

Разработка рудных месторождений. – 2005. – № 89. – С. 242-245.

4. Пат. 8666 Україна, МПК 7 G 10K 11/16, B 61D 49/00. Звукопоглинальна конструкція: **Вілкул Ю.Г., Тімченко Р.О., Терешенко Р.Я., Кочергін П.С.** (Україна). – № u 200501018; заявник і власник патенту Криворізький технічний університет; Заявл. 04.02.2005; Опубл. 15.08.2005, Бюл. № 8. – 4 с.

5. Пат. 8667 Україна, МПК 7 G 10K 11/16, B 61D 49/00. Шумозахисний екран: **8667 Вілкул Ю.Г., Тімченко Р.О., Терешенко Р.Я., Кочергін П.С.** (Україна). – № u 200501019; заявник і власник патенту Криворізький технічний університет; Заявл. 04.02.2005; Опубл. 15.08.2005, Бюл. № 8. – 4 с.

6. **Бобылев В.Н., Тишков В.А., Монич Д.В.** Оптимальное использование резервов звукоизоляции ограждающих конструкций // Вестник РААСН. – 2004. – Вып. 8. – С. 105-111.

7. **Гребнев П.А.** Звукоизоляция ограждающих конструкций зданий из сэндвич-панелей: автореф. дис... канд. тех. наук. – 2016. – 20 с.

8. Повышение звукоизоляции ограждающих конструкций зданий при диффузном и направленном падении звука / **В.Н. Бобылев, В.А. Тишков, Д.В. Монич, Д.Л. Щеголев** // Приволжский научный журнал. – 2007. – № 1. – С. 23-28.

9. Резервы повышения звукоизоляции однослойных ограждающих конструкций // **В.Н. Бобылев, В.А. Тишков, Д.В. Монич, П.А. Гребнев** // Монография: ННГАСУ. – 2014. – 117 с.

10. **Craik, R. J. M.** Non-resonant sound transmission through double walls using statistical energy analysis // Applied Acoustics. – 2003. – Vol. 64. – № 3. – P. 325-341.

11. **ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013.** Настанова з розрахунку та проектування звукоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків. – 2013. – 112 с.

12. **ДСТУ Б В.2.6-85:2009.** Конструкції будинків і споруд. Звукоізоляція огорожувальних конструкцій. Методи оцінювання. – 2010. – 29 с.

13. **ДБН В.1.1-31:2013.** Захист територій, будинків і споруд від шуму – 2013. – 98 с.

14. **EN 12354-1:2000.** PDT Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - Part 1: Airborne sound insulation between rooms. – 2013. – 81 с.

15. **ISO 717-1** Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation. – 2013. – 11 p.

16. **KNAUF.** Немецкий стандарт. Звукоизоляционные системы KNAUF. – 2010. – 24 с

Рукопис подано до редакції 09.05.2023

УДК 338.3

Г. І. АНДРУЩЕНКО, д-р соц. наук, проф., **Є. В. ЧУПРИНОВ**, канд. техн. наук, доц.,
Д.О. КАССИМ, д-р техн. наук, проф., **В. Г. ГРИГОР'ЄВА**,
І. А. ЛЯХОВА, кандидати техн. наук, доценти
Державний університет економіки і технологій

СИНЕРГІЯ ЕКОНОМІКИ ТА МЕТАЛУРГІЇ ЯК ОСНОВА МЕХАНІЗМУ ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ СУЧАСНОГО ПІДПРИЄМСТВА ПОВНОГО ЦИКЛУ

Мета. Головною метою даної роботи є вивчення та аналіз сучасних світових тенденцій на ринку чорної металургії, а також розробка нових комплексних методів та економічних заходів для взаємодії різних підрозділів одного металургійного підприємства.

Методи дослідження. У дослідженні використано наступні методи: організаційно-економічні – при управлінні економічною ефективністю процесу виробництва на сучасному металургійному підприємстві; аналітичні – при пошуку та винайденні нових засобів управління технологічним процесом виробництва сталі, нового параметру киснево-конвертерного процесу.

