

УДК 622.75/77:622.33-047.58

О. В. ГРАЧЁВ^{1*}

^{1*}Каф. «Системная инженерия», Восточноукраинский национальный университет имени В. Даля, кв. Молодежный, 20 а, 91034, Луганск, Украина, тел. + 38 (0642) 41 22 25, эл. почта uni@snu.edu.ua

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СПРЯМЛЕНИЯ ВЕСОВЫХ ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО ГРАНИЧНОЙ ПЛОТНОСТИ И ЗОЛЬНОСТИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ МОДЕЛИ ОПИСАНИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА УГЛЯ

Цель. Задача восстановления информации о фракционном составе является одной из главных задач углеобогащения, поскольку качество ее решения непосредственно влияет на все производственные процессы углеобогащательной фабрики. В силу того, что модель описания фракционного состава имеет стохастическую природу, как и метод идентификации параметров модели, одним из перспективных направлений дальнейших исследований является анализ влияния ошибок определения параметров модели на ее устойчивость. Для этого необходимо проанализировать экспериментальные данные для оценки влияния изменения параметров спрямления весовых функций распределения по граничной плотности и зольности на устойчивость модели описания фракционного состава угля. **Методика.** Задача решена методами математической статистики и случайных процессов и методами оптимизации. **Результаты.** Анализ влияния изменения параметров спрямления весовых функций распределения по граничной плотности и зольности на устойчивость модели описания фракционного состава угля показал следующее. В небольшой окрестности оптимального значения параметров a_0 , a_1 , b_0 и b_1 оценка относительной погрешности определения выходов узких фракций и оценка относительной погрешности определения средней зольности узких фракций не превышает 0,05. **Практическая значимость.** Проведенный анализ показал, что в малой окрестности оптимальных значений параметров модели описания фракционного состава угля ошибка определения выходов и средних зольностей мало чувствительна к изменению значений параметров и не превышает погрешности получения экспериментальных данных.

Ключевые слова: фракционный состав; устойчивость; весовая функция распределения; граничная плотность и зольность

Введение

Восстановление информации об исходном сырье [1, 3, 4], в частности задача восстановления информации о фракционном составе [12, 13, 15], является одной из главных задач углеобогащения, поскольку качество ее решения непосредственно влияет на все процессы углеобогащательной фабрики. На практике решение этой задачи – это неизбежный компромисс между ценой проведения фракционного анализа и точностью, то есть количеством расслоений. Поэтому актуальной задачей современного углеобогащения является задача нахождения такого описания информации о фракционном составе угля [18, 19], которое позволяло бы максимально подробно рассчитывать выход и зольность угля произвольного числа узких фракций по минимальному объему опробований.

Одним из решений поставленной задачи является модель описания фракционного состава угля, основанная на применении весовых функций распределения по граничной плотности и граничной зольности в совокупности с понятием поверхности обогатимости. Такая модель позволяет получить аналитическое решение, которое учитывает физические ограничения, накладываемые на описание фракционного состава угля. В силу того, что данная модель имеет стохастическую природу, как и метод идентификации параметров модели, одним из перспективных направлений дальнейших исследований является анализ влияния ошибок определения параметров модели на ее устойчивость [6, 7, 10, 16].

Цель

Провести анализ экспериментальных данных для оценки влияния изменения параметров

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

спрямлення весових функцій розподілення по граничній щільності і зольності на устійчивість моделі описання фракціонного состава угля.

Методика

Параметри моделі описання фракціонного состава можна умовно розділити на фізическіе (мінімальна і максимальна гранична щільність), рещественніе (мінімальна і максимальна гранична зольність) і параметри спрямлення, определяеміе методом вероятностной бумаги. Метод вероятностной бумаги [9, 11, 14] основан на поиске такого преобразования функции распределения, которое превращает ее в прямую линию. Тогда вопрос нахождения параметров функции распределения сводится к нахождению коэффициентов уравнения прямой [2, 17].

Результаты

Модель фракціонного состава угля можно описать такой системой уравнений [13]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Gamma(\rho) = \frac{1}{1 + (a_0 + a_1 t_\rho) \sqrt{\frac{1}{t_\rho} - 1}}, \quad t_\rho = \left(\frac{\rho - \rho_{01}}{\rho_{k1} - \rho_{01}} \right)^2, \\ F(\lambda) = \frac{1}{1 + (b_0 + b_1 t_\lambda) \sqrt{\frac{1}{t_\lambda} - 1}}, \quad t_\lambda = \left(\frac{\lambda - \lambda_{01}}{\lambda_{k1} - \lambda_{01}} \right)^2, \\ U(\rho_{i-1}, \rho_i) = \frac{\Lambda(\Gamma_i(\rho_i)) - \Lambda(\Gamma_{i-1}(\rho_{i-1}))}{\Gamma_i(\rho_i) - \Gamma_{i-1}(\rho_{i-1})}, \\ \Lambda(\Gamma) = \int_0^\Gamma \lambda(\Gamma) d\Gamma, \end{array} \right.$$

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

Из описания модели видно, что изменение параметров b_0, b_1 оказывает влияние на вычисление средней зольности и не влияет на вычисление значений выходов узких фракций.

Рассмотрим экспериментальные данные о фракціонном составе машинных классов рядового угля шахты имени В. М. Бажанова (класс +50 мм), проведем идентификацию параметров модели и сравним экспериментальные и теоретические результаты (см. табл. 1):

тические результаты (см. табл. 1):

$$\begin{aligned} a_0 &= 0,29116839, \quad a_1 = 0,45787426, \\ b_0 &= 0,4603119, \quad b_1 = 1,58157593, \\ \rho_0 &= 1,36640131, \quad \rho_1 = 2,45014652, \\ \lambda_0 &= 0,02037467, \quad \lambda_1 = 0,94608455, \\ \beta_{ke} &= 59,026, \quad \beta_k = 59,026. \end{aligned}$$

Таблица 1

Сравнение теоретических и экспериментальных данных описания фракціонного состава угля (шахты имени В. М. Бажанова)

$\gamma_e, \%$	$\gamma_t, \%$	$ \Delta\gamma $	$A^d_e, \%$	$A^d_t, \%$	$ \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	45,49	0,1	92,6	92,6297	0,0297

Из результатов сравнения (см. табл. 1) видно, что относительная погрешность определения выхода и средней зольности угля узких фракций не превышает погрешности получения экспериментальных данных.

