

6. **Матерон Ж.** (1968). Основы прикладной геостатистики. М., Мир.
7. **Шолох Н. В.** (1999). Горно-геометрический мониторинг прогнозирования качественных показателей железорудных месторождений. / Сб. научных трудов второго международного симпозиума «Оперативный контроль и управление качеством минерального сырья при добыче и переработке». – Ялта. – С. 218–220.
8. **Шолох М. В., Топчий О. Л.** (2012). Прогнозування якісних показників корисних копалин при комплексному освоєнні родовища. / Зб. наукових праць «Вісник КНУ». – Кривий Ріг. – Вип. 32. – С. 241–245.
9. **Шолох М. В., Сергєєва М. П.** (2013). Моніторинг прогнозування показників корисної копалини родовища на основі стохастичного моделювання відособлених і взаємозалежних динамічних рядів. / Сб. матеріалів міжнародної науко – техн. конференції. – Донецьк: ДонНГУ. – Вип. 3. – С. 47–52.
10. **Шолох М. В.** (2016). Моделювання динамічних рядів прогнозування якісних показників руди і корисної копалини у рудній сировині. / Науково – техн. збірник «Гірничий вісник» ДВНЗ «КНУ». – Кривий Ріг. – Вип. 101. – С. 49–55.
11. **Шолох М. В.** (2016). Методика визначення і нормування вмісту якісних показників корисних копалин у промислово-балансових запасах. – Кривий Ріг: Видавничий центр ДВНЗ «КНУ». – 160 с.
12. **Sholokh M. V.** (2017). Methodology for the standardization losses of ready-to-extract solid minerals. / For participation in the 2nd International Scientific and Technical Internet Conference «Innovative Development of Mining Industry». December 14, 2017, Kyyvyi Rih. – s. 179.
13. **Шолох Н. В.** (2005). Прогнозирование показателей геохимического поля месторождений железистых роговиков Кривбасса / Научно – техн. сборник «Разраб. рудн. месторождений». – Кривой Рог. – Вип. 89. – С. 144–147.
14. **Федоренко П. И., Шолох Н. В., Переметчик А. В.** (2007). Выбор оптимальной методики оценки исходных геологических данных при прогнозировании качественных показателей железорудных месторождений. / Научно – техн. сборник «Разраб. рудн. месторождений». – Кривой Рог. – Вип. 91. – С. 102–106.
15. **Sholokh M. V.** (2018). Determination and research of norms of the ferrous quartzites prepared to booty. – С. 25–52. / Development of scientific foundations of resource-saving technologies of mineral mining and processing. Multi-authored monograph. – Sofia: Publishing House «St. Ivan Rilski». – 264 p. ISBN 978-954-353-355-8.
16. **Sholokh M. V.** (2018). An analysis of surveyor control of losses of balance-industrial supplies is at mastering. – С. 132–135. / International Scientific and Technical Internet Conference «Innovative Development of Resource-Saving Technologies of Mineral Mining and Processing». Book of Abstracts. – Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, –221 p.
17. **Шолох Н. В.** (2002). Оптимальные алгоритмы и программы для автоматизации построения горно-геометрических графиков. / Разработка рудных месторождений. – Выпуск № 78. – Кривой Рог. – С. 179–182.
18. **Шолох Н. В.** (2005). Прогнозирование показателей геохимического поля месторождений железистых роговиков Кривбасса. / Разработка рудных месторождений. – Выпуск № 89. – Кривой Рог. – С. 144–147.
19. **Шолох Н. В., Топчий А. Л.** (2014). Формирование качества полезного ископаемого и рудного сырья горнорудных предприятий Кривбасса. / Збірник наукових праць «Гірничий вісник». – Науково-технічний збірник ДВНЗ «КНУ». – Випуск № 97. – Кривий Ріг. – 2014. – С. 26–30.
20. **Шолох М. В.** (2018). Маркшейдерське забезпечення прогнозування і управління якісними показниками при розробці залізородних родовищ. – С. 160–168. / Форум гірників–2018: матеріали міжнар. конф., 10–13 жовтня 2018 р. – Дніпро: Середняк Т. К. – 307 с. ISBN 978-617-7696-55-0.
21. **Шолох М. В.** (2018). Нормування балансово-промислових запасів залістистих кварцитів по ступеню підготовленості до видобутку. – С. 742–761. / The Second International scientific congress of scientists of Europe. – Proceedings of the II International Scientific Forum of Scientists «East–West» (May 10–11, 2018). Premier Publishing s. r. o. Vienna. 822 p. ISBN–13 978-3-903197-91-6; ISBN–10 3-903197-91-2.
22. **Шолох М. В., Сергєєва М. П.** (2018). Моделювання характеристик об'ємно-якісних показників потоків залізородної маси кар'єрів і шахт. / Зб. наукових праць ДВНЗ «КНУ» «Гірничий вісник» Науково-технічний збірник: Кривий Ріг. – Вип. 103. – С. 17–22.
23. **Шолох М. В.** (2018). Моделювання прогнозної оцінки мінливості вмісту якісних показників корисних копалин. 274–287. / The 3rd International youth conference – Perspectives of science and education – (July 6, 2018) SLOVO\WORD, New York, USA. 2018. 524 p. ISBN 978-1-77192-403-0.

