

УДК 331.47:622.272

М.І. ШВИДКИЙ, д-р техн. наук, проф., В.Д. АФАНАСЬЄВ, канд. техн. наук,
О.В. ГНЕННА, мол. наук. співроб., НДІБПГ КНУ

ПРО ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ПІД ЧАС ПІДЗЕМНОГО ВИДОБУТКУ ЗАЛІЗНИХ РУД

Показник професійного ризику є один із важливих факторів у системі охорони праці, який повинен відповідати вимогам об'єктивної оцінки і можливістю управління станом професійних захворювань. Ряд із розроблених методик оцінки професійних ризиків не відповідають цим вимогам і це визначає необхідність подальших досліджень, особливо в діапазоні дії шкідливих факторів, під час добутку залізних руд в підземних умовах. Результати досліджень умов праці на основі даних атестації робочих місць показують, що вони визначаються пилом фіброгенної дії з перевищеннями ГДВ до 8-9 раз, шуму до 30 дБА, вібрації до 13 дБ_V, тяжкості до 2 разів. Визначено діапазони та об'єкти досліджень шкідливих факторів, професій, стажу роботи та віку працівників. Приведені дані про стан професійних захворювань в Україні, металургійній та гірничорудній промисловості. Вказано на ряд причин, які визначають особливості динамічного розвитку та прогнозування професійних захворювань до 2020 року, які підтверджують зростання професійних захворювань починаючи від 2010 року до середнього рівня 215 працівників у рік. Виконано аналіз оцінки професійного ризику згідно Британського стандарту BS-8800 і його використання для професії електрогазо-зварника. Використання сумісної оцінки небезпечних та шкідливих факторів для підтвердження комплексної оцінки є однією із недоліків, крім того оцінка виконується в балах, тобто суб'єктивним методом. Наведені дані про основні вимоги до оцінки професійних ризиків від дії шкідливих факторів для працівників підземного видобутку залізної руди до основних із яких відноситься: комплексна оцінка від дії основних шкідливих факторів, встановлення залежності професійних захворювань від інтенсивності комплексної дії шкідливих факторів та залежності впливу на термін дії цих факторів від величини зменшення рівня професійних захворювань.

Ключові слова: підземні роботи, умови праці, шкідливі фактори, інтенсивність, термін дії, професійний ризик, професійне захворювання.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Одним із основних показників ефективності системи управління охороною праці підприємств є рівень професійних захворювань працівників, особливо перед та зразу після їх виходу на пенсію. Це має особливу велике значення для працівників гірничорудних підприємств при підземному видобутку корисних копалин. Шкідлива дія умов праці проявляється, у першу чергу, серед основних спеціалістів під час видобутку корисних копалин та транспортуванні гірничої маси.

У ряді вітчизняних публікацій [1-3] відмічається подальше зростання професійних захворювань серед гірничих професій. Аналіз стану професійних захворювань в Україні показує, що після організаційних заходів, а інколи і технічних, які вживаються роботодавцями для покращення умов праці на кожному робочому місці, рівень професійної захворюваності залишається досить високим порівняно з більшістю розвинених країн світу.

Згідно даних наведених в роботах [4,5] за період останніх 10-15 років кількість професійних захворювань серед гірників зросла більше ніж у 2 рази. Особливо значне зростання професійних захворювань спостерігається серед прохідників, бурильників, гірників підземних.

Сутність проблеми у таких умовах функціонування систем охорони праці полягає в тому, що аналіз стану здоров'я громадян під час їх прийняття на роботу виконується без врахування шкідливих факторів з вибраної професії, а обмежується тільки інформацією про їх існування на робочому місці. Не враховуються особливості сприйняття майбутнім працівником шкідливих факторів на обраному робочому місці, не визначається термін безпечного стажу з даної професії.

Необхідність дослідження комплексного впливу шкідливих факторів на рівень ризику професійних захворювань і обґрунтування граничних термінів стажу в підземних умовах є підтвердженням актуальності виконання даної роботи.

Робота виконана з урахуванням Загальнодержавної соціальної програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014–2018 років від 04 квітня 2013 року № 178–VII [6], з питань мінімізування ризиків професійних захворювань, збереження здоров'я та життя працівників, а також результатів НДР «Дослідження умов праці та визначення ризику професійних захворювань від дії шкідливих виробничих факторів під час видобування залізних руд підземним способом» (№ державної реєстрації 0115U004559), в якій автор роботи був відповідальним виконавцем.