$\varepsilon_1 = \max_{1 \leq i \leq n} |\gamma_{ie} - \gamma_{it}|$ – оценка абсолютной погрешности определения выхода в описании фракціонного состава;

$\varepsilon_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left| \frac{\gamma_{ie} - \gamma_{it}}{\gamma_{ie}} \right|$ – оценка относительной погрешности определения выхода в описании фракціонного состава;

$\varepsilon_3 = \sum_{i=1}^n (\gamma_{ie} - \gamma_{it})^2$ – сумма квадратов отклонений выходов узких фракций в описании фракціонного состава;

$\varepsilon_4 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\gamma_{ie} - \gamma_{it}}{\gamma_{ie}} \right)^2$ – сумма квадратов относительных отклонений выходов узких фракций в описании фракціонного состава, где γ_{ie}, γ_{it} – соответственно выход i -й узкой фракции по экспериментальным и теоретическим данным;

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

$\varepsilon_5 = \max_{1 \leq i \leq n} |A_{ie}^d - A_{it}^d|$ – оценка абсолютной погрешности определения зольности в описании фракционного состава;

$$\varepsilon_6 = \max_{1 \leq i \leq n} \left| \frac{A_{ie}^d - A_{it}^d}{A_{ie}^d} \right|$$
 – оценка относительной погрешности определения средней зольности в описании фракционного состава;

$\varepsilon_7 = \sum_{i=1}^n (A_{ie}^d - A_{it}^d)^2$ – сумма квадратов отклонений средних зольностей узких фракций в описании фракционного состава;

$$\varepsilon_8 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_{ie}^d - A_{it}^d}{A_{ie}^d} \right)^2$$
 – сумма квадратов относительных отклонений выходов узких фракций в описании фракционного состава, где A_{ie}^d, A_{it}^d – соответственно средняя зольность i -й узкой фракции по экспериментальным и теоретическим данным.

Проведем численный эксперимент в окрестности $[0,24116839; 0,34017337]$ оптимального значения параметра a_0 . Анализ результатов численного эксперимента показал, что оценка абсолютной погрешности определения выходов узких фракций (рис. 1) на промежутке $[0,29042212; 0,29191466]$, оценка относительной погрешности (рис. 2) на промежутке $[0,26604401; 0,31878033]$ и сумма квадратов отклонений на промежутке $[0,2894271; 0,29290968]$ (рис. 3) не превышают 0,05. Сумма квадратов относительных разностей (рис. 4) близка к нулю на всем исследуемом диапазоне. Поведение модели при определении средней зольности (рис. 5–8) имеет схожий характер: в диапазонах $[0,29042212; 0,29191466]$, $[0,27947685; 0,30435247]$, $[0,28992461; 0,29241217]$ соответственно ε_5 , ε_6 , ε_7 меньше 0,05, а ε_8 – близка к нулю на всем исследуемом диапазоне.

Проведем численный эксперимент в окрестности $[0,40787426; 0,50687924]$ оптимального значения параметра a_1 . Анализ результатов численного эксперимента показал, что оценка абсолютной погрешности определения выходов узких фракций (рис. 9) на промежутке

$[0,29042212; 0,29191466]$, сумма квадратов отклонений на промежутке $[0,2894271; 0,29290968]$ (рис. 11) не превышают 0,05. Оценка относительной погрешности и сумма квадратов относительных разностей (рис. 10, 12) близка к нулю на всем исследуемом диапазоне. Поведение модели при определении средней зольности (рис. 13–16) имеет схожий характер: в диапазонах $[0,44270013; 0,47454093]$, $[0,44369516; 0,47205336]$, соответственно ε_5 , ε_7 меньше 0,05, а ε_6 , ε_8 – близка к нулю на всем исследуемом диапазоне.

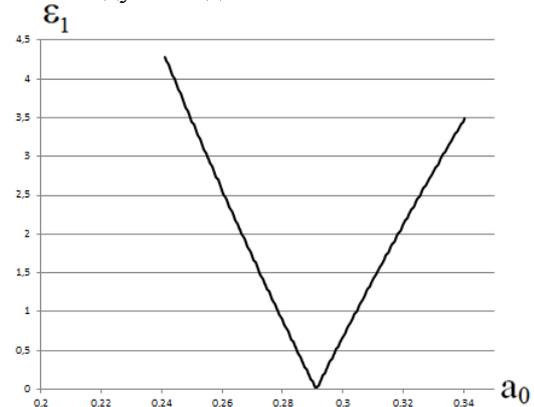


Рис. 1. Зависимость оценки абсолютной погрешности определения выходов узких фракций от коэффициента спрямления a_0

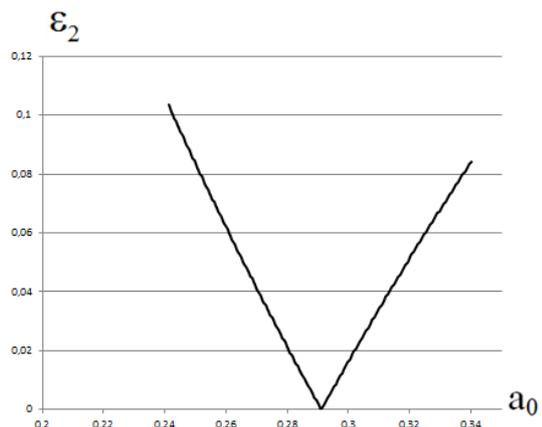


Рис. 2. Зависимость оценки относительной погрешности определения выходов узких фракций от коэффициента спрямления a_0

