

*к.т.н. Левченко О.О.,
к.т.н. Левченко Е.П.,
к.э.н. Зинченко А.М.
(ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)*

ЗАСТОСУВАННЯ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВНОГО ПІДХОДУ ДО ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДРОБЛЕННЯ В ОДНОВАЛКОВІЙ ЗУБЧАСТІЙ ДРОБАРЦІ

За допомогою об'єктно-орієнтованої середовища програмування Visual Basic створено програмний продукт та теоретично досліджено вплив основних параметрів одновалкової зубчастий дробарки з застосуванням багатofакторного дослідження.

Ключові слова: *програма, одновалкова зубчаста дробарка; агломераційний спік, середовища програмування, багатofакторні дослідження, процес дроблення.*

С помощью объектно-ориентированной среды программирования Visual Basic создан программный продукт и теоретически исследовано влияние основных параметров одновалковой зубчатой дробилки с применением многофакторных исследований.

Ключевые слова: *программа, одновалковая зубчатая дробилка; агломерационный спек, среда программирования, многофакторный эксперимент, процесс дробления.*

Проблема та зв'язок з науковими та практичними задачами. Подання агломераційного спіку на дроблення в одновалкову зубчасту дробарку на виробництві здійснюється традиційним шляхом, а саме його зісковзуванням по направляючій поверхні більш холодною стороною вгору під дію зубців ротора [1]. Такий спосіб завантаження призводить до того, що руйнування суцільного пирогу агломерату на окремі фрагменти відбувається не досить ефективно, бо більш розігріта нижня поверхня відіграє роль своєїрідної буферної подушки, при цьому енергія накладання зусиль на агломерат частково розсіюється на деформування його розпеченої основи [2], температура якої при цьому досягає 800 °С.

Аналіз досліджень та публікацій. Вивченню руйнування агломераційного пирога з більш гарячої сторони у літературних джерелах достатньої уваги не приділяється. Однак, відомо, що перевага руйнування агломерату з "гарячої" сторони є в тому, що при достатній площі

контакту зубців з пластичною масою не відбувається перездрібнення аглопірогу поблизу місця контакту [3], що стабілізує утворення повернення. Крім того, при значній кількості розплава у спеку у разі розповсюдження повздовжньої хвилі виникає гідравлічний удар, що передає послаблений, але достатній ударний імпульс, який забезпечує руйнування охолодженої маси пирога, що затверділа. При цьому може виникати торкретування розплаву на елементи дробарки. Таким чином, подання агломераційного пирогу на дроблення більш нагрітою стороною вгору є перспективним, а можливість реалізації цього доведено дослідженнями, проведеними в Донбаському державному технічному університеті за темою 148-ДБ „Наукове обґрунтування та оптимізація технологічного процесу дроблення агломерату”, на що вказувалося раніше [4-6].

Постановка задачі. Визначення оптимальних параметрів технологічного процесу одновалкової зубчастої дробарки є важливим та одночасно достатньо нелегким завданням отримання більш повної наукової інформації про процес подання гарячого агломерату більш нагрітою стороною вгору за рахунок математичного моделювання цього процесу. Вирішення такої задачі на базі застосування теорії багатофакторних досліджень може спрощуватися застосуванням спеціального програмного забезпечення. Тому головним завданням вирішення проблеми вивчення процесу є створення програмного продукту, направлено на розрахунок математичної моделі процесу, що описується, з метою підвищення зручності та рівня візуалізації розрахунків за допомогою об'єктно-орієнтованої середовища програмування.

Викладення матеріалу та його результати. Для спрощення виконання розрахунків згідно завдань досліджень розроблено комп'ютерну програму за допомогою об'єктно-орієнтованої середовища програмування Visual Basic (рис. 1) [7]. За функцію мети приймалася мінімальна відстань до упору, яка гарантує перекидання агломераційного пирогу за рахунок накопичення ним достатньої кінетичної енергії. Необхідні параметри, що закладаються у наведену форму, задаються відповідно вектору цільової функції з врахуванням реальних можливостей виробництва. При цьому величини змінних задаються не произвольно, а у строгій відповідності до матриці планування багатофакторного дослідження, а саме центрального композиційного ротатабельного уніформ планування другого порядку, відповідно інтервалам варіювання незалежних факторів [8].