Наукова новизна. Запропоновано інноваційний підхід до організації роботи сучасного металургійного підприємства, оснований на тісній взаємодії важливих процесів, таких як економіка, виробництво та збут готової продукції. Даний науковий підхід базується на винайденні нових шляхів впровадження новітніх металургійних технологій з мінімально можливими виробничими і невиробничими витратами, які дозволять отримати підвищення рівня економічної ефективності процесу виробництва сталі на металургійному підприємстві.

Практична значимість. Авторами розроблений новий виробничо-економічний механізм ефективної роботи металургійного підприємства, який дозволив побудувати логічний зв'язок між усіма визначальними ланками сучасного металургійного комбінату – від початкової стадії налагодження виробництва до економічної ефективності діяльності підприємства в цілому.

Результати. У даній роботі авторами проаналізовано світовий ринок металопрокату і визначено рівень конкурентоспроможності ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» в умовах ринкової кон'юнктури; віднайдено нові шляхи впровадження новітніх металургійних технологій з мінімально можливими виробничими і невиробничими витратами; розраховано економічну ефективність процесу виробництва сталі на металургійному підприємстві; розкрито нові механізми функціонування металургійного підприємства у сучасних ринкових умовах, у тому числі за рахунок синергії металургійних технологій та економіки, що в свою чергу, у сучасному висококонкурентному середовищі може

стати важливим елементом ефективної взаємодії виробника та кінцевого споживача.

Ключові слова: металургія, виробництво сталі, металопрокат, технології, конкурентоспроможність, підприємство, повний цикл, економічна ефективність.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. У сучасних ринкових умовах у більшості металургійних підприємств виникли певні труднощі, від повноти подолання яких напряду залежить успішність їх діяльності. Сучасні ринкові реалії свідчать, що дуже важливо не лише розробляти та запроваджувати нові технології виробництва, а й вміти презентувати свої розробки, візуалізуючи їх у соціальних мережах, буклетах та інших медіа-засобах з метою підвищення інтересу потенціального споживача до своєї продукції.

Зараз у світі різко знижується попит на сталь, зокрема у Китаї, як світовому лідері на ринку металургії, а також спостерігається падіння цін на сировину й готову продукцію. В той же час, Китай у 2022 році дещо обмежив виробництво сталі на рівні минулого року. Тож, можна стверджувати, що центр впливу на ринок сталі перемістився з азіатського регіону. Протекціонізм зміцнюється і, з урахуванням угоди ЄС–США, набуває нових форм. Відповідно до цього відбулися очікувані значні обмеження, зокрема ті, що стосуються продукції більш високого рівня переробки.

Прогноз IREPAS щодо ситуації в останньому кварталі 2021 року виявився правдивим щодо стабільності. У листопаді і грудні спостерігалось багато простоїв, пов'язаних з ремонтними роботами. Незважаючи на російсько-українську війну та ускладнення ринкових умов, пов'язаних з цим, у 2022 році на ринку з'явилися нові виробничі потужності, які намагаються знаходити споживачів навіть в умовах посилення торгових обмежень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед сучасних вітчизняних фахівців (зокрема, у Кривому Розі), чия наукова діяльність присвячена процесу виробництва сталі та його удосконаленню, доменному виробництву, прокатним станам, різці металу і т.п. варто виділити викладачів Державного університету економіки та технологій Д.О. Кассім, Є. В. Чупринова, М. Г. Коренко та ін.

На даний момент вище вказаними фахівцями Державного університету економіки та технологій у співпраці з науковцями інших навчальних закладів України ведеться низка робіт з комплексного вдосконалення металургійних процесів, починаючи від технологій підготовки коксу [1] та металургійної сировини [2] до питань екології [3]. Однак особливу роль у вдосконаленні роботи металургійного виробництва мають процеси виплавки сталі.