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

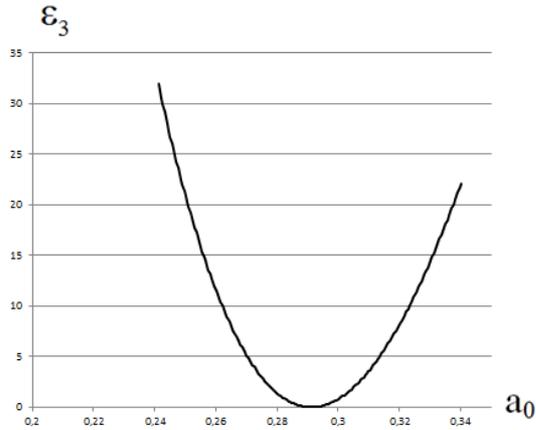


Рис. 3. Зависимость оценки суммы квадратов отклонений выходов узких фракций от коэффициента спрямления a_0

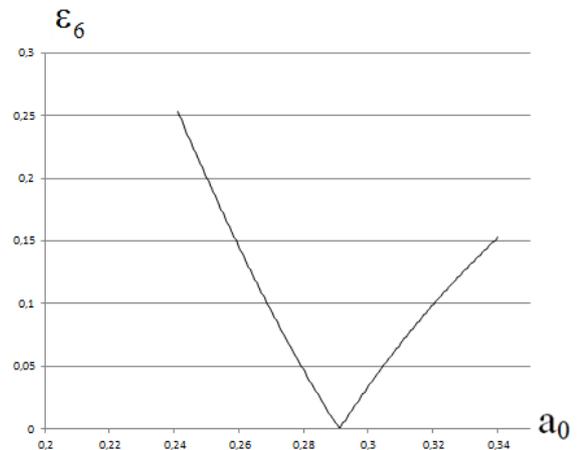


Рис. 6. Зависимость оценки относительной погрешности определения зольности фракций от коэффициента спрямления a_0

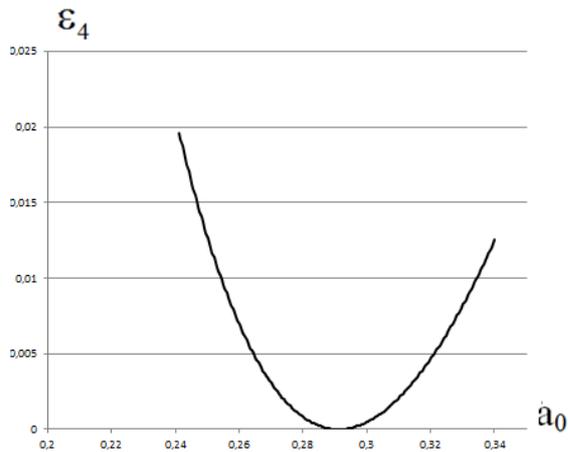


Рис. 4. Зависимость оценки относительных отклонений выходов узких фракций от коэффициента спрямления a_0

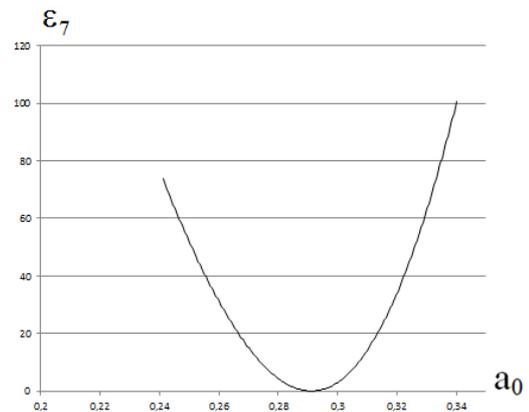


Рис. 7. Зависимость оценки суммы квадратов отклонений зольности фракций от коэффициента спрямления a_0

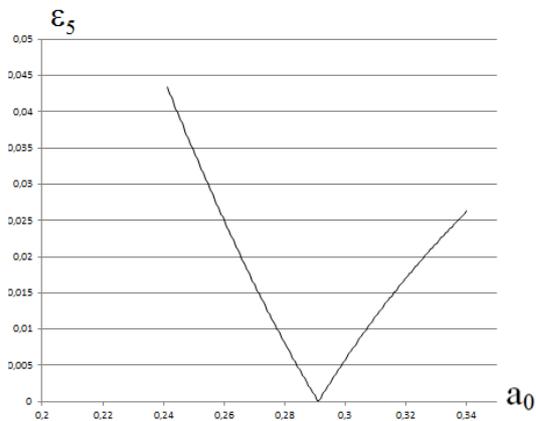


Рис. 5. Зависимость оценки абсолютной погрешности определения зольности фракций от коэффициента спрямления a_0

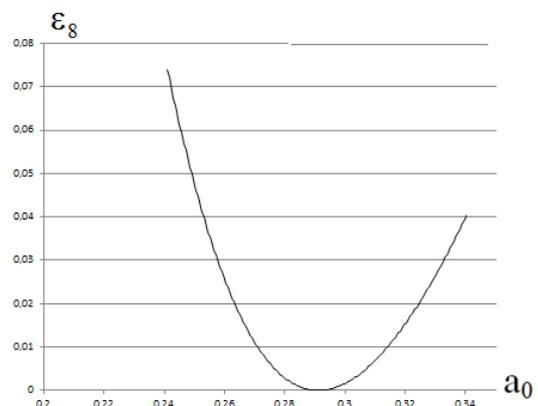


Рис. 8. Зависимость оценки относительных отклонений зольности фракций от коэффициента спрямления a_0

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

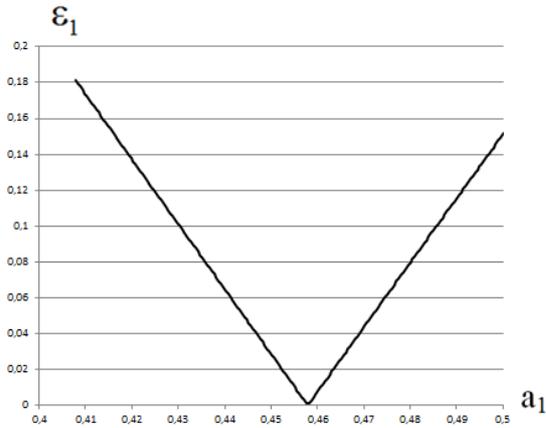


Рис. 9. Зависимость оценки абсолютной погрешности определения выходов узких фракций от коэффициента спрямления a_1

