

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИХРЕВОГО ЭЖЕКТОРА
С ПРИМЕНЕНИЕМ СПОСОБА И КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯ**

Розроблено спосіб оптимізації параметрів вихрового ежектора з використанням способу та критерія оцінки ефективності використання енергоносія.

**OPTIMIZATION OF ARGUMENTS OF AN EDDY EJECTOR WITH
APPLICATION OF A WAY AND THE CRITERION OF AN ESTIMATION
OF EFFICIENCY OF USE OF A CARRIER OF ENERGY IN A JET MILL**

The method of optimization of arguments of an eddy ejector with application of a way and the criterion of an estimation of efficiency of use of a carrier of energy in a jet mill is developed.

Государственная научно-техническая программа “Создать и освоить технологии и технические средства, обеспечивающие экологически чистые процессы добычи и переработки полезных ископаемых за счет использования безотходных технологий и утилизации отходов промышленных производств” определяет повышение эффективности измельчения как основную задачу современного промышленного производства.

Расчет эжекторов заключается в выборе геометрических размеров, обеспечивающих при заданных начальных параметрах инжeksiрующего и инжeksiруемого потоков передачу кинетической энергии струи энергоносителя разгоняемому материалу.

Расчет эжекторов, изложенный в работе [1], позволяет определять их размеры, параметры и характеристики. Недостатком этого метода является отсутствие явных аналитических зависимостей искомых величин от заданных и необходимость при вычислениях применять трудоемкий метод последовательных приближений. Поэтому влияние того или иного фактора на параметры эжектора обнаруживается лишь после детальных расчетов.

В работе [2] в расчетах широко используются газодинамические функции. При этом необходимо выполнить большой объем расчетов с использованием множества коэффициентов, определяемых экспериментальным путем. Это является недостатком данной методики расчета.

В работе [3] предлагается расчет эжектора выполнять по оценке эффективности инжeksiрования, используя для этого энергетический к.п.д. инжeksiора мельницы – отношение получаемой в инжeksiоре кинетической энергии к полезной энергии рабочего газа. Предлагаемые формулы расчета объемны и содержат массу коэффициентов, выведенных во время экспериментальных исследований.

Недостатком всех расчетов является необходимость проведения экспериментальных исследований при проектировании струйных аппаратов.

Для более эффективного и быстрого расчета эжектора предлагается исполь-

зовать иной критерий оценки эффективности работы эжектора.

Эффективность измельчения твердых материалов в струйных мельницах определяется степенью использования энергоносителя. Процесс получения энергоносителя является весьма дорогостоящим. Поэтому одной из основных задач при расчете струйных мельниц является выбор таких геометрических параметров, при которых степень использования энергоносителя максимальна.

В данной работе поставлена задача – разработать способ оптимизации параметров вихревого эжектора с применением способа и критерия оценки эффективности использования энергоносителя.

Так как в реальных условиях стоимость производства энергоносителя велика, то при расчете вихревого эжектора определяющим параметром оптимизации выступает критерий оценки эффективности использования энергоносителя, разработанный в работе [4].

При проектировании вихревой мельницы [5] была получена реальная картина распределения плотности и тангенциальной составляющей скорости потока.

Согласно предлагаемому способу максимальная эффективность использования энергоносителя будет достигнута при максимальном совпадении графиков распределения плотности и тангенциальной составляющей скорости потока на выходе из эжектора. При этом соотношение площади полного совпадения графиков к площади реально полученного наложения является критерием количественной оценки эффективности использования энергоносителя:

$$\Theta = \frac{S_{max}}{S_{real}}$$

Разработанная ранее математическая модель [5] обеспечивает получение аэродинамики и плотности вихревого потока по объему помольной камеры при заданных ее геометрических размерах.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{r} \rho V_r + \frac{\partial \rho}{\partial r} V_r + \frac{\partial V_r}{\partial r} \rho + V_x \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\partial V_x}{\partial x} \rho = 0; \\ V_r \frac{\partial V_r}{\partial r} + V_x \frac{\partial V_r}{\partial x} - \frac{V_\theta^2}{r} = A_F V - \frac{1}{\rho} RT \frac{\partial \rho}{\partial r}; \\ V_r \frac{\partial V_\theta}{\partial r} + V_x \frac{\partial V_\theta}{\partial x} + \frac{V_r V_\theta}{r} = A_F V_\theta; \\ V_r \frac{\partial V_x}{\partial r} + V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} = A_F V_x - \frac{1}{\rho} RT \frac{\partial \rho}{\partial x}, \end{array} \right.$$

