

С.В. Ващенко, Б.Н. Маймур, И.Г. Муравьева, В.И. Петренко

**РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ШИХТ
СЖАТИЮ С УЧЕТОМ ИХ СВОЙСТВ**

Аннотация. Приведена структура разработанного аналитического метода определения сопротивления шихты сжатию. Метод позволяет без проведения экспериментов по прессованию материала установить, с достаточной для практического использования точностью, функциональную связь давления прессования и коэффициента уплотнения шихты, зная ее насыпную и пикнометрическую плотности.

Ключевые слова: шихтовый материал, уплотняемость, сопротивление сжатию, аналитический метод определения.

Разработанный новый методический подход к определению уплотняемости, представленный в работе [1], позволяет прогнозировать уплотняемость шихтового материала, зная его насыпную и средне-взвешенную (арифметическую) пикнометрическую плотности. В данной работе ставится задача использовать этот подход для аналитического определения сопротивления шихты сжатию, выраженного в виде функциональной зависимости между давлением прессования P и коэффициентом уплотнения K_y .

Известен ряд аналитических выражений, представленных уравнениями логарифмического, показательного и степенного вида, которыми описывается взаимосвязь $P=f(K_y)$. Как правило, они применимы для материалов с конкретными характеристиками и в определенном диапазоне прилагаемых давлений.

Как показывают исследования, проводившиеся в разное время в Институте черной металлургии НАН Украины, связь давления прессования с уплотнением в диапазоне используемых в технологических процессах нагрузок удовлетворительно описывается степенным уравнением для широкого круга металлургических шихт:

$$P = a \cdot K_y^b, \quad (1)$$

где a и b – коэффициенты, зависящие от свойств шихты, определяются путем аппроксимации экспериментальных зависимостей для конкретного прессуемого материала.

В процессе исследований, описанных в работе [1], для шихт с широким диапазоном свойств получены диаграммы прессования и построены графические зависимости $P=f(Ky)$, характеризующие сопротивление шихты сжатию. Экспериментальные зависимости были аппроксимированы функцией, согласно выражению (1).

Используя данные, полученные в ходе аппроксимации, для каждой из четырех групп материалов [1] построено графическое отображение зависимости коэффициента b от насыпной плотности шихтового материала ρ_0 (рис. 1-4), в результате аппроксимации которых были установлены аналитические зависимости коэффициента b от насыпной плотности шихт для каждой группы материалов (выражения 2-5 в табл. 1).

Структурная схема, которая демонстрирует методику определения коэффициента b с учетом свойств шихтового материала, показана на рис. 5.