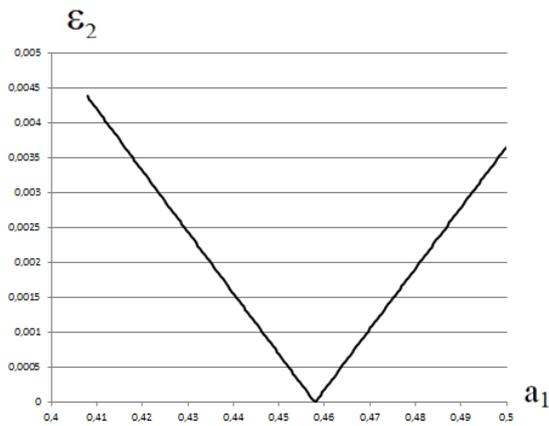


Рис. 10. Зависимость оценки относительной погрешности определения выходов узких фракций от коэффициента спрямления a_1

Проведем численный эксперимент в окрестности $[0,4103119; 0,50931688]$ оптимального значения параметра b_0 . Анализ результатов численного эксперимента показал, что оценка абсолютной погрешности определения средних зольностей узких фракций (рис. 17) на промежутке $[0,44762533; 0,47299847]$, оценка относительной погрешности (рис. 18) на промежутке $[0,43867011; 0,4824512]$ и сумма квадратов отклонений (рис. 19) на промежутке $[0,45707807; 0,46354575]$ не превышают 0,05. Сумма квадратов относительных разностей (рис. 20) близка к нулю на всем исследуемом диапазоне.

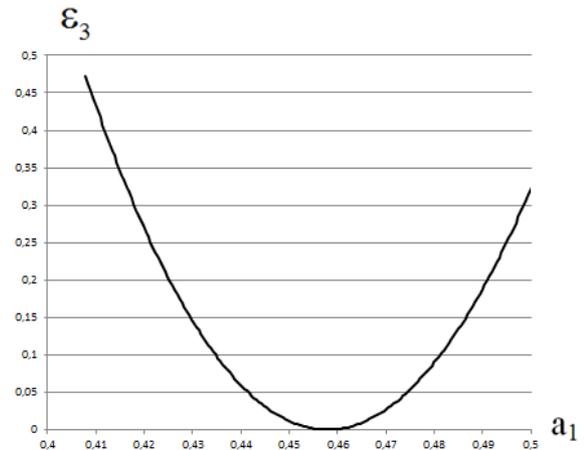


Рис. 11. Зависимость оценки суммы квадратов отклонений выходов узких фракций от коэффициента спрямления a_1

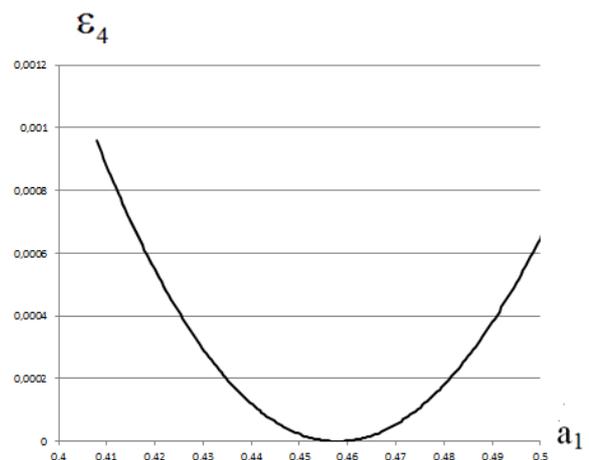


Рис. 12. Зависимость оценки относительных отклонений выходов узких фракций от коэффициента спрямления a_1

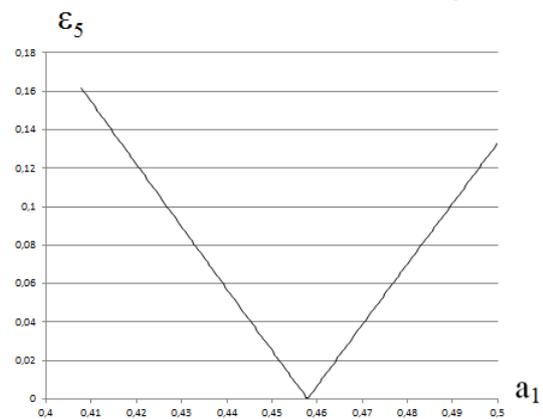


Рис. 13. Зависимость оценки абсолютной погрешности определения зольности фракций от коэффициента спрямления a_1

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

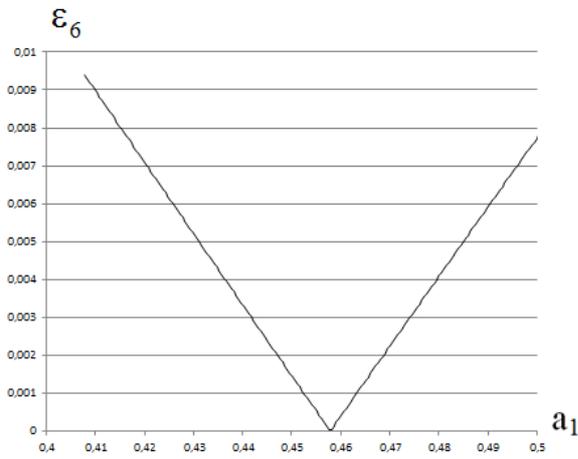


Рис. 14. Зависимость оценки относительной погрешности определения зольности фракций от коэффициента спрямления a_1

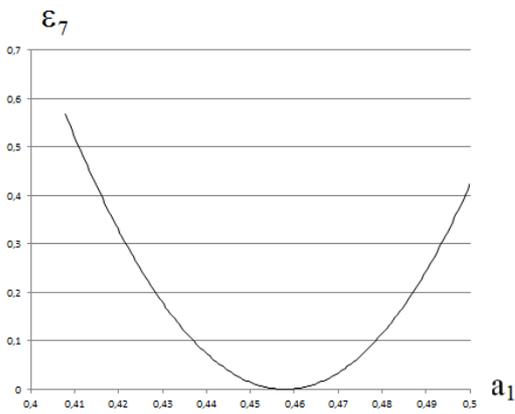


Рис. 15. Зависимость оценки суммы квадратов отклонений зольности фракций от коэффициента спрямления a_1

