

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ МИНИМАЛЬНОЙ И МАКСИМАЛЬНОЙ ГРАНИЧНОЙ ПЛОТНОСТИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ МОДЕЛИ ОПИСАНИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА УГЛЯ

Предлагаются анализ экспериментальных данных для оценки влияния минимальной и максимальной граничной плотности на устойчивость модели описания фракционного состава угля.

Пропонуються аналіз експериментальних даних для оцінки впливу мінімальної та максимальної граничної щільності на стійкість моделі опису фракційного складу вугілля.

Experimental data are available to assess the impact of minimum and maximum boundary density on the stability of the model describing the fractional composition of coal.

Уменьшение числа и массы проб, что обосновано значительными материальными затратами на проведение фракционного анализа, значительно снижают достоверность определяемых характеристик угля [1]. С другой стороны, решение задач углеобогащения требует наличие достоверной информации о фракционном составе угля [2]. Таким образом, актуальной является не только задача восстановления информации о фракционном составе, но и анализ устойчивости моделей ее описания.

Ввиду того, что предлагаемая модель [3] имеет стохастическую природу, как и метод идентификации параметров модели [4], необходимо проанализировать влияние ошибок различной природы на устойчивость модели в целом. Для этого проведем численный эксперимент в окрестности точки оптимального значения параметров минимальной и максимальной граничной плотности.

Модель фракционного состава угля можно описать такой системой уравнений [5]:

$$\Gamma(\rho) = \frac{1}{1 + (a_0 + a_1 t_\rho) \sqrt{\frac{1}{t_\rho} - 1}}, \quad t_\rho = \left(\frac{\rho - \rho_{01}}{\rho_{k1} - \rho_{01}} \right)^2,$$

$$F(\lambda) = \frac{1}{1 + (b_0 + b_1 t_\lambda) \sqrt{\frac{1}{t_\lambda} - 1}}, \quad t_\lambda = \left(\frac{\lambda - \lambda_{01}}{\lambda_{k1} - \lambda_{01}} \right)^2,$$

$$U(\rho_{i-1}, \rho_i) = \frac{\Lambda(\Gamma_i(\rho_i)) - \Lambda(\Gamma_{i-1}(\rho_{i-1}))}{\Gamma_i(\rho_i) - \Gamma_{i-1}(\rho_{i-1})},$$

$$\Lambda(\Gamma) = \int_0^\Gamma \lambda(\Gamma) d\Gamma,$$

где: a_0, a_1, b_0, b_1 – параметры модели, получаемые по экспериментальным данным, ρ_0, ρ_1 – соответственно минимальная и максимальная граничная плотность.

Рассмотрим экспериментальные данные о фракционном составе угля шахты Бажанова, проведем идентификацию параметров (Табл. 1-2) модели описания фракционного состава и сравним экспериментальные и теоретические результаты (Табл. 3).

Таблица 1

Параметры модели

a_0	a_1	b_0	b_1
0,45789431	0,19644532	0,42728046	1,6371409

Таблица 2

Параметры модели

ρ_0	ρ_1	λ_0	λ_1	$\beta_{k_{\text{exp}}}$	β_k
1,28396	2,40061	0,03325521	0,94540927	59,026	59,026

Таблица 3

Сравнение теоретических и экспериментальных данных описания фракционного состава угля (шахты Бажанова).

$\gamma_{\text{exp}}, \%$	$\gamma_{\text{teor}}, \%$	$ \Delta\gamma $	$A^d_{\text{exp}}, \%$	$A^d_{\text{teor}}, \%$	$ \Delta A^d $
41,4	41,4	0	17,2	17,3112	0,1112
13,1	13,1	0	74,6	74,1563	0,4437
45,5	45,5	0	92,6	92,6297	0,0297

Из результатов сравнения (Табл.3) видно, что относительная погрешность определения выхода и средней зольности угля узких фракций не превышает погрешности получения экспериментальных данных.

