

С. Ю. БУЛАТОВ, В. Н. НЕЧАЕВ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕКРЫТИЯ КАМЕРЫ
ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МОЛОТКОВОЙ ДРОБИЛКИ
ЗЕРНА НА ЕЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ**

***Ключевые слова:** молотковая дробилка, ротор-вентилятор, степень перекрытия, аэродинамические характеристики, математическая модель, двумерные сечения.*

***Аннотация.** В статье представлены результаты экспериментов по влиянию коэффициента перекрытия камеры дробилки лопатками ротора-вентилятора на его рабочие показатели.*

Для подачи материала в камеру дробилки, его измельчения и дальнейшего вывода готового продукта нами была разработана дробилка с ротором-вентилятором [1].

Задачей многих исследований, направленных на изучение вентиляторов, является повышение его КПД. Нами также были проведены исследования по определению показателей, характеризующих работу ротора-вентилятора.

Исследовали влияние окружной скорости молотков и коэффициента перекрытия камеры измельчения дробилки лопатками ротора-вентилятора. Для этого были изготовлены два комплекта лопаток. Геометрические параметры лопаток определялись, исходя из габаритов камеры

дробилки. Ширина лопаток прямоугольной формы ограничивалась расстоянием между внешним и внутренним дисками ротора-вентилятора (рис. 1, а). Ширина лопаток Т-образной формы была ограничена диаметрами внешнего и внутреннего дисков ротора-вентилятора, расстоянием между ними и шириной камеры дробилки (рис. 1, б).

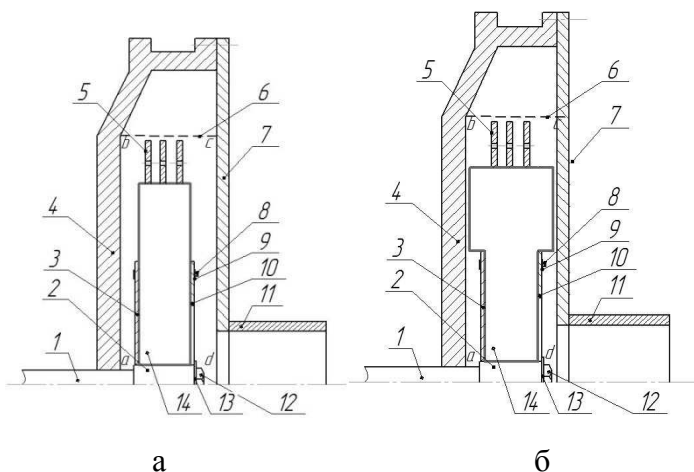


Рисунок 1 – Камера дробления дробилки
с коэффициентом перекрытия лопатками:

а – $k = 0,61$; б – $k = 0,76$; 1 – вал электродвигателя; 2 – ступица ротора-вентилятора; 3 – внутренний диск ротора-вентилятора; 4 – корпус; 5 – молотки; 6 – решето; 7 – крышка; 8 – ось подвеса молотков; 9 – стопорная шайба; 10 – внешний диск ротора-вентилятора; 11 – входной патрубок; 12 – болт; 13 – шайба; 14 – лопатка

Коэффициент полезного действия ротора-вентилятора рассчитывали по выражению:

$$\eta = \frac{Q \cdot P_v}{W}. \quad (1)$$

где Q – расход воздушного потока, генерируемого ротором-вентилятором, м³/с; P_v – полное давление, Па; W – потребляемая электродвигателем мощность, Вт.

Удельную мощность, необходимую на перемещение 1 м³ воздуха, находили по формуле:

$$w = \frac{W}{Q}. \quad (2)$$

Гидравлическую мощность определяли по выражению:

$$N_{\Gamma} = Q \cdot P_v. \quad (3)$$

Полное P_v и динамическое P_d давления, скорость v , расход Q и температуру t воздушного потока, генерируемого ротором-вентилятором, измеряли с помощью дифференциального манометра ExtechHD 350. Замеры проводили согласно методике, изложенной в [2, 3]. Потребляемую электродвигателем дробилки во время рабочего процесса мощность W измеряли с помощью токоизмерительных клещей MastechMS 2203.

Для математического описания влияния исследуемых факторов на критерии оптимизации был проведен эксперимент первого порядка. В качестве факторов выступили окружная скорость лопаток ротора-вентилятора и Коэффициент перекрытия камеры дробилки лопатками. Окружную скорость молотков задавали равную 41,6 м/с и 67,5 м/с. Коэффициент перекрытия составлял $k = 0,61$ и $k = 0,76$. Критериями оптимизации выступили КПД, удельная энергоемкость, номинальное полное давление и гидравлическая мощность. Матрица плана эксперимента и его результаты представлены в табл. 1.