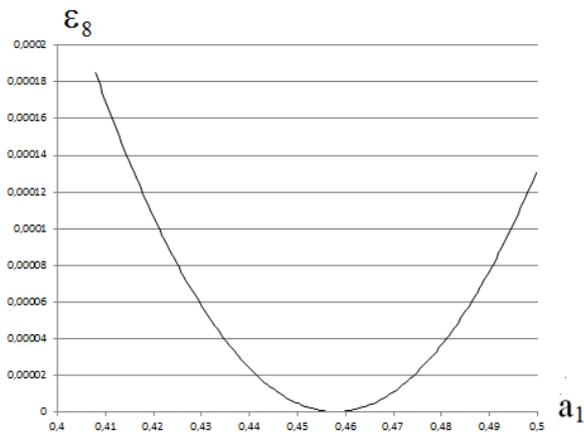


Рис. 16. Зависимость оценки относительных отклонений зольности фракций от коэффициента спрямления a_1

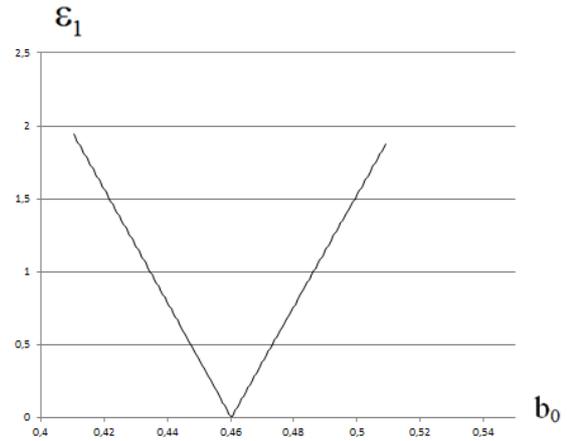


Рис. 17. Зависимость оценки абсолютной погрешности определения зольности фракций от коэффициента спрямления b_0

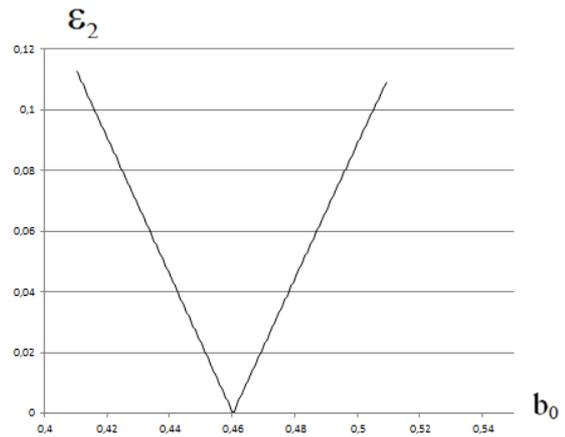


Рис. 18. Зависимость оценки относительной погрешности определения зольности фракций от коэффициента спрямления b_0

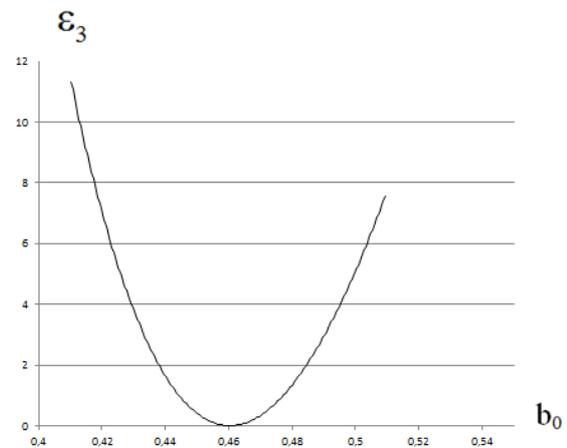


Рис. 19. Зависимость оценки суммы квадратов отклонений зольности фракций от коэффициента спрямления b_0

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

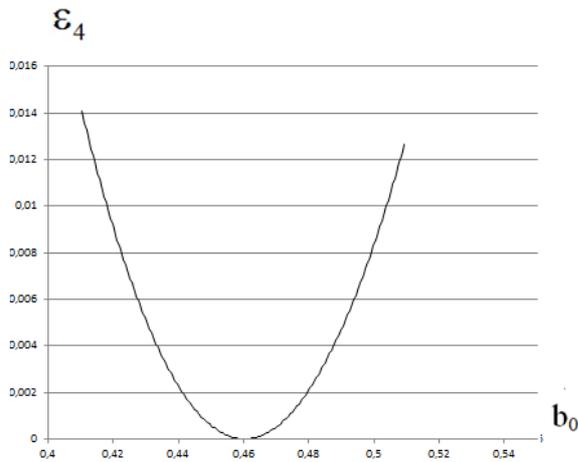


Рис 20. Зависимость оценки относительных отклонений зольности фракций от коэффициента спрямления b_0

Проведем численный эксперимент в окрестности $[1,53157593; 1,63058091]$ оптимального значения параметра b_1 . Анализ результатов численного эксперимента показал, что оценка абсолютной погрешности определения средних зольностей узких фракций (рис. 21) на промежутке $[1,569386888; 1,59326747]$ и сумма квадратов отклонений (рис. 23) на промежутке $[1,57386449; 1,5902824]$ не превышают 0,05. Оценка относительной погрешности и сумма квадратов относительных разностей (рис. 22, 24) близка к нулю на всем исследуемом диапазоне.