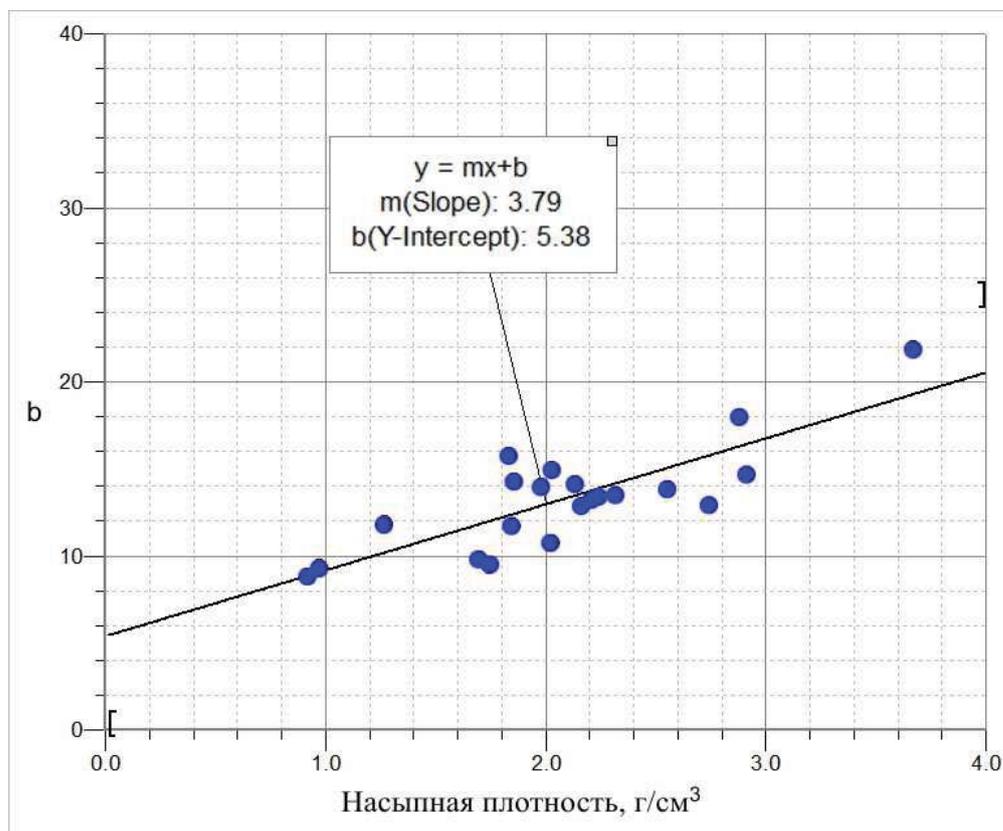


Рисунок 1 - Изменение коэффициента b в зависимости от насыпной плотности ρ_0 для первой группы шихтовых материалов

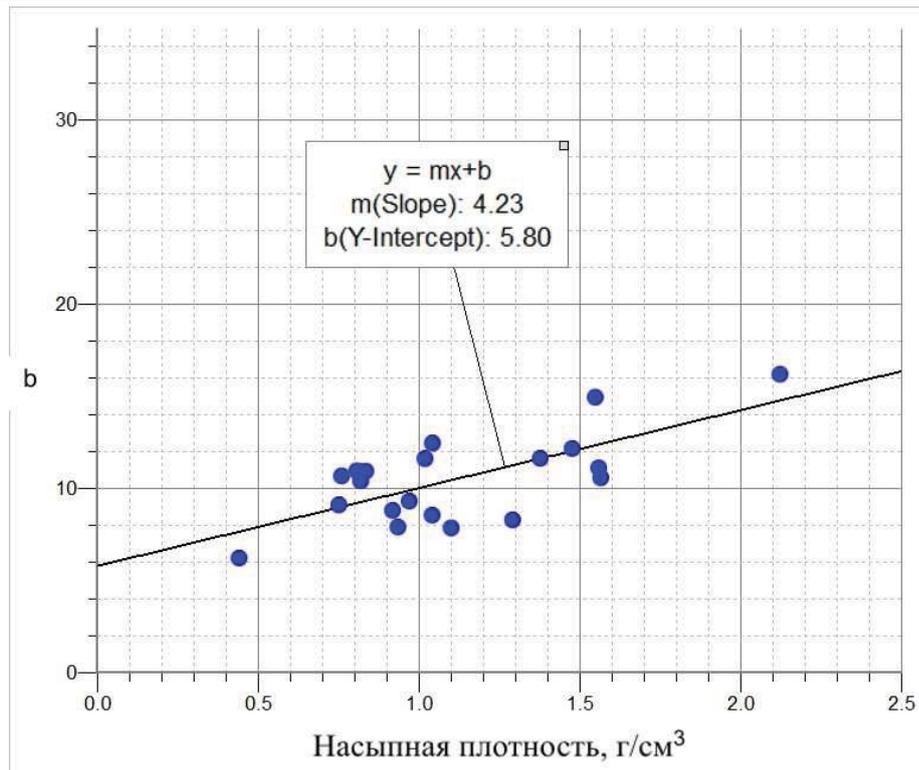


Рисунок 2 - Изменение коэффициента b в зависимости от насыпной плотности ρ_0 для второй группы шихтовых материалов

