

идентифікації і сверхпараметризації моделей.

Друге неудобство в подібному моделюванні - немасштабованість моделей «чорного ящика», т.е., необхідність збору нових навчальних даних в разі зміни об'єкта. Перспективним напрямком є комбінація наведених підходів в складі гібридних моделей, що дозволяє в значительній мірі усунювати вищезазначені недоліки.

Із викладеного можна зробити висновок про те, що основною задачею при синтезі енергоефективного управління технологічними процесами обогатительного виробництва є обґрунтування і розробка методів створення САР в умовах неповної і нечіткої інформації об'єкті управління, що забезпечують необхідне якість її обогачення в відповідності з поточними характеристиками перероблюваного сировини, при максимальній продуктивності технологічної лінії і мінімізації часу, в процесі якого технологічні агрегати працюють поза своїх оптимальних характеристик.

Для математичного опису об'єкта управління в цих умовах цілком природно використовувати стратегію гібридного моделювання, що дозволяє використовувати переваги як аналітичного опису відомих взаємозв'язків, так і методу «чорного ящика» для представлення складноформалізованих складових.

Висновки. Враховуючи всі зазначені фактори, можна утвердити, що проблема застосування технологій штучного інтелекту в горнодобувчій справі зараз є відносно новою і дуже актуальною. Зокрема, це стосується можливості застосування нейронних мереж і нечіткої логіки для управління технологічними процесами дроблення-змельчення і обогачення корисних копалин.

Зокрема інтелектуальні системи за рахунок застосування окремих математичних моделей мислительної діяльності людини, узагальнюючих властивостей, вбудованої нелінійності і адаптивності при забезпеченні певних умов дозволяють вирішувати поставлені завдання.

Список літератури

1. Купін А.І. Інтелектуальна ідентифікація та керування в умовах процесів збагачувальної технології : Монографія / А.І. Купін.- Кривий Ріг: КТУ.-2008.- 204 с.
2. Назаренко В.М. Сучасні інформаційні технології для управління роботою рудником горнообогатительного комбінату / В.М. Назаренко, М.В. Назаренко, С.А. Хоменко, А.І. Купін // Розроб. рудн. месторожд. – Вип. 77.- Кривий Ріг: КТУ, 2002.- С.66-70.
3. Якість мінерального сировини : Сб. научн. трудов. - Кривий Ріг: Мінерал, 2005. - 544 с.
4. Губин Г.В. Парадокси і альтернативи горно-металургічної промисловості з позиції енергопотреблення / Г.В. Губин, В.Г. Губина. - Якість мінерального сировини : Сб. научн. тр. – 2002. - С. 181-188.
5. Розробка нелінійних контролерів типу Takagi-Sugeno для управління технологічними процесами на обогатительних фабриках / [В.С. Моркун, О.В. Поркунян, С.Н. Барський, Т.Г. Сотникова] // Вісник Криворізького технічного університету, 2005. – Вип. 8. - С. 209-212.
6. Подгородецкий Н.С. Енергоефективне адаптивне управління замкнутим циклом змельчення руди на базі гібридної нечіткої моделі / Подгородецкий Н.С.: Автореф. дисс. канд. техн. наук: спец. 05.13.07 «Автоматизація технологічних процесів». – Кривий Ріг, 2011. – 24 с.
7. Мейта А.В. Система моніторингу і управління дробильно-помольним комплексом / Мейта А.В. Автореф. дисс. канд. техн. наук: спец. 05.09.03 – Електротехнічні комплекси і системи – Київ, 2009. – 36 с.
8. Купін А.І. Узгоджене інтелектуальне керування стадіями технологічного процесу збагачення магнетитових кварцитів в умовах невизначеності / А.І. Купін: Автореф. дис. докт. техн. наук. - Кривий Ріг, 2010. - 36 с.

Рукопис надійшов в редакцію 19.03.13

УДК 620.9.004: 658.5

В.В. КОВАЛЕНКО, магістрант, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Розглянуто вторинні енергоресурси, їх ефективність використання і перспектива розвитку на сьогодні.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. У зв'язку зі збільшенням вартості природного газу та електроенергії, зараз для металургійних підприємств України доцільно розглядати вторинні енергоресурси як джерело вирішення даних питань. Так як кількість вторинних енергетичних ресурсів велика, тому їх використання є одним із важливих

напрямів економії ресурсів. Утилізація також пов'язана з капітальними з витратами що робить актуальним необхідність якісної економічної оцінки даної утилізації вторинних енергетичних ресурсів.