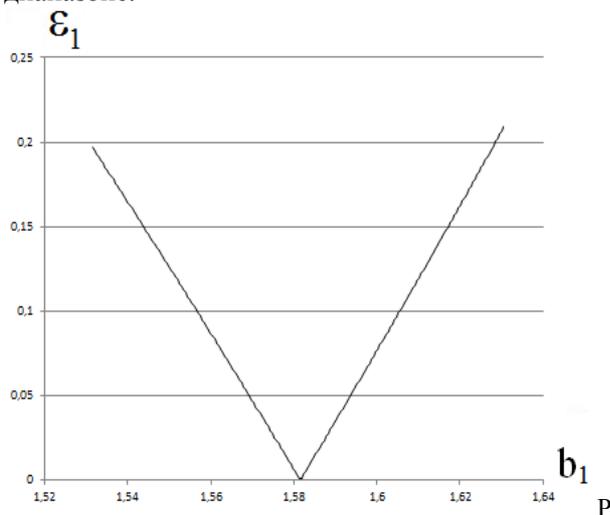


рис. 21. Зависимость оценки абсолютной погрешности определения зольности фракций от коэффициента спрямления b_1

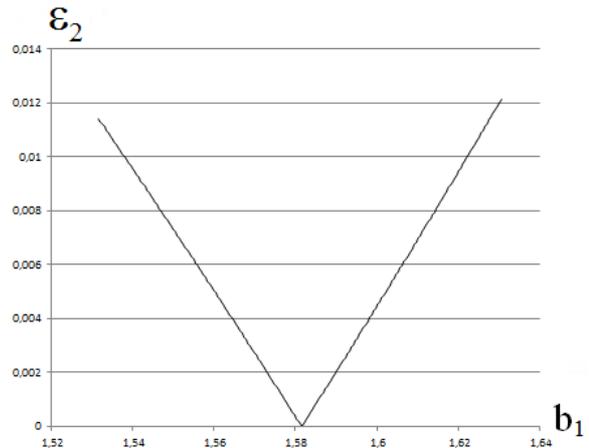


Рис. 22. Зависимость оценки относительной погрешности определения зольности фракций от коэффициента спрямления b_1

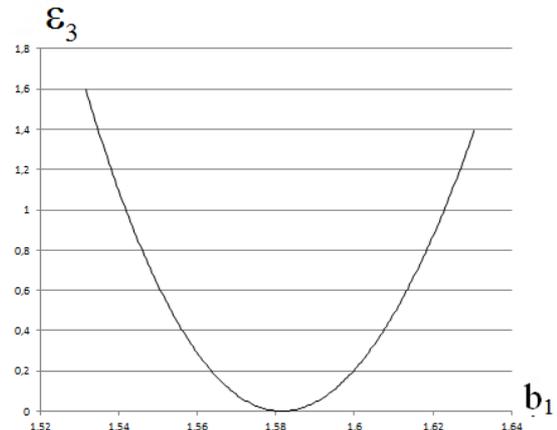


Рис. 23. Зависимость оценки суммы квадратов отклонений зольности фракций от коэффициента спрямления b_1

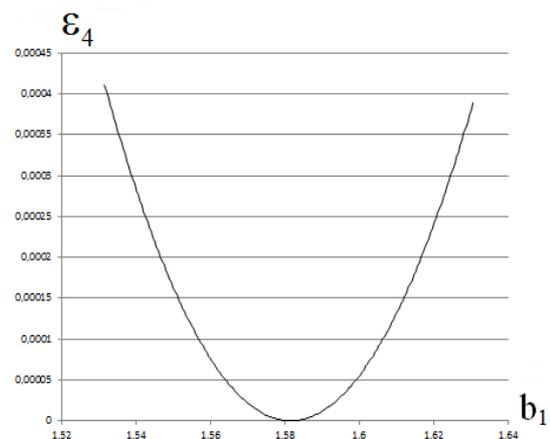


Рис. 24. Зависимость оценки относительных отклонений зольности фракций от коэффициента спрямления b_1

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

Практическая значимость

Проведенный анализ показал, что в окрестности 0,05 оптимальных значений параметров модели описания фракционного состава угля ошибка определения выходов и средних зольностей мало чувствительна к изменению значений параметров и практически всегда (кроме значений на границах диапазона) не превышает погрешности получения экспериментальных данных.

Выводы

Проведенные исследования доказывают, что стохастическая природа модели описания фракционного состава угля и стохастический метод идентификации параметров модели не влияют в окрестности оптимальных значений параметров на результаты расчета фракционного состава. Таким образом, данная модель обладает в определенных пределах устойчивостью к ошибкам эксперимента и определения оптимальных значений параметров модели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аверин, Г. А. Прогноз содержания угля в техногенном месторождении / Г. А. Аверин, О. Г. Доценко, С. А. Чичерин // Уголь Украины. – 2008. – № 4. – С. 42–44.
2. Арлей, Н. Введение в теорию вероятностей и математическую статистику / Н. Арлей, К. Р. Бух. – М. : Иностранная литература, 1951. – 248 с.
3. Грачев, О. В. Вид весовой функции распределения плотности и зольности угля по фракциям / В. Ф. Пожидаев, О. В. Грачев // Науковці – підприємства і установам регіону : зб. наук. праць СЧУ ім. В. Даля. – Луганськ, 2002. – Ч. 2. – С. 35.
4. Грачев, О. В. О неизменности вида функций распределения граничных плотностей и зольностей угля по фракциям / О. В. Грачев // Вісник СЧУ ім. В. Даля. – Луганськ, 2010. – № 2 (144). – С. 41–46.
5. Грачев, О. В. Синтез детерминированного и стохастического алгоритмов поиска глобального экстремума с обучением / В. Ф. Пожидаев, О. В. Грачев // Вісник СЧУ ім. В. Даля. – Луганськ, 2008. – № 9. – Ч. 1 (127). – С. 170–174.
6. Грачев, О. В. Эффективность повышения стабильности качества угольных концентратов / О. В. Грачев // Вісник СЧУ ім. В. Даля. – Луганськ, 2003. – № 4 (62). – С. 126–129.
7. Золотко, А. А. Направления сбережения и увеличения ресурсов углей / А. А. Золотко // Збагачення корисних копалин : наук.-техн. зб. – Д., 2000. – Вип. 7 (48). – С. 22–28.
8. Козлов, В. А. Методика по расчету продуктов дробления крупных классов угля. / В. А. Козлов. – М. : ГИАБ, 2011. – № 2. – С. 218–223.
9. Косолапов, А. А. Методика оценки надёжности нечётких систем с использованием различных видов размытых множеств / А. А. Косолапов // Наука та прогрес транспорту. – 2013. – Вип. 2 (44). – С. 17–27.
10. Курченко, И. П. Дополнительные ресурсы угольной продукции / И. П. Курченко // Уголь Украины. – 2006. – № 4. – С. 40–41.
11. Мищенко, Т. М. Теоретичні аспекти та методи ідентифікації параметрів пристроїв системи електричної тяги. Метод циклічної вольт-амперної характеристики / Т. М. Мищенко // Наука та прогрес транспорту. – 2013. – Вип. 1 (43). – С. 119–125.
12. Назимко, Е. И. Повышение требования к качеству угольных концентратов для коксования / Е. И. Назимко, М. А. Ильяшов // Уголь Украины. – 2007. – № 11. – С. 42–44.
13. Рудько, Г. І. Стратегія розвитку мінеральних ресурсів України / Г. І. Рудько // Качество минерального сырья : сб. науч. тр. междунар. симпоз. – Кривой Рог : Минерал, 2005. – С. 29–36.
14. Формалізація результатів розподільчих процесів у вуглезбагаченні : монографія / В. К. Гарус, О. В. Грачев, В. Ф. Пожидаев, О. Д. Полулях. – Луганськ : ООО «НВФ» СТЕК», 2003. – 176 с.
15. Филиппенко, Ю. Н. Состояние и перспективы развития углеобогащения в Украине / Ю. Н. Филиппенко, И. П. Курченко // Збагачення корисних копалин : наук.-техн. зб. – Д., 2008. – Вип. 33 (74). – С. 30–37.
16. Чмилев, В. И. Исследование промпродукта углеобогажительных фабрик как объекта обогащения / В. И. Чмилев, Д. А. Полулях, Д. В. Шевченко // Збагачення корисних копалин : наук.-техн. зб. – Д., 2005. – Вип. 24 (65). – С. 19–26.
17. Dixon, W. J. Introduction to statistical analysis / W. J. Dixon, F. J. Massey // New York : McGraw-Hill, 1951. – 370 p.
18. Characterization and Preparation of Dipka Coal from Korba Coalfield in India / S. Gollakota, R. Nagaraja, A. Deurbrouck, G. Staats // Proc. of

