

фізичних характеристиках матеріалів завдяки їх більшій універсальності і чутливості до вмісту і властивостей досліджуваних проб. Важливою умовою отримання представницьких результатів прийомками, які базуються на водно-фізичних характеристиках, є правильний вибір методів визначення характеристичних вологостей.

Напрямок подальших досліджень пов'язаний з розробкою стандартних методів визначення показників характеристичних вологостей тонокодисперсних рудних матеріалів.

Список літератури

1. **Серебряник Г.И.** Комкуемость тонкозернистых шихт. Сталь, 1984, № 8. – С. 8-10.
2. **Папушин Ю.Л., Смирнов В.О., Біленький В.С.** Дослідження корисних копалин на збагачуваність. Навчальний посібник. Частина 1. – Донецьк : Східний видавничий дім, 2006. – 334 с
3. Добыча и обогащение железных руд. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. ИТС 25-2017. – М.: Бюро МДТ. 2017. – 239 с.
4. **Маерчак Ш.** Производство окатышей. М.: Металлургия, 1982. – 232 с.
5. **Коротич В.И.** Основы теории и технологии подготовке сырья к доменной плавке. М.: Металлургия, 1978. – 208 с.
6. Сырье для черной металлургии: Справочное издание в 2-х т. Т. 1. Сырьевая база и производство окискованного сырья (сырье, технологии, оборудование) / [Ладыгичев М.Г., Чижикова В.М., Лобанов В.И. и др.] : под ред. В.М. Чижиковой. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 896 с.
7. **Бережной Н.Н., Булычев В.В., Костин А.И.** Производство железорудных окатышей. М.: Недра, 1977. – 240 с.
8. Производство агломерата и окатышей: справ. изд. / [Базилевич С.В., Астахов А.Г., Майзель Г.М. и др.] : под. общ. ред. Ю.С. Юсфина. – М.: Металлургия, 1984. – 216 с.
9. **Стойкова Я.А., Бережной Н.Н.** Анализ показателей комкуемости тонкодисперсных материалов, / Сборник научных трудов Донбасского гос. ун-та. – Алчевск: ДонГУУ. – 2012. – Вып. 38. – С. 140-146.
10. Савельев С.Г., Стойкова Я.А. Оценка комкуемости магнетитовых концентратов / IX Междунар. конгр. обогащения стран СНГ: (сб. материалов). – М.: МИСиС, 2013. – С. 498-501.
11. Интенсификация производства и улучшение качества окатышей. Ю.С. Юсфин, Н.Ф. Пашков, Л.К. Антоненко и др. – М.: Металлургия, 1994. – 240 с.
12. **Mbele P.** Pelletizing of Sishen concentrate. J. S. Afr. Inst. Min. Metall. vol. 112, n. 3. Johannesburg, Mar. 2012. http://www.scielo.org.za/scielo.php?pid=S2225-62532012000300013&script=sci_arttext&tlng=es
13. Теоретические основы производства окискованного сырья. Д.А. Ковалёв, Н.Д. Ванюкова, В.П. Иващенко и др. – Днепропетровск: ИМА-пресс, 2011. – 476 с.
14. Определение комкуемости и рабочей влажности шихт для производства окатышей. В.М. Витюгин, А.В. Витюгин, Н.Н. Бережной, В.И. Смирнов. Бюллетень ЦНИИЧМ, 1973, №23. – С. 29, 30.
15. Разработка технологий для производства железорудных окатышей с высокими металлургическими свойствами : научная монография / Б.П. Юрьев, Н.А. Спирин, О.Ю. Шешуков и др. ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», Нижнетагильский технол. ин-т (фил.). – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2018. – 172 с.
16. **Бережной Н.Н., Федоров С.А., Бойковец В.Я.** Некоторые теоретические вопросы окомкования железорудных материалов. Сталь, 1987, №3. – С. 13-17.
17. **Hasnek H.A.** Pellet Production Using a Blend of Ores / Mining Eng. 1972, №31. P. 3-12.
18. **Витюгин В.М., Трофимов В.А.** Экспресс-метод определения оптимальной влажности тонкозернистых материалов перед окомкованием. Известия Томского политехнического института. Том 215, 1974. – С. 68, 69.
19. **Берман Ю.А.** Основные закономерности производства окатышей. Челябинск: Металлургия, Челябинское отделение, 1991. – 184 с.

Рукопис подано до редакції 17.04.2023

УДК 331.43:[622.7:549.6]

О.Є. ЛАПШИН, д-р техн. наук, проф., Г.М. ЯРОШЕНКО, аспірант
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ УМОВ ПРАЦІ В ЦЕХАХ ЗБАГАЧЕННЯ ТИТАНО-ЦИРКОНІЄВОЇ РУДИ ВИРОБНИЦТВА ВІЛЬНОГІРСЬКОГО ГМК

Мета. Метою дослідження є визначення стану умов праці та ефективність вентиляції в цехах збагачення титано-цирконієвої руди.