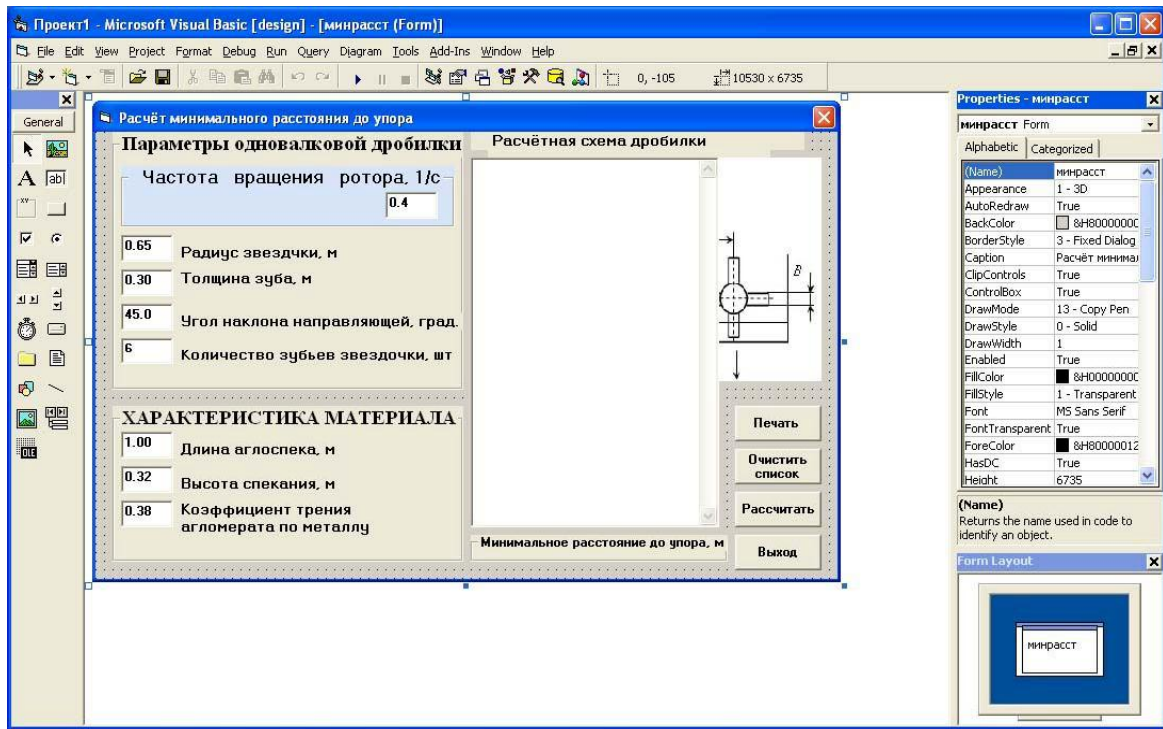


Рисунок 1 – Вікно розробки проекту програми розрахунку мінімальної відстані у середі Visual Basic

На рисунку 2 наведено вікно вже готової для використання програми, що зкомпільована в виконавчий exe-файл, яку можна застосовувати для розрахунку наведеної задачі розрахунку та багатьох інших параметрів дробарки.

Багатофункціональне застосування розробленої програми досягається наявністю в інтерфейсі стандартних об'єктів, як для введення необхідної інформації, так і для виведення результатів, що розраховуються. Так у якості початкових змінних параметрів, що характеризують устрій одновалкової зубчастої дробарки передбачено введення радіусу зірочки (для дробарки СМД -1 складає 1200 мм; СМД-2 – 1300 мм), товщини зуба зірочки ротора (залежить від конструктивного виконання), кута нахилу похилої направляючої, по якій здійснюється сходження агломераційного пирога при знатті його ножом з палети, а також враховується кількість зубів зірочок (в реальному виробництві розповсюджено 4 зуби, але є дані про виконання кількості зубів на зірочці від двох до шести). Також задається кутова частота обертання валу ротора дробарки, яка безпосередньо здійснює значний вплив на розміри шматків, що отримуються при дробленні та задає продуктивність машини.

Для полегшення сприймання параметрів, що описані вище передбачено схематичний малюнок процесу подання, перевертання та дроблення агломерату у дробарці. На цій схемі позначено основні геометричні параметри: h - висота спікання, L – довжина агломераційного спіку (довжина спікального візка), α – кут нахилу похилої направляючої, R – радіус зірочки та B – товщина зуба зірочки. Ця схема присутня тільки у момент введення у програму вхідних даних, а при натисканні на кнопку "розрахувати" вона зникає. Замість цього з'являється поле виведення розрахованих даних, які натисканням кнопки "роздрукувати" можна вивести на паперовий носій за допомогою принтеру.

