

Сорокін Є.Л.

**Аналітичне визначення складу вугільних шихт які містять густинну фракцію слабкоспікливого вугілля**

Sorokin E.

**Analytical determination of the composition of coal charge containing dense fraction of low-alumina coal**

## Анотація

У статті вивчалось питання щодо розширення сировинної бази коксування за рахунок використання густинної фракції слабкоспікливого вугілля у шихті для коксування. Для вирішення поставленої задачі був застосований багатокритеріальний метод оптимізації. За допомогою зазначеного методу проведено оптимізацію складів вугільних шихт які містять у якості одного з компонентів густинну фракцію слабкоспікливого вугілля. Представлений в роботі метод оптимізації дозволив отримати оптимальну область значень факторів дослідження який задовольняє водночас трьом параметрам оптимізації при достатньо великому (90%) ступені значимості результатам.

Ключеві слова: слабкоспікливе вугілля, густинна фракція, багатокритеріальна оптимізація, параметри оптимізації.

## Annotation

The article addresses the issue of expanding the raw material base of coking by using the density fraction of low-alumina coal in the charge for coking. To solve this problem, a multi-criterion optimization method was applied. With the help of this method, the optimization of the compositions of the coal charge containing as one of the component dense fraction of low-carbon coal. Also, using the above optimization method allowed to obtain the optimal range of values of the study factors, which simultaneously satisfies the three optimization parameters with a sufficiently large (90%) degree of significance of the results.

Keywords: low-carbon coal, dense fraction, multicriteria optimization, optimization parameters.

Якість спікливого вугілля, що одержують коксохімічні підприємства постійно знижується, а недостатні знання про склад органічної маси вугілля не дозволяють уніфікувати принципи щодо складання вугільних шихт для отримання кінцевого продукту із заданими властивостями - металургійного коксу [1].

В даний час проводяться дослідження щодо вивчення структури, як органічної маси так і мінеральної складової які забезпечують якісні характеристики. Сучасні уявлення про структурну організацію вугілля дозволяють встановити кореляційну залежність з її фізико-хімічними властивостями. Проведені дослідження можуть дозволити встановити фундаментальні закономірності формування структури органічної маси при метаморфізмі, що відкриє нові напрямки для переробки вугілля і, отже, його ефективного використання [2].

Дослідження [3, 4] які були направлені на вивчення структури і властивостей густинних фракцій слабкоспікливого низькометаморфизованого вугілля дозволяють стверджувати про можливість використання окремих фракцій вугілля марки ДГ в шихті для коксування і отримання металургійного коксу заданих властивостей. Але, для використання отриманої густинної фракції треба провести дослідження які дозволять використовувати її як компонент вугільної шихти та отримати кокс з властивостями що задовольнятимуть споживача.

Таким чином, в роботі проводилось вивчення впливу домішки густинної фракції вугілля марки

ДГ на показники якості коксу отриманого з вугільної шихти з додаванням фракції слабкоспікливого вугілля.

В якості вхідних параметрів для дослідження використовували раніше отримані статистичні моделі [5]. Ці моделі отримали за допомогою методу планування експерименту «Центральному ортогональному плануванню» [6, 7]. Проведенні дослідження та отримані при цьому поверхні та статистичні рівняння не дозволяють в повній мірі оцінити оптимальні області, що задовольняють одночасно три параметри оптимізації.

На підставі цього було прийнято рішення провести багатокритеріальну оптимізацію. Вказаний метод дозволяє оцінити область оптимальних значень яка задовольнить одночасно усі параметри оптимізації.

На початку та за для реалізації оптимізації попередньо отримані рівняння [3] були переведені в натуральний вигляд де параметр оптимізації (X1) - вміст добавки густинної фракції вугілля марки ДГ у вугільній шихті позначений у вигляді змінної V; а параметр оптимізації (X2) - гранулометричний склад густинної фракції вугілля марки ДГ у вугільній шихті позначений у вигляді змінної G.