Що ж до методики визначення економічного ефекту на підприємстві, то це питання широко розкрито у вітчизняній академічній (І.М. Бойчик, І.С. Іванова, О.А. Темченко) та періодичній літературі. Також важливим надбанням у контексті поставленої у статті проблеми є праці А.Г. Темченко, О.А. Темченко, С.В. Максимова [4], присвячені вивченню особливостей економічної діяльності підприємств гірничо-металургійного комплексу. О.О. Адлер [5] акцентувала увагу на ролі інновацій у процесі визначення економічної ефективності підприємств гірничовидобувної галузі. Оцінку економічної ефективності інвестиційних рішень здійснила Я.О. Лудченко. В роботі [6] В.С. Мартиновський і Ю.О. Сьоміна адаптували визначення економічного ефекту для підприємств харчової промисловості. Проте чітко побудованого алгоритму визначення економічного ефекту, враховуючи як специфіку галузі підприємства, так і специфіку об'єкта капітальних інвестицій (зазвичай, прилада чи устаткування) досі не визначено.

Постановка задачі. З огляду на це, метою даної статті є вивчення та аналіз світових тенденцій на ринку чорної металургії, а також розробка нових комплексних методів та економічних заходів для взаємодії різних підрозділів одного підприємства.

Мета статті розкривається у наступних завданнях:

проаналізувати світовий ринок металопрокату і визначити рівень конкурентоспроможності ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» на ньому;

віднайти нові шляхи впровадження новітніх металургійних технологій з мінімальними виробничими і невиробничими витратами;

розрахувати економічну ефективність процесу виробництва сталі на металургійному підприємстві;

на основі результатів досліджень побудувати логічний зв'язок між визначальними ланками

сучасного металургійного виробництва – від початкової стадії налагодження виробництва до економічної доцільності;

розробити новий механізм ефективної роботи металургійного підприємства, який базується не лише на виробничих елементах, а й на активному залученні маркетингових та економічних рішень.

Вирішення вищеперелічених завдань дасть змогу розробити нові механізми функціонування металургійного підприємства, у тому числі синергії металургії та економіки, що в свою чергу, у сучасному висококонкурентному середовищі може стати важливим елементом ефективної взаємодії виробника та кінцевого споживача.

Викладення матеріалу та результати. Аналізуючи діяльність сучасного світового металургійного ринку слід відмітити наступне. Останні тенденції світових змін (зокрема, події 8-12 листопада 2021 року і як результат - угода між ЄС і США про систему квотування імпорту, про виключення європейської сталевих продукції та алюмінію з-під дії 25 %-го мита відповідно до секції 232 з 1 січня 2022 року) на ринку металів здійснили значний вплив на стан глобального гірничо-металургійного комплексу.

Такі події, у свою чергу, сприяють бажанню підприємств повного циклу вжити відповідних заходів, таких як зниження викидів і розширення виробництва електросталі, що стає можливим завдяки утриманню брукху в межах своєї держави, що, в свою чергу, сприяє створенню та розвитку брукхотозаготівельного бізнесу. Саме збільшення використання брукху і стимулювання такого виробничого шляху є найбільш доступним способом для сталевих компаній, що прагнуть забезпечити вертикальну інтеграцію і зайняти свою нішу на ринку брукху.

Також слід враховувати і такий стримуючий фактор розвитку міжнародної торгівлі, як високі ставки фрахту. Кожен контракт, укладений у другому кварталі, зараз має високі транспортні витрати, які зводять прибуток нанівець. З огляду на цей факт та з урахуванням зростання цін на брукхт можна очікувати, що ціни на довгомірний прокат на ринку США залишатимуться високими й у першому-другому кварталах поточного року.

Активізація процесу впровадження декарбонізації металургійного виробництва свідчить про те, що у світовій металургії назріває «переворот» технологій.

За даними британського центру «Агога», до 2030 року 71 % доменних печей у світі буде виведено з експлуатації або потребуватиме заміни футеровки. Це створює можливості для широкомасштабної трансформації галузі в цей період і заміни доменного виробництва на інші технології, зокрема на виробництво заліза прямого відновлення (DRI). За оцінками «Агога», вже до 2030 року заплановане будівництво 40 млн т потужностей з «зеленого» виробництва DRI (за допомогою водню), тоді як компанії майже не інвестують у технології вловлювання та захоронення CO₂ у промислових масштабах (є лише пілотні установки, наприклад у рамках проєкту «Hisarna на Tata Steel»).

