

Висновки та напрямки подальших досліджень. Використання теорії катастроф шляхом дослідження біфуркаційної поведінки кульового млина з метою ідентифікації характеристик геометрії його внутрішньомлиного завантаження в умовах невизначеності характеристик сирової руди, стану футеровки млина дозволило авторам статті одержати нові уявлення про процес подрібнення руди, а також запропонувати ряд методів контролю геометрії завантаження в темпі з процесом, інтенсифікації процесів подрібнення з метою підвищення його енергоефективності та зменшення питомих витрат електрики на виробництво концентрату.

Список літератури

1. **Хорольський В.П.** Багаторівнева інтелектуальна система оптимізації електроспоживання гірничо – збагачувальних підприємств/ **В.П.Хорольський, Д.В. Хорольський, К.Г.Тігоренко**// Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015 - №2 – с.192 – 198.
2. **Качан Ю.Г.** Моделирование возмущающих параметров процессов крупнокускового дробления для задач технологических исследований и АСУТП/ **Ю.Г.Качан, И.М.Трипутень**// Горная электромеханика и автоматика. К.: Техника, 1986. – Вып 49. – с. 36 – 40.
3. **Кочура Е. В.** Развитие научных основ автоматизации процессов магнитного обогащения руд с целью энерго-збереження: дис. на соиск. уч. степени докт. техн. наук. / **Е. К. Кочура**./- Днепропетровск, 1996. – 331с
4. **Корнієнко В.І.** Ієрархічне адаптивне керування процесами рудопідготовки за синергетичним принципом з інтелектуальним прогнозуванням/ **В.І. Корнієнко**//Науковий вісник національного гірничого університету. – 2009 - №11 – с.61 – 66.
5. **Марюта А.Н.** Автоматическая оптимизация процесса обогащения руд на магнитнообогатительных фабриках/ **А.Н.Марюта**// М.: Недра, 1975. 231 с.
6. **Новицкий И.В.** Автоматическая оптимизация процесса самоизмельчения руд в барабанных мельницах / дис. на соиск. уч. степени докт. техн. наук. / **И.В.Новицкий** Днепропетровск, 1993. – 350с.
7. **Рвачев В.Л.** Методы алгебры логики в математической физике/ **В.Л.Рвачев** // . – Киев: Наукова думка, 1974. – 258 с.
8. **Хорольський В.П.** Адаптивні системи многоуровневого управління технологічними процесами переробки руд./ **В.П.Хорольський**// дис. на соиск. уч. степени докт. техн. наук// Ленинград, 1989, с.412
9. **Gilmore R** Catastrophe Theory for Scientist and Engineers. Wiley. New York. 1981. p. 680.
10. Методы классической и современной теории автоматического управления : Учебник в 5 – и тт.; 2 – е изд., перераб. и доп. Т.5: Методы современной теории автоматического управления /Под ред. **К. А. Пупкова, Н.Д. Егупова**. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 784с.; ил.
11. **Mehra R.K., Kessel W.C., Caroll I.V.** Global Stability and Control Analysis of Aircraft of High Arigels of Attach – Cambridge: Scientific Systems, 1977 360 pp
12. **Хорольський В.П.** Інтелектуальна система керування технологічним комплексом збагачення залізних руд/ **В.П.Хорольський, Т.В.Хорольська, В.Б.Хоцькіна**// Гірнична електромеханіка та автоматика: наук. – техн.зб. – 2013. – 91. – с.47 – 53
Рукопис подано до редакції 23.03.16

УДК 621.316

О.М.СІНЧУК, д-р, проф., Ю.Б. ФІЛІПП, канд. техн. наук, доц.,
М.М. МАКСИМОВ, канд. техн. наук, доц., А.М. ЯЛОВА, аспірант
Криворізький національний університет

МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ ТА ФОРМУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ЗАЛІЗОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Виконано аналіз процесу визначення і заявки лімітів енергоспоживання на залізорудних підприємствах і встановлено, що норми питомого електроспоживання визначаються в умовах невизначеності практично без достатнього