Підставивши запропоновані змінні, а також представивши рівняння у вигляді функцій які залежать від змінних і спростивши вираження, отримані вирази матимуть вигляд:

Для параметра оптимізації «Структурна міцність»

$$F_1(V, G) = 85,42 + 1,46V - 0,84G - 0,1V^2 + 5,8 \cdot 10^{-3}G^2; \quad (1)$$

Для параметра оптимізації «Абразивна твердість»

$$F_2(V, G) = 1,71 + 2,5 \cdot 10^{-2}V - 2,23 \cdot 10^{-2}G - 1,68 \cdot 10^{-3}V^2 + 1,5 \cdot 10^{-4}G^2; \quad (2)$$

Для параметра оптимізації «Горючість»

$$F_3(V, G) = 0,18 - 2,2 \cdot 10^{-4}V - 3,83 \cdot 10^{-3}G - 1,4 \cdot 10^{-5}VG + 1,01 \cdot 10^{-4}V^2 + 2,4 \cdot 10^{-5}G^2; \quad (7.9)$$

Для визначення оптимальної області яка задовольняє одночасно трьом представленим рівнянням, спочатку було проведено обчислення значень кожної з представлених функцій. Розрахунки проводились в діапазоні значень де проводився розрахунок центрального композиційного ортогонального планування.

Отже:

для процентного вмісту густинної фракції слабкоспечене вугілля марки ДГ, як фактора діапазон значень був використаний  $V = 5 \div 15\%$ ;

для гранулометричного складу густинної фракції вугілля марки ДГ, як фактора діапазон значень був використаний  $G = 70 \div 90\%$ .

При цьому крок дорівнював:

для відсоткового вмісту густинної фракції слабкоспівливого вугілля марки ДГ,  $V = 0,5\%$ ;

для гранулометричного складу густинної фракції вугілля марки ДГ,  $G = 1\%$ .

В результаті проведеного розрахунку були отримані дані за якими будували прямокутні матриці, які мають загальний вигляд для всіх параметрів оптимізації, представлений рівнянням 4.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1i} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{j1} & \dots & a_{ji} \end{pmatrix} \quad (4)$$

Далі проводилося масштабування отриманих даних кожної з матриць і окремо взятого параметра оптимізації, тобто було проведено нормування від мінімального до максимального значення так, щоб оптимальні значення дорівнювали нулю. Зазначені вище розрахунки проводилися за рівняннями 5 і 6 в залежності від характеру поверхні яка описувалась.

Для випуклих поверхонь, описаний статистичними рівняннями 1 і 2 розрахунок проводився за рівнянням:

$$a'_{ij} = \frac{\max a_{ij} - a_{ij}}{\max a_{ij} - \min a_{ij}} \quad (5)$$

Для увігнутої поверхні, описаної статистичним рівнянням 3 розрахунок проводився за рівнянням:

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij} - \max a_{ij}}{\max a_{ij} - \min a_{ij}} \quad (6)$$

;

Де в рівняннях 5 і 6:

$a'_{ij}$  - розраховане значення матриці в кодованому вигляді, тобто отримані значення знаходяться в межах від 0 до 1;

$a_{ij}$  - значення вихідної матриці в певній комірці;

$\max a_{ij}$  - максимальне значення у вихідній матриці;

$\min a_{ij}$  - мінімальне значення у вихідній матриці.

За отриманими даними будувалась окрема матриця. Розрахунок проводився шляхом порівняння результатів попереднього обчислення. Тобто вводився коефіцієнт значимості і визначалась кількість точок на векторному просторі які задовольняють введеному критерію одночасно за трьома статистичними рівняннями.

Провівши розрахунки з рівнем значимості 90%, тобто значення функцій параметрів оптимізації відрізнялися від оптимальних не більше ніж на 10%, була отримана область оптимальних значень яка представлена на рисунку 1.

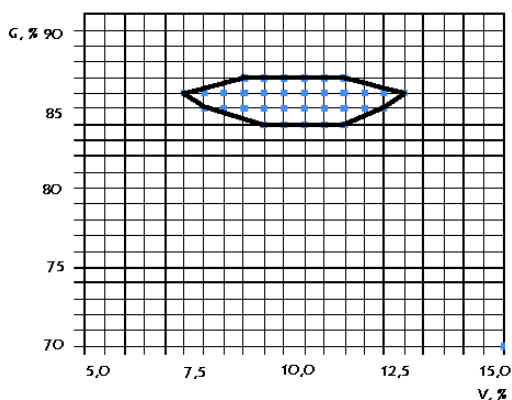


Рисунок 1 Векторний простір визначення оптимальних значень при 90% оцінці значимості

З отриманих результатів розрахунку багатокритеріальної оптимізації видно, що оптимальним вмістом густинної фракції слабоспівного вугілля марки ДГ у вугільній шихті складає від ~ 7,5% до ~ 12,5% тобто оптимальним вмістом є 10% домішки.

