

СОЛОНЩИКОВ ПАВЕЛ НИКОЛАЕВИЧ – аспирант, Вятская государственная сельскохозяйственная академия, Россия, Киров, (solon-pavel@yandex.ru).

SOLONSHIKOV PAVEL NIKOLAEVICH – the post-graduate student, Vjotka state agricultural academy, Russia, Kirov, (solon-pavel@yandex.ru).

УДК 631.3

Н. Ф. БАРАНОВ, А. А. ЗЫКИН, С. Ю. БУЛАТОВ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИХРЕВЫХ КАМЕР
НА СКОРОСТЬ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА
В ДРОБИЛЬНОЙ КАМЕРЕ
МОЛОТКОВОЙ ДРОБИЛКИ**

Ключевые слова: молотковая дробилка, вихревая камера, дробильная камера, воздушный поток, радиальная скорость, тангенциальная скорость.

Аннотация. В статье описаны исследования влияния вихревых камер на воздушный поток в дробильной камере молотковой дробилки. Новизной экспериментальной дробилки является применение в её конструкции вихревых камер, расположенных на торцевой поверхности дробильной камеры, и форма вихревых камер в виде косой стропиды.

Вихревые камеры находят повсеместное применение в энергетических и технологических машинах и аппаратах для организации их рабочих процессов и интенсифи-

© Баранов Н. Ф., Зыкин А. А., Булатов С. Ю.

кации переноса массы, импульса и теплоты [6]. При использовании вихревых камер для местной закрутки потока образуются зоны возвратного течения и возникают условия интенсификации турбулентного перемешивания. Вместе с тем любое перемещение турбулентного поля, вызванное пульсацией скорости, связано с совершением работы против центробежной силы, а это приводит к торможению процессов переноса воздушного потока. Теоретический анализ и экспериментальные данные работ [2] также свидетельствуют о возможности стабилизирующего и даже блокирующего влияния закрутки на турбулентный поток воздуха. Данная работа посвящена исследованию влияния вихревых камер на организацию воздушного потока в дробильной камере молотковой дробилки.

Известно, что замедление воздушно-продуктового потока в дробильной камере молотковой дробилки повышает эффективность её работы за счёт увеличения относительной скорости соударения частиц измельчаемого материала с рабочими органами дробилки. Данную задачу предполагалось решить при помощи вихревых камер, установленных на торцевую поверхность дробильной камеры (рис. 1) [4].

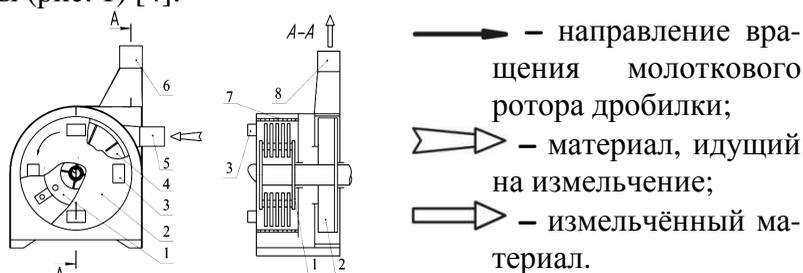


Рисунок 1 – Молотковая дробилка с торцевыми вихревыми камерами: 1 – молотковый ротор; 2 – крышка дробильной камеры; 3 – вихревая камера; 4 – вентилятор; 5 – загрузка

зочный патрубок; б – разгрузочная горловина; 7 – сепарационное решето

На торцевую поверхность дробильной камеры молотковой дробилки устанавливались вихревые камеры двух различных форм: круглой и в виде косо́й строфоиды (рис. 2, 3).

