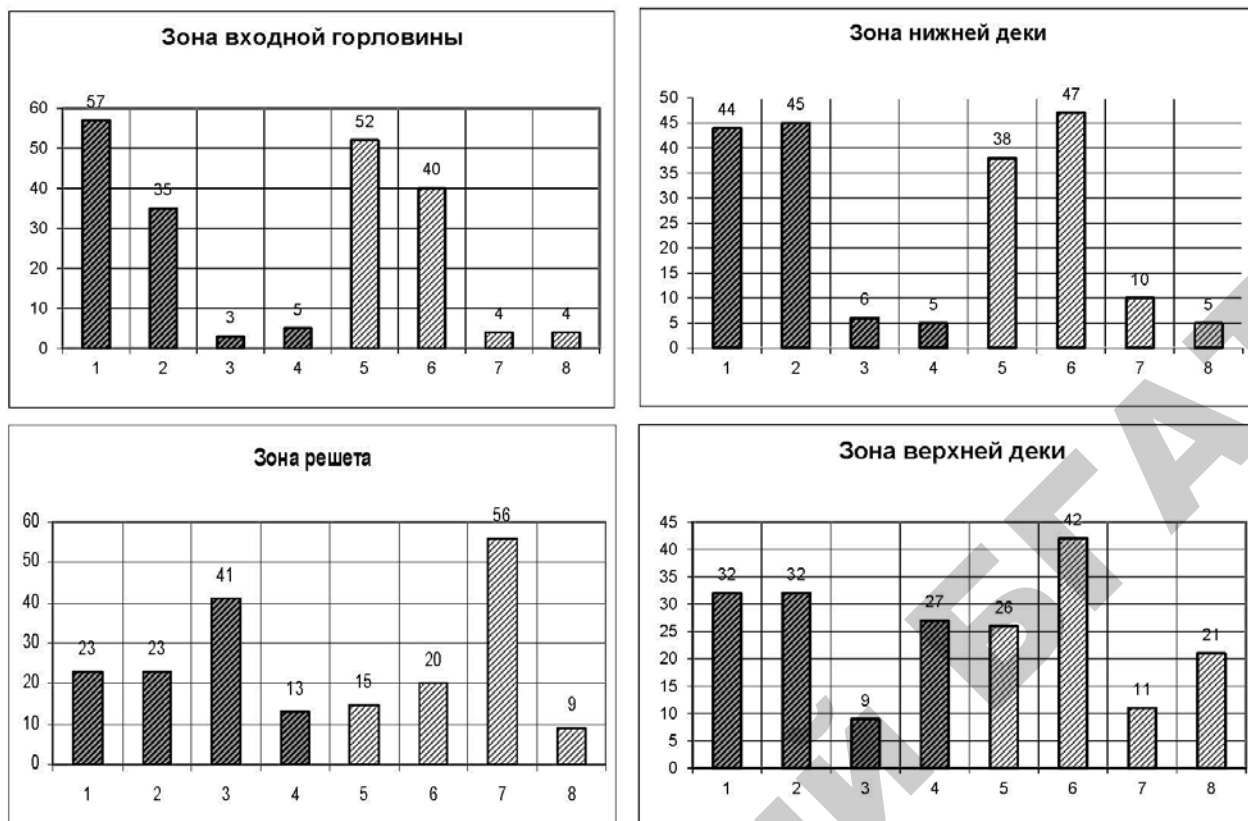


Рисунок 2. Гистограммы процентных соотношений видов частиц по условным зонам (оптимальная загрузка дробильной камеры): ■ – до изменений конструкции; ▨ – после изменений конструкции; 1,5 – целые зерновки; 2,6 – размножающиеся; 3,7 – погибшие (готовый продукт); 4,8 – погибшие (переизмельченные)