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

5th Annual International Pittsburgh Coal Conference (14.09–18.09.1998). – USA : Pitt. PA, 1998.

19. Nicol, Stuart K. The Principles of Coal Preparation / Stuart K. Nicol, Andrew R. Swanson // Australian Coal Preparation Society, 1997. – 275 p.

О. В. ГРАЧОВ^{1*}

^{1*}Каф. «Системна інженерія», Східноукраїнський національний університет імені В. Даля, кв. Молодіжний, 20 а, 91034, Луганськ, Україна, тел. + 38 (0642) 47 14 44, ел. пошта uni@snu.edu.ua

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ВИПРЯМЛЕННЯ ВАГОВИХ ФУНКЦІЙ РОЗПОДІЛУ ЗА ГРАНИЧНОЮ ЩІЛЬНІСТЮ Й ЗОЛЬНІСТЮ НА СТІЙКІСТЬ МОДЕЛІ ОПИСУ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ ВУГІЛЛЯ

Мета. Завдання відновлення інформації щодо фракційного складу рядового вугілля є одним із головних завдань вуглезабагачення, оскільки якість його вирішення безпосередньо впливає на всі процеси вуглезабагачувальної фабрики. З огляду на те, що модель опису фракційного складу має стохастичну природу, як і метод ідентифікації параметрів моделі, одним з перспективних напрямків подальших досліджень є аналіз впливу помилок визначення параметрів моделі на її стійкість. Для цього необхідно проаналізувати експериментальні дані для оцінки впливу зміни параметрів спрямлення вагових функцій розподілу за граничною щільністю й зольністю на стійкість моделі опису фракційного складу вугілля. **Методика.** Задача розв'язана методами математичної статистики й випадкових процесів і методами оптимізації. **Результати.** Виконаний аналіз впливу зміни параметрів спрямлення вагових функцій розподілу за граничною щільністю й зольністю на стійкість моделі опису фракційного складу вугілля показав таке. У невеликому околі оптимального значення параметрів a_0 , a_1 , b_0 і b_1 оцінка відносної похибки визначення виходів вузьких фракцій і оцінка відносної похибки визначення середньої зольності вузьких фракцій не перевищує 0,05. **Практична значимість.** Виконаний аналіз показав, що в малому околі оптимальних значень параметрів моделі опису фракційного складу вугілля помилка визначення виходів і середніх зольностей мало чутлива до зміни значень параметрів і не перевищує похибки отримання експериментальних даних.

Ключові слова: фракційний склад; стійкість; вагова функція розподілу; гранична щільність та зольність

О. V. GRACHYOV^{1*}

^{1*}Dep. «Systems Engineering», East Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl, Molodizhnyi Quarter, 20 a, 91034, Luhansk, Ukraine, tel. + 38 (0642) 47 14 44, e-mail uni@snu.edu.ua

ANALYSIS OF PARAMETERS CHANGE EFFECT OF WEIGHT FLATNESS FUNCTIONS IN BOUNDARY DENSITY AND ASH CONTENT ON MODEL STABILITY OF COAL FRACTIONAL COMPOSITION DESCRIPTION

Purpose. The fractional composition information recovery is one of the main problems of coal enrichment, as the quality of its solving directly affects at all the processes of coal preparation plant. Due to the fact that this model has a stochastic nature, as well as the method of identifying the model parameters, a promising direction for further research is to analyze the effect of errors in the determination of model parameters on its stability. This requires an analysis of the experimental data to assess changes effect of weight flatness functions in boundary density and ash content on model description stability of coal fractional composition. **Methodology.** The problem is solved by methods of mathematical statistics and stochastic processes, and optimization methods. **Findings.** Analysis carried out of changes effect of weight flatness functions in boundary density and ash content on model description stability of coal fractional composition has shown the following. In a small neighborhood of the parameters a_0 , a_1 , b_0 and b_1 assessment of the relative error in determining the output of narrow fractions and assessment of the relative error

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

in determining the average ash content of narrow fractions is less than 0.05. **Practical value.** The analysis showed that in a small neighborhood of the optimal values of the model parameters describing coal fractional composition an error in determining the composition of the coal output and an average ash content is not very sensitive to changes in parameter values and do not exceed the error of obtaining experimental data.