Методи дослідження. Фактичний аналіз умов праці на робочих місцях в цехах збагачення титано-цирконієвої руди. Аналіз літературних джерел з методів визначення шкідливих речовин при збагаченні руд.

Наукова новизна роботи полягає в розробці методик визначення концентрацій шкідливих речовин на робочих місцях та ефективності вентиляції в цехах збагачення титано-цирконієвих руд.

Практична значимість. В даній роботі наведені фактичні величини концентрацій шкідливих речовин при роботі обладнання, мікрокліматичні умови праці в різні періоди року та ефективність вентиляції в цехах збагачення титано-цирконієвих руд, які в подальшому будуть використані при розробці заходів з покращення умов та безпеки праці на робочих місцях.

Результати. В результаті опрацювання науково-дослідницьких матеріалів з розробки заходів боротьби зі шкідливими речовинами, які виділяються під час роботи промислового обладнання, встановлено наявність розбіжностей в методичних джерелах визначення їх концентрацій на робочих місцях, ефективності вентиляції в промислових цехах, зокрема в робочих зонах обслуговуючого персоналу. Недостатньо вивчені умови праці в несприятливі сезонні кліматичні коливання, а відповідно бракує рекомендацій з регулювання вентиляційних режимів під час максимальних навантажень роботи обладнання та в теплий і холодний періоди року.

Приведені вказівки з методів визначення вмісту шкідливих речовин в повітрі робочих зон, рекомендації з визначення метеорологічних умов в промислових приміщеннях, зокрема температури, вологості і швидкості повітря в сезонні періоди року.

Надані відомості з визначення ефективності вентиляції в промислових приміщеннях, які є актуальними для сучасних умов цехів збагачення титано-цирконієвих руд.

Рекомендовані методичні посилання були застосовані при визначенні стану умов праці та ефективності вентиляції в цехах збагачення титано-цирконієвих руд, а на їх підставі даються рекомендації з поліпшення умов праці, у першу чергу, підвищення ефективності вентиляції виробничих приміщень. Результати вимірювань вмісту шкідливих речовин в повітрі і мікроклімату в приміщеннях наведені в таблицях 2 і 3.

Ключові слова: умови праці, повітря, шкідливі речовини, пил, температура, вологість, швидкість, профзахворювання, руда, вентиляція

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. В результаті моніторингу статистичних даних та спостережень у цехах збагачення титано-цирконієвих руд виявлені концентрації пилу на робочих місцях працівників, які перевищують допустимі значення. Виявлено несприятливі мікрокліматичні умови праці особливо в сезонні періоди року. Так, температура повітря в цехах в теплі періоди року значно перевищує допустимі величини, а в холодні періоди року спостерігається температура нижче допустимої. Спостерігається також відхилення величин швидкості повітря в робочих зонах приміщень збагачення руди. Незадовільний стан умов праці з часом призводить до порушень функціонального стану організму, професійних хронічних захворювань працюючих, а також негативно впливає на безпеку і продуктивність праці.

Виходячи з таких обставин встановлення умов праці на робочих місцях та розробка рекомендацій щодо зменшення виділення шкідливих речовин в робочі зони та підвищення ефективності вентиляції цехів збагачення титано-цирконієвих руд є актуальною задачею і потребує додаткових наукових досліджень.

Аналіз досліджень і публікацій. Вивчаючи низку літературних джерел було виявлено, відомості з приводу досліджень умов праці на гірничорудних підприємствах. Так, розкриті основні правові, нормативні та організаційні заходи з виробничої санітарії та безпеки праці у гірничій промисловості [1,2]. Але у цих виданнях відсутні відомості щодо умов праці в цехах збагачення титано-цирконієвих руд та ефективності в них вентиляції.

У роботі з вентиляції промислових підприємств описані санітарно-гігієнічні умови в промислових приміщеннях, приведені методи, за допомогою яких визначаються фізико-хімічні властивості рудникового пилу та наявність шкідливих газів, що утворюються внаслідок розробки кар'єрів, транспортування та збагачення корисних копалин [3]. Разом із цим автори роботи не наводять даних про властивості пилу, утворюваного при збагачуванні титано-цирконієвих руд та ефективності вентиляції в приміщеннях.