Математические модели, описывающие влияние изучаемых факторов на КПД ротора-вентилятора, удельную мощность, полное давление и гидравлическую мощность при 95 % доверительной вероятности, выглядят следующим образом:

$$\overline{y_1} = 36,3 - 2,36x_1 + 0,68x_2 + 0,42x_1x_2. \quad (3)$$

$$\overline{y_2} = 3,57 + 1,46x_1 + 0,08x_2 - 0,08x_1x_2 \quad (4)$$

$$\overline{y_3} = 1261,8 + 442,8x_1 + 61,8x_2 - 7,25x_1x_2 \quad (5)$$

$$\overline{y_4} = 207,06 + 100,8x_1 + 24,34x_2 - 17,81x_1x_2 \quad (6)$$

Таблица 1 – Матрица плана 2^2 и результаты эксперимента

№ опыта	Факторы		Критерии оптимизации			
	Окружная скорость лопаток x_1	Степень перекрытия камер x_2	$\eta, \%$	$W/Q, \text{ кВт} \cdot \text{с/м}_3$	$P_v, \text{ Па}$	$N_r, \text{ Вт}$
			$\overline{y_1}$	$\overline{y_2}$	$\overline{y_3}$	$\overline{y_4}$
1	- 1	- 1	38,37	1,95	750	99,75
2	+ 1	- 1	32,79	5,03	1650	265,7
3	- 1	+ 1	38,89	2,28	888	112,78
4	+ 1	+ 1	35,00	5,03	1759	350,0

Для наглядного представления протекающих процессов представлены двумерные сечения поверхностей откликов (рис. 2, 3, 4, 5).

Анализ математических моделей и двумерных сечений показывает, что при снижении окружной скорости лопаток и увеличении коэффициента перекрытия в исследуемых диапазонах происходит рост КПД на 16 %.

При минимальных значениях исследуемых факторов удельные энергозатраты в 2 раза ниже, чем при максимальных. В большей степени на критерии оптимизации влияет окружная скорость лопаток. Так при максимальном

значении степень перекрытия перестает оказывать влияние на удельные энергозатраты.

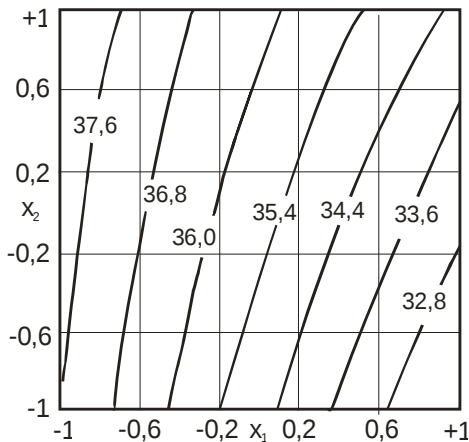


Рисунок 2 – Влияние степени перекрытия камеры и окружной скорости лопаток на КПД вентилятора

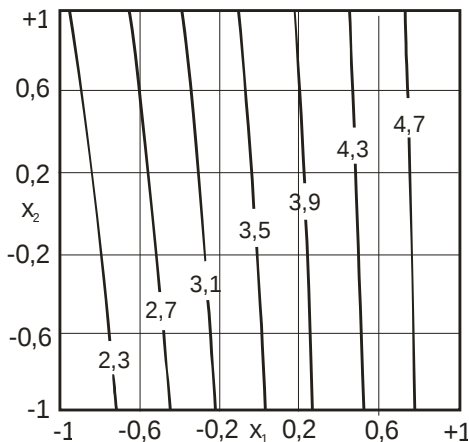


Рисунок 3 – Влияние степени перекрытия камеры и окружной скорости лопаток на удельную энергоёмкость

Важнейшими показателями работы вентилятора являются развиваемое им давление и гидравлическая мощность. Максимальные значения данных показателей достигаются при росте обоих факторов.

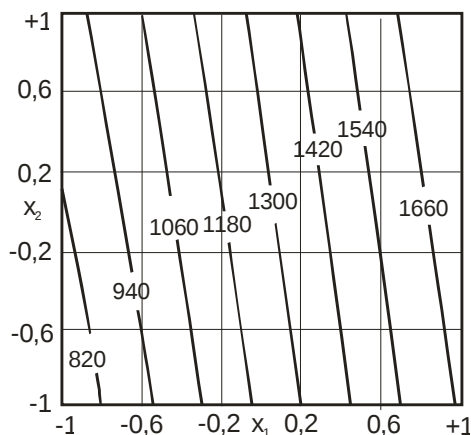


Рисунок 4 – Влияние степени перекрытия камеры и окружной скорости лопаток на номинальное давление