Рукопис подано до редакції 09.04.2019

УДК 666.125.016.1:669.017.1

В.А. ШАПОВАЛОВ, Л.Н. САЙГАРЕЄВ, Т.П. ЯРОШ, кандидати техн. наук, доценти  
І. Е. СКІДІН, ст. викладач, Криворізький національний університет

## ВИКОРИСТАННЯ ВИРОБНИЧОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЛИВАРНИХ ЦЕХІВ У ВИРІШЕННІ ЗАВДАНЬ ЕКОЛОГІЇ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

**Метою** статті є аналіз прямого та опосередкованого впливу заходів з підвищення енерго- та ресурсоефективності ливарного виробництва на санітарно-екологічний стан у виробничих відділеннях та на підприємстві у цілому.

**Методи.** У результаті аналізу та бенчмаркінгу запропоновані заходи щодо зниження енергоемності виробничого процесу виготовлення виливок. Детально розглянуті та проаналізовані аспекти вирішення завдань екології та

охорони праці при підвищенні виходу придатної продукції унаслідок зменшення браку, використання сучасних технологій формотворення та виробництва стрижнів, застосування технології регенерації формувальних сумішей, впровадження методів виправлення дефектів та способів виробництва двошарових виливків із застосуванням саморосподжуючогося високотемпературного синтезу розплавів, удосконалення технологічних операцій плавки та розливної спалі.

**Наукова новизна.** Показано, що зменшення кількості браку і підвищення виходу придатного металу опосередковано, але все ж таки, скорочує тривалість виробничого циклу, рівень травматизму, поліпшує санітарно-гігієнічну ситуацію. Це призводить до зменшення кількості зворотного сплаву у плавці, поліпшенню умов праці, нормалізації екологічної ситуації.

**Практична значимість.** Впровадження прогресивних технологій виготовлення ливарних форм і стрижнів, а також відновлення відпрацьованих сумішей з урахуванням санітарно-гігієнічних норм та правил позитивно впливає на технологічні чинники виробництва, умови праці і екологічний стан у цілому. Застосування технології лиття з використанням СВЧ як альтернативи наплавленню різних сплавів на поверхню виливків забезпечить зменшення використаної електроенергії, газу та води, суттєвого зниження рівня утворення відходів та кількості шкідливих викидів у навколишнє середовище у порівнянні з викидами під час інших методів плавлення та розливання розплавів.

**Результати.** Аналіз зв'язків між більш ефективним використанням виробничого потенціалу ливарного підприємства та санітарно-екологічними показниками роботи дозволив обґрунтувати напрямки та конкретні заходи з одночасного покращення показників ефективності і рентабельності виробничих процесів та показниками екологічності й охорони праці.

**Ключові слова:** охорона праці, екологія, ливарне виробництво, ресурсоефективність, енергоємність.

doi: 10.31721/2306-5435-2019-1-105-68-74

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Ливарні цехи часто є найбільш екологічно брудними в структурі підприємств машинобудівної галузі. Крім того, виробництво литих заготовок є одним з найбільш енергоємних заготівельних виробництв. Застосовуване плавильне устаткування й технології лиття обумовлюють значні витрати електроенергії, стисненого повітря, а також води. Важливою основою раціонального технологічного використання усіх енергетичних ресурсів є використання методів, пов'язаних з енергетичним і енергоекологічним аналізом. Обмеженість викопних джерел енергії роблять енергозберігаючу політику одним з головних факторів технічного прогресу.