Пусть

$$E_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left| \frac{\gamma_{i \text{ exp}} - \gamma_{i \text{ teor}}}{\gamma_{i \text{ exp}}} \right| - \text{оценка относительной погрешности определения выхода}$$

да в описании фракционного состава,

$$E_2 = \sum_{i=1}^n \left(\gamma_{i \text{ exp}} - \gamma_{i \text{ teor}} \right)^2 - \text{сумма квадратов отклонений выходов узких фракций,}$$

где $\gamma_{i \text{exp}}, \gamma_{i \text{teor}}$ – соответственно выход i -й узкой фракции по экспериментальным и теоретическим данным;

$E_3 = \max_{1 \leq i \leq n} \left| \frac{A_{i \text{exp}}^d - A_{i \text{teor}}^d}{A_{i \text{exp}}^d} \right|$ — оценка относительной погрешности определения средней зольности в описании фракционного состава;

$E_4 = \sum_{i=1}^n \left(A_{i \text{exp}}^d - A_{i \text{teor}}^d \right)^2$ — сумма квадратов отклонений средних зольностей узких фракций

где $A_{i \text{exp}}^d, A_{i \text{teor}}^d$ – соответственно средняя зольность i -й узкой фракции по экспериментальным и теоретическим данным.

Проведем численный эксперимент в окрестности $[1,2339643; 1,3334643]$ оптимального значения минимальной граничной зольности ρ_0 . Анализ результатов численного эксперимента показал, что оценка относительной погрешности определения выходов узких фракций (Рис.1) $[1,2429643; 1,3194643]$ не превышает 0,05, а сумма квадратов отклонений в промежутке $[1,2829643; 1,2849643]$ (Рис.2) близка к нулю. Поведение модели при определении средней зольности (Рис. 3-4) имеет схожий характер: в диапазоне $[1,2654643; 1,3034643]$ оценка относительной погрешности не превышает 0,05.

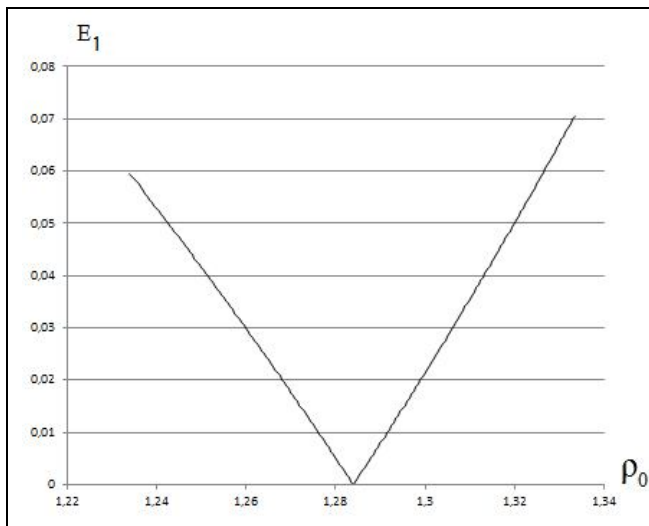


Рис. 1. Зависимость оценки относительной погрешности определения выхода от минимальной граничной плотности