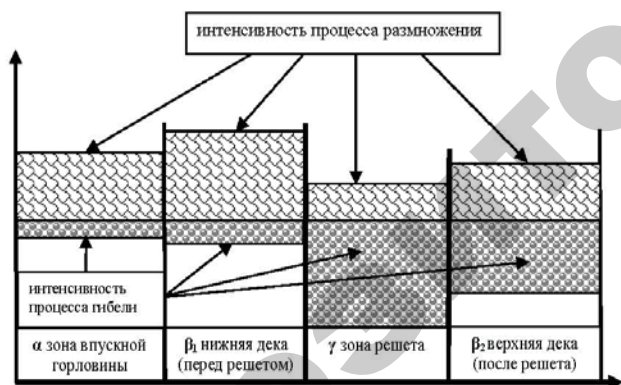


Рисунок 3. Эпюры моделирования интенсивности процессов «размножения» и «гибели» частиц ВПС до конструктивных изменений

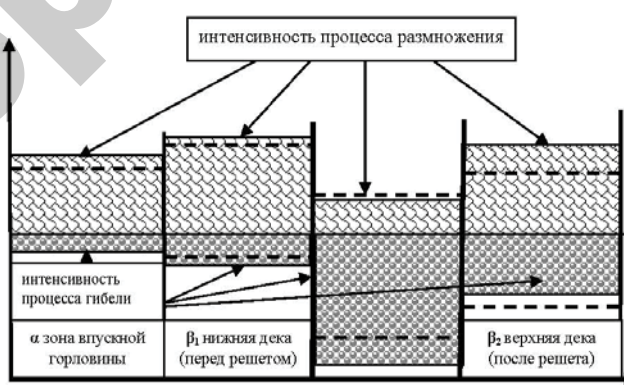


Рисунок 4. Эпюры моделирования интенсивности процессов «размножения» и «гибели» частиц ВПС после конструктивных изменений (пунктирная линия показывает исходную интенсивность процессов)

Гранулометрический состав измельченного корма до и после конструктивных изменений рабочей камеры дробилки определялся методом ситового анализа [8, 9]. Выемки для проведения анализа отбирались щупом из каждого второго расшитого мешка с измельченным зерном в трех местах: сверху, в середине и внизу и затем высыпались в тару. Полученный образец весил не более 2 кг и, следовательно, мог являться средним образцом.

Навеска в 100 г ячменной дерги (часть среднего образца) просеивалась через набор штампованных сит с круглыми отверстиями диаметром 4, 3, 2, 1 и 0,2 мм, установленных в пакет сверху вниз (от крупных отверстий к мелким) в классификаторе И.В. Макарова, в течение 10 минут. По окончании отсева определялась масса остатков на всех ситах и сборном дне взвешиванием на технических весах с точностью до 0,01 г. Потери при отсева в сериях испытаний не

превышали 1...2 % и при обработке распределялись пропорционально выходам каждой фракции [8].

Для дальнейшей обработки результатов ситового анализа были составлены статистические ряды распределения массы измельченных частиц по фракциям (табл. 1, 2). Границы фракций определялись диамет-

Таблица 1. Гранулометрический состав измельченного корма до конструктивных изменений рабочей камеры дробилки

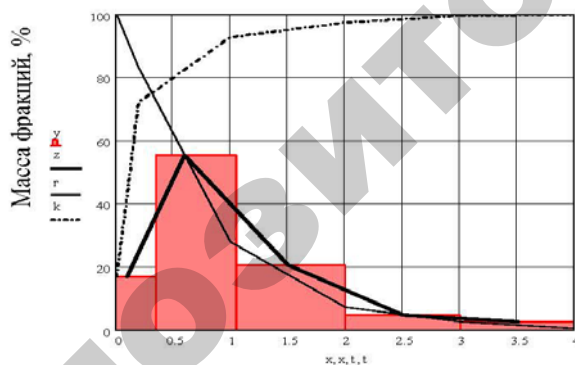
Границы фракций, мм	0...0,2	0,2...1	1...2	2...3	3...4
Масса фракций*, %	16,8	55,4	20,7	4,6	2,5
Модуль помола, мм	0,862				
* - среднеарифметическое значение по результатам серий испытаний					

Таблица 2. Гранулометрический состав измельченного корма после конструктивных изменений рабочей камеры дробилки

Границы фракций, мм	0...0,2	0,2...1	1...2	2...3	3...4
Масса фракций*, %	13,5	60,2	24,1	1,3	0,9
Модуль помола, мм	0,822				
* - среднеарифметическое значение по результатам серий испытаний					

рами отверстий смежных сит.