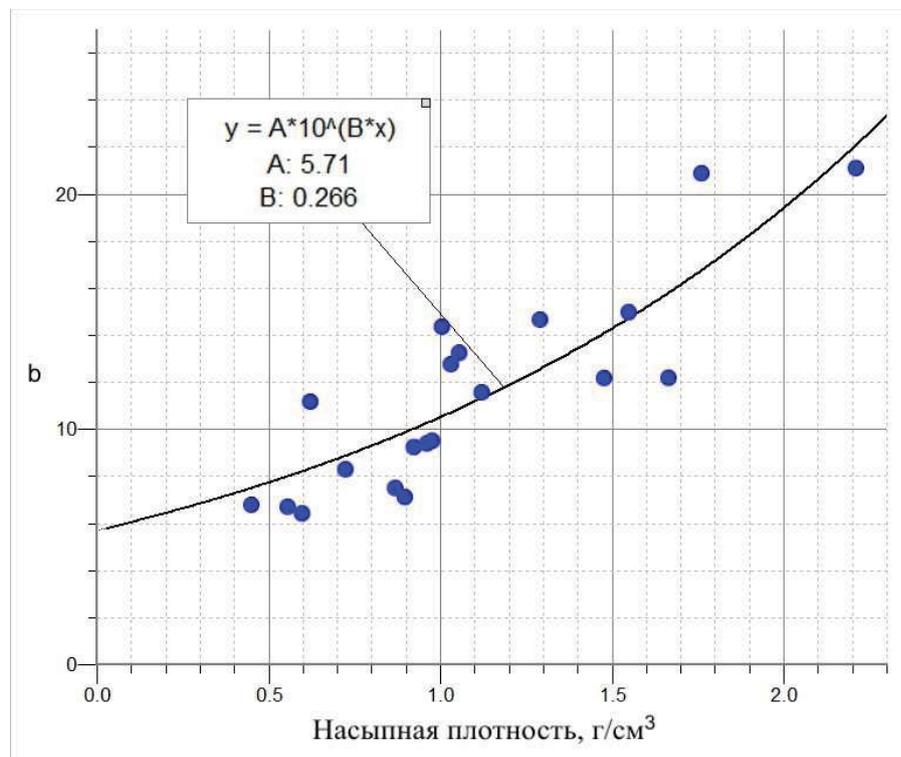


Рисунок 3 - Изменение коэффициента b в зависимости от насыпной плотности ρ_0 для третьей группы шихтовых материалов

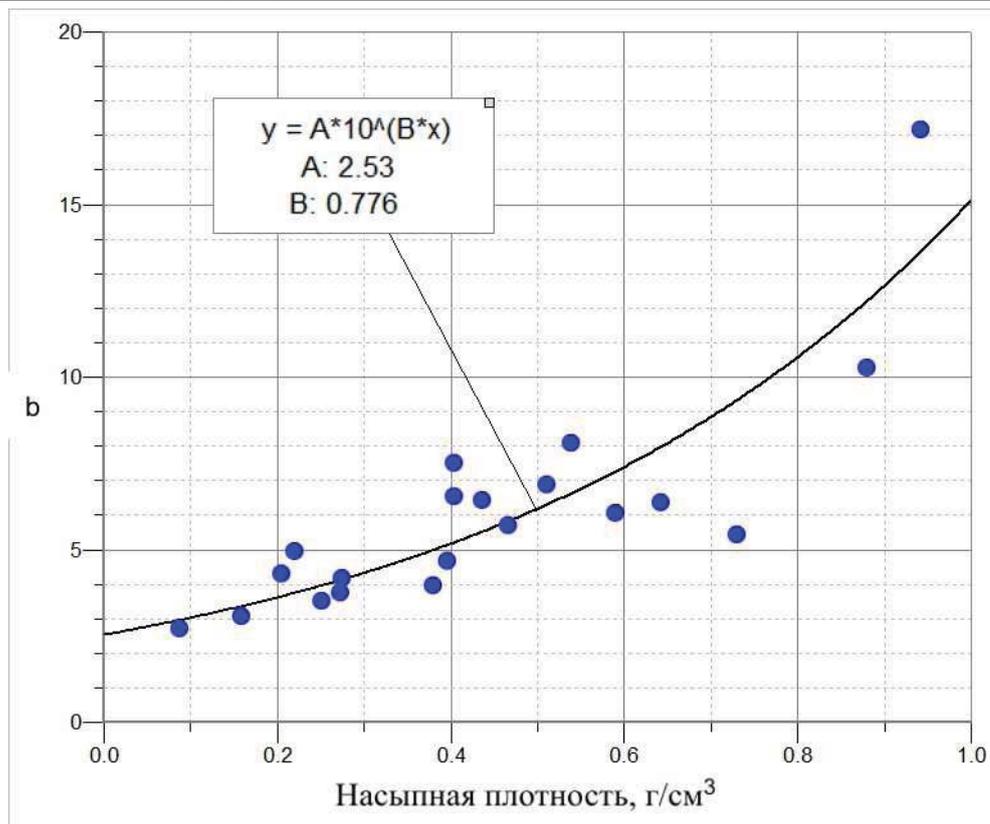


Рисунок 4 - Изменение коэффициента b в зависимости от насыпной плотности ρ_0 для четвертой группы шихтовых материалов