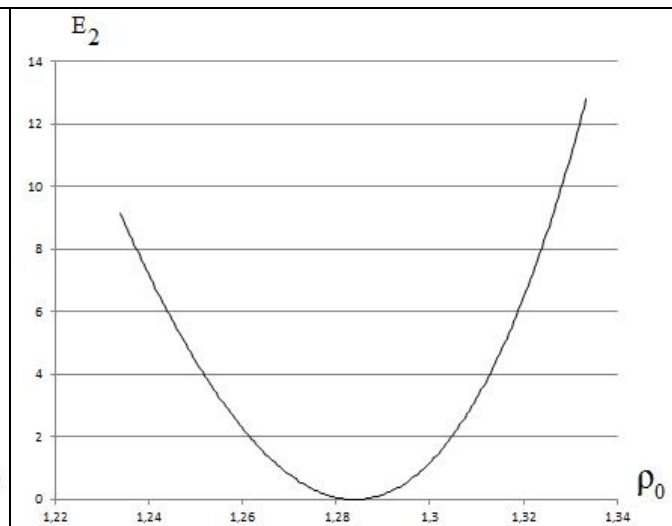
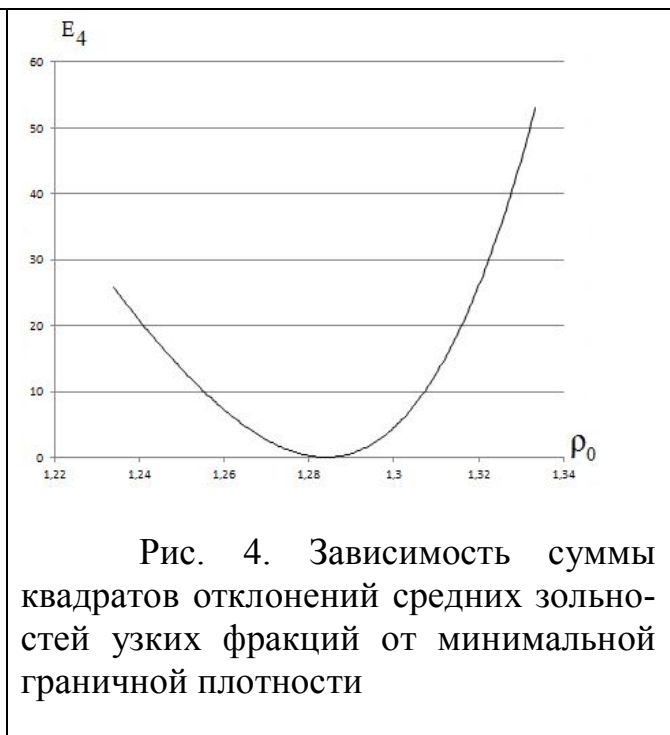
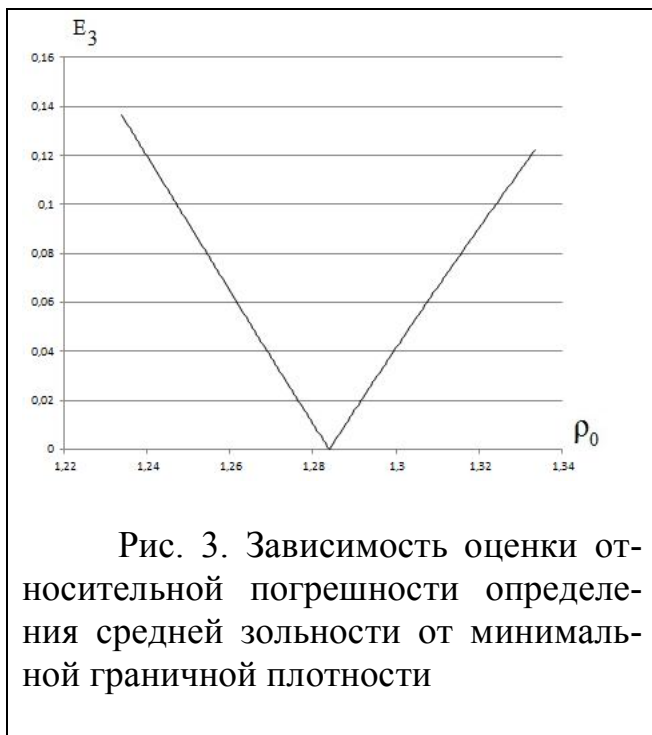
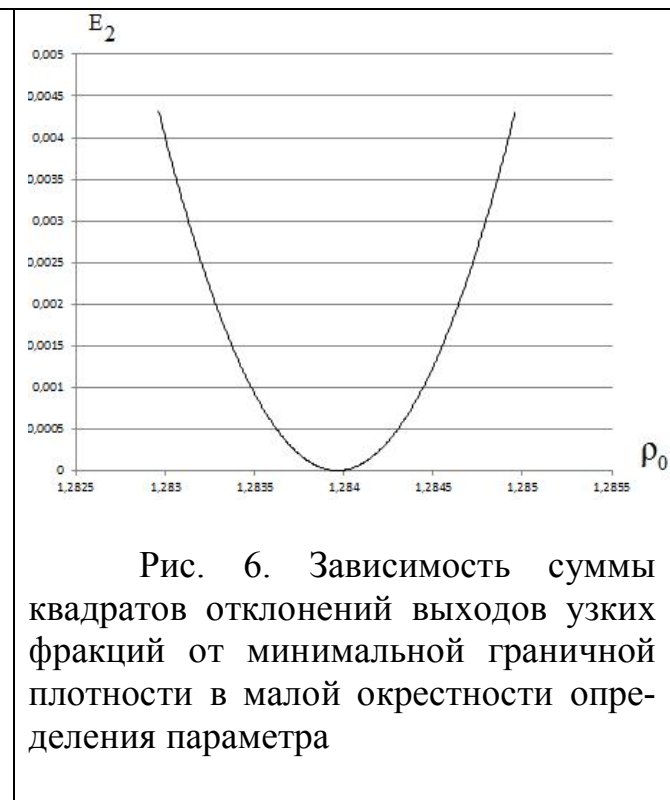
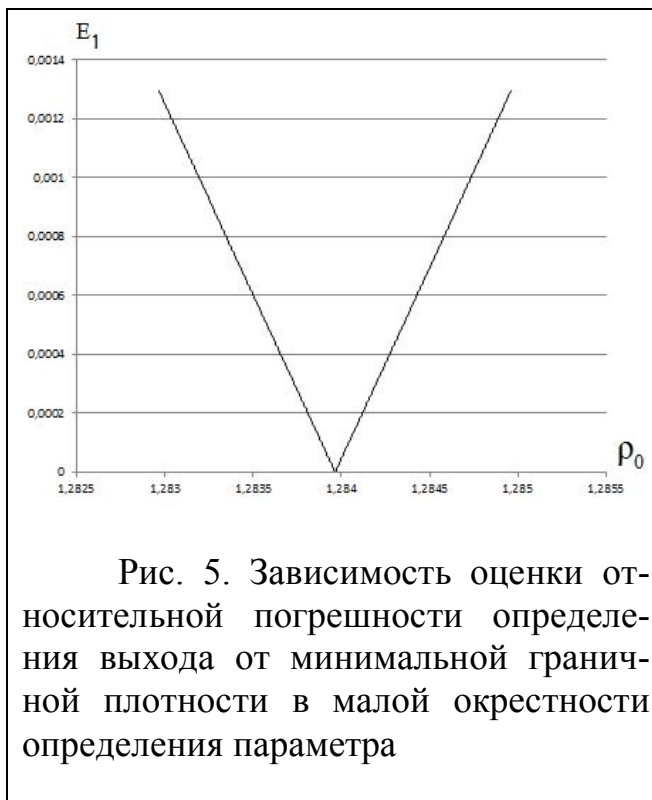