Аналіз досліджень і публікацій. Результати досліджень з питань створення систем охорони праці (СУОП) та (СУОПР) на підприємствах представлено в ряді публікацій [7-11].

Г.Г. Гогіташвілі, В.М. Лапін, Є.Т. Карчевські [8] розглянули порядок розроблення системи управління (СУОПР) на підприємстві з метою її подальшого розвитку, яка діє в Україні з урахуванням вимог (OHSAS). Наведені приклади оцінки професійного ризику на робочих місцях працівників, побудовані етапи управління ризиком, розроблені методичні рекомендації для оцінки рівня ризику на підставі експертних оцінок.

Запропонована бальна шкала для виміру ризику і його наслідків на робочому місці, а також системний підхід, який допомагає розв'язати проблеми в СУОП. За методикою Risk score: $R = S \times E \times P$, де R - ризик; S - потенційні наслідки небезпеки; E - експозиція небезпеки; P - ймовірність виникнення небезпеки.

До робіт оцінки ризиків відносяться методики (FMEA) та методика (RPS). Згідно методики (FMEA) [9] оцінка ризику в системі управління охороною праці (СУОП) визначається через серйозність наслідків від дії шкідливих факторів, ймовірності виникнення ризику, можливості виявлення та реагування на ситуацію, що виражається в балах.

Згідно методики RPS оцінка визначається через ризик, ймовірність виникнення шкідливої дії факторів, серйозності наслідків від дії шкідливих факторів, що виражається в балах. При наявності статистичних даних ймовірність P визначається через кількість випадків за певний час.

Найбільш близьким вирішенням питання оцінки ризику із врахуванням дії шкідливих виробничих факторів є дані, наведені в роботі [12].

З урахуванням критеріїв оцінки і класифікації умов праці згідно Гігієнічної класифікації [13] в роботі використовується індекс ризику професійних захворювань який враховує категорію ризику залежно від кількості професійних захворювань (від 1 до 10 %), коефіцієнт тяжкості професійних захворювань.

Наведені методики відносяться до суб'єктивних методів якісної оцінки ризиків і вимагають залучення значної кількості спеціалістів в різних галузях виробництва, розробки методики оцінки думок експертів.

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження комплексного впливу шкідливих виробничих факторів на кількісну оцінку ризиків професійних захворювань працівників підземного видобутку корисних копалин та попередження виникнення професійних захворювань за рахунок урахування інтенсивності та тривалості дії шкідливих факторів.

Викладення матеріалу та результати. Результати досліджень умов праці серед працівників металургійної промисловості та під час підземного видобутку залізної руди, які представлені в роботах [6,14,15] показують, що запиленість повітря на деяких робочих місцях перевищують гранично допустимі рівні у 6-8 разів і більше, рівні звуку - на 8-30 дБА, рівні вібрації - до 2-4 разів, тому професійна захворюваність у робітників гірничо-металургійного комплексу Кривбасу залишається на високому рівні. Це обумовлено постійним заглибленням добуток корисних копалин у шахтах, що характеризується підвищенням тиску, температури, вологості. У таких умовах виробничого середовища гірничо-металургійного комплексу працює велика кількість людей. Так, від дії пилу страждає близько 54 тис. працівників, від дії шуму - більше 51 тис. робітників, від впливу вібрації - більш ніж 16 тис. працівників, що в свою чергу супроводжується важкими умовами праці, які суттєво впливають на стан працівника - підвищенням утомлюваності, збільшенням потовиділення, психологічної напруженості, роботи у недостатньому освітленні, напруженості зору [16].

Фактори, які безпосередньо впливають на виникнення професійного захворювання серед працівників обумовлені дією таких факторів, як важкість праці, незручна робоча поза, переміщення та динамічне навантаження.

Дані про умови праці на робочих місцях ряду професій шахт Кривбасу наведено в табл. 1.

Аналіз даних, які наведено в табл. 1 показують, що максимальні перевищення гранично-допустимих величин визначаються дією пилу - від 1,3 до 8,5 разів; шуму - від 6 до 30 дБА, вібрації - від 4 до 13 дБV, перенесенням вантажу - від 1,2 до 1,8 разів.

На такі професії як машиніст бурових установок, бурильники, прохідники та кріпильники, гірничих працівників, люкових та машиністів електровозів одночасно діють від 5 до 6 факторів, величини яких перевищують гранично - допустимі.