В збірнику з лабораторних і практичних робіт з охорони праці цивільної безпеки даються методичні вказівки з практичних робіт стосовно дисциплін «Безпеки життєдіяльності», «Основ охорони праці» і «Безпеки гірничих робіт»[4]. Цей збірник не містить відомостей про шкідливість титано-цирконієвого пилу, немає у ньому рекомендацій також щодо ефективності вентиляції та кондиціонування повітря в приміщеннях.

В інших наукових працях висвітлено основні способи поліпшення умов праці в цехах гірничих підприємств, які більш сучасні або удосконалені [5, 7, 9]:

теплова коагуляція твердих часток у повітряному середовищі при викидах пилу;
очищення повітря в середині аспіраційного укриття перевантажувального вузла.

Підручник за редакцією Левченко О. Г. [8] вміщує у своєму другому розділі, підрозділі щодо повітря робочої зони виробничих приміщень, а саме:

- джерела та оцінка мікроклімату робочої зони;
- джерела та оцінка забруднення повітряного середовища шкідливими речовинами;
- заходи і засоби нормалізації повітря робочої зони.

Подана інформація в підручнику є загально-типовою, тобто несе більш ознайомчий характер, тому не може бути використана саме на виробництві збагачення титано-цирконієвих руд як підґрунтя для захисту здоров'я працюючих.

Автор в своїй праці [10] виклав методологічне забезпечення щодо безпеки життєдіяльності в різних умовах включаючи мирний та воєнний стан, висвітлив джерела небезпек, їх вплив та походження. Подано удосконалені методики з прогнозування та оцінювання обстановки в різних ситуаціях. На практиці застосовувати дані методики не є доцільним на збагачувальному виробництві, що зумовлюється особливостями технологічних процесів, які не були розглянуті в праці.

В працях [2, 6, 11] дуже добре описано основи гігієни праці, висвітлено найбільш вразливі місця щодо безпекової ситуації робочого середовища. Завдяки аналізу виробничої захворюваності стає зрозумілим, що найчастіше потерпають дихальні шляхи та органи дихання, що зумовлюється високим відсотком захворюваності. Проте в цих працях немає відомостей щодо відбору проб в місцях збагачення саме титано-цирконієвих руд, а також аналізу захворюваності в такому виробництві, тому постає подальша наукова задача щодо вирішення цього питання.

Постановка задачі полягають у:

розробці методичних рекомендацій з визначення величин шкідливих речовин, що виділяються при роботі збагачувального обладнання;

визначенні шкідливих речовин, що виділяються та їх концентрації на робочих місцях працюючих;

дослідженні ефективності існуючих систем вентиляції в сезонні періоди року;

розробці рекомендацій з поліпшення умов праці (зменшення шкідливих виділень при роботі обладнання та підвищення ефективності вентиляції в робочих зонах промислових приміщень).

Викладення матеріалу та результати. Збагачувальне виробництво філії «Вільногірський гірничо-металургійний комбінат» представляє собою технологічний комплекс з повним циклом операцій з транспортування і переробки рудних пісків з метою отримання товарних концентратів. Процес збагачення складається з наступних основних технологічних операцій: рудопідготовка і знешламлювання; концентрація колективного концентрату; доводочні операції.

До допоміжних операцій відносяться операції із попереднім грохоченням, зневодненням і сушкою продуктів збагачення при переході від мокрих (гравітаційних) до сухих (електричних і електромагнітних) технологічних операцій.

Встановлена виробнича потужність збагачувального виробництва складає 6,0 млн м³ переробки рудних пісків на рік. Згідно із звітним періодом минулого року збагачувальне виробництво переробило 6219059 тон продуктивних пісків та отримала з них товарних концентратів: циркону – 20164 т/р.; рутилу – 40598 т/р.; ільменіту – 127928 т/р.; дистен-силіманіту – 6329 т/р.; ставроліту – 23279 т/р. У відсотках відповідно: циркону – 9,2%; рутилу – 18,56%; ільменіту – 58,6%; дистен-силіманіту 2,98%; ставроліту – 10,66% (не видно титану). Хвости відділення одержання колективного концентрату представлені кварцовими пісками, які направляються на ділянку отримання формувальних пісків. Підприємство є постачальником кварцового піску, для виготовлення різних марок скла табл.1.

Піски марки ВС використовуються для виробів з високою світло-прозорістю. Усі основні однойменні концентрати мають у своєму хімічному складі SiO₂ – діоксид кремнію, найбільше в цирконовому – 32 % та ставролітовому – 28 %.