Рис 2. Зависимость суммы квадратов отклонений выходов узких фракций от минимальной граничной плотности



Для уточнения особенностей поведения модели рассмотрим меньшую окрестность $[1,2829643; 1,2849643]$ параметра ρ_0 с шагом изменения значения параметра $0,000005$ (Рис.5, Рис.6, Рис.7, Рис.8). Анализ результатов показал, что значащими являются 5 знаков после запятой в определении ρ_0 .



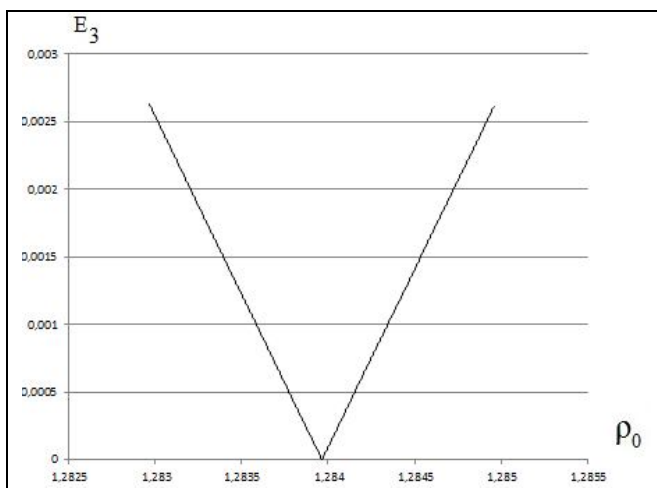


Рис. 7. Зависимость оценки относительной погрешности определения средней зольности от минимальной граничной плотности в малой окрестности определения параметра