Перевищення гранично-допустимих величин на робочих місцях шахтарів

Шахти	Професія	Шкідливі фактори				
		пил, разів	шум, дБА	вібрація, дБV	швидкість повітря, разів	маса вантажу, разів
Фрунзе	Машиніст бурової установки	8,5	26	-	1,2	1,2
	Бурильник	3,0	29	9	1,8	1,7
	Гірник підземний	1,6	25	-	-	1,2
Родина	Прохідник	5,3	30	13	-	1,2
	Кріпильник	2,8	17	4	-	1,8
Ювілейна	Машиніст навантажувальної машини	1,6	20	7	-	-
Леніна	Гірничий працівник	1,6	7	-	1,4	1,2
	Підрильник	2,1	10	-	-	1,3
	Люковий	1,6	6	-	1,2	1,2
Гвардійська	Машиніст електровоза	1,3	6	5	1,2	-

Дані атестації умов праці основних професій під час підземного видобутку залізної руди, отримані під час досліджень в шахтах Кривбасу показують, що на більшості робочих місцях кількість шкідливих факторів коливається від 5 до 11 залежно від професії працівників. Із цих шкідливих факторів від 3 до 4 відносяться до II та III ступеня шкідливості. Найбільш шкідливими факторами є пил фіброгенної дії широкополосний шум, локальна вібрація та тяжкість праці.

Наведені дані показують, що до факторів шкідливий вплив яких перевищує 80 % від усіх можливих факторів, належить сумісна дія пилу, шуму та тяжкості праці. До найбільш вразливих професій відносяться бурильники, прохідники та гірники підземні (75 %), професійний стаж від 15 до 30 років (78 %) та вік працівників від 40 і більше років (92 %). Такі дані дозволили обґрунтувати діапазон та вибір об'єктів досліджень.

Незадовільні умови праці підсилюються також постійно діючим таким фактором, як напруженість під час знаходження в підземних умовах, призводить до високого рівня професійних захворювань серед гірничих працівників та його підвищення.

У динаміці розвитку профзахворювань в Україні, працівників металургійної промисловості [16] та в гірничорудній галузі під час підземного видобутку залізних руд в Кривбасі виділено 5 діапазонів, які враховують і відображають ряд аномалій: I період - до 1988 р. - дані про звітність під час планової економіки; II період - 1988-1998 рр. - дані про початок виплати регресу за шкідливі умови праці і поступового скорочення таких виплат; III період - 1998-2003 рр. - перехідний період від регресних виплат до соціального страхування; IV період - 2003-2008 рр. - період соціального страхування; V період - після 2008 р. - характеризується зростанням в гірничорудній промисловості навантаженням на працівників коли їх кількість суттєво зменшується, а також зростанням віку працівників за рахунок плинності молодих кадрів (рис.1а та 1б).

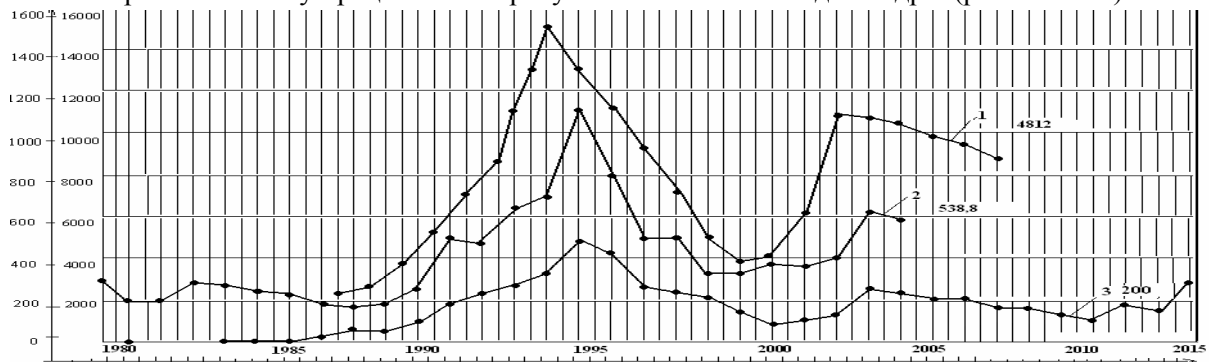


Рис. 1а. Динаміка розвитку профзахворювань: 1 - в Україні, середнє значення 4812; 2 - в металургійній промисловості, середнє значення 538,8; 3 - в гірничорудній промисловості, середнє значення 200 чол.