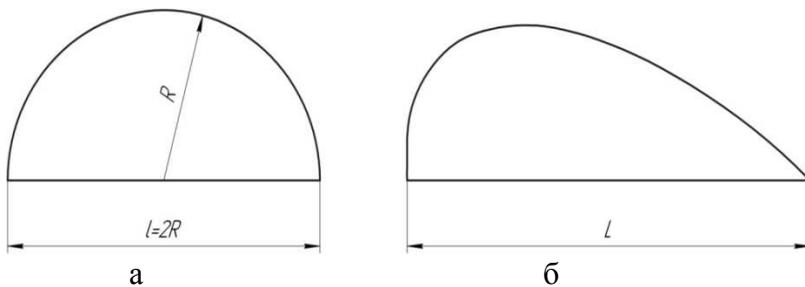


Рисунок 2 – Торцевые вихревые камеры:
а – круглая; б – в форме косо́й строфоиды



Рисунок 3 – Общий вид вихревых камер

По третьей матрице плана 3^2 (табл. 1) была испытана дробилка с торцевыми вихревыми камерами в виде косо́й строфоиды с факторами x_1 – ширина основания (40, 60

и 80 мм), x_2 – количество вихревых камер (4, 6 и 8). Замеры про водились в трех точках дробильной камеры через 45°(рис. 4). Исследование аэродинамических характеристик дробилки осуществлялось с помощью микроманометра ММН-240 и трубок Пито-Прандтля.

Таблица 1 – Матрица плана эксперимента 3^2 и результаты замеров скоростей в дробильной камере

Уровни варьирования	Факторы		Критерий оптимизации	
	x_1	x_2	y_1	y_2
Нижний уровень (-1) Верхний уровень (+1)	x_1	x_2	y_1	y_2
1	-1	-1	2,54	22,30
2	0	-1	3,03	21,83
3	+1	-1	3,52	21,50
4	-1	0	3,03	21,87
5	0	0	3,27	21,38
6	+1	0	3,68	21,09
7	-1	+1	3,11	21,85
8	0	+1	3,52	21,50
9	+1	+1	4,20	21,15

Тангенциальную составляющую суммарной скорости замерыли в двух точках: непосредственно под решетом, прижимая носик трубки Пито – Прандтля к поверхности решета, и на расстоянии 20 мм от решета по направлению к центру дробильной камеры (нижняя точка замера определялась максимальным вылетом молотков ротора). Радиальную составляющую суммарной скорости замерыли над решетом (прижимая носик трубки Пито – Прандтля к поверхности решета) и на расстоянии 5 мм от решета в направ-

лении от центра дробильной камеры (при расположении трубки выше 5 мм чувствительности измерительной аппаратуры было не достаточно для установления достоверных данных).

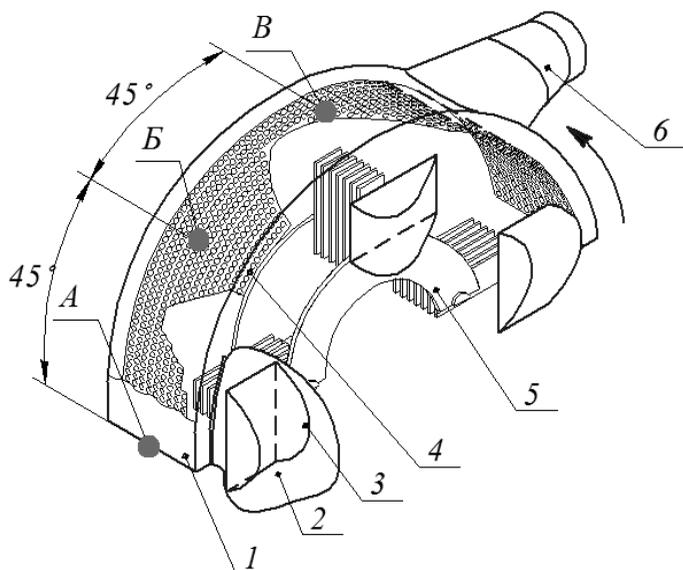


Рисунок 4 – Фрагмент дробилки:

- A, B, B* – точки замера давлений в дробильной камере,
- 1 – корпус дробилки; 2 – крышка дробильной камеры;
- 3 – вихревая камера; 4 – сепарационное решето;
- 5 – молотковый ротор; 6 – загрузочный патрубок

В качестве критериев оптимизации были выбраны показатели радиальной $V_{\text{рад}}$ и тангенциальной $V_{\text{танг}}$ составляющих суммарной скорости воздушного потока в дробильной камере. На первом этапе исследований были произведены замеры скорости в дробилке, не имеющей вихревых камер, $V_{\text{рад}}=2,30$ м/с, $V_{\text{танг}}=23,79$ м/с.