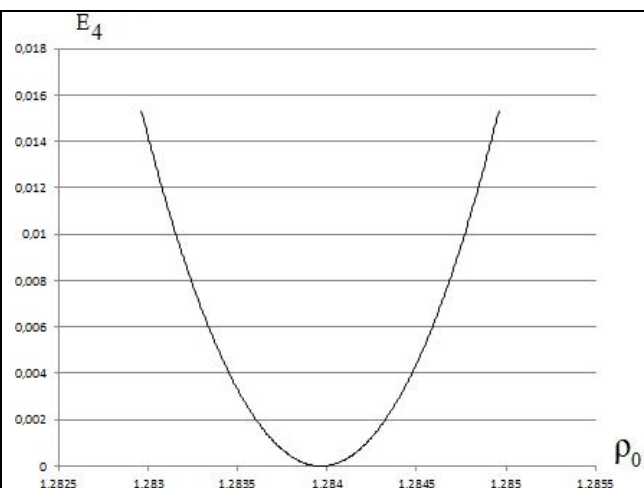


Рис. 8. Зависимость суммы квадратов отклонений средних зольностей узких фракций от минимальной граничной плотности в малой окрестности определения параметра

Проведем численный эксперимент в окрестности $[2,350612; 2,450112]$ оптимального значения максимальной граничной зольности ρ_1 . Анализ результатов численного эксперимента показал, что оценка относительной погрешности определения выходов узких фракций (Рис.9) во всем выбранном диапазоне не превышает 0,03, а сумма квадратов отклонений в промежутке $[2,399612; 2,401612]$ (Рис.10) близка к нулю. Поведение модели при определении средней зольности (Рис. 11-12) имеет схожий характер: в диапазоне $[2,36061212; 2,44661212]$ оценка относительной погрешности не превышает 0,05.

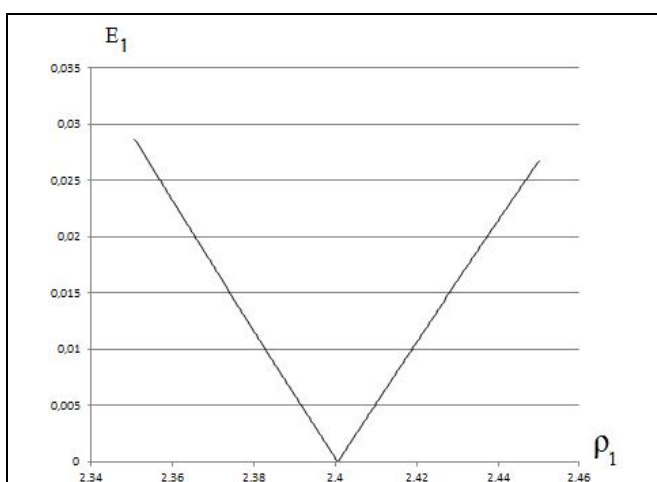


Рис. 9. Зависимость оценки относительной погрешности определения выхода от максимальной граничной плотности

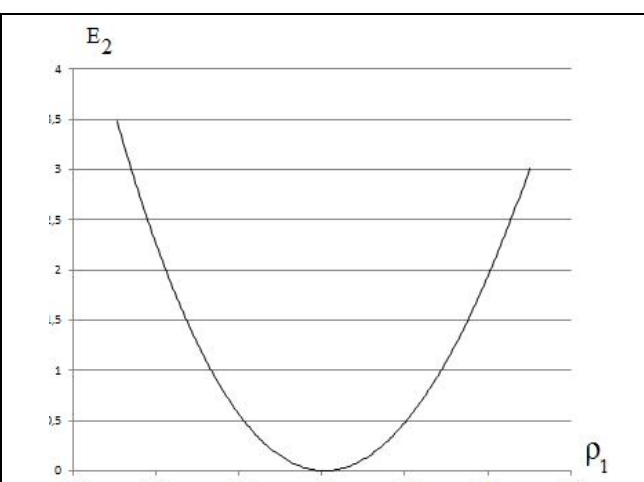


Рис. 10. Зависимость суммы квадратов отклонений выходов узких фракций от максимальной граничной плотности