Аналіз досліджень і публікацій. Питання використання вторинних енергоресурсів як способу енергозбереження знайшли відображення в наукових працях вчених та інженерів-теплоенергетиків [1-6], що направлені на підвищення ефективності діяльності теплоенергетики, зменшення собівартості виробництва та енергозбереження в цілому.

Постановка завдання. Дослідження поняття вторинних енергоресурсів, ефективність їх використання на підприємствах та зниження собівартості продукції за рахунок зменшення витрат на електричну енергію разом зі зменшенням викидів шкідливих речовин.

Викладення матеріалу та результати. Вторинні енергетичні ресурси це енергетичний потенціал продукції, побічних і проміжних продуктів, що утворюються в технологічних установках, який може бути частково або повністю використаний для енергопостачання. Раціональне їх використання є одним їх найбільших резервів економії палива, що сприяють зниженню паливо-і енергоємності промислової продукції. Вторинні енергетичні ресурси можуть бути затребувані безпосередньо без зміни виду енергоносія або зі зміною виду енергоносія шляхом вироблення тепла, електроенергії, холоду або механічної роботи в утилізаційних установках. По виду енергії вторинні енергетичні ресурси (ВЕР) діляться на горючі (паливні), теплові та надлишкового тиску. Горючі ВЕР - побічні газоподібні продукти технологічних процесів, які можуть бути використані в якості енергетичного або технологічного палива. Теплові ВЕР - фізична теплота основних і побічних продуктів, відхідних газів технологічних агрегатів, а так само систем охолодження їх елементів. ВЕР надлишкового тиску - потенційна енергія газів, що виходять з технологічних агрегатів з надлишковим тиском, яке може бути використане інших видів енергії.

Майже всі галузі народного господарства мають значну кількість паливних і теплових вторинних енергетичних ресурсів, що займають значне місце в їх паливно-енергетичному балансі. Найбільшу кількість теплових вторинних енергоресурсів мають підприємства чорної і кольорової металургії, хімічної, нафтопереробної і нафтохімічної промисловості, промисловості будівельних матеріалів, газової промисловості, важкого машинобудування. Саме в цих галузях широко використовується теплота високого, середнього та низького потенціалів. З майже 90 % теплоти високого потенціалу (> 623 K): близько 33 % йде на плавку, 40 % - на нагрівання і близько 20% - на випал руд і мінеральної сировини. Велика частина теплоти високого потенціалу забезпечується за рахунок спалювання різних видів палива безпосередньо в технологічних установках.

Підприємства важкого, енергетичного і транспортного машинобудування України мають великий потенціал вторинних енергоресурсів у вигляді фізичної теплоти відхідних газів мартенівських, нагрівальних і термічних печей, вагранок, теплоти випарного охолодження печей, теплоти відпрацьованої пари пресів і молотів. Мають вторинні поновлювані енергоресурси і підприємства інших галузей народного господарства. Тому одним з найважливіших завдань вдосконалення будь-якої галузі є виявлення резервів вторинних енергетичних ресурсів, економічно і екологічно обґрунтоване їх використання для цілей виробництва та задоволення потреб побутового споживання. Поряд з підвищенням ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, утилізація вторинних енергетичних ресурсів дозволяє знизити вплив енергопостачання й енергоспоживання на навколишнє середовище. Зокрема, зменшується викид теплових відходів та шкідливих викидів в продуктах згорання.

Використання вторинних енергоресурсів є одним з істотних резервів енергозбереження. Вихід вторинних енергоресурсів залежить від параметрів, при яких протікає процес, його режиму та від конструкції обладнання. Кожна технологічна установка характеризується певним енергетичним ККД, який показує, яка величина підведеної до процесу енергії втрачається. На практиці відбувається постійна боротьба з втратами, використовуються самі різні способи їх скорочення, в тому числі організаційно-технічні, пов'язані з наладкою технологічних процесів і режимів роботи агрегатів, поліпшенням ізоляції технологічного обладнання, трубопроводів гарячої води, і пари. Один із шляхів зниження втрат - використання можливості повернення частини втрат енергії безпосередньо в той процес, в якому вони утворюються. Численні дослідження підтверджують енергетичну та економічну ефективність регенерації та рекуперації

енергії. Після цього залишаються тільки втрати, які за даною технологією при існуючому рівні розвитку техніки зменшити і уникнути не можна. Цю частину енергетичних втрат і прийнято вважати вторинними енергоресурсами, які зазвичай поділяють на горючі, теплові та надлишкового тиску.