Для варіювання характеристиками матеріалу передбачено введення таких величин, як довжина агломерату, висота спікання та коефіцієнт тертя агломерату по сталі, бо ці параметри можна змінювати в залежності від умов виробництва, якості залазорудної сировини та т.і.

В цілому програма, що наведена, має дружній інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і може використовуватися користувачем електронно-обчислювальної машини з програмною середою Windows різних версій, що є її перевагами.



Рисунок 2 – Програма розрахунку мінімальної відстані у готовому вигляді

За допомогою даних, що були розраховані наведеною програмою та на засаді теорії багатофакторних досліджень отримана адекватна поліноміальна модель другого порядку у кодованій формі [9]:

$$y = 0,445 - 0,095x_1 + 0,219x_2 - 0,104x_3 - 0,091x_1x_2 + 0,069x_1x_3 - 0,089x_2x_3 + 0,023x_1^2 + 0,036x_2^2 + 0,039x_3^2$$

Приватні (двомірні) рішення математичної моделі у кодованій формі:

$$y_1(h) = 0,212 + 0,058x_1 + 0,023x_1^2, \text{ (при } x_2(L) = x_3(\alpha) = -1,682);$$

$$y_2(h) = 0,445 - 0,095x_1 + 0,023x_1^2, \text{ (при } x_2(L) = x_3(\alpha) = 0);$$

$$y_3(h) = 0,598 - 0,132x_1 + 0,023x_1^2, \text{ (при } x_2(L) = x_3(\alpha) = 1,682);$$

$$y_4(L) = 1,15 + 0,522x_2 + 0,036x_2^2, \text{ (при } x_1(h) = x_3(\alpha) = -1,682);$$

$$y_5(L) = 0,445 + 0,219x_2 + 0,036x_2^2, \text{ (при } x_1(h) = x_3(\alpha) = 0); \quad (3)$$

$$y_6(L) = 0,480 - 0,084x_2 + 0,036x_2^2, \text{ (при } x_1(h) = x_3(\alpha) = 1,682);$$

$$y_7(\alpha) = 0,147 - 0,070x_3 + 0,039x_3^2, \text{ (при } x_1(h) = x_2(L) = -1,682);$$

$$y_8(\alpha) = 0,445 - 0,104x_3 + 0,039x_3^2, \text{ (при } x_1(h) = x_2(L) = 0);$$

$$y_9(\alpha) = 0,563 - 0,138x_3 + 0,039x_3^2, \text{ (при } x_1(h) = x_2(L) = 1,682).$$

При переході до натуральних значень факторів використовувалися залежності [8]: $x_1=(h-0,38)/0,07$; $x_2=(L-0,75)/0,15$; $x_3=(\varphi_2-52,5)/4,46$, які підставлялися у відповідні вирази. В натуральному (розкодованому) вигляді математична модель має такий вигляд:

$$s_0 = 4,778 - 10,031h - 13,799L - 0,213\varphi_2 - 8,667hL + 0,217\varphi_2h - 0,133L\varphi_2 + 4,694h^2 + 16L^2 + 0,002\varphi_2^2.$$

Приватні (двовірні) рішення математичної моделі у натуральній формі наведено нижче:

$$s_{01}(h) = 0,227 + 0,569h + 4,694h^2, \text{ (при } L = 0,498 \text{ м; } \alpha = 45^\circ\text{);}$$

$$s_{02}(h) = -0,197 - 1,357h + 4,694h^2, \text{ (при } L = 0,750 \text{ м; } \alpha = 52,5^\circ\text{);}$$

$$s_{03}(h) = 0,670 - 1,886h + 4,694h^2, \text{ (при } L = 1,000 \text{ м; } \alpha = 60,0^\circ\text{);}$$

$$s_{04}(L) = 2,860 - 3,480L + 1,600L^2, \text{ (при } h = 0,262 \text{ м, } \alpha = 45,0^\circ\text{);}$$

$$s_{05}(L) = -1,550 + 1,460L + 1,600L^2, \text{ (при } h = 0,380 \text{ м, } \alpha = 52,5^\circ\text{);}$$

$$s_{06}(L) = -0,560 + 1,600L^2, \text{ (при } h = 0,498 \text{ м; } \alpha = 60,0^\circ\text{);}$$

$$s_{07}(\alpha) = -4,433 - 0,016\alpha + 0,002\alpha^2, \text{ (при } h = 0,262 \text{ м, } L = 0,498 \text{ м);}$$

$$s_{08}(\alpha) = -3,735 - 0,023\alpha + 0,002\alpha^2, \text{ (при } h = 0,380 \text{ м, } L = 0,750 \text{ м);}$$

$$s_{09}(\alpha) = -3,217 - 0,0316\alpha + 0,002\alpha^2, \text{ (при } h = 0,498 \text{ м, } L = 1,000 \text{ м).}$$