аналізу процесу та рівнів електроспоживання, промислових показників роботи підприємства та розвитку геологічних умов на перспективу. За перевищення ліміту електроенергії з підприємств стягується штраф за споживані величини перебору електроенергії. Розглянуто методологічні аспекти оцінки та формування енергоефективних режимів споживання електроенергії на залізорудних підприємствах, запропоновано методи інтервального прогнозування споживання електроенергії. Для прогнозування електроспоживання з урахуванням зміни різних факторів може бути створена інформаційна база даних рівнів споживання електроенергії підприємствами галузі. Авторами статті розроблені методика і блок-схеми алгоритмів одержання тимчасових і факторних моделей енергоспоживання. Також розроблено алгоритм визначення статей видаткової частини електробалансів технологічних приймачів. Запропоновані заходи дозволяють проводити визначення рівня енергопостачання підприємства, встановлювати раціональні норми, здійснювати прогнозування його зміни у ході роботи підприємства й контролювати наднормативні витрати електроенергії.

Ключові слова: залізорудні підприємства, ліміти споживання електроенергії, електроспоживання, комерційний облік електроенергії, методи прогнозування, факторні моделі

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. На вітчизняних залізорудних підприємствах процес визначення й заявки лімітів, або встановлення норм питомого електроспоживання, здійснюється практично без достатнього аналізу процесу та рівнів електроспоживання, промислових показників роботи підприємства, що, як правило, призводить до відхилення фактичних показників від заявочних значень. В свою чергу, при корегуванні лімітів не завжди враховуються поточні показники роботи підприємства, прогноз факторів, що впливають, і, як наслідок, не ефективно використовуються заявлені ліміти. Між тим за перевищення ліміту електроенергії з підприємств стягується штраф за споживані величини перебору електроенергії. У зв'язку із цим, визначення рівнів споживання електроенергії (ЕЕ) для правильної й своєчасної заявки необхідних лімітів неможливо без застосування прогнозних процедур.

Аналіз досліджень та публікацій. Електроспоживання гірничих підприємств залежить від багатьох факторів: технологічних, метеорологічних, енергетичних, організаційних та інших. Технологічні фактори визначаються глибиною залягання, розмірами родовищ, видом технології, параметрами систем розкриття й розробки, типами застосовуваних машин й устаткування й впливають на собівартість продукції. Метеорологічні фактори обумовлюють сезонність зміни показників споживання, формуючи впродовж року тенденцію їх зміну. Енергетичні фактори - структурні параметри електричних схем, число, потужність, к.к.д. електроприймачів й інше - обумовлюють формування режимів електричних навантажень. Організаційні фактори обумовлюють ступінь використання електроприймачів, рівень підвищених втрат електроенергії через погіршення характеристик електроустаткування, машин і механізмів. Рекомендуємі різними авторами методики оцінки станів процесу електроспоживання в умовах невизначеності й неповноти інформації із застосуванням методів "стиску" інформації на базі методу розкладання Корунена - Лоева і методу головних компонент, дозволяють виявити істотні ознаки, що визначають природу режимів електроспоживання. В свою чергу, адаптація методу головних компонентів до формування безлічі факторів, які визначають вплив на ефективність споживання електроенергії залізорудних шахт, дозволяє конкретизувати різні елементи: обсяг видобутку корисної копалини, приплив води в шахту, витрату стисненого повітря, чисельність виробничого персоналу [2-4]. Між тим, в проблемі підвищення енергоефективності видобутку корисних копалин взагалі і залізорудної сировини (ЗРС) зокрема, існує немало невизначеностей, що в значній мірі стосується підприємств з підземним способом видобутку [4].

Постановка завдання. Метою статті є розробка метода і алгоритму розрахунку кількісної оцінки ефективності керування електроспоживанням залізорудних підприємств.

Викладення матеріалу та результати. В публічному акціонерному товаристві «Кривбас-залізрудком» вже тривалий час (з 1997 року) використовується автоматизована система комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), яка забезпечує формування звітів розрахунку сплати за використану електроенергію.