Щодо хімічного складу повітря виробничого простору, наведеного в табл. 2, відмічається що концентрація шкідливих забруднюючих речовин в різних місцях не однакова. Такі дані зумовлюються різними видами технологічних

Таблиця 1
Хімічний склад кварцового піску
різних марок у відсотках, %

Склад	ВС-30-В	ВС-050-1
SiO ₂ , не більше	98,5	98,5
Al ₂ O ₃ +TiO ₂ , не менше	0,6	0,6
Fe ₂ O ₃ , не більше	0,03	0,05
Волога, не більше	0,5	<0,1

процесів: сухих, мокрих, попереднього грохочення, транспортування конвеєрним транспортом тощо.

Таблиця 2

Концентрація пилу та інших шкідливих речовин в повітрі виробничого середовища

Речовини	Вміст речовини, мг/м ³	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки
Пил нетоксичний (фіброгенної дії)	7 – 11,5	10	3
Азоту оксиди	2	5	4
Ангідрид сірчистий(порошковий)	0,8	10	4
Вапняк	3,5 – 7,2	6	3
Диоксид вуглецю	200 – 450	800	4
Титан та його діоксид	0,8 – 3,7	10	4
Циркон, цирконію діоксид	3 – 5,5	6	4
Диоксид кремнію кристалічний при: >70% вмісту пилу	1 – 1,15	1	3
10-70% вмісту пилу	1,15 – 2,2	2	3
Силікати: азбестоцемент, цемент, апатит, глина, тальк, слюда, мусковіт	2,5 – 4 3 – 4	6 4	4 4

Згідно хімічного аналізу бачимо, що група диоксиду кремнію, вапняк та звичайний пил фіброгенної дії мають вміст на рівні ГДК і вище, що спричиняє негативний вплив на організм людини. В результаті перебування впродовж 8 – 12 годин робочої зміни, працівники мають високий ризик отримати різні професійні захворювання дихальних шляхів та навіть шлунково-кишкового тракту (табл. 3).

Таблиця 3

Показники виробничих факторів робочого середовища

Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДК)	Фактичне значення, °C	Тривалість дії фактора, % за зміну
Температура повітря, °C влітку взимку	17-25	6 – 29 до 29	70 – 85
Швидкість руху повітря, м/с	не більше 0,3	0,07 – 0,33	70-85
Вологість повітря, %	75	46 – 77	70-85

В роботах вітчизняних і зарубіжних авторів, які вирішують проблеми поліпшення умов праці на виробництві, підкреслюється важливість удосконалення методичних рекомендацій щодо проведення досліджень і випробувань, які здійснюються на підприємствах [6-10]. Серед дослідницьких методів, які використовувалися в роботі були наступні:

- методи відбирання проб повітря для його аналізу;
- методи визначення концентрацій пилу у повітрі;
- способи визначення ефективності вентиляції в цехах збагачення.

Дослідження забрудненості повітря і аналіз властивостей пилу проводилося за методикою розробленою в КНУ з частковим її зміненням в залежності від особливостей виробничого процесу [1]. Так, вміст пилу в повітрі здійснювався на робочих місцях і робочих зонах для встановлення забруднення повітря і відповідності її санітарним нормам та оцінки ефективності заходів знепилення, які застосовуються.

Відбирання проб повітря здійснювався в робочій зоні на відстані не більше 1- 1,5 м від робочого місця на висоті 1,5 м від підлоги. У випадку коли робоче місце не було фіксовано, відбирання проб проводилося у точках робочої зони, у яких працюючий перебуває більше 50 % зміни. Відбирання проб повітря, що надходило в приміщення проводилося у відкритих проїздах, дверях, в місцях його надходження в трубопроводи. З метою визначення забрудненості повітря в приміщенні при роботі обладнання у визначених місцях відбиралося не менше 5 проб. У випадках коли різниця між результатами вимірювань перевищувала 30 %, тоді вимірювання повторювалися.

Проби відбиралися за допомогою ежекційного респіратора АЕР-4 і фільтрів АФА за межами зон пилу викидів стисненого повітря і струменів, що виходять з різних апаратів, повітроп-

роводів тощо. Результати вимірів вмісту пилу в повітря приводилися за нормальних умов температури, атмосферного тиску і відносної вологості.

Запиленість повітря визначають масовим та лічильним методами, а також експрес-методами, що базуються на: зменшенні сили світлового потоку, який проходить через запилене повітря; вимірюванні електричного заряду пилових часток (електроіндукційний метод); ослабленні потоку α - або β -часток при їх проходженні через запилене повітря або через фільтр, на якому цей пил був осаджений (радіоізотопний метод). Найбільш поширеними приладами для експрес-вимірювання запиленості є ІЗВ-1, ІКП-1 та ін.