**Аналіз досліджень і публікації.** Відповідно до критеріїв моделі сталого екологічно безпечного промислового розвитку, ливарним цехам і підприємствам необхідна система урахування та оптимізації використання ресурсів, яка б базувалась на покращенні технологічних та технічних рішень [1-3]. Завдяки системному підходу у підприємств з'являється можливість не тільки здійснювати урахування ресурсів та їх втрат, але й визначати вплив енергозберігаючих заходів на санітарно-екологічну складову технологічного процесу виготовлення виливків.

Таким чином, питання енергозбереження нерозривно пов'язані з безвідходністю і екологічністю виробництва, крім того, забруднення є симптомом неблагополучного стану охорони праці на виробництві. Якщо розглядати забруднення як вид витрат, у промислових підприємств може з'явитися стимул вкладати кошти в зниження собівартості шляхом одночасного підвищення ефективності виробництва (за рахунок зниження рівнів забруднень, обсягів відходів тощо) і покращення стану охорони праці.

Основний підсумок економічного регулювання охорони навколишнього середовища – формування такого шляху економічного розвитку, коли зростання випуску продукції поєднується зі зниженням її ресурсо- та енергоємності [4]. В підсумку покращуються умови праці, знижуються загальне навантаження на навколишнє середовище і розміри збитку на одиницю продукції.

**Постановка задачі.** Обґрунтувати можливість одночасного покращення показників ефективності та рентабельності виробничих процесів разом із показниками екологічності та охорони праці завдяки використанню потенціала ресурсоефективності ливарної галузі чорної металургії й повноцінного використання виробничого потенціалу.

**Викладення матеріалу та результати.** Для зниження енергоємності виробничого процесу виготовлення литих заготовок можна рухатися у двох напрямках: зниження витрат енергоресурсів у виробничому процесі, тобто зниження енергоємності кожної застосовуваної у виробництві технології виготовлення литої заготовки; збільшення кількості вироблених придатних заготовок за аналізований період.

Перший напрямок базується на:

зниженні обсягів електроенергії, споживаної ливарним виробництвом;  
зниженні обсягів води, споживаної ливарним виробництвом;  
зниженні обсягів стисненого повітря, споживаного ливарним виробництвом;  
скороченні тривалості виробничого процесу виготовлення литих заготовок;  
скороченні викидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище.

Другий напрям заходів щодо зниження енергоємності виробничих процесів базується на: поліпшенні організаційних умов виробництва (наприклад, автоматизовані системи планування енергоресурсів);

поліпшенні технологічних умов виробництва (наприклад, впровадження нових точних технологічних процесів);

поліпшенні технічних умов виробництва (наприклад, придбання енергозберігаючого устаткування).

Зменшення кількості браку виливок і підвищення виходу придатного металу може бути таким прикладом. У разі невиправного або остаточного браку вилівка підлягає переплавці, і в результаті вилівка, вже в якості металевого брухту, проходить повторно шлях переробки, відповідно до технологічної інструкції. В результаті такої діяльності підприємство неефективно споживає природні ресурси, що обумовлює додаткові викиди в атмосферу шкідливих газів, пилу і теплового випромінювання. Крім того, збільшується вірогідність випадків травматизму робітників на тонну виробленої продукції, погіршується санітарно-гігієнічна обстановка на робочому місці, а також збільшується тривалість виробничого циклу. Ця ситуація негативно впливає на екологічний бік виробництва, який є невід'ємною складовою усього технологічного процесу.