Надання пріоритету водневих технологій зумовлене тим, що вони повністю запобігають викидам CO₂ на етапі виробництва, тоді як проєкти з уловлювання борються вже з наслідками і, крім того, є кілька складних проблем з використанням уловленого CO₂, а саме:

недостатня наявність природних резервуарів, які підходять для зберігання CO₂;

необхідність врахування того, які продукти виробляються з уловленого вуглекислого газу.

Якщо в процесі використання цих продуктів CO₂ знову виділяється в атмосферу, то доцільність такої утилізації вуглекислого газу сумнівна.

Важливим для усвідомлення є той факт, що у майбутньому буде спостерігатись розрив у темпах декарбонізації металургії в розвинених державах і державах, що розвиваються. Основна частина проєктів реалізується або буде реалізовуватись саме у перших як таких, що мають у наявності не лише дешеві джерела фінансування та центри розроблення технологій, а й створюють інфраструктуру та запроваджують відповідну державну політику щодо стимулювання декарбонізації.

Корпорація «ArcelorMittal», найбільший виробник сталі у світі, у своєму фінансовому звіті, опублікованому на сайті підприємства в третьому кварталі 2021 року зафіксувала чистий прибуток у розмірі 4,6 млрд дол. – це рекордний показник з 2008 року. У третьому кварталі 2020 року компанія отримала чистий збиток у розмірі 261 млн грн. У порівнянні з другим кварталом 2021 року ArcelorMittal у третьому кварталі 2021 року збільшив чистий прибуток на 15 %. Такі результати за третій квартал керівництво пояснює вдалим збереженням сильної ці-

нової кон'юнктури, що привело до найвищого чистого прибутку та найнижчого чистого боргу з 2008 року.

За даними компанії «GMK.Center» виручка ArcelorMittal у липні-вересні 2021 року зросла майже наполовину у порівнянні з третім кварталом 2020 року – до 20,2 млрд дол.

EBITDA компанії (чистий прибуток до сплати податків і амортизації) в третьому кварталі 2021 року становила 6,058 млрд дол. У липні-вересні 2020 року показник становив 901 млн грн.

Операційний прибуток у третьому кварталі 2021 року становив 5,3 млрд дол., у третьому кварталі 2020 року – 718 млн.

Чистий борг ArcelorMittal станом на кінець вересня 2021 року скоротився до 3,9 млрд дол. з 5 млрд дол. станом на кінець другого кварталу 2021 року.

Незважаючи на фінансові успіхи корпорації, тут також спостерігаємо скорочення обсягів виробництва сталі. Так, «ArcelorMittal» у третьому кварталі 2021 року скоротив відвантаження сталі на 19,8 % в порівнянні з третім кварталом 2020 року – до 14,6 млн т. Корпорація зберегла виробництво сталі на рівні минулого року – 17,2 млн т. Видобуток залізної руди за три місяці скоротився на 13,8 % – до 13 млн т.

Як відомо, «ArcelorMittal» – провідна світова сталеливарна й гірничодобувна компанія з присутністю в 60 державах і виробничими активами у 18 державах. За підсумками 2020 року сталеливарний гігант скоротив виробництво сталі на 20,3 % в порівнянні з 2019 роком – до 71,5 млн т.

Через військове вторгнення, 2022 рік вийшов надзвичайно складним для українських металургів. Так, за даними gmk.center за 11 місяців 2022 року скоротилось виробництво металургійної продукції: чавуну – на 68,4 %, сталі – на 68,6 %, прокату – на 70,1 %.

ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» є металургійним підприємством повного циклу, входить до групи ArcelorMittal. Комбінат охоплює весь виробничий цикл – від видобутку залізної руди й виробництва коксу до виготовлення готової металопродукції. Підприємство виробляє напівфабрикати, а також сортовий і фасонний прокат.

З 2014 року на ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» почалась підготовка, а з 2017 року технічним департаментом почалося масштабне впровадження програмного середовища «Сталеплавильний процес в режимі «смарт-онлайн».

Мета даного проекту – забезпечення циклічної роботи сталеплавильного переділу і постійне коректне інформування керуючого та іншого персоналу про стан виробництва в режимі онлайн. Система охоплює безліч приладів і датчиків, починаючи від контролю хімічних і фізичних характеристик рідкого чавуну, що прямує з доменних цехів і металобрухту з копрового цеху, закінчуючи контролем над процесами у відділенні безперервної розливки сталі.