Оскільки нормування вмісту пилу в повітрі здійснюється в масових одиницях вимірювання ($\text{мг}/\text{м}^3$, $\text{г}/\text{м}^3$), тому за основу був прийнятий масовий метод, який виконувався згідно методичних вказівок [2]. Сутність цього методу полягає в наступному. Підбираються фільтри з високим коефіцієнтом очищення, наприклад ФГП-15 або АФА. Після визначення маси чистого фільтра він поміщається в алонж (патрон-пилоприймач). Алонж з фільтром приєднується до аспіратора через витратомір. Аспіратор підбирають таким чином, щоб він забезпечував необхідний тиск і витрату повітря. В якості аспіратора використовувався битовий пилосос.

При відборі проб повітря всмоктувальний отвір пило приймального патрона спрямляється назустріч вентиляційному струменю. Важливим є те, що при відборі проб швидкість всмоктування повітря в алонж дорівнювалася швидкості повітряного потоку, тобто виконувався принцип ізокінетичності. Тому в місцях відбору проб, де швидкість потоку перевищувала 1,5 м/с, алонж обладнувався спеціальною насадкою.

Час відбору проби визначався ступенем запиленості повітря і був таким, щоб маса пилу була не менше 5 % маси фільтра. Після відбору проби фільтр знову зважувався. Концентрація пилу в повітрі визначалася за формулою

$$C = (m_k - m_n) / V,$$

де m_k і m_n – відповідно кінцева і початкова маси фільтра, мг; V – об'єм повітря, яке пройшло через фільтр, м^3 .

Згідно цієї методики були проведені відбирання проб повітря для визначення його забруднення в приміщеннях цехів збагачувальної фабрики, а визначення маси чистих і забруднених фільтрів проводилося в лабораторії Криворізького національного університету (КНУ [2]).

Результати промислових і лабораторних досліджень показують, що концентрації пилу в приміщеннях збагачувальних цехах свідчать, що група діоксиду кремнію, вапняк та звичайний пил фіброгенної дії мають вміст на рівні ГДК і вище, що підтверджує актуальність визначення ефективності вентиляційних установок в приміщеннях збагачувального цеху, яка здійснюється отриманням об'єктивних даних з температури, вологості та рухомості повітря в робочій зоні цеху, а також вміст в ньому пилу і шкідливих газів (санітарно-гігієнічних умов) та порівняння їх з нормативними величинами.

В процесі випробування виявляється відповідність проекту діючої вентиляційної установки, визначається її продуктивність, швидкість руху повітря в трубопроводах, тиск, наявність підсмоктувань, якість монтажу. Особлива увага поділяється окремим елементам вентиляційної системи: фільтру для очищення повітря, засобам його кондиціонування, регулювання вентиляційних режимів і шумові характеристики тощо. Звертається увага на ефективність природної вентиляції, при цьому перевіряється кількість і площини витяжних ліхтарів, а також всіх вікон та дверей, що відкриваються, джерел виділення тепла. Одночасно визначаються місця вимірювання температури, вологості і швидкості повітря в приміщеннях в літній та зимовий періоди року.

Для ефективного функціонування вентиляційної системи розраховуються її аеродинамічні параметри у такій послідовності:

1. Складається вентиляційна система, на ділянках позначається необхідна кількість повітря.
2. Приймається швидкість руху повітря 4-6 м/с на кінцевих ділянках, 6-8 м/с у повітроводах, приєднаних до кінцевих ділянок, 8-10 м/с у повітроводах, не пов'язаних з кінцевими ділянками і віддалених від вентилятора, 10-13 м/с на ділянках наближених до вентилятора, але не приєднаних до нього, 14-15 м/с на ділянках, з'єднаних безпосередньо з вентилятором.
3. Визначаються розміри діаметрів повітроводів, які остаточно приймаються після зіставлення з діаметрами уніфікованих повітроводів і трійників.

4. Орієнтовну (приблизну) площу поперечного перерізу F , м^2 визначають за формулою

$$F = Q_d / 3600 v_{\text{рек}},$$

де Q_d – розрахункова кількість повітря на окремих ділянках вентиляційної системи, $\text{м}^3/\text{год.}$; $v_{\text{рек}}$ – рекомендована швидкість руху повітря, м/с .

5. Фактична швидкість повітря v_ϕ , визначається з урахуванням площі перерізу прийнятого стандартного повітропроводу $v_\phi = Q_d / 3600 F_\phi$

6. Після визначення v_ϕ на ділянках, розраховуються питомі витрати тисків на тертя ΔP_n ,

$$\Delta P_n = \lambda \cdot P_o / d,$$

де P_o – динамічний тиск, Па.

7. Визначається втрата тиску на тертя $\Delta P_{\text{тр}}$ за формулами $\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_n l$; $P_o = \rho v^2 / 2$.

