



Рис. 2. Мнемосхема процесу коксування нафтових залишків

На рис. 3 представлено мнемосхему, що моделює технологічний процес виплавки чавуну. При цьому анімовано наступні етапи процесу:

змішування;	гідроочищення;
пилоочищення;	електроочищення;
нагріву;	видування;
виплавки.	

Рис. 3. Мнемосхема процесу виплавки чавуну

У цілому при моделюванні технологічних процесів хімічного виробництва в середовищі Graphworx32 вдалося отримати комп'ютерні моделі, що адекватно відображають динаміку зміни основних параметрів. Graphworx32 включає програму для роботи з вбудованою бібліотекою символів об'єктно-орієнтованої технологічної графіки, яка може бути розширена користувачем. Оскільки

час оновлення графічної інформації в середовищі Graphworx32 складає 50 мс, в процесі моделювання не виникало проблем з відображенням під час протікання основних етапів розглянутих вище технологічних процесів хімічного виробництва.

Висновки. Показано, що за допомогою однієї з базових властивостей SCADA - системи Genesis32 - засобів візуалізації у вигляді додатку GraphWorX32, створені адекватні моделі основних етапів технологічних процесів облагороджування бензину, виплавки чавуну та коксування нафтових залишків.

Встановлено, що відображення динаміки, яка відбувається в ході технологічних процесів, можливо не тільки в чисельному вигляді, за допомогою відображуючих приладів або графіків, але й за допомогою зміни кольорових відтінків об'єктів, що підвищує інформативність мнемосхем.

Підтверджено можливість візуалізації всіх функціональних залежностей, що математично описують основні етапи технологічних процесів у вигляді графіків і числових показань в режимі реального часу.

Моделювання основних етапів технологічних процесів, що розглядаються, в середовищі GraphWorX32 не накладає жодних часових обмежень на моделі.

Список літератури

1. **Соколов Р. С.** Химическая технология: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений: В 2 т. - М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. - Т. 2: Metallurgical processes. Pererabotka khimicheskogo topliva. Proizvodstvo organicheskikh veshchestv i polimernykh materialov. - 448 с.
2. **Губинский В.И.** Metallurgical furnaces / В.И. Губинский // НМетАУ, 2006г. – 85 с.
3. Промышленные печи. Том 2/Тринкс В., 1961г. – 392 с.
4. **Свинолобов Н.П.** Печи черной металлургии: Учебное пособие для вузов / **Н.П. Свинолобов, В.Л. Бровкин** // Пороги, 2004г. – 157 с.
5. **Бельский В.И.** Промышленные печи и трубы / **В.И. Бельский, Б.В. Сергеев** // Стройиздат, 1974г. - 301 с.
6. Scada. ru - Публикации - SCADA - системы: взгляд изнутри // URL: <http://www.scada.ru/publication/book/preface.rtfml>
7. ТРЕЙС МОУД - интегрированная SCADA – и softlogic-система для разработки АСУТП // URL: <http://adastra.ru/ru/tm/tm5/>

Рукопис подано до редакції 13.03.12

УДК 622.7: 539.16

Н.В. КУШНІРУК, канд. техн. наук, доц., А.В. КУКЛА, магістрант
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

РАДИОМЕТРИЧНЕ ЗБАГАЧЕННЯ УРАНОВИХ РУД

Розглянуто можливість отримання високоякісного уранового концентрату радіометричним методом збагачення руд України. Дана технологія дозволить повністю забезпечити країну в урановій сировині.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Суттєвим елементом енергетичної незалежності будь-якої країни є забезпечення енергоносіями. Загальносвітова криза в сфері енергетики, не могла не зачепити економіку України. У зв'язку з розвитком атомної енергетики, роль урану, як одного з найважливіших видів енергетичної сировини, неухильно зростає. Ймовірно подальше зростання дефіциту і цін на викопне органічне паливо обумовлює підвищення конкурентоздатності урану, як енергоносія [3].

Основні запаси урану (90 %) зосереджені в 10 країнах, з них - в Австралії (1074 тис. т), Казахстані (606,7 тис. т) і Канаді (443,8 тис. т). Усі запаси разом становлять понад 50 % світових. На долю Австралії припадає понад чверть всіх запасів, собівартість видобутку 97 % яких менше 40 дол/кг. До цієї категорії відносяться 67 % запасів Казахстану, 84 % - Канади, 77 % - Нігеру і 100 % запасів Узбекистану. У Росії вони становлять 46 %. За оцінками експертів, найбільшими запасами урану в світі володіє Австралія - 27% загальносвітового об'єму (3,537 млн т) [4].

В Україні видобування власного природного урану становить 500-800 т на рік, що забезпечує лише незначну частину загальних потреб (2,8 тис.т урану на рік) вітчизняної ядерної промисловості. Решту Україна купує в Росії, але до 2015 р. має намір на 100 % забезпечити себе власним ураном [2].