Причинами виникнення бракованих відливок можуть бути, наприклад, газові раковини. Вони утворюються через насичення воднем металу в результаті зіткнення з сирію футеровкою печей, невисушеним жолобом і ливарним ковшем, вологими стрижнем і формою [5]. Причини утворення бракованих виливок, можуть бути причинами порушення вимог правил безпечного проведення технологічних процесів, що створює передумови для виникнення аварій і аварійних ситуацій. При контакті з металом, що заливається у форму, зайва волога сприяє інтенсивному паротворенню. При паротворенні води її об'єм збільшується приблизно в 1250 разів. Тому при підвищеному вмісту вологи у формі можливі викиди бризок металу під час заливання форм. Водень потрапляє в сталь внаслідок використання при плавці іржавого брухту, насичених газом феросплавів, використання вологих компонентів шихти тощо. При різкому охолодженні сталі в процесі заливання у форму відбувається різке зниження розчинності водню і його виділення з пересиченого розчину у вигляді газових бульбашок.

Вода при зустрічі з розжареним залізом внаслідок хімічної взаємодії розкладається з виділенням у вільному виді водню ( $H_2$ ). За відомих умов водень з повітрям утворює вибухонебезпечну суміш, яка при займанні вибухає.

Вибух може статися при займанні вибухонебезпечної суміші, що складається з водню, що утворюється при реакції [5]:  $Fe + H_2O = FeO + H_2$  і повітря (чи кисню) навколишньої атмосфери.

Розливання рідкого металу або шлаку на вологі підлогу, ґрунт, матеріали або конструкції (що також є втратами матеріалу), зазвичай супроводжуються вибухами або хлопаннями з викидом рідкого металу або шлаку. Вибухи і хлопання також відбуваються і при випуску металу по непросушених жолобах або при зливанні в ківш з погано просушеним футеруванням.

Отже, зменшення кількості браку і підвищення виходу придатного металу, опосередковано, але все ж таки скорочує кількість випадків травматизму на робочому місці (на тонну виробленої продукції), поліпшує санітарно-гігієнічну ситуацію, скорочує тривалість виробничого циклу. Це безпосередньо веде до зменшення кількості зворотнього сплаву у плавці, поліпшенню умов праці, а звідси, і до нормалізації екологічної ситуації за рахунок зменшення впливу на неї негативних технологічних чинників.

Іншим важливим аспектом, який одночасно вирішує питання і завдання підвищення ефективності технології виробництва й екології та охорони праці, є впровадження у виробництво ливарних форм, що хімічно твердіють, самотвердіючих формувальних пластичних і рідких сумішей, а також стрижневих горячтвёрдіючих і холоднотвёрдіючих сумішей. Прогресивні технології дозволяють не тільки підвищити якість виливків, але й оздоровити умови праці в

ливарних цехах. Однак, виготовлення ливарних форм, що хімічно твердіють, а також приготування і використання самотвердіючих формувальних і стрижневих сумішей вимагає неухильного дотримання певних заходів з охорони праці.

Виготовлення ливарних форм, що хімічно твердіють, по  $\text{CO}_2$ -процесу, виключає операцію сушіння форм. Заміна сушки форм хімічним твердінням дозволяє знизити тепловиділення і загазованість повітряного середовища робочих зон окисом вуглецю, вуглеводнями і смолистами речовинами. Крім того, при  $\text{CO}_2$ -процесі відсутня така трудомістка операція, як обслуговування сушильних печей, зменшується пилоутворення на ділянках очищення і обрубки вилівоків.

Істотним недоліком  $\text{CO}_2$ -процесу є виділення шкідливого для людини вуглекислого газу. Для зменшення його вмісту в повітрі робочих зон після продувки форм його відсмоктують з формувальної дільниці переносним ежектором. Небезпека шкідливого впливу вуглекислого газу на робочих практично виключається через застосування інтенсивного повітрообміну в цеху, аерації та штучної вентиляції.

Виготовлення форм і стрижнів з рідких самотвердіючих сумішей дозволяє знизити шум, вібрацію, газовиділення і тепловиділення, а також зменшити пилоутворення. При цьому процесі не використовують формувальні і стрижневі машини для ущільнення суміші, обладнання для сушіння та продувки форм вуглекислим газом. Недоліком цього процесу є наявність феррохромового шлаку, що виділяється в повітряне середовище робочих зон у вигляді аерозолу хромового ангідриду. Крім того, затверджувач і суміш, що містить хром, подразнюють шкірний покрив рук робітників, які виконують операцію очищення опок і стрижневих ящиків від надлишків суміші.