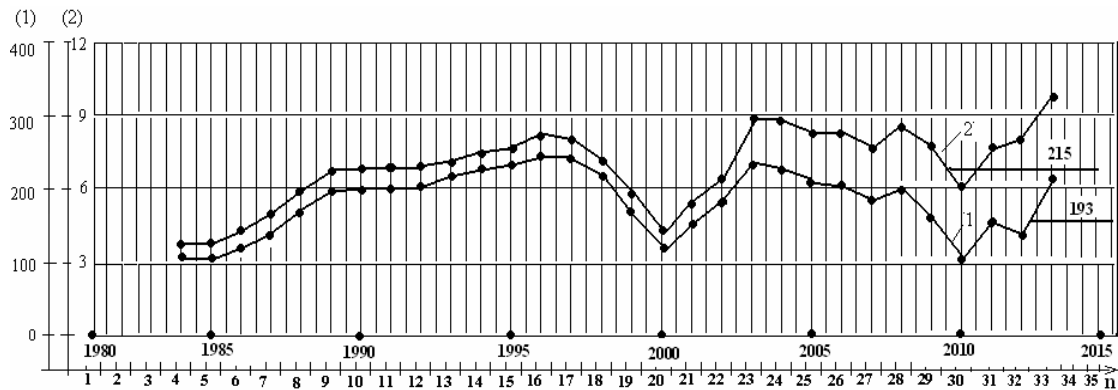


Рис. 16. Динаміка розвитку професійного захворювання в гірничорудній промисловості після коректування в діапазоні 1984-1996 рр.: 1 - середнє значення 193; 2 - математичнє очікування, середнє значення 215

Одним із завдань, яка визначена в «Загальній соціальній програмі поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014-2018 роки» [6] є мінімізація ризику виробничого травматизму, професійних захворювань та аварій на виробництві. До 2018 р. передбачається збереження здоров'я та життя більш ніж 1100 працівників.

Вирішення ряду питань із поставленого завдання в системі охорони праці стає більш реальним після введеної Гігієнічної класифікації праці [13], в якій передбачено:

комплексну оцінку факторів на відповідність їх характеристик санітарним нормам і правилам;

установлення ступенів шкідливості праці;

віднесення робочих місць до певних категорій;

аналіз реалізації заходів, в т.ч. організаційних, та оптимізацію рівня професійного ризику. З часу розроблення в Україні (1976) системи управління охорони праці, була запропонована значна кількість варіантів оцінки рівнів професійного ризику. Для аналізу використано оцінку ризику згідно Британського стандарту BS-8800 як достатньо простого і такого, який найбільш часто використовується на підприємствах.

Класична методика оцінки професійного ризику R [8] здійснюється за формулою

$$R = PS, \quad (1)$$

де P - ймовірність події; S - тяжкість наслідків.

Ймовірність події оцінюється в балах від високої до низької, а тяжкість наслідків від аварії до легкої травми.

Реалізація цієї методики представлена в карті оцінки ризиків для електрозварника (як приклад). Розглянуто 12 небезпечних та шкідливих факторів із загальною оцінкою категорії ризику як прийнятний. При цьому рівень ризику від 6 до 8 балів для 4 факторів, у т.ч. загазованість повітря робочого місця оцінюється у 8 балів. У той же час по даним атестації робочих місць для більшості електрогазозварників тільки шкідливі фактори дозволяють віднести таку професію до пільгового пенсійного забезпечення до списку № 2.

До недоліків даної методики відноситься суб'єктивність оцінки дії небезпечних та шкідливих факторів, використання в карті оцінки одночасно небезпечних подій та шкідливих факторів, представлення подій та факторів як незалежні, а комплексна оцінка визначається по максимальній величині ризику одного із складових, які використані для оцінки рівня ризику професії.

Дослідження можливості уникнути ряд із цих недоліків було використано із використанням визначення професійного ризику, яке прийнято в Гігієнічній класифікації умов праці № 248-2014.