Понад 98 % загальної кількості горючих вторинних енергетичних ресурсів хімічної промисловості припадає на азотну, фосфорну і хлорне підгалузі. Горючі відходи мають на виробництвах аміаку, метанолу, ацетилену, капролактаму, каустичної соди, жовтого фосфору, карбідну кальцію. Всі названі горючі вторинні енергоресурси використовуються або можуть бути використані в якості палива, що спалюється в технологічних або енергетичних установках. Економічно це, безумовно, доцільно, так як витрати, пов'язані з організацією спалювання, наприклад горючих газів, становлять не більше 10-20 % від витрат на видобуток і транспорт первинного палива. Крім того, при їх спалюванні відбувається знешкодження викидів в атмосферу речовин від містяться в них токсичних і канцерогенних компонентів, що поліпшує екологічну обстановку в районах розташування розглянутих виробництв.

Велика економія природних енергоресурсів може бути отримана за рахунок утилізації вторинних енергетичних ресурсів надлишкового тиску в чорній металургії та в системах газопостачання. У даний час в Україні близько $\frac{3}{4}$ всіх доменних печей працюють під тиском 0,2 МПа і більше. Сумарний вихід доменного газу при цьому тиску досягає сотень тис.м³ / ч. До останнього часу перед подачею очищеного доменного газу в заводську розподільну мережу його надлишковий тиск знижувався в спеціальних дросельних пристроях. При цьому втрачалася значна кількість потенційної енергії газу.

Розрахунки показують, що при тиску газів, перевищує атмосферне на 0,09 МПа і більше, при існуючому рівні цін на паливо, економічно доцільно утилізувати цю енергію. Зокрема, спрацьовувати надлишковий тиск доменного газу на газорозширюючих станціях, обладнаних спеціальними газовими утилізаційними Безкомпресорні турбінами з генераторами для виробництва електроенергії.

Значні резерви потенційної енергії надлишкового тиску мають газорозширюючі станції природного газу, на яких здійснюється його дроселювання перед подачею в розподільну мережу. Обсяг споживання природного газу як в чорній металургії, так і в цілому по народному господарству безперервно зростає.

Найбільші труднощі виникають при вирішенні питань, пов'язаних з утилізацією теплових вторинних енергетичних ресурсів промисловості, які обумовлені великою різноманітністю по температурі, режиму їх видачі, виду і фізико-хімічними властивостями їх носія та іншими факторами. Деякі з них не використовуються, оскільки немає відповідних технічних рішень та обладнання для їх утилізації (або обладнання так дорого, що робить цей захід економічно невиправданим).

Утилізація вторинних енергетичних ресурсів не тільки забезпечує економію палива, але і одночасно дозволяє вирішувати завдання підвищення продуктивності технологічних агрегатів, надійності їх роботи, уловлювання цінних сировинних компонентів, скорочення викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище. Так, наприклад, у виробництві міді установка за відбивною піччю котла-утилізатора паропроductивністю 20-26 т/год і тиском 4,05 МПа забезпечує річну економію палива близько 19 тис. т. у.п. При цьому додатково вловлюється близько 320 т пилу, що містить мідь, і інші цінні компоненти. Те ж саме можна сказати про системи випарного охолодження елементів шахтних, відбивних і випалювальних печей і конвертерів. Їх застосування приблизно в 50 разів скорочує потребу в технічній воді і в 2-3 рази підвищує термін служби відповідного обладнання.