Щоб не перевищити гранично допустимі по санітарним нормам концентрації хромового ангідриду застосовують такі профілактичні заходи. Матеріали, що містять хром, доставляють в просіяному вигляді і в герметичній тарі, зменшують вміст затверджувача в суміші до 3%, виробляють герметизацію сит, бункерів, змішувачів, дозаторів та іншого обладнання, подають в змішувач сухі та рідкі складові суміші одночасно, виробляють двоступеневу очистку повітря, що викидається в атмосферу.

Для попередження подразнень шкіри від дії затверджувача і суміші, що містить хром, операції технологічного процесу механізуються (наприклад, зрізання надлишків суміші), а робітників забезпечують засобами індивідуального захисту (пасти, мазі тощо).

Виготовлення стрижнів з горячетвердіючих сумішей дозволяє підвищити розмірну точність стрижнів, виключити операцію сушіння стрижнів в сушилах, знизити тривалість виготовлення стрижнів з 1,5-4,5 год. до 20-180 с. Однак застосування горячетвердіючих стрижневих сумішей пов'язано з використанням шкідливих для здоров'я працюючих речовин: метилового спирту, формальдегіду, фурфуролу, аміаку, фурілового спирту і окису вуглецю.

Для створення безпечних умов праці при виготовленні стрижнів з горячетвердіючих сумішей проводять комплекс спеціальних заходів організаційного та санітарно-технічного характеру: в якості сполучного матеріалу застосовують не метиловий, а полівініловий спирт, що різко знижує забрудненість повітряного середовища робочих зон шкідливими речовинами; ізолюють нагріті поверхні обладнання; оснащують стрижневі машини і конвеєри для переміщення гарячих стрижнів вентиляційними панелями або зонтами.

Виготовлення стрижнів з холоднотвердіючих сумішей дозволяє підвищити розмірну точність стрижнів і виключити операцію сушіння. Однак застосування холоднотвердіючих сумішей пов'язано з виділенням в повітряне середовище робочих зон формальдегіду, метилового спирту, фенолу і ацетону.

До складу суміші в якості каталізатора (прискорювача твердіння) входить ортофосфорна кислота. За зовнішнім виглядом ортофосфорна кислота - безбарвна (або зі слабким жовтуватим відтінком) густа рідина, шкідлива для здоров'я працюючих. З огляду на це, в ливарних цехах строго дозують кількість ортофосфорної кислоти в сумішах і періодично контролюють її концентрацію в атмосфері стрижневих ділянок [6].

Операції, пов'язані зі зберіганням і перекачуванням ортофосфорної кислоти, виконують тільки спеціально підготовлені робітники при строгому дотриманні спеціальної інструкції. До роботи зі змішувачем допускаються робітники, які твердо знають технологічний процес виготовлення сумішей і властивості матеріалів, що надходять у змішувач.

Змішувач дозволяється експлуатувати тільки при повній справності всіх його механізмів, насосів - дозаторів смоли і кислоти, при наявності огорожень пасової передачі і муфти, при повній справності електричних проводів до електроустаткування змішувача і насосів. Під час роботи змішувача необхідно звертати особливу увагу на справність блокування кришок: при відчиненні кожної із них змішувач повинен зупинятися.

Отже, впровадження прогресивних технологій виготовлення ливарних форм і стрижнів з урахуванням санітарно-гігієнічних норм та правил позитивно впливає на технологічні чинники виробництва, умови праці і екологічний стан у цілому.

Впровадження технології відновлення відпрацьованих сумішей є актуальним не тільки з точки зору підвищення ефективності виробництва але й через те, що такі заходи є одним з основних напрямків раціонального використання мінеральної сировини. Крім того, застосування відновлених відпрацьованих сумішей вирішує важливу екологічну проблему забруднення навколишнього природного середовища. Після використання формувальні суміші, як правило відправляють у відвали. Технологія виробництва формувальних сумішей передбачає застосування в'язучих речовин, до складу яких входять небезпечні феноли і формальдегіди. Ці речовини добре розчинні у воді, що створює небезпеку забруднення ґрунтів і водоймищ при їх попаданні разом з атмосферними опадами або ґрунтовими водами. Слід зазначити, що за останні роки виникла ще одна катастрофічна екологічна проблема, пов'язана із визначенням місця для їх складування, оскільки вільних місць поблизу підприємств практично немає, а для організації нових відвалів необхідно виділяти нові земельні угіддя. Разом з цим, накопичені за останні роки відвали горілої землі є потужними джерелами виділення пилу. Поверхні відвалів швидко віддають вологу, висихають і при швидкостях вітру понад 3 м/с, піддаючись вітровій ерозії, стають джерелами винесення пилу і забруднення атмосферного повітря.