После обработки полученных результатов были построены модели регрессии (1)...(6), а на их основании для наглядности протекающего в дробильной камере процесса – двумерные сечения откликов (рис. 5, 6, 7).

$$y_1 = 3,28 + 0,45 \cdot x_1 + 0,29 \cdot x_2 + 0,07 \cdot x_1^2 + 0,03 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,01 \cdot x_2^2 \quad (1)$$

(1)

$$y_2 = 21,49 + 0,38 \cdot x_1 + 0,19 \cdot x_2 + 0,06 \cdot x_1^2 + 0,02 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,24 \cdot x_2^2 \quad (2)$$

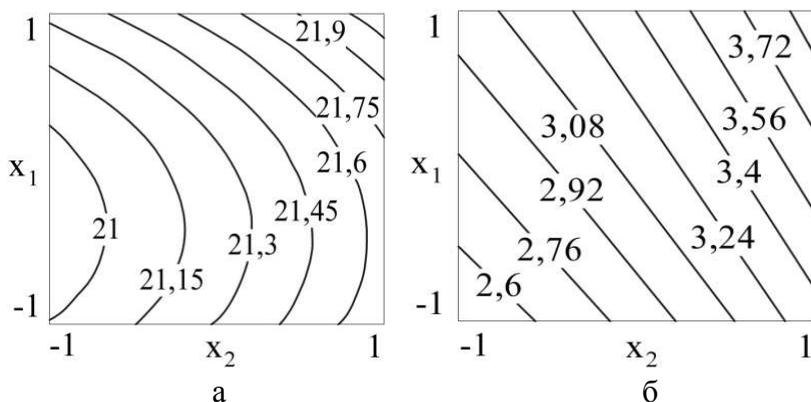


Рисунок 5 – Двумерные сечения поверхности отклика матрицы плана эксперимента 3^2

Анализ математических моделей и двумерных сечений показал, что с ростом количества вихревых камер с 2 до 6 и увеличением радиуса с 50 до 80 мм, тангенциальная скорость уменьшилась с 22,3 до 21,15 м/с. Это указывает на то, что увеличение количества вихревых камер и их геометрических размеров тормозит воздушный поток внутри дробильной камеры, и при неизменной суммарной скорости оказывает непосредственное влияние на радиальную, увеличивая её с 2,54 до 4,20 м/с. По полученным данным, можно сделать следующий вывод: для увеличения радиальной составляющей суммарной скорости, (которая ускоряет эвакуацию готового продукта из дробильной ка-

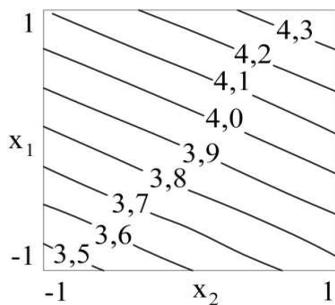
меры), необходимо установить максимальное количество вихревых камер максимального размера, ограничиваясь лишь геометрическим размерами самой дробилки.

Таблица 2 – Матрица плана эксперимента 2^3 и результаты замеров скоростей в дробильной камере

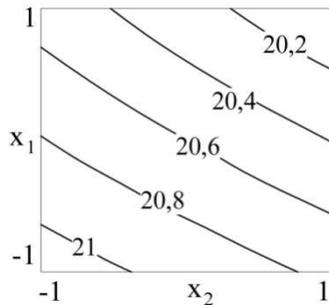
Уровни варьирования	Факторы			Критерий оптимизации	
	x_1	x_2	x_3	y_1	y_2
Нижний уровень (-1) Верхний уровень (+1)	x_1	x_2	x_3	y_1	y_2
1	-1	-1	-1	3,12	21,43
2	1	-1	-1	3,52	21,06
3	-1	1	-1	3,86	20,97
4	1	1	-1	4,20	20,53
5	-1	-1	1	3,95	20,38
6	1	-1	1	4,20	20,07
7	-1	1	1	4,55	19,66
8	1	1	1	4,80	19,14

$$y_1 = 4,03 + 0,15 \cdot x_1 + 0,33 x_2 + 0,35 \cdot x_3 - 0,01 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,03 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,03 \cdot x_2 \cdot x_3, \quad (3)$$