Далі приймаються коефіцієнти місцевого опору на окремих ділянках системи ζ , а потім обчислюються їх суми; визначають динамічний тиск P_o , втрати тиску на місцеві опори $\Delta P_{\text{м.о.}}$ за формулою $\Delta P_{\text{м.о.}} = P_o \sum \zeta$, і повні втрати тиску на ділянках ΔP .

8. Вибір вентилятора здійснюється за їх характеристиками: продуктивністю та напором (розрідженням).

Продуктивність вентилятора $Q_{\text{вент.}} = k_n Q_c$, $\text{м}^3/\text{год.}$ приймають за розрахунковою кількістю повітря для системи, де k_n – поправочний коефіцієнт; $k_n = 1,1$ – для повітропроводів з металу при загальній їх довжині більше 50 м; $k_n = 1,15$ – для неметалевих труб великої протяжності; Q_c – розрахункова загальна кількість повітря у вентиляційній системі, $\text{м}^3/\text{год.}$

Втрати тиску, які повинен компенсувати вентилятор визначаються за формулою

$$P_{\text{вент.}} = k_p \Delta P_z$$

де $k_p = 1,1$ – коефіцієнт резерву; ΔP_z – загальні втрати тиску (у вентиляційній системі і вентиляційному обладнанні), Па.

Потужність, що використовується на валу електродвигуна визначається за формулою

$$N_e = Q_{\text{вент.}} \cdot P_{\text{вент.ф}} / 3600 \cdot \eta_e \cdot \eta_n,$$

де $P_{\text{вент.ф}}$ – фактичний тиск, який створюється вентилятором, Па; η_e – ККД вентилятора; η_n – ККД передачі; $\eta_n = 1$ – при безпосередньому з'єднанні вентилятора з електродвигуном; $\eta_n = 0,95$ – при клиноременній передачі.

Установочна потужність електродвигуна з урахуванням необхідного запасу приймається за формулою $N_p = k_z N_e$, де k_z – коефіцієнт запасу, який залежить від потужності на валу електродвигуна; $k_z = 1,05-1,20$ – для осьових вентиляторів; $k_z = 1,1-1,5$ – для відцентрових вентиляторів.

У якості прикладу надається розрахунок системи місцевої відсмоктувальної вентиляції, наведену на рис. 1.

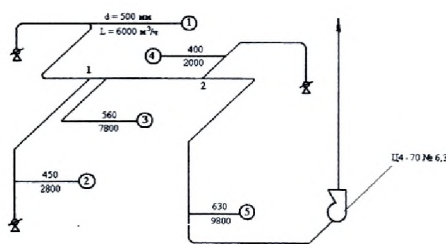


Рис. 1. Схема відсмоктувальної вентиляції

За відомими кількостями повітря на ділянках 1, 2, 4 визначають кількість повітря в усіх ділянках системи (табл. 4). Коефіцієнти ζ приймають з довідника.

Приймаємо швидкості руху повітря на ділянках з табл. 4, ці швидкості вказані в дужках. За номограмою у довіднику намічаємо діаметри повітропроводів та уточнюємо їх при виборі трійників. Для ділянки 2, наприклад, діаметр 500 мм замінено на 450 мм. За прийнятими діаметрами повітропроводів розраховуємо дійсні значення швидкості. Приймаємо питомі витрати тиску на тертя за номограмою та визначаємо витрати на тертя по всій ділянці. Приймаємо коефіцієнти місцевого опору. Для ділянки 1 та 2, що належить трійнику 1, ζ_n і ζ_o залежать від відношень: площі проходу до площі ствола трійника $F_n/F_c = 1$, витрат у відводі до витрат у стволі $Q_1/Q_3 = 0,64$, площі відводу до площі ствола $F_o/F_c = 0,65$. З урахуванням екстраполяції по F_n/F_c $\zeta_n = 1,5$, $\zeta_o = 0,3$. Для ділянок 3 та 4, що входять до складу трійника 2, в залежності від $F_n/F_c = 0,79$, $Q_4/Q_5 = 0,2$ та $F_o/F_c = 0,4$ $\zeta_n = 0,34$, $\zeta_o = -1,7$.

Необхідні витрати повітря може задовольнити вентилятор Ц4-70 № 6,3. На вході до вентилятора не треба встановлювати перехідні пристрої, а дифузор за вентилятором приймаємо з кутом розкриття 15° , що дає $\zeta_o = 0,21$. Розраховуються витрати тиску на місцеві опори та визначаються втрати тиску в циклах за формулою

$$\Delta P_{\Sigma} = \Sigma \Delta P_{\Delta \Sigma} + P_{\Delta \Sigma},$$

де $\Sigma \Delta P_{\Delta \Sigma}$ – втрати тиску на ділянках циклу, Па; $P_{\Delta \Sigma}$ – динамічний тиск повітря, Па, що випускається із вентиляційного пристрою циклу, що розглядається.