На рисунку 1 представлений скриншот системи «Смарт-онлайн» ПАТ «АМКР» [10], на якому візуалізовані ковші з рідким чавуном, кожен з яких був випущений з різних доменних печей (номер 6, 7, 8 і 9), які направляються в міксерне відділення для накопичення оперативного запасу, що забезпечує безперебійні процеси виплавки сталі і усереднення за температурою і хімічним складом.

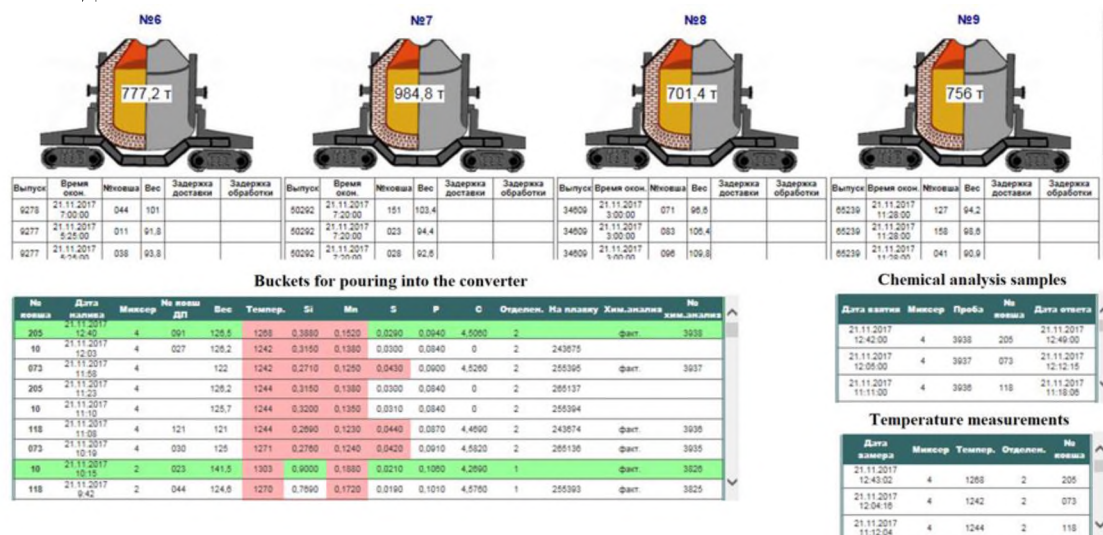


Рис. 1. Система контролю якості рідкого чавуну (скріншот системи «Смарт-онлайн» ПАТ «АМКР» [10])

Досліджуючи особливості та результати діяльності ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» за 2019-2021 роки, слід відмітити, що за даними «Інтерфакс-Україна», ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» у січні-жовтні 2021 року наростило випуск чавуну на 13,9 % у порівнянні з аналогічним періодом минулого року – до 4,57 млн т.

Випуск прокату за цей період зріс на 5,4 % у порівнянні із січнем-жовтнем 2020 року – до 3,9 млн т, виплавка сталі – на 8,9 %, до 4,17 млн т. У жовтні 2021 року комбінат виробив 400 тис. т прокату, 410 тис. т сталі і 405 тис. т чавуну.

Проте за підсумками 2020 року ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» скоротив виробництво прокату на 7,6 % у порівнянні з 2019 роком – до 4,3 млн т. Виробництво сталі за рік впало на 12,1 %, до 4,7 млн т, а чавуну – на 6,9 %, до 4,9 млн т.

Негативна динаміка у сфері виробництва пов'язана також зі зростанням цін на енергоресурси та спробами держави контролювати енергоспоживання (ці фактори впливали як на виробників, так і на споживачів). На падіння експорту вплинуло зниження внутрішнього виробництва сталі, а також відновлення виробництва за кордоном.