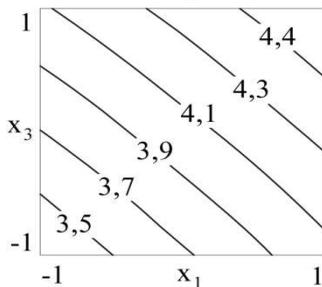
$$y_2 = 20,41 - 0,21 \cdot x_1 - 0,33 x_2 - 0,59 \cdot x_3 - 0,04 \cdot x_1 x_2 - 0,003 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,08 x_2 \cdot x_3. \quad (4)$$



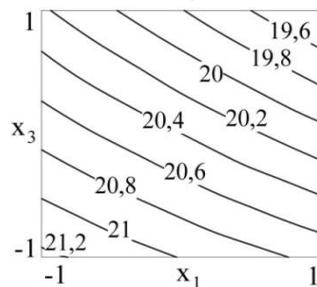
а



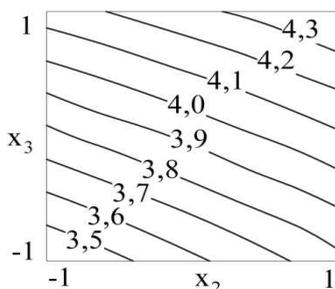
б



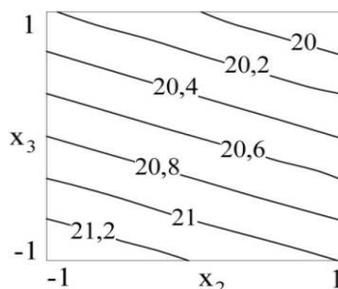
в



г



д



е

Рисунок 6 – Двумерные сечения поверхности отклика матрицы плана эксперимента 2^3

Анализ математических моделей и двумерных сечений показал, что результаты согласуются с предыдущими

опытами. Минимальное количество вихревых камер с минимальными геометрическими размерами (4 вихревые камеры с углом наклона линии построения 10° и длиной основания 100 мм) показывают минимальное замедление тангенциальной составляющей скорости 21,41 м/с и минимальную радиальную скорость – 3,12 м/с. При этом максимальное количество вихревых камер с максимальными геометрическими размерами в данном опыте (6 вихревых камер с углом наклона линии построения 30° и длиной основания 140 мм) показало лучшие результаты – тангенциальная скорость 19,14 м/с и радиальная 4,8 м/с. Данные результаты сравнительно превосходят результаты предыдущего опыта, что позволяет сделать вывод о превосходстве торцевых вихревых камер в форме косой строфоиды над круглыми вихревыми камерами.

Таблица 3 – Матрица плана 3^2 и результаты замеров скоростей в дробильной камере

Уровни варьирования	Факторы		Критерий оптимизации	
	x_1	x_2	y_1	y_2
Нижний уровень (-1) Верхний уровень (+1)	x_1	x_2	y_1	y_2
1	-1	-1	3,59	20,16
2	0	-1	4,03	19,81
3	+1	-1	4,66	19,20
4	-1	0	4,14	19,69
5	0	0	4,77	19,22
6	+1	0	5,21	18,95
7	-1	+1	4,82	19,22
8	0	+1	5,41	18,80
9	+1	+1	5,74	18,42

$$y_1 = 4,74 + 0,51 \cdot x_1 + 0,61 \cdot x_2 - 0,04 \cdot x_1^2 - 0,04 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,002 \cdot x_2^2. \quad (5)$$

$$y_2 = 19,29 - 0,42 \cdot x_1 - 0,45 \cdot x_2 - 0,003 \cdot x_1^2 + 0,04 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,02 \cdot x_2^2. \quad (6)$$