Keywords: fractional composition; stability; weight distribution function; boundary density; ash content

REFERENCES

1. Averin G.A., Dotsenko O.G., Chicherin S.A. Prognoz sodержaniya uglya v tehnogenom mestorozhdenii [Forecast content of coal in technogenic deposit]. *Ugol Ukrainy – Coal Of Ukraine*, 2008, no. 4, pp. 42-44.
2. Arley N., Bukh K.R. *Vvedeniye v teoriyu veroyatnostey i matematicheskuyu statistiku* [Introduction to probability theory and mathematical statistics]. Moscow, Inostrannaya literatura Publ., 1951. 248 p.
3. Grachev O.V., Pozhidayev V.F. Vid vesovoy funktsii raspredeleniya plotnosti i zolnosti uglya po fraktsiyam [Type of the weight distribution function of density and ash content in fractions]. *Naukovtsi – pidpriemstvam i ustanovam regionu* [Scientists – to companies and institutions in the region], Lugansk, 2002, Part 2, p. 35.
4. Grachev O.V. O neizmennosti vida funktsiy raspredeleniya granichnykh plotnostey i zolnostey uglya po fraktsiyam [About the invariance of the form distribution functions of the boundary density and ash content of coal fractions]. *Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni V. Dalia* [East Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl], 2010, no. 2 (144), pp. 41-46.
5. Grachev O.V., Pozhidayev V.F. Sintez determinirovannogo i stohasticheskogo algoritmov poiska globalnogo ekstremuma s obucheniym [Synthesis of deterministic and stochastic search algorithms for global optimization with training] *Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni V. Dalia* [Bulletin of East Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl], 2008, no. 9 (127), Part 1, pp. 170-174.
6. Grachev O. V. Effektivnost povysheniya stabilnosti kachestva ugolnykh kontsentratorov [Efficiency of increase the stability of coal concentrates quality], *Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni V. Dalia* [Bulletin of East Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl], 2003, no. 4 (62), pp.126-129.
7. Zolotko A.A. Napravleniya sberezheniya i uvelicheniya resursov ugley [Areas of savings and increasing the resources of coal]. *Zbahachennia korysnykh kopalyn* [Minerals processings], 2000, issue 7 (48), pp. 22-28.
8. Kozlov V.A. Metodika po raschetu produktov drobleniya krupnykh klassov uglya [Methodology for the calculation of coal large classes crushing products], Dnipropetrovsk, GIAB Publ., 2011, No. 2, pp. 218-223.
9. Kosolapov A.A. Metodika otsenki nadezhnosti nechetkikh sistem s ispolzovaniym razlichnykh vidov razmytykh mnozhestv [Methods of assessing the reliability of fuzzy systems using different types of fuzzy sets]. *Nauka ta prohres transportu – Science and Transport Progress*, 2013, issue 2 (44), pp. 17-27.
10. Kurchenko I.P. Dopolnitelnyye resursy ugolnoy produktsii [Additional resources of coal products]. *Ugol Ukrainy – Coal Of Ukraine*, 2006, no. 4, pp. 40-41.
11. Mischenko T.M. Teoretychni aspekty ta metody identyfikatsii parametriv prystroiv systemy elektrychnoi tiah. Metod tsyklichnoi volt-ampernoї kharakterystyky [Theoretical aspects and methods of parameters identification of the electric traction system devices. Method of cyclic current-voltage characteristics]. *Nauka ta prohres transportu – Science and Transport Progress*, 2013, issue 1 (43), pp. 119-125.
12. Nazimko E.I., Ilyashov M.A. Povysheniye trebovaniya k kachestvu ugolnykh kontsentratorov dlya koksovaniya [Increasing demands on the quality of coking coal concentrate]. *Ugol Ukrainy – Coal Of Ukraine*, 2007, no. 11, pp. 42-44.
13. Rudko G.I. Stratehiia rozvytku mineralnykh resursiv Ukrainy [The development strategy of Mineral Resources of Ukraine]. *Sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnogo Simpoziuma “Kachestvo mineralnogo syrya”* [Proc. of Int. Symp. “Quality of Mineral Materials”]. Krivoy Rog, Mineral Publ., 2005, pp. 29-36.
14. Garus V.K., Grachov O.V., Pozhidayev V.F., Polulyakh O.D. Formalizatsiia rezultativ rozpodilchkykh protsesiv u vuhlezbahachenni [Formalizing results distribution processes in coal]. Lugansk, OOO «NVF»STEK» Publ., 2003. 176 p.
15. Filippenko Yu.N., Kurchenko I.P. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya ugleobogasheniya v Ukraine [Formalizing results distribution processes in coal]. *Zbahachennia korysnykh kopalyn* [Minerals processings], 2008, issue 33 (74), pp. 30-37.
16. Chmilev V.I., Polulyah D.A., Shevchenko D.V. Issledovaniye promprodukta ugleobogatitelnykh fabrik kak obyekt obogasheniya [The research of middling coal preparation plants as an object enrichment]. *Zbahachennia korysnykh kopalyn* [Minerals processings], 2005, issue 24 (65), pp. 19-26.
17. Dixon W. J., Massey F. J. Introduction to statistical analysis, New York, McGraw-Hill Publ., 1951. 370 p.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

18. Gollakota, S., Nagaraja, R., Deurbrouck, A., Staats, G. Characterization and Preparation of Dipka Coal from Korba Coalfield in India. Proc. 5th Annual International Pittsburgh Coal Conference, Pitt. PA Publ., USA, 1998.
19. Stuart K. Nicol, Andrew R. Swanson. The Principles of Coal Preparation. Australian Coal Preparation Society Publ., 1997. 275 p.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. В. А. Ульшиным (Украина); д.т.н., проф. В. В. Скалозубом (Украина)

Поступила в редколлегию 28.03.2013

Принята к печати 18.06.2013