З урахуванням даних обставин утилізація теплових вторинних енергоресурсів в кольоровій металургії стає економічно виправданою навіть там, де раніше вважалось неефективним. Теплові вторинні енергоресурси нафтопереробної та нафтохімічної промисловості визначаються в основному ентальпією відхідних газів установок первинної переробки нафти. У промисловості будівельних матеріалів вторинні енергоресурси утворюються при випаленні клінкеру і керамічних виробів, виробництві скла, виплавці теплоізоляційних матеріалів. Їх використання поки ще приділяється недостатня увага. При сумарному виході теплових вторинних енергетичних ресурсів, еквівалентних 1,0-1,5 сотень тисяч т у.п. в рік, їх утилізація з виробленням тепла не перевищує 15-17 %. У даний час котлами-утилізаторами обладнуються в основному великі

скловарні печі на заводах листового скла. У хімічній промисловості найбільш енергоємними є виробництва аміаку, хімічного волокна, синтетичної смоли, кальцинованої соди, фосфору, метанолу, що споживають понад 70 % електроенергії і більше половини тепла, що витрачаються всією галуззю. Вихід теплових ВЕР по галузі в цілому досить великий і складає понад 1,0 млн т у.п./рік. Теплові вторинні енергоресурси значно покривають потреби в теплі окремих виробництв. Так, в азотній промисловості, за рахунок вторинних енергоресурсів задовольняється більше 26 % потреби в теплі, в содовій - більше 11 %. У питаннях утилізації вторинних енергетичних ресурсів важливі техніко-економічні розрахунки.

У даний час варіанти вирішення народногосподарських завдань насамперед повинні задовольняти умовам соціально-економічної ефективності та обов'язковому дотриманні екологічних вимог. Економія палива залежить від напрямку використання вторинних енергоресурсів і схем паливо-і енергопостачання підприємства. При їх тепловому використанні економія палива визначається шляхом зіставлення кількості тепла, отриманого від використання цих енергоресурсів, з техніко-економічними показниками вироблення тієї ж кількості і тих же параметрів тепла в основних енергетичних установках. При силовому використанні вторинних енергоресурсів вироблення електроенергії (або механічної енергії) зіставляється з витратами палива на вироблення електроенергії (або механічної енергії) в основних енергоустановках. При визначенні економічної ефективності використання зіставляють варіанти енергопостачання, які задовольняють потреби даного виробництва у всіх видах енергії з урахуванням використання цих ресурсів, задовольняють ті ж потреби і без обліку використання. Основними показниками порівняльності цих варіантів служать: створення оптимальних (для кожного з варіантів) умов їх реалізації; забезпечення однакової надійності енергозбереження; досягнення необхідних санітарно-гігієнічних умов і безпеки праці; найменше забруднення навколишнього середовища. Один з основних напрямків підвищення ефективності виробництва і використання енергетичних ресурсів в промисловості - збільшення одиничної потужності агрегатів, концентрація виробництва і створення укрупнених комбінованих технологічних процесів.

Особливо це ефективно для технологічних процесів з великим виходом теплових вторинних енергоресурсів, тобто для підприємств хімічної, нафтопереробної, целюлозно-паперової і металургійної промисловості. Створення великих комбінованих виробництв дозволяє використовувати вторинні енергетичні ресурси одних процесів для потреб інших, що входять в загальний комбінований комплекс. У міру збільшення витрат на видобуток палива і виробництва енергії зростає необхідність у більш повному використанні їх при перетворенні у вигляді горючих газів, тепла нагрітого повітря і води.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Утилізація вторинних енергетичних ресурсів забезпечує економію палива та підвищує продуктивність технологічних агрегатів, надійність їх роботи, уловлювання цінних сировинних компонентів, скорочення викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище. Економічна ефективність порівнюється для варіантів, що задовольняють цим вимогам. Приймається найбільш економічний з соціально ефективних та екологічно допустимих варіантів.

Такий підхід має велике значення при вирішенні технічних проблем, зокрема, при виборі джерел енергопостачання. Екологічна та економічна ефективність використання вторинних енергоресурсів очевидна - це збереження невідновлюваного палива, зменшення забруднення атмосфери, поліпшення умов і найголовніше зниження витрат виробництва. Хоча утилізація вторинних енергоресурсів нерідко пов'язана з додатковими капітальними вкладеннями та збільшенням чисельності обслуговуючого персоналу, досвід передових підприємств підтверджує, що їх використання економічно дуже вигідно.

Підвищення рівня утилізації вторинних енергетичних ресурсів забезпечує значну економію палива, істотно знижує собівартість продукції і що дуже важливо зменшує рівень забруднення навколишнього середовища тим самим покращуючи екологічний стан країни.