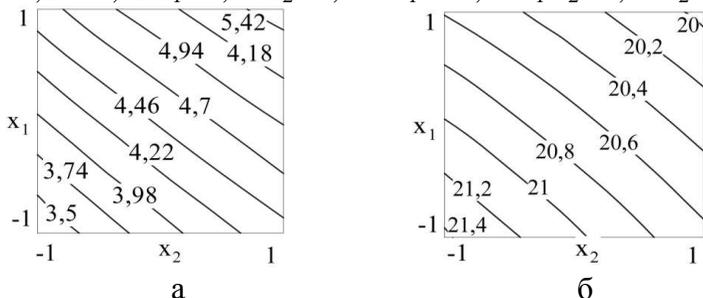


Рисунок 7 – Двумерные сечения поверхности отклика матрицы плана эксперимента 3^2

Анализ математических моделей и двумерных сечений показал, что максимальные результаты (18,42 м/с тангенциальная, и 5,74 м/с радиальная скорости) были достигнуты при 8 вихревых камерах с шириной основания 80 мм, что согласуется с предыдущими опытами, но количественно превосходит их.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Установка вихревых камер замедляет тангенциальную составляющую скорости воздушного потока в дробильной камере и увеличивает радиальную. Для дробилки не имеющей вихревых камер $V_{\text{рад}}$ и $V_{\text{танг}}$. Составили соответственно 2,30 и 22,79 м/с, что на 149 и 29 % меньше результатов полученных с дробилкой имеющей восемь вихревых камер в форме косой строфоиды с шириной основания 80 мм и углом наклона линии построения 20° .

2. На скорость влияет количество, геометрические размеры и форма вихревых камер. При восьми вихревых камерах в форме косой строфоиды с шириной основания 80 мм и углом наклона линии построения 20° $V_{\text{рад}} = 5,74$

м/с, $V_{\text{танг.}}=18,42$ м/с, а при двух круглых вихревых камерах радиусом 50 мм $V_{\text{рад.}}=2,54$ м/с, $V_{\text{танг.}}=22,30$ м/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников В. П. Механизмы атмосферных вихрей // Криосфера Земли. 1997. т.1, №.1. С. 87...96.
2. Смутьский И. И. Аэродинамика и процессы в вих-ревых камерах. Новосибирск: ВО «Наука». 1992. 301 с.

STUDY OF THE INFLUENCE SWIRL CAMERAS ON VELOCITY OF THE AIRSTREAM IN GRIND TO

Keywords: hammer mills, swirl camera, grind camera, airstream, radial speed, tangential speed.

Annotation. In the article studies of the influence swirl cameras on airstream in grind to camera hammer mills is described. Novelty of the experimental mills is using in its constructions swirl cameras, located on butt end of the surfaces to grind cameras and form swirl cameras in the manner of side-long strofoid.

БАРАНОВ НИКОЛАЙ ФЕДОТОВИЧ – доктор технических наук, профессор кафедры ремонта машин, Вятская государственная сельскохозяйственная академия, Россия, Киров, (zykin.andrey@mail.ru).

BARANOV NIKOLAI FEDOTOVICH – the doctor of technical sciences, the professor of chair of repair of cars, Vjatka state agricultural academy, Russia, Kirov, (zykin.andrey@mail.ru).

ЗЫКИН АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ – аспирант, Вятская государственная сельскохозяйственная академия, Россия, Киров, (zykin.andrey@mail.ru).

ZYKIN ANDREI ALEKSANDROVICH – the post-graduate student, Vjatka state agricultural academy, Russia, Kirov,

(zykin.andrey@mail.ru).

БУЛАТОВ СЕРГЕЙ ЮРЬЕВИЧ – кандидат технических наук, доцент кафедры механики и сельскохозяйственных машин, Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (bulatov_sergey_urevich@mail.ru).

BULATOV SERGEI YUR'EVICH - candidate of technical sciences, the senior lecturer of chair of mechanics and agricultural cars, the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, (bulatov_sergey_urevich@mail.ru).

УДК 631.3

А. А. ДЕМИН

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ ИРР-1,5 В ЛИНИИ ГРАНУЛИРОВАНИЯ КОРМОВ

Ключевые слова: измельчитель, грубые корма, оптимальные значения, математические модели.

Аннотация. Для получения гранулированных кормов используют целые комплексы машин, в состав которых входит измельчитель грубых кормов. В статье представлены исследования рабочего процесса измельчителя грубых кормов.

Основные машины для измельчения кормов в современных условиях сельскохозяйственного производства – молотковые дробилки или измельчители с рабочими органами молоткового типа – находят все большее применение не только для измельчения зерновых кормов, но и

© Демин А. А.