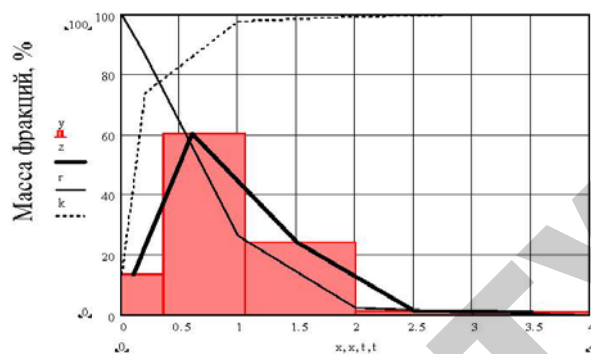
Графические изображения полученных статистических рядов (помольные характеристики) представлены на рис. 5, 6.



Границы фракций, мм

Рисунок 5. Опытные характеристики до конструктивных изменений: у – гистограмма; Z – полигон; r – суммарная «по плюсу»; k – суммарная «по минусу»

Для оценки измельченного корма по однородности состава (табл. 3) рассчитывали среднеквадратическое отклонение (стандарт) σ размера частиц, коэффициент вариации V и размах варьирования R по формулам



Границы фракций, мм

Рисунок 6. Опытные характеристики после конструктивных изменений: у – гистограмма; Z – полигон; r – суммарная «по плюсу»; k – суммарная «по минусу»

Таблица 3. Оценка однородности гранулометрического состава измельченного корма

Числовые характеристики распределения	Стандарт σ , мм	Коэффициент вариации V , %	Мода M_0 , мм	Размах варьирования R , мм
До конструктивных изменений	0,721	83,84	0,6	3,4
После конструктивных изменений	0,525	63,91	0,6	3,4

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 p_i}{\sum p_i}}; \quad v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%;$$

$$R = x_{\max} - x_{\min},$$

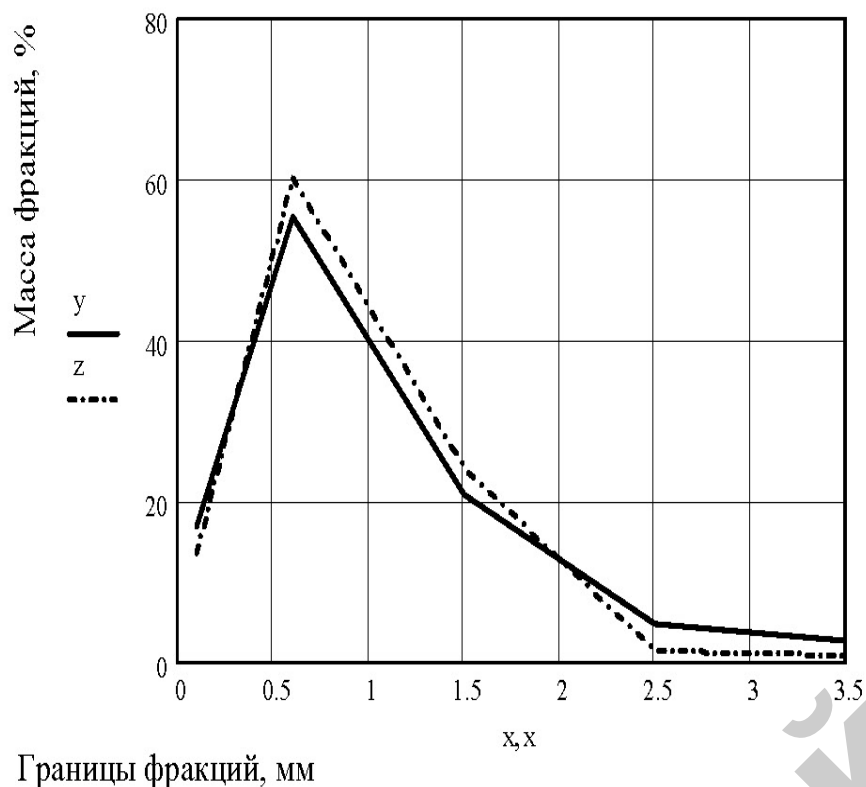
где x_i , \bar{x} – средние размеры частиц соответственно фракции и навески;