Таблица 1

Аналитические выражения функциональных зависимостей коэффициента b от насыпной плотности ρ_0 шихтовых материалов

Первая группа шихтовых материалов	$b(\rho_0) = 3,79 \cdot \rho_0 + 5,38$	(2)
Вторая группа шихтовых материалов	$b(\rho_0) = 4,23 \cdot \rho_0 + 5,8$	(3)
Третья группа шихтовых материалов	$b(\rho_0) = 5,71 \cdot 10^{0,266 \cdot \rho_0}$	(4)
Четвертая группа шихтовых материалов	$b(\rho_0) = 2,53 \cdot 10^{0,776 \cdot \rho_0}$	(5)

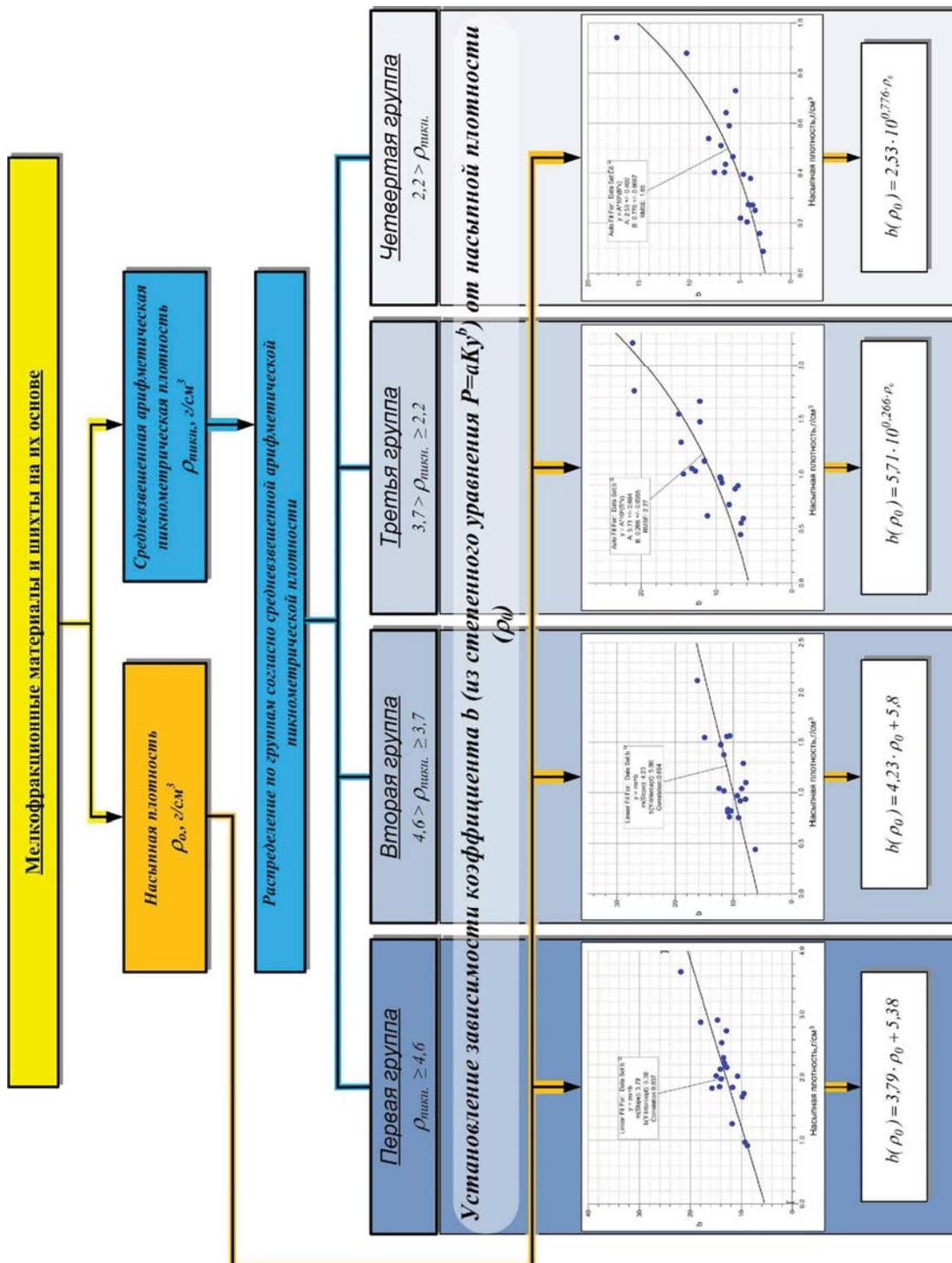


Рисунок 5 - Структурная схема методики определения коэффициента h с учетом свойств шихтового материала