Відомості про розвідані запаси урану, а також їх поповнення та вичерпання, надані Всесвітньою ядерною асоціацією, свідчать, що світовий річний видобуток урану становить приблизно 35-37 тис. т (близько 55 % поточних потреб). Річне видобування урану в країнах представлено у табл. 1. Решта цієї сировини поповнюється за рахунок складських запасів (конверсійний уран), проте вже до 2015 р. ці додаткові джерела буде вичерпано. За прогнозами МАГАТЕ, річна потреба АЕС в урановій сировині до 2050 р. зросте до 177 тис. т (середній варіант), або навіть 283 тис. т (високий варіант). Навіть при середньому варіанті сумарна потреба ядерної енергетики за 50 років складе 5,35 млн т урану [5].

Таблиця 1

Річне виробництво урану по країнам в 2003 р.

Країна	Тон урану	% світового видобутку
Канада	10457	29,2
Австралія	7572	21,2
Казахстан	3300	9,2
Росія	3150	8,8
Нігер	3143	8,8
Намібія	2036	5,7
Узбекистан	1770	4,9
Сполучені Штати Америки	846	2,4
Україна	800	2,2
Південна Африка	758	2,1
Китай	750	2,1
Чеська Республіка	345	1,0
Бразилія	310	0,9
Індія	230	0,6
Германія	150	0,4
Румунія	90	0,3
Пакистан	45	0,1 %
Аргентина	20	0,1 %
Загальна світова кількість	35772	100,0 %

Україна належить до провідних урановидобувних країн світу, запаси її оцінюються в 366 тис. т, розвідані запаси - у 31 тис. т урану із собівартістю видобування кілограму 40-80 доларів США. На території України знаходиться одна з найбільших у світі урановорудних провінцій. Уранові родовища розташовані в основному в межах Кіровоградської області, які зображені на рис. 1. За досить низького вмісту урану в рудах, родовища України мають низку особливостей, які забезпечують конкурентну здатність виробленого уранового концентрату:

великі розміри уранових покладів, що дозволяє застосовувати високопродуктивні системи видобутку;

висока міцність вміщуючих порід, що дозволяє проходити гірничі виробки без кріплення та проходити очисні блоки великих обсягів;

невеликі водні притоки до гірничих виробок;

досить прості заходи радіаційного захисту завдяки невеликому вмісту урану в рудах.

Основні запаси урану (близько 200 тис. т) зосереджені в Кіровоградському урановорудному районі, оцінювані запаси становлять понад 100 тис.т з яких більше половини рентабельні; а також у Центральнорудному урановорудному районі. Родовища Побузького уранового району відпрацьовані в 1990-ті роки. В експлуатації знаходяться Ватутінське і Мічуринське родовища, Северинівське - в резерві. Деякі родовища знаходяться в стадії розвідки.

Найперспективнішим є Новокостянтинівське родовище (с. Олексіївка, Маловискіський р-н). Його запаси оцінюють як найбільші в Європі і їх вважають п'ятими в світі за потужністю. Експерти стверджують, що розробка Новокостянтинівського родовища з запасами урану в 100-150 тис.т із розрахунку на збагачену сировину дозволить Україні зайняти 2-е місце серед урановидобувних країн світу, і дійшли висновку, що Україні вистачить урану на 100 років для 20 реакторів за рахунок ресурсів Кіровоградщини.

В Україні також вирішується питання поліпшення технології видобування урану з наявних руд - екологічно чистої технології з підвищеним виходом урану. Доведені запаси природного урану в Україні дозволяють забезпечити потреби діючих АЕС більш ніж на сто років, а в разі переходу на використання реакторних установок на швидких нейтронах потенціал вітчизняних уранових запасів збільшиться у 60-70 разів.



Рис. 1. - Схема розташування діючих та перспективних уранових родовищ

Наявність найбільших в Європі покладів уранової руди дасть можливість Україні до кінця XXI століття впевнено розвивати атомну енергетику. На розвиток урановидобувних потужностей і збільшення видобутку уранової сировини. Але в зв'язку з тим, що на території України уранові руди представлені в основному рядовими та бідними рудами, та враховуючи те, що уранові руди не утворюють великих покладів, тобто вони розсіяні по

певній території, та відокремлені порожніми породами та рудою з забалонсовим вмістом урану, виникає необхідність удосконалення технологій збагачення та підготовчих процесів що приведе до зменшення витрат на виготовлення уранового концентрату [2].

Аналіз досліджень і публікацій. У зарубіжній практиці збагачення урану для радіометричного збагачення руди були розроблені машини, що мають обмежене використання. Лише на чотирьох закордонних заводах (США, Франції, Канаді, Австралії) застосовується радіометричне збагачення [6].