У даний час технологічний процес закінчення конвертерної плавки коригується сумарною витратою кисню, а також даними отриманими при «повалці» конвертера з метою взяття проби металу на вміст вуглецю та виміру його температури [7]. Кількість таких «повалок» конвертера може досягти двох, трьох і більше разів, що негативно позначається на продуктивності конвертера, втратах температури металу та шлаку, загущенні шлаку та іншими розладами конвертерної плавки [8, 9]. Досвід промисловорозвинених країн, зокрема Японії, показує, що попадання плавки в необхідний хімічний аналіз і температуру становить 99,8 % без здійснення «повалок» конвертера та коригувальних «додувок» [10].

Прогнозувати настання часу закінчення продування киснем конвертерної плавки і стежити за перебігом протікання її основних процесів можливо на підставі розрахунку в реальному масштабі часу (по ходу плавки) температури розплаву (реакційної зони) [8, 9]. Температуру розплаву (реакційної зони) нескладно оперативно визначати з рівнянь балансу тепла, що випромінюється півсферою реакційної зони на охолоджувану кисневу фурму і тепла, відведеного від кисневої фурми водою.

Важливим етапом будь-якого науково-дослідницького процесу, в тому числі процесу вдосконалення металургійних технологій, є осмислення, формулювання та обґрунтування чинників, що обумовлюють економічну ефективність прийнятих рішень.

Зокрема, одним із визначальних чинників, що зумовив доцільність усунення додувки сталі, є помітна економія витрат часу однієї плавки сталі. Так, якщо загальноприйнятою вважають тривалість однієї плавки 53-54 хв., то завдяки усуненню останньої стадії плавки – додувки, тривалість якої складає 3-4 хв., стає можливим досягнення однієї плавки тривалістю 50 хв.

У металургійній практиці відомо, що в умовах стандартної виплавки сталі (зі стадією додувки) орієнтовною тривалістю 54 хв. за одну плавку один конвертор здатен виплавити 140 т сталі. Відповідно за добу, за такою схемою, відбувається 26,6 плавок і може бути отримано 3724 т сталі.

Якщо ж розглянути варіант плавки без додувки (тривалістю 50 хв.), то за добу можливо здійснити 28,8 плавок сталі за цією схемою, тобто виплавити 4032 т сталі.

Визначення обсягів виплавки сталі з/без урахування процесу додувки дає змогу оцінити зміну добового обсягу виплавки сталі одним конвертором за рахунок зниження витрат часу на додувку. Це можна розрахувати за наступною формулою

$$K_{zp} = V_2/V_1,$$

де K_{zp} – коефіцієнт зростання обсягу виплавки сталі одним конвертором за добу; V_1 – добовий обсяг виплавки сталі одним конвертором (3724 т); V_2 – добовий обсяг виплавки сталі одним конвертором в результаті технологічної зміни, зокрема, уникнення процесу додувки (4032 т).

Тож, коефіцієнт зростання обсягу виплавки сталі одним конвертором за добу становитиме

$$K_{zp} = 4032/3724 = 1,0827.$$

Якщо ж говорити про абсолютні зміни у досягненні економічної ефективності запропонованих нами заходів, доцільно розрахувати значення додаткового обсягу виплавки сталі. Так, за одну добу, за умови уникнення процесу додувки, один конвертор буде давати можливість отримати наступний приріст обсягу сталі

$$\Delta V = V_2 - V_1,$$

де ΔV – добовий приріст обсягу сталі.

Тобто

$$\Delta V = 4032 - 3724 = 308 \text{ т.}$$

Враховуючи, що завдяки застосуванню спеціально адаптованих до описуваного процесу виплавки сталі математичних моделей [10], нам вдалося на стадії хімічного аналізу проби отримати в 50 % випадків заданий результат хімічного складу сталі, то для більшої точності подальшого розрахунку додаткового прибутку справедливим буде враховувати значення добового приросту обсягу виплавки сталі вдвічі менше розрахованого, тобто 154 т.