Для вирішення екологічних проблем ідеальна організація технологічного процесу сумішеприготування з використанням відпрацьованих формувальних і стрижневих сумішей. Одночасно це ідеальна схема ресурсозберігаючої технології, тобто завдання екології та ресурсозбереження збігаються і об'єднуються в єдину глобальну ресурсоекологічну задачу.

Таким чином, впровадження технології має не тільки економічний аспект застосування, але й вирішує важливі екологічні завдання, такі як захист земельних ресурсів і атмосферного повітря, а також комплексне використання мінеральних ресурсів.

Методи лиття із застосуванням порошків термітних сумішей набули останнім часом широкого поширення на ряді машинобудівних заводів. Це пояснюється тим, що вони дозволяють в значній мірі скоротити витрати на виробництво рідкого металу. Підвищення якості виливків і впровадження в процес відходів виробництва (точніше їх ефективна переробка), так само грають не останню роль при виборі технології. Крім того, відбувається економія енергоресурсів, за рахунок виключення деяких операцій, у порівнянні з класичною технологією отримання виливка в разових формах.

Отже, технологія лиття та наплавлення з використанням саморозповсюджуючого високо-температурного синтезу (СВС) розплаву дозволяє утилізувати відходи (порошок окालини, сталева стружка тощо) різних металургійних переділів. Теж саме не можна сказати про плавку в електродуговій печі, адже там можна плавити лише підготовлену шихту великої фракції [7, 8].

Застосовуючи технологію лиття з використанням СВС як альтернативу наплавленню різних сплавів на поверхню виливків можна очікувати зменшеної кількості використаної електроенергії, газу та води, кількості утворених відходів та кількості тепла, а головне, на декілька порядків зменшення кількості шкідливих викидів у навколишнє середовище, у порівнянні з викидами під час інших методів плавлення та розливання розплавів.

Плавлення металу у ливарних цехах відбувається як в електричних печах (дугових та індукційних), так і в газових печах і вагранках. Термообробка виливків також здійснюється або в електричних печах опору, або в газових печах.

Вихід газів з електросталеплавильної печі і склад газової фази залежить від складу шихти, швидкості плавлення, технологічного і температурного режимів плавки, режиму продувки тощо. Склад газів у залежності від швидкості вигорання вуглецю змінюється в таких межах (табл. 1) [9, 10].

Таблиця 1

Склад газів					
Компоненти	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Вміст, % об'ємний	15-25	5-11	0,5-35	3,5-10	61-72

Наявність в газах окису вуглецю робить їх вибухонебезпечними, що треба мати на увазі при проектуванні систем газочиснення.

Великий вплив на режим газовиділення надає ряд факторів і, в першу чергу, підсмоктування повітря в піч, що залежить від режиму внутріпечного тиску, якості ущільнення наявних зазорів, наявності автоматичного регулювання тощо.

Максимальний вихід газів при відсмоктуванні через отвір у склепінні і працюючій системі газоочищення (питомий вихід газу складає 350-450 м<sup>3</sup>/т) може перевищувати середній на 60-70% і тривати до 30 хв. (табл. 2).

Таблиця 2

Середні викиди газів з дугових електросталеплавильних печей				
Ємність печі, т	Маса садки, т	Потужність трансформатора, кВт*А	Тривалість плавки, год	Середній вихід газів, м/год
5	7,0	3000	3,5	650-700
10	11,5	5000	4	1000-1100
20	25,0	7000	4,25	2200-2300
40	45,0	15000	4,25	3900-4000
100	110,0	25000	5,0	7800-8000

Вихідні з печі гази в значній мірі засмічені пилом. Дрібнодисперсний пил утворюється в результаті випаровування металу в зоні дії електричних дуг і кисневої продувки й подальшої конденсації в пічному просторі. Більші фракції дають шлакоутворюючі і змелені добавки.