Используя методический подход к определению уплотняемости [1], а также методику определения коэффициента b с учетом свойств прессуемых материалов (рис. 5), из установленных функциональных зависимостей $K_{y100} = f(\rho_0)$ и $b = f(\rho_0)$ можно для любого шихтового материала определить значения K_{y100} и b . Затем из аналитического выражения $P = a \cdot K_{y100}^b$ определяем a по формуле:

$$a = \frac{100}{K_{y100}^b}. \quad (6)$$

На основе полученных коэффициентов a и b для любого материала, может быть построена функциональная зависимость давления прессования от коэффициента уплотнения ($P(K_y) = a \cdot K_y^b$).

По результатам исследований предложен аналитический метод определения сопротивления шихтовых материалов сжатию (рис. 6), который включает:

1. определение насыпной плотности материала, расчет его средневзвешенной пикнометрической плотности;
2. распределение шихтового материала в одну из четырех групп соответственно значению его пикнометрической плотности;
3. определение коэффициента уплотнения при 100 МПа (K_{y100}), используя установленную для данной группы функциональную зависимость $K_{y100} = f(\rho_0)$;
4. определение коэффициента b , используя установленную для данной группы функциональную зависимость $b = f(\rho_0)$;
5. определение коэффициента a из аналитического выражения $a = \frac{100}{K_{y100}^b}$, используя значения K_{y100} и b ;
6. построение графической функциональной зависимости $P(K_y) = a \cdot K_y^b$, отражающей сопротивление материала сжатию, используя полученные значения коэффициентов a и b .