Крім того, також діє система технічного обліку електроенергії, яка дозволяє контролювати поточне електроспоживання по окремим фідерам з метою оперативного реагування на незадовільне енергозбереження окремими підрозділами комбінату.

Проте сьогодні цього недостатньо, оскільки постійно здійснюється розвиток підприємства, заглиблення рівнів видобутку ЗРС, вакханалія тарифів на електроенергію. Безумовно, в діючій економічній ситуації, конче необхідно прогнозувати, як рівень очікуваного електроспоживання, так саме, і собівартість залізної руди на перспективу.

За час експлуатації з 2006 року в комбінаті здійснюється накопичення інформації з електроспоживання структурними підрозділами і комбінату в цілому. На інших гірничих підприємствах також експлуатуються подібні системи енергообліку. І цей об'єм накопиченої інформації про електроспоживання на базі методів прогнозування може бути застосований для вироблення стратегії модернізації електрогосподарства комбінату.

Для прогнозування електроспоживання з урахуванням зміни різних факторів варто об'єднати зусилля підприємств галузі і створити інформаційну базу даних рівнів споживання електроенергії конкретного гірничорудного підприємства.

Створення такої бази повинно включати:

Збір, передачу, формування бази даних і зберігання інформації про рівень споживання електроенергії;

Синтез математичних моделей процесів електроспоживання гірничих підприємств;

Визначення за допомогою отриманих моделей прогнозних значень електроспоживання на місячному й річному рівнях;

Адаптація моделей при зміні факторів і корегування прогнозних значень електроспоживання.

При цьому, збір даних про показники споживання ЕЕ повинен здійснюватися на підприємствах за показниками лічильників комерційного й технічного обліку, та за звітними даними про виробничу діяльність підприємства.

Передача даних на єдиний обчислювальний центр підприємств галузі повинен відбуватися у вигляді щомісячного звіту про використання електроенергії за минулий місяць. Формування бази даних припускає їхню організацію в матричному виді.

Таблиця 1

Данні споживання електроенергії і вартості ПАТ «КЗРК» (грудень 2014 р.)

Найменування підрозділу	Споживання електроенергії	Питома частка	Вартість електроенергії	Питома частка	Питома вартість
	тис. кВт·г	%	тис. грн.	%	грн/кВт·г
ш.Октябрьська	3871,095	14,40	3510,437	13,04	0,90683
ш.Родіна	6014,121	22,38	5541,670	20,59	0,92144
ш.Гвардійська	3919,249	14,58	4263,806	15,84	1,08791
ш.Леніна	3522,988	13,11	3291,708	12,23	0,93435
Енергоцех	7554,571	28,11	8131,879	30,22	1,07642
Інші споживачі	1994,089	7,42	2172,935	8,08	1,08969
Всього	26876,113	100,00	26912,435	100,00	1,00135

Між тим, як свідчать результати досліджень та показники енергоефективності вітчизняних залізрудних підприємств (табл.1), рівні споживання електроенергії цими видами підприємств відрізняються між собою.

Це залежить від багатьох факторів: об'ємів видобутків у поточному місяці, глибини видобутку, об'ємів надходження ґрунтових вод, розгалуженості вироблень і так далі.

Враховуючи викладене, на рис.1,2 наведено розроблені авторами блок-схеми алгоритмів одержання тимчасових і факторних моделей з використанням типових модулів програми АСНИ.

Обробка даних про електроспоживання й синтез математичної моделі електроспоживання повинен здійснюватися на базі розробленої методики, математичні процедури якої реалізуються на ЕОМ.

На рис. 3 наведений авторський варіант алгоритму для інтервального прогнозування з використанням тимчасових моделей. В основу алгоритму покладений синтез моделей електроспоживання, а також визначення довірчого інтервалу прогнозування.

Проте, крім вищевикладеного, підприємства цікавлять очікувані рівні електроспоживання, через це метою складання й нормалізації прогнозних рівнів електробалансів є підвищення ефективності використання електроенергії на гірничих підприємствах за рахунок виявлення резервів економії енергоресурсів, обґрунтування норм витрат електроенергії на видобуток ЗРС.