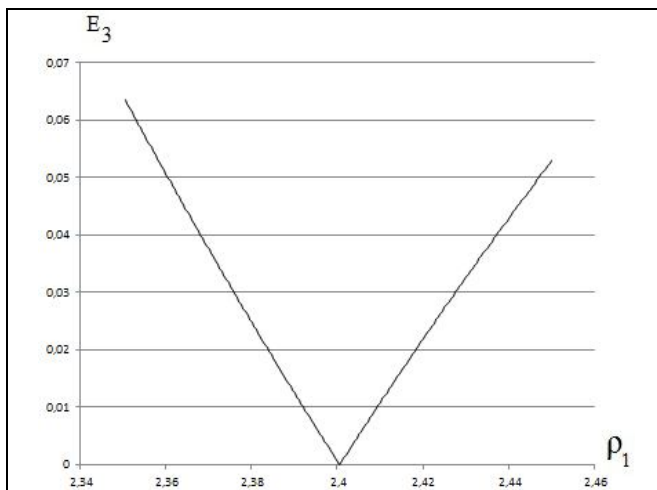


Рис. 11. Зависимость оценки относительной погрешности определения средней зольности от максимальной граничной плотности

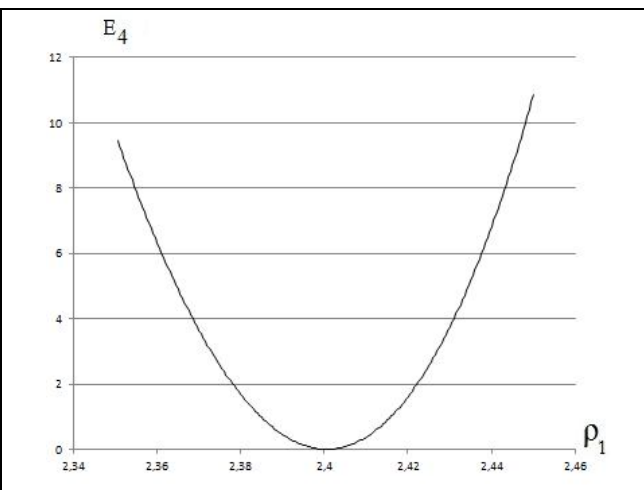


Рис. 12. Зависимость суммы квадратов отклонений средних зольностей узких фракций от максимальной граничной плотности

Для уточнения особенностей поведения модели рассмотрим меньшую окрестность $[2,399612; 2,401612]$ параметра ρ_1 с шагом изменения значения параметра $0,000005$ (Рис.13, Рис.14, Рис.15, Рис.16). Анализ результатов показал, что значащими являются 5 знаков после запятой в определении ρ_1 .

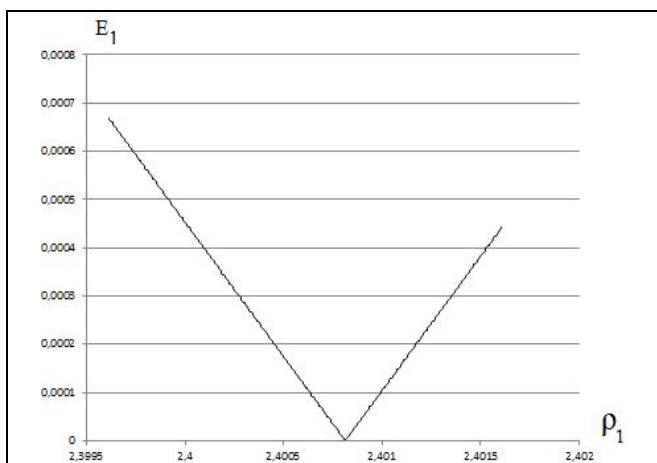


Рис. 13. Зависимость оценки относительной погрешности определения выхода от максимальной граничной плотности в малой окрестности определения параметра

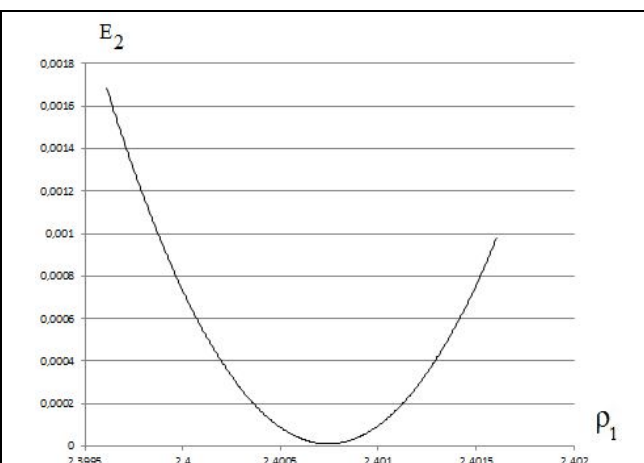


Рис. 14. Зависимость суммы квадратов отклонений выходов узких фракций от максимальной граничной плотности в малой окрестности определения параметра

Исходя из анализа данных проведенного численного эксперимента, модель описания фракционного состава угля устойчива при определении минимальной и

максимальной граничной плотности с точностью 2 знака после запятой (то есть при ошибках определения данных параметров начиная с 3 знака после запятой), при этом значащими для модели являются 5 знаков после запятой.