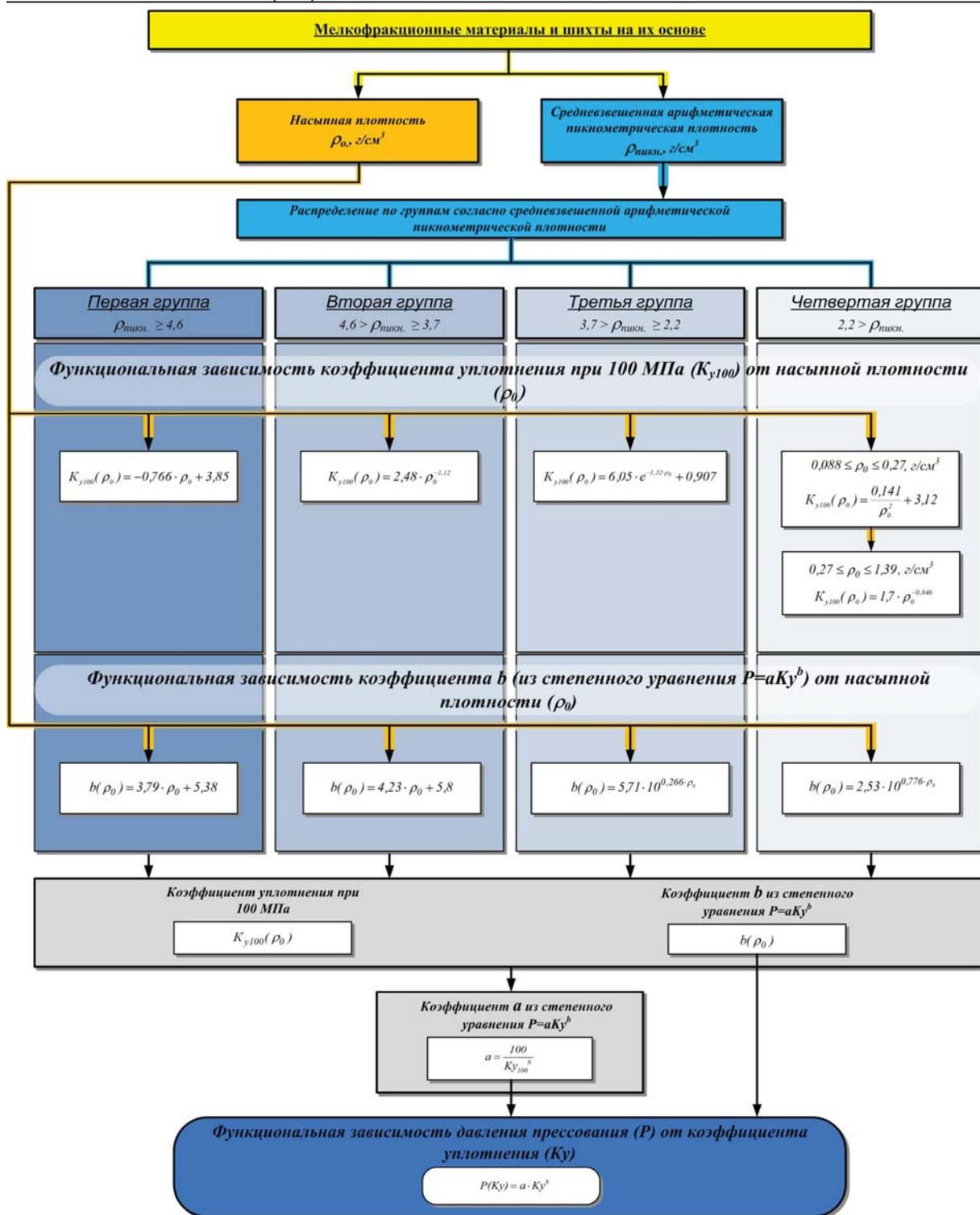


Рисунок 6 - Структурная схема аналитического метода определения сопротивления шихты сжатию с учетом свойств прессуемых шихтовых материалов

Таким образом, предлагаемый метод дает возможность, не проводя экспериментальных исследований по нагружению шихты, определив насыпную и пикнометрическую плотности шихтового материала, аналитическим путем построить графическую зависимость коэффициента уплотнения от давления прессования, знание которой необходимо при разработке технологических режимов брикетирования и выборе энергосиловых параметров прессового оборудования.

Сравнение расчетных и экспериментально полученных зависимостей $P=f(Ky)$, проведенные для ряда шихт, существенно различающихся по насыпной и пикнометрическим плотностям, показало удовлетворительное совпадение результатов. Для примера на рис. 7 приведены экспериментальная и расчетная кривые прессования коксовой мелочи (влажность – 12%). При значениях $Ky > 3$, соответствующих получению прочного брикета, экспериментальные и расчетные значения давления прессования отличаются не более чем на 10%, что приемлемо для использования разработанного метода для практических расчетов.

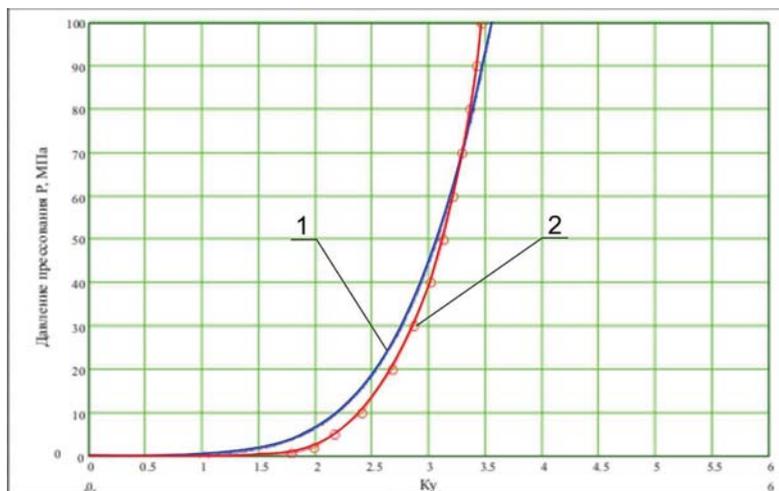


Рисунок 7 - Зависимости коэффициента уплотнения от давления прессования для коксовой мелочи (влажность - 12%),

1 – расчетная кривая прессования

2 – экспериментальная кривая прессования

ЛИТЕРАТУРА

1. Ващенко С.В. Разработка методического подхода к определению уплотняемости прессуемых шихт с учетом их свойств. / С.В. Ващенко, Б.Н. Маймур, В.И. Петренко, И.Г. Муравьева // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. – Выпуск 14(2011). – Днепропетровск, 2011. – С. 86 - 93