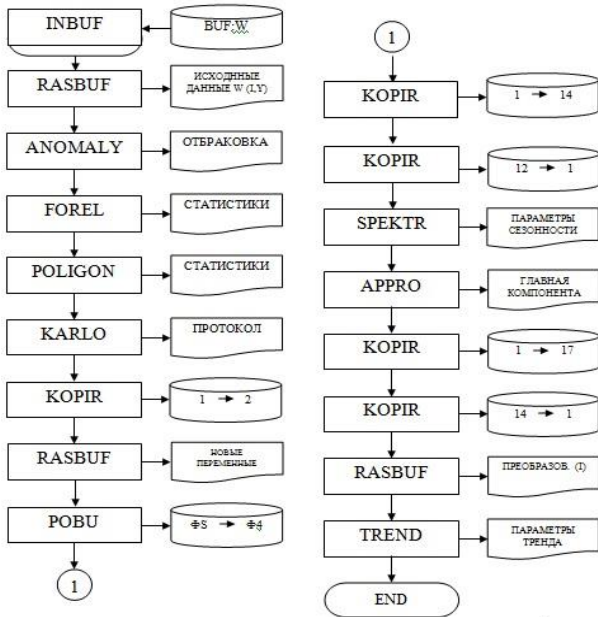


Рис.1. Блок-схема алгоритму отримання часової моделі електроспоживання

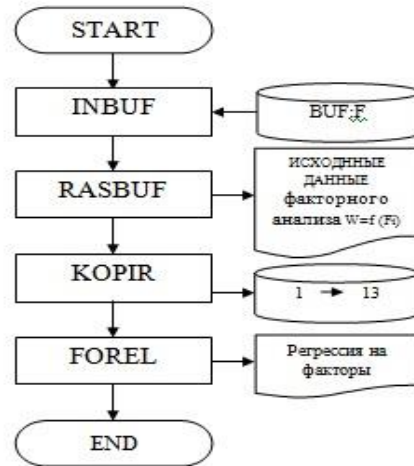


Рис.2. Блок-схема алгоритму отримання факторних моделей електроспоживання

При складанні видаткової частини електробалансів частка енергії, яка витрачається на прямі технологічні потреби, може бути визначена наступними методами: розрахунковим, експериментальним і розрахунково-експериментальним. Найбільш доцільним з перерахованих методів є комбінований розрахунково-експериментальний метод.

Електробаланси окремих агрегатів варто відносити до зміни й характерної робочої доби. Останнє визначається по середній продуктивності технологічних установок. У практичних умовах потрібно зосередити всі виміри в період найбільш завантаженої зміни.