где V_r, V_θ, V_x – соответственно радиальная, окружная и осевая скорости вихревого потока, м/с; r, x, θ – геометрические параметры циклонного аппарата, м, м, град; T, ρ – температура и плотность потока, К, кг/м³; R – газовая постоянная смеси,

Дж/(кг·К); g – ускорение силы тяжести, м/с²; A_F – коэффициент внутреннего трения потока, 1/с.

Для решения системы уравнений при задаваемых граничных условиях разработаны алгоритмы численного решения.

По полученным расчетным значениям тангенциальной скорости и плотности потока в нескольких точках возможно вычислить коэффициент эффективности использования энергоносителя в струйных мельницах. При этом, используя интерполяционную формулу Ньютона для описания функции по узловым значениям, необходимо вычислить площадь реального наложения графиков $S_{реал}$:

$$S_{реал} = \int_0^{r_{\max}} \rho(r) \cdot V_{\theta}(r) dr,$$

где $\rho(r)$, $V_{\theta}(r)$ – функции, описывающие графики плотности и тангенциальной скорости потока соответственно.

Интерполяционная формула Ньютона позволяет описывать функцию по двум узловым значениям. Поэтому функции, описывающие графики плотности и тангенциальной скорости потока, имеют следующий вид:

$$\rho(r) = \sum_1^m (\rho(r))_m,$$

$$V_{\theta}(r) = \sum_1^m (V_{\theta}(r))_m,$$

где $(\rho(r))_m$, $(V_{\theta}(r))_m$ – функции, описывающие графики плотности и тангенциальной скорости потока соответственно, на m -ом участке

$$\begin{aligned} (\rho(r))_m &= \rho(r_0) + (r - r_0)\rho(r_0; r_1) + (r - r_0)(r - r_1)\rho(r_0; r_1; r_2) + \dots \\ &\dots + (r - r_0)(r - r_1)\dots(r - r_{n-1})\rho(r_0; r_1; \dots; r_n), \\ (V_{\theta}(r))_m &= V_{\theta}(r_0) + (r - r_0)V_{\theta}(r_0; r_1) + (r - r_0)(r - r_1)V_{\theta}(r_0; r_1; r_2) + \dots \\ &\dots + (r - r_0)(r - r_1)\dots(r - r_{n-1})V_{\theta}(r_0; r_1; \dots; r_n), \end{aligned}$$

где $\rho(r_0)$, $\rho(r_0; r_1)$, $\rho(r_0; r_1; r_2)$, $\rho(r_0; r_1; \dots; r_n)$ – разделенные разности нулевого, первого, второго и n -го порядков для плотности, соответственно; $V_{\theta}(r_0)$, $V_{\theta}(r_0; r_1)$, $V_{\theta}(r_0; r_1; r_2)$, $V_{\theta}(r_0; r_1; \dots; r_n)$ – разделенные разности нулевого, первого, второго и n -го порядков для тангенциальной скорости, соответственно.

Площадь полного совпадения графиков может быть найдена по следующей зависимости:

$$S_{\max} = \int_0^{r_{\max}} \rho^2(r) dr = \int_0^{r_{\max}} V_{\theta}^2(r) dr.$$

Сравнивая коэффициенты эффективности использования энергоносителя, полученные при различных геометрических размерах и технологических параметрах, производим уточнение геометрических размеров каждой зоны вихревого эжектора, ориентируясь на больший коэффициент эффективности.

По полученным данным геометрических размеров и эпор скоростей и плотности потока производим уточнение технологических параметров вихревого эжектора.