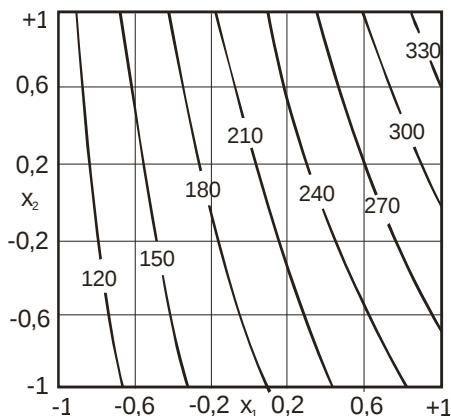


Рисунок 5 – Влияние степени перекрытия камеры и окружной скорости лопаток на гидравлическую мощность

При изменении окружной скорости от 41,6 м/с до 67,5 м/с при коэффициенте перекрытия равном 0,61 развиваемое давление увеличивается на 45 %, а при коэффициенте перекрытия 0,76 – на 51%.

Аналогично выглядит характеристика гидравлической мощности. Максимум достигается при наибольших показателях vi и k .

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что для достижения оптимального режима работы дробилки необходимо увеличивать коэффициент перекрытия и окружную скорость лопаток ротора-вентилятора. При этом номинальное полное давление составляет 1759 Па, гидравлическая мощность – 350 Вт, КПД и удельные энерозатраты соответственно 35 % и 5,03 кВт·с/м³.

На рис. 6 представлены аэродинамические характеристики ротора-вентилятора с коэффициентом перекрытия камеры измельчения дробилки лопатками ротора-вентилятора $k = 0,76$ и окружной скорости лопаток 67,5 м/с.

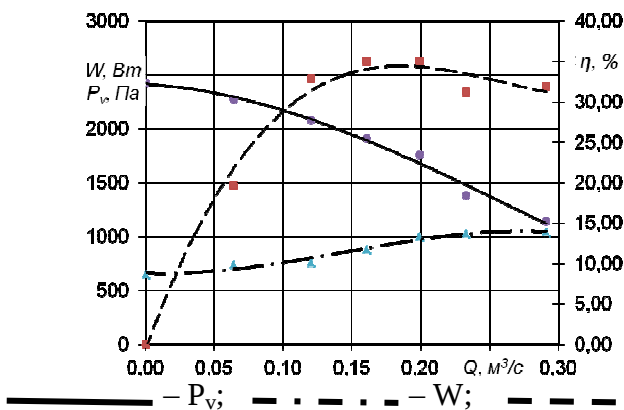


Рисунок 6 – Аэродинамические характеристики ротора-вентилятора с радиальными лопатками при $k = 0,76$, $v = 67,5$ м/с

В результате проведенных исследований мы пришли к выводу, что наилучшие показатели достигаются при окружной скорости 67,5 м/с и коэффициент перекрытия 0,76, при этом номинальный расход составил 0,199 м³/с, развиваемое давление – 1759 Па при коэффициенте полезного действия 35 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников С. В. Аэродинамические исследования молотковых кормодробилок // Земледельческая механика: Сб. тр. М.: Машиностроение. 1971. Т. 13. С. 270–281.
2. Савиных П. А., Булатов С. Ю., Нечаев В. Н. Дробилка-«пылесос» // V Российский Форум «Российским инновациям – российский капитал» X Ярмарка бизнес-ангелов и инноваторов: Каталог. Нижний Новгород, 2012. С. 257–258.
3. Цециновский В. М. Теоретические основы разделения сыпучих смесей // Интенсификация процесса просеивания: Тр. ВНИИЗ. М, 1951. С. 5–23.

RESEARCH OF INFLUENCE OF INDEX OF CLOSING OF CRUSHING CAMERA OF HAMMER CRUSHER TO ITS AERODYNAMICAL CHARACTERISTICS

Keywords: *hammer crusher, rotor-conditioner, level of closing, aerodynamic characteristics, mathematical model, two-dimensional section.*

The summary. In the article the results of experiments of influence of closing of crushing camera by rotor-conditioner to its characteristics.

БУЛАТОВ СЕРГЕЙ ЮРЬЕВИЧ – кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика и сельскохозяйственные машины», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (bulatov_sergey_urevich@mail.ru).
НЕЧАЕВ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ – преподаватель кафедры «Механика и сельскохозяйственные машины», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (nechaev-v@list.ru).

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

NECHAEV VLADIMIR NIKOLAEVICH – the teacher of the chair of mechanics and agricultural cars, the Nizhny Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, (nechaev-v@list.ru).