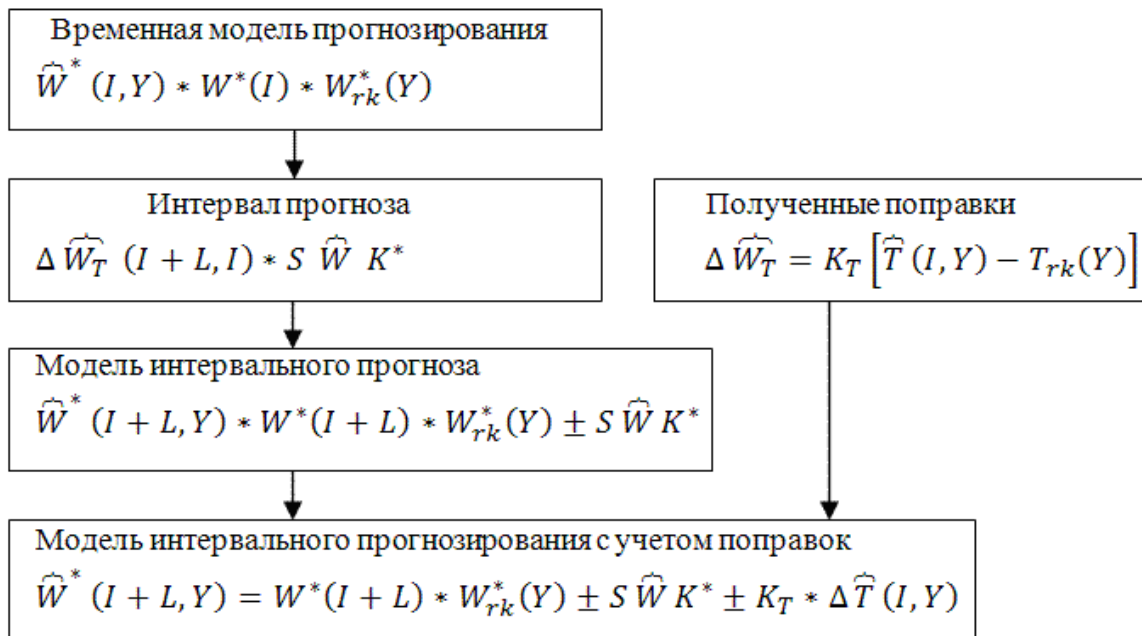


Рис.3. Алгоритм інтервального прогнозування електроспоживання шахти

Для такого аналізу потрібно визначити енергетичні характеристики технологічних приймачів, статистичні дані й закони розподілів складових балансів, а також їхню залежність від технологічних факторів.

Все це в умовах виробництва представляє значні труднощі через причини відсутності інформації про електроспоживання окремих електроспоживачів і трудомісткість обчислювальних робіт.

У цьому випадку доцільно рекомендувати наступний алгоритм визначення статей видаткової частини електробалансів технологічних приймачів:

За максимально завантажену зміну визначають загальні витрати електроенергії й технологічні параметри, що характеризують продуктивність й умови роботи технологічного споживача, а саме: для вентиляторів - продуктивність (тис.м³/с), депресія (Па); для водовідливних установок - продуктивність (м³/с), висота подачі води (м); для компресорних установок – продуктивність (тис.м³), тиск (Па); для підйомних установок - вантажопідйомність (т), висота підйому залізної руди (м), фактична швидкість руху скіпів (м/с). Для вказаних електроспоживачів визначається також довжина живлячої кабельної лінії (км);

Визначаються складові електробалансів, що характеризують витрати електроенергії (постійні, навантажувальні, у мережах, пускові та гальмівні). Здійснюється переклад значень складових електробалансів в іменовані одиниці за виразом

$$\Delta W = \frac{\Delta W(\%)W_0}{100}, \quad (1)$$

де $\Delta W(\%)$ - умовно постійні втрати електроенергії в %; W_0 - електроенергія, яка споживається установкою впродовж зміни, кВт·г;

Розраховуються технологічні витрати електроенергії

$$W_T = W_0 - \sum_{i=1}^n \Delta W_i, \quad (2)$$

де ΔW_i - складова електробалансу, що характеризує втрати електроенергії;

Здійснюється порівняння прибуткової й видаткової частин електробалансу.

Варто вказати, що розрахунок електробалансів розглянутих технологічних приймачів можна робити без попереднього експериментального визначення змінної витрат електроенергії.

Після одержання фактичного електробалансу потрібно виконати його реалізацію.

Для цього необхідно визначити ті види втрат електроенергії, які призводять до одноразових витрат енергоресурсу, і шляхом аналізу режиму роботи установки встановити причини, що породжують збільшення непродуктивних витрат.

На підставі проведеного аналізу й після встановлення причин непродуктивних витрат електроенергії, відповідно до порядку, наведеному вище, складається раціональний електробаланс підприємства.

Резерви економії електроенергії можна визначити з виразу

$$\Delta W_{\text{ек}} = \sum_{i=1}^m (\Delta W_{\text{фi}} - \Delta W_{\text{рi}}), \quad (3)$$

де $\Delta W_{\text{фi}}$ и $\Delta W_{\text{рi}}$ - втрати електроенергії по кожній статті до й після раціоналізації електробалансу; m - число статей, по яких відбувається економія електроенергії після раціоналізації електробалансу.