У конверторному цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» одночасно працює, як правило, 5 конвертерів, тому, завдяки нашим пропозиціям, добовий приріст виплавки сталі в цілому по цеху ($\Delta V_{\text{ц}}$) становитиме, т

$$\Delta V_{\text{ц}} = 154 \cdot 5 = 770.$$

З урахуванням середньоринкової вартості сталі ($B_{\text{с-р}} = 7000$ грн), нескладно визначити розмір додатково отриманого прибутку цеху за добу ($\Delta\P$) у результаті впровадження заходів

$$\Delta\P = B_{\text{с-р}} \cdot \Delta V_{\text{ц}},$$

або

$$\Delta\P = 7000 \text{ грн} \cdot 770 = 5390000 \text{ грн.}$$

Отже, завдяки усуненню стадії додувки із процесу виплавки сталі, що, в свою чергу, сприяє скороченню часу однієї плавки, стає можливим досягнення економічної ефективності запропонованих нами заходів, адже добовий приріст прибутку конвертерного цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» становитиме 5,39 млн грн.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Результати наших досліджень показують, що на тлі надзвичайно складної та нестабільної ситуації на світовому металургійному ринку, ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» потребує застосування новітніх підходів для підвищення своєї конкурентоспроможності, одним із яких має бути комплексний підхід – об'єднання зусиль і результатів економічної та виробничої діяльності підприємства.

Коефіцієнтний аналіз та економічна оцінка зміни добового обсягу виплавки сталі одним конвертором показав, що за рахунок зниження витрат часу на додувку, а також застосування спеціально адаптованих до описуваного процесу виплавки сталі математичних моделей можна отримати 154 т сталі в якості добового приросту обсягу виплавки сталі, що на 14 т більше, ніж в умовах стандартної схеми протікання плавки. Це, в свою чергу, в масштабі конвертерного цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» із п'ятьма конвертерами дасть змогу досягти економічної ефективності від запропонованих нам заходів, а саме, отримати 5,39 млн грн додаткового прибутку цеху.

В цілому, у статті авторам вдалося виконати усі поставлені на початку завдання з позиції інновацій. Так, вперше запропоновано інноваційний підхід до організації роботи металургійного підприємства, оснований на тісній взаємодії важливих процесів – економіки, виробництва та збуту. Цей підхід базується на винайденні нових шляхів впровадження новітніх металургійних технологій з мінімальними виробничими і невиробничими витратами, які дозволили отримати підвищення рівня економічної ефективності процесу виробництва сталі на металургійному підприємстві. Також розроблений новий виробничо-економічний механізм ефективної роботи металургійного підприємства, який дозволив побудувати логічний зв'язок між усіма визначальними ланками сучасного металургійного комбінату – від початкової стадії налагодження виробництва до економічної ефективності, що буде використано у подальших дослідженнях.

Список літератури

1. Investigation Methods of Preparation and Aspects of Introduction in Coal Concentrates Chemical Reagents for Addressing the Problem of Coal Raw Materials Freezing Message 2. Prevention of Coal Freezing by Means of Acetates and Silicone Polymer / **Kormer, M.V., Shmeltser, E.O., Lyalyuk, V.P., Lyakhova, I.A., Chuprinov, E.V.** // Petroleum and Coal. – 2021. – Vol. 63. – Issue 2. – Pp. 340-345.
2. Improved iron-ore pellets for blast furnaces / **Zhuravlev, F.M., Lyalyuk, V.P., Stupnik, N.I., Chuprinov, E.V., Lyakhova, I.A.** // Steel in Translation. – 2016. – Vol. 46. – Issue 12. – Pp. 860-867.
3. Evaluation of optimal conditions for the application of capillary materials for the purpose of water deironing / **Radovenchyk I., Trus I., Halysh V., Chuprinov E., Ivanchenko A.** // Ecological Engineering and Environmental Technology. – 2021. – Vol. 22. – Issue 2. – Pp. 1-7.