Таблиця 4

Розрахунок повітроводів вентиляційної системи

№ діл.	$Q_{\Delta \Sigma}$, тис.м ³ /г	d , мм	l , м	Елементи та пристрої системи	v , м/с	$P_{\Delta \Sigma}$, Па	Втрати тиску на тертя		ξ	$\Delta P_{\Delta \Sigma}$, Па	ΔP , Па
							ΔP_m , Па	$\Delta P_n \cdot l$, Па			
1	6.0	500	15	Зонт, дросель-клапан, 3 відводи 90°, трійник, повітровід	(4) 5,65	19,23	0,55	8,25	0,17-0,6 1,0-1,5 3,32	63,85	72,1
2	2.8	450	18	Зонт, дросель-клап., відвід 90°, трійник, повітровід	(6) 4,89	14,41	0,55	9,9	0,17-0,6 0,35-0,3	20,46	30,36
3	7.8	560	26	Трійник, повітровід	(8) 8,81	46,76	1,3	33,9	0,34-0,34	15,9	49,8
4	2.0	400	10	Зонт, дросель-клап., 2 відводи 90°, трійник, відвід, повітровід	(4) 5,41	11,72	0,51	5,1	0,17-0,6 0,7-1,7 0,23	-2,7	2,4
5	9.8	630	13	4 відводи 90°, дифузор, витяжна шахта	(10) 8,73	45,87	1,33	17,4	1,4-0,21 1,3	133,45	150,9

Наукова новизна запропонованої статті полягає в обґрунтуванні актуальності умов праці при збагаченні титано-цирконієвих руд та надані практичні рекомендації щодо підвищення ефективності вентиляції в приміщеннях, на що будуть спрямовані наступні дослідження.

Висновки та напрямок подальших досліджень. У роботі надані методичні рекомендації з визначення шкідливих чинників при збагаченні титано-цирконієвих руд та наведені концентрації вмісту пилу в повітрі.

Установлено недостатню ефективність вентиляції приміщень та наведено приклад для розрахунку аеродинамічних параметрів вентиляційної системи, дотримання яких дозволить покращити умови праці в робочих зонах цеху.

Список літератури

1. Лапшин О. Є. Охорона рудникової атмосфери : навч. посібник / О. Є. Лапшин, О. О. Лапшин, Д. О. Лапшина. – КР : КНУ, 2017. – с. 31-80.
2. Лапшин О. Є. Охорона праці в гірництві : Підручник / О. Є. Лапшин, О. О. Лапшин, Д. О. Лапшина. – КР : КНУ, 2018. – 256 с.
3. Лапшин О. Є. Вентиляція промислових приміщень : підручник / О. Є. Лапшин, О. О. Лапшин, М. В. Худик. – Кривий Ріг : КНУ, 2022. – с.101 – 105.
4. Лапшин О. Є. Збірник лабораторних і практичних робіт з охорони праці та пильної безпеки. / О. Є. Лапшин, О. О. Лапшин, О. В. Пищикова та ін. - Кривий Ріг. Вид. КНУ. 2021. – С.101 – 105.
5. Нестеренко О. В. Тепловая коагуляция твердых частиц в воздушной среде при выбросах пыли промышленными предприятиями / О. В. Нестеренко, В. Н. Назаренко, М. В. Домничев, И. С. Радченко, О. Б. Настич // Гірничий вісник. – 2013. – Вип. 96. – С. 199–202. – Библиогр.: с. 202.
6. Гурін А. О. Дистанційний відбір проб повітря при проведенні виробок / А. О. Гурін, В. А. Шаповалов, А. В. Давидов // Вісник Криворізького національного університету. – 2012. – Вип. 31. – С. 126–128.
7. Шаповалов В. А. Очистка воздуха внутри аспирационного укрытия перегрузочного узла / В. А. Шаповалов // Вестник Криворожского национального университета: сб. науч. стир. – Кривой Рог, 2018. – Вып. 46 – С. 118–122. – Библиогр.: с. 122
8. Левченко О. Г. Охорона праці та пильний захист : Підручник / О. Г. Левченко, О. І. Полукаров, В. В. Зацарний, Ю. О. Полукаров, О. В. Землянська. За ред. О. Г. Левченка. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 420 с.
9. Shapovalov V. A. The improvement of working conditions at the industrial workshops of mining enterprises / V. A. Shapovalov // Innovative development of resource-saving technologies of mineral mining and processing. 2nd international scientific and technical Internet conference (Petroșani, Romania, November 15, 2019) : book of abstracts. – Petroșani : Universitas Publishing, 2019. – P. 125–127.
10. Демиденко Г. П. Безпека життєдіяльності. навч. посіб./Г. П. Демиденко. – Київ : НТУУ «КПІ», 2008. – 300 с.
11. Швагер Н.Ю. Основи гігієни праці / Н.Ю. Швагер, Т.А. Комісаренко. – КР. – КНУ. – 2017.