Найменше значення шляху, який пройдено аглоспіком дорівнює 0,171 м, що гарантує його перевертання, відповідає таким оптимальним параметрам: висота пирогу $h=0,38$ м; довжина пирогу $L=0,5$ м; кут нахилу направляючої $\varphi_2=52,5^\circ$. Таким чином, при вказаних величинах можливе забезпечення подання аглопирогу у дробарку в діючих умовах.

Висновки та напрямки подальших досліджень.

1. На засаді об'єктно-орієнтованої середі програмування Visual Basic створено програмний продукт для розрахунку функції мети з застосуванням теорії планування багатofакторних досліджень.

2. Досліджено вплив основних параметрів одновалкової зубчастої дробарки на функцію мети та отримано поліноміальні математичні моделі другого порядку залежності мінімальної відстані від довжини пирогу, його висоти та кута нахилу похилої направляючої у кодованому та у натуральному вигляді.

3. Оптимальні параметри процесу подання агломераційного спіку на дроблення більш нагрітою стороною вгору відповідають висоті пирогу $h=0,38$ м; довжині пирогу $L=0,5$ м; куту нахилу направляючої

$\varphi_2=52,5^\circ$. При цьому мінімальна відстань, що необхідна для перевертання пирога буде відповідати мінімальному значенню 0,171 м.

При подальших дослідженнях планується вивчення компромісного впливу різних функцій відгуку. Отримані результати сприяють оптимізації технологічного процесу дроблення агломерату, що позитивно впливає на його фракційний склад, підвищуючи його стабільність у заданих границях крупності.

Бібліографічний список

1. В.П. Жилкин, Д.Н. Доронин. Производство агломерата. Технология, оборудование, автоматизация. Екатеринбург: Уральский центр ПР и рекламы, 2004. – 292 с.

2. Левченко О.А. О некоторых технологических аспектах дробления агломерата / О.А. Левченко, В.А. Галич // Сб. научн. тр. ДонГТУ. Вып 23. – Алчевск: ДонГТУ, 2006. - С 251 – 256.

3. Борискин И.К. Интенсивная механическая обработка агломерата. Теория, оборудование, технология / И.К. Борискин, Г.А.Арыков, А.Н. Пыриков - М.: МИСИС, 1998. -248 с.

4. Левченко О.А. Анализ условий переворачивания аглоспека / О.А. Левченко, В.А. Галич // Сб. научн. тр. ДонГТУ. Вып 24. – Алчевск: ДонГТУ, 2006. - С 284 – 290.

5. Патент на корисну модель 17859 МПК⁷ В 02 С 4/10. Спосіб подання агломерату в одновалкову зубчасту дробарку / Левченко О.О, Галич В.А, Алтухов В.М., Левченко Е.П.; заявник і патентовласник ДонГТУ. - № и200604337; аявл. 18.04.06; опубл. 16.10.06; Бюл. № 10.

6. Научное обоснование и оптимизация технологического процесса дробления агломерата. Отчет о НИР (заключительный) 148-ГБ/Донбасский государственный технический университет; рук Левченко Э.П.; исп. Левченко О.А. [и др.], - Алчевск, 2008. - 318 с. № ГР 0207U008783.

7. Microsoft Visual Basic 6.0 для профессионалов. Шаг за шагом: Практик. пособ. / Пер с англ. – М. – ЭКОМ, 1999. – 720 с.

8. Сидоров В.А. Моделирование влияния параметров аглопирога и наклонной направляющей на возможность переворачивания аглоспека / В.А. Сидоров, О.А. Левченко // Металлургические процессы и оборудование. – 2008. № 2. – С. 38 – 41.

9. Левченко О.О. Підвищення ефективності дроблення агломерату шляхом удосконалення конструктивних параметрів одновалкової зубчастої дробарки: Автореферат канд. дис. / О.О. Левченко. – Донецьк, 2009. – 20 с.

Рекомендовано до друку д.т.н., проф. Луценко В.А.