Особливості оцінки рівня професійного ризику від дії шкідливих факторів для умов праці, які виникають під час видобутку залізної руди в підземних умовах базуються на наступних результатах досліджень:

приведення показників інтенсивності шкідливих факторів до однієї системи виміру;

визначення основного шкідливого фактору, який обумовлює найбільший рівень професійних захворювань;

існування взаємозв'язку та взаємодії між основним фактором і додатковими шкідливими факторами, що визначено як комплексна дія шкідливих факторів;

із основних факторів, які визначають рівень професійного ризику виконано дослідження рівня зростання ймовірності професійних захворювань від інтенсивності комплексної дії шкідливих факторів та терміну дії шкідливих факторів (короткотермінової та довгострокової);

встановлення залежності терміну довгострокової дії шкідливих факторів на величину зміни рівня професійних захворювань, що дозволяє визначити механізм впливу на рівень профзахворювань шляхом «захистом часу», тобто визначення попередження професійних захворювань граничного значення терміну дії шкідливих факторів у випадку зниження рівня профзахворюваності за рахунок розроблення технічних рішень, які дозволяють знизити рівень інтенсивності комплексної дії ступенів шкідливості в першу чергу основного шкідливого фактору.

Характерним у динаміці розвитку професійних захворювань є чергове підвищення його рівня із 2010 р. У 2014-2015 рр. кількість гірничих працівників перевищив значення 200 та досяг у 2015 - 252 працівника.

З урахуванням зменшення числа гірничих працівників зростає математичне очікування (крива 2), а середнє значення збільшується від 193 до 215 у перспективі до 2020 року.

Основні аналітичні вирази, які використовуються для оцінки професійного ризику із урахуванням вказаних результатів досліджень

$$R = f(P; H), \quad (2)$$

де R - професійний ризик; P - ймовірність професійних захворювань; H - рівень втрати працездатності працівника

$$P = f(I_k, t, T), \quad (3)$$

де I_k - інтенсивність комплексної дії шкідливих факторів в разях; t - термін дії шкідливого фактору на протязі робочої зміни; T - термін дії шкідливого фактору на протязі професійної роботи працівника по визначеній професії

$$I_k = I_0 + \sum \kappa_i I_i / n_i, \quad (4)$$

де I_0 - інтенсивність основного шкідливого фактору (пил фіброгенної дії) в разях; κ_i - вагові коефіцієнти, які визначають величину відношення захворюваності додаткових факторів до основного; I_i - інтенсивність додаткових шкідливих факторів (широкополосний шум, локальна вібрація, тяжкість праці) в разях; n_i - 1,2,3 - кількість прийнятих додаткових шкідливих факторів

$$P_k = P_0 + \Delta P, \quad (5)$$

де P_k - ймовірність професійних захворювань від комплексної дії шкідливих факторів; P_0 - ймовірність професійного захворювання від дії основного шкідливого фактору; ΔP - величина підвищення професійних захворювань від дії додаткових шкідливих факторів

$$T = K \cdot \Delta P^{-1} \quad (6)$$

де $K = 1,25-1,30$ - коефіцієнт залежно від інтенсивності шкідливих факторів.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Наведені результати досліджень дозволяють розробити механізми впливу на рівень професійних захворювань під час розробки технічних рішень, які дозволяють знизити інтенсивність комплексної дії шкідливих факторів (4), визначення зміни величини рівня профзахворювання (5) та визначити величину зміни стажу роботи за рахунок зміни рівня профзахворювань (6).

Подальші дослідження повинні бути направлені на розробку ефективних засобів для зниження такого захворювання, як радикулопатія.

Список літератури

1. Карнаух Н.Г. Сборник статистических материалов по профессиональной заболеваемости трудящихся горно – металлургического комплекса министерства промышленной политики Украины за 1997 г. / Карнаух Н.Г., Выщипан В.Ф., Беднарик О.Н., Зеркаль Л.И., Панькова А.А., Галабурда Л.Д., Загорская Н.П., Полякова Г.Н. // НДИ УКР ПРОММЕД – Кривой Рог, 1998. – 59с.
2. Карнаух М.Г. Збірник статистичних матеріалів з професійної захворюваності працівників гірничо-металургійного комплексу України за 1999р. / Карнаух М.Г. Вищипан В.П., Беднарик О.М., Зеркаль Л.І., Панькова А.О., Галабурда Л.Д., Кривошей Л.О., Загорська Н.П. // НДІ УКРПРОММЕД – Кривий Ріг, 2000. – 89с.
3. Карнаух М.Г. Гігієнічні проблеми оптимізації праці та збереження здоров'я працівників промислових підприємств та шляхи їх вирішення / М. Г. Карнаух, В.М. Шевцова // Гігієнічна наука та практика на рубежі століть і матеріали XIV з'їзду гігієністів України, Дніпропетровськ – К., 2004, – С. 26 – 29.