Середня концентрація пилу в газі (табл. 3) знаходиться в межах 15-30 г/м<sup>3</sup>, що дає питомий вихід пилу, який дорівнює 6-9 кг/т сталі, такого дисперсного складу (середньовуглецеві і хромисті сталі).

Основним компонентом пилу є оксиди заліза, сумарна кількість яких становить: в період розплавлення 80%; в період кипіння (при продувці киснем) - 62% і в період доведення - 53%.

У період розплавлення в пилу з'являються оксиди марганцю (11%), в період доведення - оксиди кальцію (6%) і магнію (9%). У невеликих кількостях в газах знаходяться наступні токсичні мікрокомпоненти (табл. 4).

Таблиця 3

Концентрація пилу в газі				
Розмір частинок, мкм	0,0-0,7	0,7-7,0	7-80	Понад 80
Вміст, % за масою	42	35	16	7

У цеху виділяється значна кількість неорганізованих викидів, що становлять до 40% викидів технологічних.

Таблиця 4

Токсичні мікрокомпоненти в газах				
Компонент	оксиди азоту	оксиди сірки	ціаніди	фториди
Вміст, мг/м <sup>3</sup>	550	5	60	1,2
Вихід, г/т	270	1,6	28,4	0,56

В процесі експлуатації дугової електросталеплавильної печі потрібні підйом і опускання електродів, підйом і поворот склепіння, нахил ванни та інші операції. Тому створення стаціонарного пристрою для відсмоктування газів представляє значні конструктивні труднощі.

Якщо не вжити спеціальних заходів, гази, що виділяються в процесі плавки через завантажувальні вікна, зазори між електродами і склепінням та інші нещільності, надходять безпосередньо в приміщення цеху, звідки видаляються через ліхтарі будівлі за допомогою аерації. При цьому пил випадає з потоку, що повільно піднімається, осідає на склепінні печі, обладнанні, конструкціях будівлі, що знижує світлопроникність вікон і вимагає створення спеціальних пристроїв для прибирання. Загазованість і запиленість приміщення цеху часто настільки збільшуються, що у верхній зоні ускладнюється видимість для кранівників, а на робочому майданчику концентрація пилу і газів у багато разів перевищують санітарні норми.

З ростом продуктивності печей збільшується кількість газів, що утворюються, особливо при застосуванні кисневої продувки. Питомі виділення забруднень з вагранок на 1 т складають: 1000 м<sup>3</sup> газу, 15-20 кг пилу і 150-200 г окису вуглецю. Викиди сірчистого ангідриду залежать від вмісту сірки в шихті і коксі. Температура газів на виході з вагранки може досягати 800-900 °С. У колошникових газах вагранок зазвичай міститься 20 г/м<sup>3</sup> пилу і 15% окису вуглецю до

іскрогасника. Оскільки в газах вагранок міститься окис вуглецю, то вони вибухонебезпечні. Колошниковий пил вагранок містить 22-25% оксидів заліза, 28-31% оксидів кремнію, 3-4% окису кальцію, втрати під час прожарювання становлять 28-33%, решта - інші компоненти в невеликих кількостях.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Отже, за рахунок оптимізації основних показників ефективності роботи ливарних підприємств та використання виробничого потенціалу можливе одночасне покращення показників ефективності і рентабельності виробничих процесів разом із показниками екологічності та охорони праці.