4. Темченко А.Г., Темченко О.А., Максимов С.В. Економіка підприємств гірничо-металургійного комплексу: Навчальний посібник. У 2-х томах. Кривий Ріг: КТУ, 2008. – 900 с.
5. Адлер О. О. Особливості визначення економічної ефективності впровадження інновацій в гірничодобувній галузі. URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fm/all-fm-2016/paper/viewPDFInterstitial/452/213>
6. Мартиновський В. С., Сьоміна Ю. О. Методика розрахунку економічної ефективності виробництва на підприємствах // Економіка харчової промисловості. – 2014. – № 3. – С. 20-22.
URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/echp_2014_3_6
7. Emi T. Optimizing Steelmaking System for Quality Steel Mass Production for Sustainable Future of Steel Industry // Steel Research International. – 2014. – Vol. 85. – Issue 8. – Pp. 1274-1282.
8. Bock M., Schoop J., Oehler C. The influence of blowing techniques, bottom stirring and lance design in the LD-processes on slag formation, the formation of lance and converter skulls and converter lining life. / 3rd European Oxygen Steelmaking Conference, Birmingham, United Kingdom. – 2000. – Pp. 163-177.
9. Brämning M., Björkman B. and Samuelsson C. BOF Process Control and Stopping Prediction Based on Multivariate Data Analysis // Steel Research International. – 2016. – Vol. 87. – Issue 3. – Pp. 301-310.
10. Chuprinov E.V., Lyalyuk V.P., Andrushchenko H.I., Kassim D.A., Rad'ko N.G. Development of supplements prevention system in oxygen converter process in order to increase the economic efficiency of steel melting. SHS Web of Conferences. – 2021. – Vol. 100. – Pp. 1-9.

Рукопис подано до редакції 12.05.2023

УДК 624.011.1

Р.О. ТИМЧЕНКО, д-р техн. наук., проф., Д.А. КРІШКО, канд. техн. наук, ст. викладач,
О.Ю. ПЕНЗЕВ, магістрант
Криворізький національний університет

КРУЧЕНІ ХРЕСТОПОДІБНІ СТРИЖНІ У З'ЄДНАННЯХ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мета. Розроблення та дослідження нових вузлових з'єднань дерев'яних елементів на сталевих кручених хрестоподібних стрижнях, що працюють на висмикування.

Методи дослідження. У дослідженнях використано загальні методи будівельної механіки та теорії дерев'яних конструкцій.

Наукова новизна. Розглянуто кручений хрестоподібний стрижень для з'єднань дерев'яних конструкцій. Визначено оптимальні параметри запропонованого типу стрижнів, що забезпечують високу несучу здатність і легкість впровадження в масив деревини. Розроблено модель з'єднань на кручених хрестоподібних стрижнях з підтвердженням її адекватності, що дає змогу оцінювати напружено-деформований стан як запропонованих з'єднань, так і більш складних систем із застосуванням кручених зв'язків. Розглянуто методику розрахунку вузлових з'єднань дерев'яних елементів на кручених хрестоподібних стрижнях, що працюють на висмикування.

Практична значимість. Розглянуто типи з'єднань дерев'яних конструкцій на кручених хрестоподібних стрижнях, що відрізняються ефективністю, як за витратою матеріалів, так і за трудомісткістю виготовлення. Розглянуто методику розрахунку і рекомендацій з конструювання та виготовлення вузлових з'єднань дерев'яних елементів на кручених хрестоподібних стрижнях, що працюють на висмикування. Є можливість поліпшити техніко-економічну оцінку запропонованих з'єднань дерев'яних конструкцій.

Результати. До найбільш важливих результатів належать: виконання розробок з'єднань дерев'яних елементів на кручених хрестоподібних стрижнях, які працюють на висмикування; визначення оптимальної конструктивної форми кручених хрестоподібних стрижнів і правил їхнього розставляння в з'єднаннях; формулювання основних положень методики розрахунку та рекомендацій щодо конструювання та виготовлення запропонованих вузлових з'єднань. Виконаний порівняльний аналіз і результати впровадження розроблених типів стрижнів у практику проектування свідчать про техніко-економічну доцільність їх застосування в дерев'яному будівництві, при цьому запропоновані вузли перевершують за основними техніко-економічними показниками відомі рішення на 12...23% залежно від типу проектуваного з'єднання.

Ключові слова: кручений хрестоподібний стрижень, вузлові з'єднання, дерев'яні елементи, напружено-деформований стан.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Можливість легкого міцнісного впровадження стороннього тіла в деревину (цвяхуватість) є однією з вельми важливих позитивних якостей дерева як будівельного матеріалу, що реалізується завдяки широкому застосуванню різноманітних з'єднувальних елементів на кшталт металевих зубчастих пластин,