p_i – остатки на ситах, %;

x_{\max} , x_{\min} – наибольшая и наименьшая варианты.

Изменения гранулометрического состава измельченного корма после внесенных авторами конструктивных изменений рабочей камеры молотковой дробилки показаны на рис. 7.

Таким образом, теоретические и экспериментальные исследования технологического процесса дробления подтвердили возможность повысить эффективность процесса посредством выравнивания характеристик ВПС. Выравнивания можно достичь за



Границы фракций, мм

Рисунок 7. Помольные (частные) характеристики в виде полигонов: Y – до конструктивных изменений; z – после конструктивных изменений

счет уменьшения доли «погибших» частиц и увеличения интенсивности процесса размножения в определенных зонах дробильной камеры.

Заключение

Определение гранулометрического состава измельченного материала до и после конструктивных изменений рабочей камеры молотковой дробилки показало снижение доли пылевидной фракции (частицы размером до 0,25 мм) примерно на 19,6 %. Об улучшении однородности измельченного материала можно судить по выборочному коэффициенту вариации, который уменьшился на 23,7 %. Хотя энергетические показатели процесса после усовершенствования конструкции дробильной камеры отдельно не изучались, но очевидно, что уменьшение истирания в зоне β_2 (верхняя дека, после решета) и улучшение однородности выходного продукта должно сопровождаться снижением удельных энергозатрат.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлуцкий, Е. М. Математические методы определения массового состава воздушно-

продуктового слоя в зонах рабочей камеры молотковой дробилки / Е. М. Бурлуцкий, В. Д. Павлидис, М. В. Чкалова. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2011. – № 1. – С. 61-64.

2. Бурлуцкий, Е. М. Математическое моделирование технологии и технологических средств измельчения кормового сырья / Е. М. Бурлуцкий, В. Д. Павлидис, М. В. Чкалова. – Оренбург: ОГАУ, 2010.

3. Бурлуцкий, Е. М. Использование теории случайных процессов для моделирования процесса измельчения зернового сырья / Е. М. Бурлуцкий, В. Д. Павлидис, М. В. Чкалова // Кормопроизводство, 2011. – № 7. – С. 44-46.

4. Бурлуцкий, Е. М. Математическое моделирование взаимного влияния составляющих общего процесса измельчения кормового сырья / Е. М. Бурлуцкий, В. Д. Павлидис, М. В. Чкалова // Хранение и переработка зерна, 2012. – № 1. – С.51-54.

5. Центробежно-ударная мельница: патент РФ №2232641 / М.И. Филатов, П.П. Хлынин, М. В. Чкалова // выдан 20.07.2004.

6. Центробежно-ударная мельница: патент РФ №2232638 / М.И. Филатов, П.П. Хлынин, М. В. Чкалова //; выдан 20.07.2004.

7. Дробилка зерна: патент РФ №2407591 / Е. М. Бурлуцкий, В. Д. Павлидис, М. В. Чкалова; выдан 31.03.2009.

8. Государственные стандарты: указатель. – М.: ИПК, издат. стандартов, 2000. – 576 с.

9. Казаков, Е. Д. Зерноведение с основами растениеводства / Е. Д. Казаков. – М.: Колос, 1983. – 352 с.

10. Кукта, Г. М. Машины и оборудование для приготовления кормов / Г. М. Кукта. – М.: Агропромиздат, 1987. – 303 с.

11. Кукта, Г. М. Технология переработки и приготовления кормов / Г. М. Кукта. – М.: Агропромиздат, 1986. – 303 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 04.06.2015