12. Швагер Н. Ю. Аналіз професійної захворюваності на гірничодобувних підприємствах Кривбасу /Н. Ю. Швагер, Д. П. Заїчна // Вісник Криворізького національного університету : зб. наук. праць. –Кривий Ріг, 2018. – Вип. 46. – С. 99–104. – Бібліогр.: с. 104

Рукопис подано до редакції 18.04.2023

УДК658.562.012.7.681.26

А.А. АЗАРЯН, д-р техн. наук, Н. С. КРАПИВНИЙ, магістрант
Криворізький національний університет

ГРАВІТАЦІЙНИЙ МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ВМІСТУ ЗАЛІЗА В ПОДРІБНЕНІЙ ГІРНИЧІЙ МАСІ

Метою дослідження - є дослідження можливості оперативного контролю вмісту корисного компонента в окислених гематитових рудах в діапазоні від 30 до 68 відсотків вмісту заліза з гранулометричним складом -3мм.

Метод дослідження – гравітаційний.

Наукова новизна – встановлення стійкого кореляційного зв'язку між питомою вагою та вмістом заліза у подрібненій руді, а також використання у поєднанні нечіткої логіки, нейронних мереж для виявлення параметрів залежності і отримання максимально точного результату, та гравітаційного методу. Перевагою запропонованого методу в порівнянні з іншими геофізичними методами є швидкість та вартість експрес аналізу однієї проби, що приблизно на порядок нижче від існуючих. Крім того, цей метод не вимагає використання радіоактивних джерел випромінювання, що дозволяє спростити процедуру проведення аналізу та не потребує отримання дозволів та серйозного контролю за такого типу обладнанням, в свою чергу це на порядок підвищує безпеку та охорону праці на підприємстві.

Практичною значимістю запропонованого пристрою у гірничодобувному виробництві України є те, що він дозволить максимально швидко отримувати результати аналізу, знизить вартість аналізу однієї проби, та знизить втрати руд та засмічення підірваної гірничої маси, що розширить сировинну базу країни.

Результати проведених лабораторних досліджень показали, що за всіма вимогами оперативного контролю вмісту заліза в гематитових рудах - гравітаційний метод не поступається відомим геофізичним методам, таким як ядерно-фізичні, магнітометричні, ультразвукові, акустичні, радіометричні та інші, залежно від фізико-механічних властивостей мінералів. У статті наведено основні моменти роботи такого методу та вимоги до використання експрес-аналізу гематитових руд гравітаційним методом. Також представлена блок-схема алгоритму роботи такої системи та основні її компоненти, як електронні ваги, прес, манометр, кювета з пробой, персональний комп'ютер. В результаті досліджень також було розроблено ПЗ, яке забезпечує стабільну роботу системи та виконує усі обчислення та перетворення, його основні характеристики також було описано в даній статті.

Ключові слова. Питома вага, нейронні мережі, штучний інтелект, нечітка логіка, гравітаційний, гематитовий, гранулометричний, ущільнення.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. Для оперативного контролю якості мінеральної сировини в гірничорудній промисловості залежно від фізико-хімічних та фізико-механічних властивостей, застосовуються різні методи, такі як: електричні; ядерно-фізичні; магнітометричні; ультразвукові; акустичні; радіометричні та інші.

Традиційні методи мають як позитивні, так і негативні характеристики. В даний час відсутній універсальний метод оперативного контролю за якістю мінеральної сировини. При виборі методу оперативного контролю якості мінеральної сировини крім фізико-хімічних та фізико-механічних властивостей аналізують точність, простоту експлуатації, час та вартість аналізу однієї проби, техніку безпеки та ін.

При виборі методу контролю якості руди, у всіх існуючих способах оперативного контролю вмісту мінеральної сировини, на перше місце ставиться точність результату аналізу, так як це впливає як на ціну товарної руди, так і на конкурентоспроможність. Основними впливовими чинниками на точність оперативного контролю масової частки заліза в окислених рудах є: повний речовий склад руди; гранулометричний склад; вологість; температура навколишнього середовища; щільність проби.

Точний облік цих чинників дасть можливість визначити масову частку заліза в окислених рудах Кривбасу.