Область оптимальних значень для гранулометричного складу має менший діапазон значень на відміну від попереднього фактора і знаходиться в межах від ~ 84% до ~ 86%. Зсування оптимальних значень відносно центру плану в область більш тонкого помелу говорить про те, що менші частинки густинної фракції слабоспівного вугілля марки ДГ мають в своєму складі менше домішок органічних сполук які не відносяться по густині до даної густинної фракції.

Таким чином, результати розрахунку оптимальних значень одночасно за трьома параметрами оптимізації показали, що оптимальним вмістом густинної фракції слабоспівного вугілля марки ДГ є 10% при відносно високому вмісті часток <3 мм ~ 85%.

Співвідношення величин факторів забезпечує необхідну якість як за показниками міцності, так і за показниками хімічної активності в реакційному просторі.

Отже, застосування густинної фракції слабоспівного вугілля марки ДГ в необхідній кількості дозволить вирішувати питання щодо розширення сировинної бази коксування із забезпеченням необхідної якості продукції, яка випускається.

#### Бібліографічний список

1. Старовойт А.Г. Состояние и перспективы рынка кокса Украины / А.Г. Старовойт // Черная металлургия. 2009. № - 11. 32 – 36с.
2. Кабак Т.А. Изучение свойств слабоспекающегося угля марки ДГ/Т.А.Кабак // Теория и практика металлургии. – 2013. - №3 – 4. – С.15-17.
3. Кушнарѡва Т.А. Розробка технологічних способів застосування слабо співного вугілля для розширення сировинної бази коксування \ дис.. канд.. тех.. нау. 05.17.07 – хімічна технологія палива і паливно-мастильних матеріалів. НМетАУ. Дніпро. 2018. с.131.
4. Гагарин С.Г. Теоретические основы использования фракций угля различной плотности для сжигания / С.Г. Гагарин, А.М. Гюльмалиев // Кокс и химия. 2009. – № 1. – с.22-30.
5. Старовойт А.Г. Аналітичне визначення раціональної кількості слабо співного вугілля марки ДГ в шихті для одержання коксу заданих властивостей / А.Г.Старовойт, Є.Л.Сорокін, Т.О.Шумейко // Теория и практика металлургии. – 2019. - № 1. – С. 93-96.
6. Пинчук С.И. Организация эксперимента при моделировании и оптимизации технических систем: учебное пособие. – Днепропетровск:ООО Независимая издательская организация «Дива», - 2008, -248 с.
7. Барский В.Д. Практический математико-статистический анализ в коксохимии. / В.Д. Барский, Л.А.Качан. – М: Металлургия, - 1975, - 184 с.

#### Reference

1. Starovojt A.G. Sostoyanie i perspektivy rinka koksa Ukrainy / A.G. Starovojt // Chernaya me-tallurgiya. 2009. № - 11. 32 – 36s.
2. Kabak T.A. Izuchenie svojstv slabospekayushegosya uglya marki DG/T.A.Kabak // Teoriya i praktika metallurgii. – 2013. - №3 – 4. – S.15-17.
3. Kushnarova T.A. Rozrobka tehnologichnih sposobiv zastosuvannya slabko spiklivogo vugillya dlya rozshirenniya sirovinnoyi bazi koksuвання \ dis.. kand.. teh.. nau. 05.17.07 – himichna tehnologiya paliva i palivno-mastilnih materialiv. NMetAU. Dnipro. 2018. s.131.
4. Gagarin S.G. Teoreticheskie osnovi ispolzovaniya frakcij uglya razlichnoj plotnosti dlya szhiganiya / S.G. Gagarin, A.M. Gyulmaliev // Koks i himiya. 2009. – № 1. – s.22-30.
5. Starovojt A.G. Analitichne viznachennya racionalnoyi kilkosti slabko spiklivogo vugillya marki DG v shihti dlya oderzhannya koksu zadanih vlastivostej / A.G.Starovojt, Ye.L.Sorokin, T.O.Shumejko // Teoriya i praktika metallurgii. – 2019. - № 1. – S. 93-96.
6. Pinchuk S.I. Organizaciya eksperimenta pri modelirovanii i optimizacii tehnicheskikh sistem: uchebnoe posobie. – Dnepropetrovsk:ООО Независимая издателская организация «Дива», - 2008, -248 s
7. Barskij V.D. Prakticheskij matematiko-statisticheskij analiz v koksohimii. / V.D. Barskij, L.A.Kachan. – M: Metallurgiya, - 1975, - 184 s.

Стаття поступила: 12.06.2019