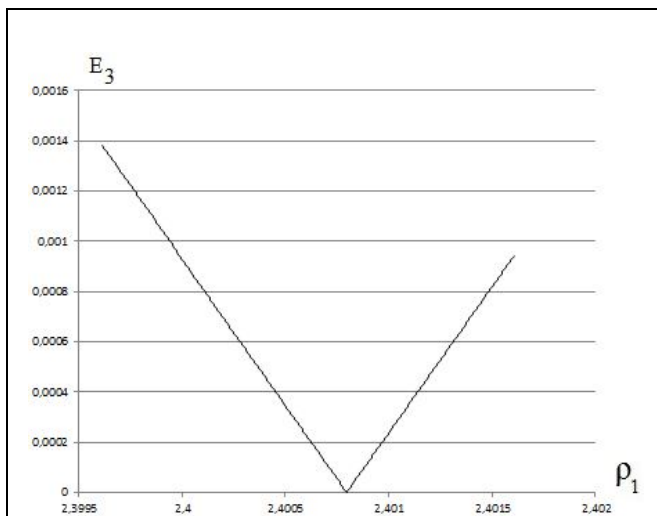


Рис. 15. Зависимость оценки относительной погрешности определения средней зольности от максимальной граничной плотности в малой окрестности определения параметра

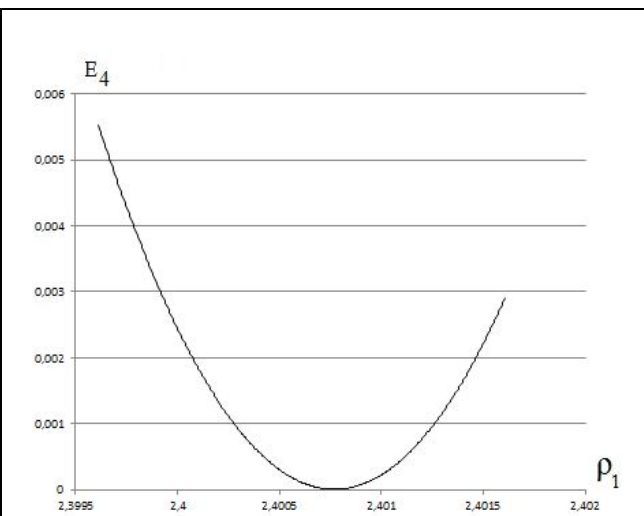


Рис. 16. Зависимость суммы квадратов отклонений средних зольностей узких фракций от максимальной граничной плотности в малой окрестности определения параметра

Список литературы

1. Формалізація результатів розподільчих процесів у вуглезбагаченні / [В.К. Гарус , О.В. Грачев, В.Ф. Пожидаев, О.Д. Полулях]: Монографія. – Луганськ: вид. ООО «НВФ»СТЕК», 2003. – 176 с. – ISBN 966-96298-3-2
2. Грачев О. В. Эффективность повышения стабильности качества угольных концентратов // Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2003. – № 4 (62). – С.126-129.
3. Грачев О. В. Вид весовой функции распределения плотности и зольности угля по фракциям / В. Ф. Пожидаев, О. В. Грачев // Науковці – підприємствам і установам регіону: Зб. наук. праць СХУ ім. В. Даля. – Луганськ, 2002. – Ч.2. – С. 35.
4. Грачев О.В. Синтез детерминированного и стохастического алгоритмов поиска глобального экстремума с обучением / В. Ф. Пожидаев, О. В. Грачев // Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2008. – №9 Ч.1. (127). – С. 170-174.
5. Грачев О.В. О неизменности вида функций распределения граничных плотностей и зольностей угля по фракциям // Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2010. – №2(144). – С. 41-46.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Мещеряковим Л.І.
Надійшла до редакції 11.11.13*