Список літератури

1. Гольстрем В.А., Кузнецов Ю.Л. Справочник по экономии топливно-энергетических ресурсов – К.: Техника 1985. - 383 с.
2. Куперман Л.И. Вторичные энергоресурсы и энерготехнологическое комбинирование в промышленности / Куперман Л. И., Романовський С. А., Сидельковский Л. Н. - К.: Вища школа, 1986. - 303 с.
3. Михайлов В.В. Рационально использовать энергетические ресурсы, 1980
4. Трухний А.Д. Исследование работы ПГУ утилизационного типа при частичных нагрузках // Теплоэнергетика, 1999. - № 7. - С. 54-59

5. Розенгарт Ю.И. Вторичные энергетические ресурсы черной металлургии и их использование. - К.: "Высшая школа", 2008 - 328 с.

6. Петкин А.М. Экономия энергоресурсов: резервы и факторы эффективности, 1982
Рукопис подано до редакції 19.03.13

УДК 622.235

А.И. КУПИН, д-р техн. наук, проф., А.А. ТЕМЧЕНКО, канд. техн. наук, доц.,
И.О. МУЗЫКА, канд. техн. наук, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»,
Г.В. ШИПОВСКИЙ, канд. техн. наук, ПАО «ИнГОК»

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДОБЫЧИ И ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Приведен анализ зависимостей уровня энергозатрат при процессах бурения, взрывания, дробления и измельчения, а также влияние качества дробления руды на производительность технологического оборудования. Предложено производить расчеты с использованием компьютерной программы, позволяющей комплексно моделировать технологические процессы.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Качество взрывной отбойки железных руд зависит от многих геолого-технических факторов и является определяющим условием для формирования последующих процессов дробления и измельчения, что позволяет формировать себестоимость горно-обогажительного производства в целом. В производственных условиях поточное определение кусковатости раздробленных взрывом пород осложнено достаточно высокой трудоемкостью ее определения. Поэтому остается актуальным изучение влияния различных природных и технологических факторов на уровень на уровень качества взорванной горной массы и необходимость применения современного программного обеспечения при расчетах параметров горных работ и их оптимизации.

Анализ исследований и публикаций. Ранее проведенными исследованиями установлено, что самыми энергоемкими являются процессы среднего и мелкого дробления и, прежде всего, измельчения, удельный вес энергозатрат на которые составляет 94,2 %. Остальные 5,8 % занимают энергозатраты на бурение скважин 0,4 %, взрывное разрушение массива 4,9 %, механическое крупное дробление 0,5 % [1]. Из приведенного видно, что весь процесс рудоподготовки по фактическим энергозатратам основывается на дорогостоящем механическом дроблении и измельчении. Следовательно, на взрывную отбойку массива ранее (в 80-х годах прошлого века) считалось целесообразно возложить задачу максимального увеличения выхода готового класса на стадиях среднего и мелкого дробления, ликвидируя стадию крупного дробления вообще.

Кроме того, при улучшении качества дробления руды взрывом увеличивается производительность технологического оборудования на погрузочно-транспортных операциях и измельчении руды в мельницах, что должно привести к снижению себестоимости производства концентрата. Следует отметить, что с того времени прошло более 30 лет, произошли весьма существенные изменения прежде всего в области буровзрывных работ включающие эмульсионные и водонаполненные взрывчатые вещества ВВ, новые средства взрывания, высокую обводненность отбиваемого массива [2].

Постановка заданий. При наличии множества геолого-технических и технологических факторов для формирования вариантов производственных процессов добычи и переработки железных руд целесообразно использовать математический аппарат комплексного моделирования с применением информационных технологий, позволяющих оптимизировать параметры горных работ с учетом влияния разных факторов на качество дробления горной массы, и соответственно, себестоимость работ. Обоснование, разработка и апробация таких моделей является основной целью данной статьи.

Изложение материалов и результатов. Рудоподготовка на ГОКах включает следующие технологические процессы: взрывную отбойку, экскавацию, транспортирование, механическое дробление и измельчение. Для оптимизации технологических процессов добычи и обогащения железных руд при расчетах приняты следующие закономерности:

Величина линии наименьшего сопротивления (ЛНС) [3,4]