На канадському заводі «Біверлодж» сортувальна машина системи Келлі та Хантера сортує руду крупністю +7,5мм. Продуктивність таких машин 15-25 т/год. Вихід хвостів з середнім вмістом 0,025 % урану складає 50-60 % класів що проходять сортування. У відвальні хвости спрямовують 17 % по масі руди; 2 % урану втрачають з хвостами.

На французькому заводі у Бессіні для безперервного радіометричного збагачення бідної руди крупністю +50 мм використовуються стрічкові машини. Завдяки радіометричному сортуванню у хвости вдалося вилучити біля 40000 т порожньої породи на рік з вмістом урану менше 0,01 %, що складає біля 10 % руди, що подається на завод для переробки. Продуктивність машин 50 т руди на годину.

При подальшому дослідженні по підвищенню чутливості датчиків, швидкості та чіткості спрацювання розділяючого механізму були створені нові машини, а саме дві машини типу «Оре Сортєрс МК VIA» для сортування руд крупністю -150÷+50 та -50÷+25 мм відповідно. Принцип дії обох машин майже однаковий.

Постановка завдання. У зв'язку з необхідністю збільшення виробництва уранового концентрату та низьким вмістом корисного компоненту у руді, виникла необхідність вдосконален-

ня схеми збагачення з мінімальними капітальними витратами. Для вирішення поставленої задачі необхідно ввести радіометричне сортування уранової руди.

Викладення матеріалу та результати. Одним з методів збагачення, який має найбільше практичне значення, є метод радіометричного збагачення, заснований на вимірі радіоактивності. Існують три різновиди процесу радіометричного збагачення (сепарації): порційний, поточний, покусковий [1].

Радіометричне збагачення може використовуватись лише як метод попереднього збагачення. Суть його лежить у механічному розподілі кусків або порцій руди, що виділяються з вихідної горної маси, на продукти з різним вмістом урану на основі виміру інтенсивності радіоактивного випромінювання.

Цей розподіл необхідно проводити по відносному вмісту урану, в зв'язку з чим вага окремих кусків або порцій повинна бути незмінною.

Стандартною технологічною схемою радіометричного збагачення є двостадійна схема сортування:

уся гірнична маса завантажена у вагонетки, автотранспорт та інші засоби пересування спрямовується на радіометричну сортувальну станцію (РКС) і залежно від вмісту урану розподіляється на пусту породу, фабричну та багату руду;

послідуюча більш поглиблена покускова сепарація виділених на РКС збагачених сортів руди проводиться на радіометричних збагачувальних фабриках (РЗФ).

На практиці верхня межа крупності руди що проходить сортування на РЗФ складає 300-100 мм, нижня 25-5 мм. Дрібна фракція не підлягає збагаченню на РЗФ, залежно від її характеристики або спрямовується на збагачення іншими методами, або об'єднуються з відповідними продуктами радіометричного сортування та спрямовується на гідрометалургійну переробку.

Присутність кусків, які суттєво відрізняються у розмірах при сортуванні, може негативно відзначитися на процес радіометричної сепарації, тобто призвести до погіршення технологічних показників.

Радіометричне сортування проводиться на сепараторах, влаштування яких у різних країнах різне, але конструктивно вони мають вузли одного і того ж призначення: живильник, обладнання для подачі руди, радіометр, механізм розділу, сортувальний прилад, допоміжне обладнання.

Різниця у конструкції датчика, розмірах та кількості використовуємих датчиків (кристалів), ступеня екранування датчиків від випромінювання, а також у природних флуктуаціях γ -випромінювання приводить до того, що на датчик діє та чи інша доля загальної радіації, яка випромінюється куском при тому чи іншому співвідношенні між корисним сигналом та фоном. У підсумку рудо сортувальні прилади не зовсім вірно визначають вміст урану у даному рудному куску. Це визначення в умовах автоматичного сортування носить не достовірний, а ймовірний характер.

У зв'язку з цим межа вмісту корисного компонента, по якому даний апарат проводить розподіл рудних кусків, у тому чи іншому ступені розмита, і точніше слід говорити про інтервал розподілу. Чим вужче інтервал розподілу, тобто інтервал вмісту, в межах якого куски з той чи іншою ймовірністю можуть спрямовуватись у обидва кінцевих продукти, тим вище розрешаюча здібність автомату.

Кількісно розрешаюча можливість сепаратору уявляє собою різницю між відносним вмістом корисного компонента у рудних кусках рівної маси, що відбираються при однаковому налагодженні у однойменний продукт (концентрат або хвости) з вмістом 95 % та 5 % [7].