Таким образом, расчёт вихревого эжектора предлагается проводить в следующей последовательности (рис. 1):

1. Задание исходных данных для расчета (производительности, физико-механических свойств исходного материала и т.д.), а также геометрических размеров вихревого эжектора.

2. Ориентировочный расчет граничных условий начального приближения (расхода воздуха, и его скорости на границах зон и т.д.) и подготовка данных для расчета на ЭВМ.

3. Использование математической модели для расчета полей скоростей и плотности потока вихревого эжектора. При этом расчет полей скоростей и плотности потока выполняется на ЭВМ.

4. Вычисление коэффициента эффективности использования энергоносителя.

5. Задание иных геометрических и (или) технологических параметров вихревого эжектора. После этого процесс расчета повторяется (пункты 3-4).

6. Сравнение коэффициентов эффективности использования энергоносителя для разных геометрических размеров.

7. Уточнение геометрических размеров эжектора.

8. Уточнение технологических параметров эжектора.

Исходными данными для расчета являются производительность установки, крупность готового и исходного материала, то есть его физико-механические свойства.

Для расчетов граничных условий и начального приближения используются некоторые положения методики расчета мельниц, изложенные в работе [3].

Предложенный расчет вихревого эжектора с использованием нового способа и критерия оценки эффективности использования энергоносителя является новым научным результатом.

Проверка осуществлялась с использованием предлагаемого расчета для изменяемых геометрических параметров противоточной мельницы [5]. В результате было достигнуто максимальное совпадение графиков распределения тангенциальных скоростей и плотностей потоков (рис. 2).

При этом отклонение полученных результатов от экспериментальных данных незначительно.