Розроблена методика визначення технологічних норм витрат електроенергії.

Наведені методичні рекомендації з диференціального аналізу індивідуальних норм витрат електроенергії на основі даних електробалансів дозволяють встановити раціональні норми й контролювати наднормативні витрати електроенергії.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Запропонований алгоритм для інтервального прогнозування з використанням тимчасових моделей, в основу якого покладено синтез моделей електроспоживання, а також визначення довірчого інтервалу прогнозування.

Це дозволяє скласти видаткову частину електробалансів часток енергії, яка витрачається на прямі технологічні потреби, а запропонований комбінований розрахунково-експериментальний метод на базі алгоритму є базою для визначення статей видаткової частини електробалансів технологічних споживачів.

Заходи, які пропонуються, дозволяють проводити визначення рівнів енергопостачання на стадіях життєвого циклу розвитку підприємства й здійснювати прогнозування зміни його рівня до й після проведення реінжинірингу, які спрямовані на економію електроенергії на залізорудних шахтах, та використання на підприємствах галузі автоматизованих систем, комерційного й технічного обліку, створення технічних засобів, що забезпечують контроль за витратами електроенергії на основних приєднаннях у поверхневих і підземних мережах.

Список літератури

1. **Праховник А.В.** Энергосберегающие режимы электроснабжения горнодобывающих предприятий// А.В.Праховник, В.П.Розен, В.В. Дегтярев – М.: Недра, 1985 - 232 с.
2. **Синчук И.О.** Потенциал электроэнергоэффективности и пути его реализации на производствах с подземными способами добычи железорудного сырья. Монография// И.О. Синчук, Э.С. Гузов, А.Н. Яловая, С.Н. Бойко//под ред. докт. техн. наук, профессора О.Н. Синчука. – Кременчук: Изд. ЧП Щербатых А.В, 2015. – 296 с.
3. **Синчук О.Н.** Метод оцінювання ефективності споживання електричної енергії залізорудними підприємствами/ О.Н.Синчук, І.О.Синчук, Т.М.Берідзе, А.М. Ялова // Електротехнічні та комп'ютерні системи.– Одеський НПУ. – 2013. – С.49-57.
4. **Синчук О.Н.** К вопросу оценки потенциала электроэнергоэффективности подземных железорудных производств /О.Н.Синчук, Э.С.Гузов, А.Н. Яловая // Оптимальне керування електроустановками. Збірник наукових праць міжнародної науково технічної конференції. – Вінниця, 2013. – с.96.
5. **Шидловский А.К.** Расчеты электрических нагрузок систем электроснабжения промышленных предприятий/ Шидловский А.К., Вагин Г.Я., Куренный Э.Г. – М. :Энергоатомиздат, 1992. – 224 с.
6. **Анчарова, Т.В.** Экономия электроэнергии на промышленных предприятиях/ Т.В.Анчарова, С.И. Гамазин, В.В. Шевченко– М.: Высшая школа, 1990. – 143 с.
7. **Журахівський. А.В.** Оптимізація режимів електроенергетичних систем: Навч. посібник/А.В. Журахівський, Н.Р. Засідкович, А.Я. Яцейко – Львів: Видавництво національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 140 с.
8. **Андржиевский, А.А.** Энергосбережение и энергетический менеджмент/ А.А. Андржиевский, В.И. Володин. – Минск: Высшая школа, 2005. – 296 с.
9. **Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І.** Энергозбереження засобами промислових електроприводів. Навч. посіб. – К.:Кондор, 2005. – 408 с.
10. **Shchokin V.** The example of application of the developed method of Neuro-Fuzzy rationing of power consumption at JSC "YuGOK" mining enrichment plants [Electronic source] / Vadym Shchokin, Olga Shchokina, Sergiy Berezhniy // Metallurgical and Mining Industry, - 2015. - №2. – P.19-26.

Рукопис подано до редакції 01.03.16