Якщо зазначити α_{95} вміст корисного компонента у рудному куску, що відбирається у концентрат з вірогідністю 95 %, а α_5 - вміст у куску, що відбирається з вірогідністю 5 %, то розрешаюча спроможність буде дорівнювати

$$Z = \alpha_{95} - \alpha_5$$

Поріг розрешаючої спроможності Z_0 визначається виразом

$$Z_0 = \frac{330\sqrt{N_{\phi}t} + 272}{qS_{cp}t}$$

де N_{ϕ} - швидкість рахунку фонових імпульсів, імп/с; t - час виміру, с; q - середня маса рудного куска, г; S_{cp} - середня чутливість сепаратору, імп./(с·г) .

Поріг розрешаючої здібності сепаратору в залежності від крупності класу що проходить сортування змінюється від 0,1-0,05 % - на дрібному класі, та до 0,02-0,04 - на крупному класі, що достатньо для якісного сортування радіоактивних руд.

При використанні РЗФ у відвал виходить більше 35 % відвальних хвостів (без урахування хвостів, що виділяються на РКС). З бідних руд вихід відвальних хвостів складає 40-60 %.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Таким чином введення радіометричного сортування дозволить зменшити кількість вихідної сировини що подається на збагачення. Зменшення вихідної сировини відбувається завдяки виділення порожньої породи з загальної кількості вихідної сировини. Завдяки чому зменшуються витрати на перевезення, та подальші підготовчі та збагачувальні процеси, при цьому об'єм уранового концентрату що випускає підприємство залишається незмінним.

Список літератури

1. **Бабак М.И., Кошик Ю.Й., Авдеев О.К., Безродный С.А. и др.** Добыча и переработка урановых руд в Украине // Київ. – АДЕФ-Украина. – 2001. 238с.
2. **Чернов А.П., Уманец М.П.** Стратегия развития атомно-промышленного комплекса Украины // Сборник трудов регионального энергетического форума МИРЭС «Киев-2000». – Киев. 2000. – С. 57-65.
3. **Бабак М.И.** Состояние и перспектива развития производства урана в Украине // «Атомна енергетика та промисловість України» – 1999. – №2 – С.11-13.
4. **Бойцов А.В., Тарханов А.В.** Минерально-сырьевая база и урановая промышленность мира // ВИМС «Минеральное сырьё». – 2000. – №7 – С.38.
5. OttG. „The Global Energy context – Chances and Challenge for the 21st century”. // Международный симпозиум МАГАТЭ по урановому производству цикла и защите окружающей среды. – Вена. 2000. – С. 7-14.
6. **Беккер Е., Босхотен Б., Дженсен Р.** Обогащение урана / перевод с английского И.К. Кикоина / Москва. – Энергоатомиздат. – 1983. 318с.
7. **Галкин Н.П., Тихомиров В.Б.** Основные процессы и аппараты технологии урана // Москва. – Издательство литературы в области атомной науки и техники. – 1961. 219с.

Рукопис подано до редакції 25.02.12

УДК 622.755

О.В. БУЛАХ, канд. техн. наук, З.В. СІРОКЛІН, магістрант
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

Х.У. КОВАЛЬЧУК, канд. техн. наук

Криворізький гірничо-збагачувальний комбінат окислених руд

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРОЦЕСУ КЛАСИФІКАЦІЇ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗБАГАЧЕННЯ МАГНЕТИТОВИХ КВАРЦИТІВ

Розглянуто питання підвищення якості магнетитового концентрату з використанням контрольної класифікації зливу спірального класифікатора та окремого збагачення зернистої та шламистої частин.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Одним з актуальних питань на даний час є підвищення якості концентратів на гірничо-збагачувальних комбінатах. Робота гірничо-збагачувальних комбінатів, що переробляють залісті кварцити, у сучасних ринкових умовах потребує удосконалення техніки та технології переробки залізородної сировини з отриманням товарної продукції потрібної якості та високої рентабельності. Виробництво товарної залізородної продукції на гірничо-збагачувальних комбінатах України та країн СНД засновано на переробці тонковкраплених магнетитових руд. При цьому основну кількість магнетитових концентратів отримують методами мокрої магнітної сепарації.

На даний час на фабриках Криворізького залізородного басейну збагачення магнетитових кварцитів здійснюється за технологією, що включає 3-4 стадії дроблення, 3 стадії кульового подрібнення і класифікації, 3-5 стадій магнітної сепарації, 2-3 стадії знешламлення та фільтрацію концентрату.

На вітчизняних фабриках виділення хвостів збагачення проводиться починаючи з першої стадії магнітної сепарації. При цьому з процесу виводиться 35-50% нерудного матеріалу. Характерним для технології збагачення магнетитових кварцитів є застосування розгалужених схем магнітної сепарації, що дозволяє вивести з процесу нерудний матеріал по мірі його розкриття, а також знизити крупність подрібненого матеріалу за рахунок збільшення стадій подрібнення з 2-