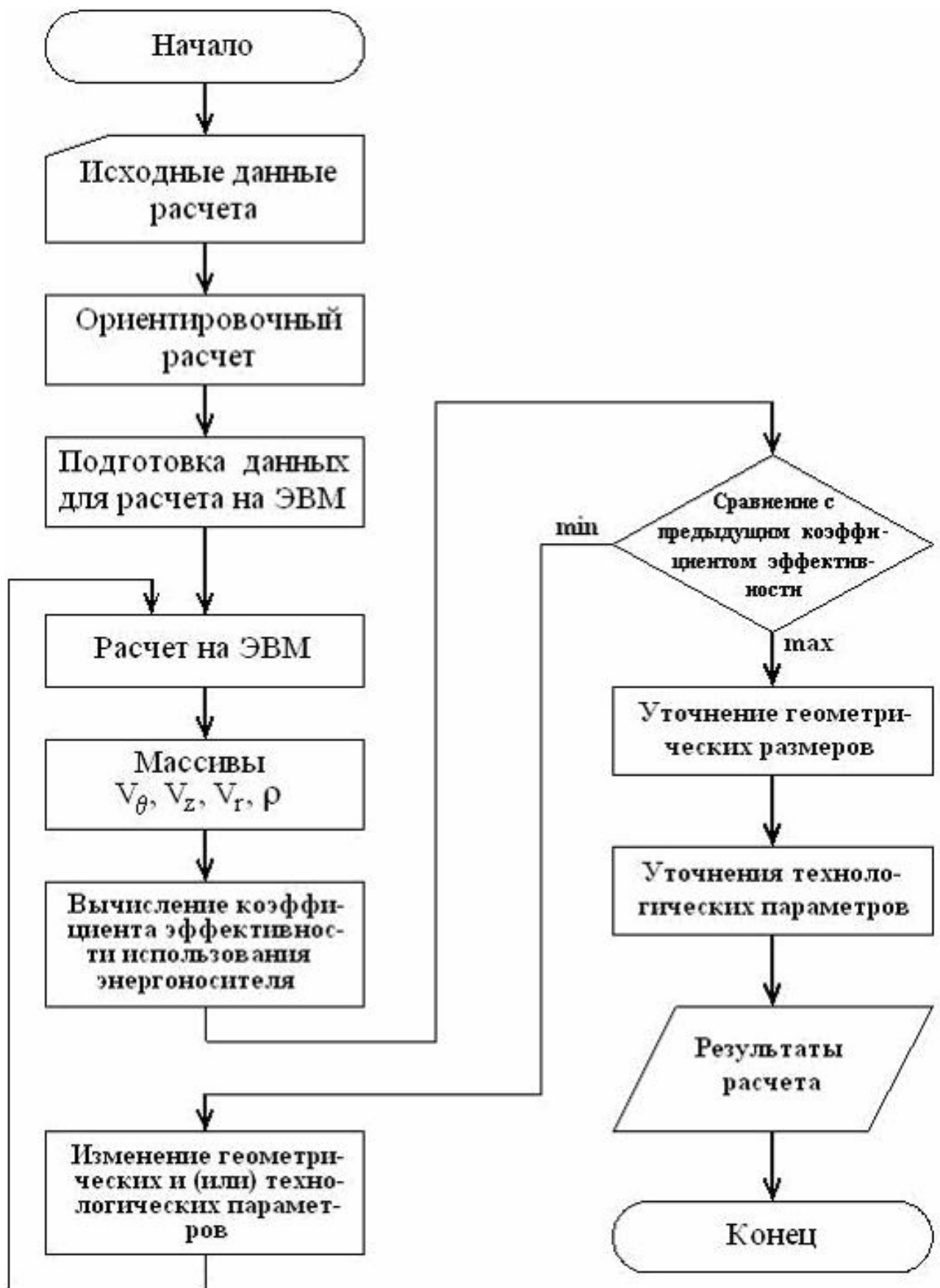


Рис. 1 – Алгоритм расчета

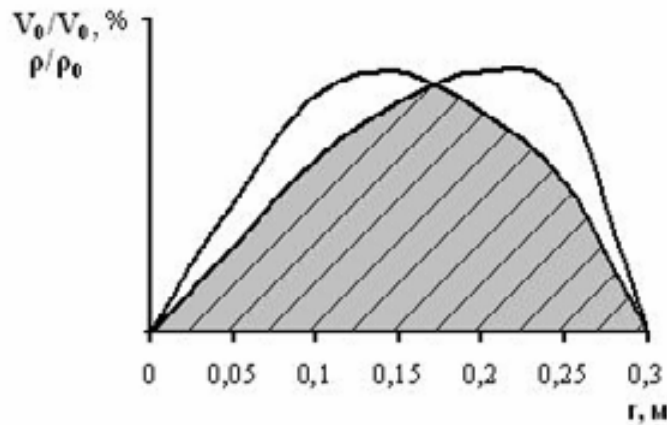


Рис.2 – Результаты расчета

Таким образом, на основании рассмотренного материала можно сделать следующие выводы:

- появляется возможность расчета вихревого эжектора струйной мельницы без проведения экспериментальных исследований на модели;
- упрощается процесс расчета эжектора при использовании предложенных математической модели, способа и критерия оценки эффективности использования энергоносителя;
- имеется возможность исследования вихревого эжектора при различных задаваемых габаритных размерах;
- приведенный расчет легко реализуется на ЭВМ;
- к тому же, разработанную методику расчета можно рекомендовать для получения рациональных геометрических параметров циклонных и струйных аппаратов при масштабировании новых типоразмеров.

Точность получаемых результатов зависит от точности и правильности вычисления граничных условий, полей скоростей и плотности.

Дальнейшим этапом исследования является проведение экспериментальных исследований при расчете вихревого эжектора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. М.: Наука, 1969. – 824 с.
2. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. М.: Энергия, 1970. – 287 с.
3. Горобец В.И., Горобец Л.Ж. Новое направление работ по измельчению. М.: Недра, 1977. – 183 с.
4. Чеберячко И.М., Кириченко Е.А., Шворак В.Г., Дерюгин В.Г. Разработка способа оценки эффективности использования энергоносителя в струйных мельницах // Науковий вісник НГУ. – 2005. – №2. – С. 37-39.
5. И.М.Чеберячко, Е.А.Кириченко, В.Г. Шворак. Разработка математической модели движения двухфазной смеси в вихревых потоках с горизонтальной осью вращения // Науковий вісник НГУ. – 2004. – №7. – С. 48-50.