#### *Список літератури*

1. **Кущин В.С.** Разработка и внедрение в крупнотонажном производстве ферросплавов ресурсо и энергосберегающих технологий. Збірник наукових праць: Актуальні проблеми розвитку металургійної науки та освіти. // **Кущин В.С., Гасик М.И., Ольшанский В.И., Дедов Ю.Б.** – Дніпро, НМетАУ, 2017 с.73-84.
2. **Карпіщенко О.І.** Вплив машинобудівних підприємств на навколишнє середовище / **О.І. Карпіщенко, Д.Ю. Казбан** // Економічні проблеми сталого розвитку: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції імені проф. Балацького О.Ф. - Суми: СумДУ, 2015. - С. 212-213.
3. **Анкудінова Т.Г.** Зниження забруднення повітря викидами цеху кольорового литва машинобудівних заводів. / **Т.Г. Анкудінова, А.Г. Шишацький** // Міжнародна науково-практична конференція «Перший Всеукраїнський з'їзд екологів»: Збірник тез доповідей. С. 249.
4. **Хобта В. М.** Підвищення екологічної чистоти виробництва машинобудівного підприємства / **В. М. Хобта, О. Ю. Рудисва** // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2010. – № 684 : Проблеми економіки та управління. – С. 291–295.
5. **Шеремет В.О.** Довідковий посібник керівника та спеціаліста гірничо-металургійного підприємства з охорони праці: Навчальний посібник. // **Шеремет В.О., Каракаш О.І., Марунчак В.Ф. та ін.** - Дніпропетровськ: ПП „Ліра ЛТД”, 2005. – 850 с.
6. **Скирденко М. В.** Технологічні властивості стрижневих сумішей, які зміцнюються при взаємодії ортофосфорної кислоти з компонентами наповнювача / **Скирденко М. В. Кеуш Д. В., Лютий Р. В.** // Нові матеріали і технології в машинобудуванні. - К, КПІ, 2017. № 2 - С. 9-12.
7. **Скідін І.Е.** Дослідження впливу металевого наповнювача термітної шихти на якісні показники сплаву, наплавного методом СВС / **І.Е. Скідін, О.М. Жбанова, Л.Н. Сайгарєв та ін**// Вісник ЖДТУ. – Житомир, 2017. № 2 (80). С.- 13-17. ISSN 1728-4260.
8. **Скидин И.С.** Исследование биметаллических образцов, сплавленных высокотемпературным синтезом / **Скидин И.С., Калинин В.Т., Бялик Г.А. и др** // Процессы литья. – К, 2018. №1 (127) - С.62-67.
9. **Старк С.Б.** Пылеулавливание и очистка газов в металлургии. – М.: Металлургия, 1977. - 328 с.
10. **Шалевська І.А.** Екологічна ситуація у металургійному переділі ливарного виробництва при виготовленні виливків з залізобуглецевих сплавів // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Дала. — 2015. — № 5(222). — С. 124—126.

Рукопис подано до редакції 04.04.2019

УДК 622.272: 622.063.7

А. В. КОСЕНКО, асистент, В. М. ТАРАСЮТИН, канд. техн. наук, доц.,  
Криворізький національний університет

### **ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЛЕКСНОГО ЗАСТОСУВАННЯ САМОХІДНОЇ ГІРНИЧОЇ ТЕХНІКИ У ПРОЦЕСІ ВІДПРАЦЮВАННЯ ЗАПАСІВ ПРИРОДНО-БАГАТИХ ЗАЛІЗНИХ РУД НА ВЕЛИКИХ ГЛИБИНАХ**

**Мета.** Обґрунтування доцільності комплексного застосування самохідної гірничої техніки у процесі відпрацювання покладів природно-багатих залізних руд в умовах великих глибин шахт Кривбасу на основі техніко-економічного порівняння з традиційним варіантом технології підповерхового обвалення.

**Методи.** Конструктивно-функціональний аналіз і синтез технологічних процесів очисного виймання; фізичне і чисельне моделювання високо-інтенсивного технологічного процесу випуску руди під обваленими породами; технологічне проектування і техніко-економічна оцінка схем процесів очисного виймання природно-багатих залізних руд.

**Наукова новизна.** Встановлені залежності ефективності розробленого варіанту технології підповерхового обвалення із застосуванням самохідної гірничої техніки від гірничо-геологічних та гірничотехнічних чинників.

**Практична значимість.** Розроблено раціональний варіант технології підповерхового обвалення для відпрацювання покладів природно-багатих залізних руд з використанням самохідної прохідницької, бурової та доставочної техніки, який дає змогу забезпечити: формування компенсаційних камер необхідного, для якісного подрібнення рудного масиву та протікання технологічного процесу випуску відбитої рудної маси, об'єму; підвищення якісних і