4. Український НДІ промислової медицини / Збірник статистичних матеріалів з професійної захворюваності працівників гірничо-металургійного комплексу України за 2014–2015 рр. // Кривий Ріг, 2015 - 75 с.
5. Український НДІ промислової медицини / Збірник статистичних матеріалів з професійної захворюваності працівників гірничо-металургійного комплексу України за 2003–2007 рр. // Кривий Ріг – 2008. – 75 с.
6. **Басанець А.В.** Проблеми професійної патології та шляхи їх вирішення на сучасному етапі / **Басанець А.В., Лубянова І.П.** // ДУ «Інститут медицини праці АМН України», м. Київ 1 (17), 2009.
7. **Басанець А.В.** Професійна захворюваність в Україні / **Басанець А., Лубянова І.П., Тімошина Д.Ф.**, // Журнал Охорона праці № 10. - 2008.
8. **Кундієв Ю.І.**, Професійне здоров'я в Україні і його роль у збереженні трудового потенціалу / **Кундієв Ю.І., Нагорна А.М., Чернюк В.І.** // Український журнал з проблем медицини праці, 2007.– №4.– С. 10-17.
9. Измерова Н.Ф. Профессиональный риск для здоровья работников / **Измерова Н.Ф., Денисова Э.И.**, // М.: Тривант, 2003. – 448 с.
10. **Гогіташвілі Г.Г.** Управління охороною праці за міжнародними стандартами / **Гогіташвілі Г.Г., Карчевські Є.Т., Лапін В.М.** // К.: Знання, 2007.– 367с.
11. FMEA–методология для качественной оценки рисков // [Електронний ресурс] Режим доступа: <http://www.cfin.ru/finanalysis/invrisk/FMEA-methodology>
12. Управління ризиками. Методи оцінки ризику // [Електронний ресурс] Режим доступа: <http://westudents.com.ua/glavy>
13. Методичні рекомендації. Системи управління охороною праці. Порядок проведення робіт по оцінці ризику в галузі охорони праці. Мінськ, 2006.
14. Закон України «Про затвердження Загальнодержавної соціальної програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014-2018 рр.» [електронний ресурс] Режим доступа: <http://zakon2.rada.gov.ua>
15. ДСанПін «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості і небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» № 248 від 08.04.2014 року.
16. О профилактике профессиональных заболеваний на предприятиях горно-металургического комплекса / русская газета - №5 (031), 2005.

Рукопис подано до редакції 31.03.16

УДК 519.714: 622.7

А.И. КУПИН, д-р техн наук, Н.В. МОРКУН, канд. техн. наук, доц.,
Криворожский национальный университет

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ МОДЕЛИ

На основе использования предложенных принципов автоматизированного управления и алгоритмов оптимизации технологического процесса обогащения с учетом технологических разновидностей руды разработана общая структурная схема прототипа автоматизированной системы управления обогащением, предназначенная для практической реализации.

Для повышения эффективности функционирования горнорудных предприятий в условиях рыночных отношений необходимо снижение себестоимости и энергоемкости технологических процессов добычи и переработки сырья. В структуре затрат энергии горнорудными предприятиями доля рудообогатительной фабрики составляет около 20 %, а по расходу электроэнергии обогатительный передел является наиболее энергоемким – на него приходится около 44 % от потребляемого на предприятии объема.

Эффективность технологических процессов рудообогатительной фабрики зависит от физико-механических и химико-минералогических характеристик минерало-технологических разновидностей перерабатываемой руды, распределенных по всей протяженности технологических линий обогащения. Однако этот факт в не учитывается в полной мере существующими системами управления в частности из-за отсутствия необходимых методов моделирования и управления такими процессами, а также из-за отсутствия способов и средств оперативного контроля характеристик руды в технологических потоках.

В современных условиях совершенствование и интенсификация любых непрерывных технологических процессов обогатительных производств не возможно без автоматического контроля, управления и регулирования. Осуществлять оптимальное управление интенсифицированными технологическими процессами крупных и сложных промышленных объектов без использования новейших методов и средств или не эффективно, или не представляется возможным. Применение методов распределенного оптимального управления взаимосвязанными процессами обогатительного производства является перспективным подходом к решению задачи обеспечения необходимых характеристик продукции обогатительного производства в условиях изменения характеристик минерало-технологических разновидностей руды.

В современных условиях совершенствование и интенсификация любых непрерывных технологических процессов обогатительных производств не возможно без автоматического контроля, управления и регулирования. Осуще-