

18. Немченко В. В. Фінансово-екологічний стан підприємства та його оцінка / В. В. Немченко, Л. Б. Скляр // Економічний вісник Донбасу. – 2011. – № 2. – С. 106–109.

19. Закон України “Про інвестиційну діяльність” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1560-12>

20. Про затвердження Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря / Наказ Мінохоронприроди України № 639 від 10.12.2008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0048-09>

21. Про затвердження Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів / Наказ Мінохоронприроди України № 389 від 20.07.2009 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0767-09>

22. Про затвердження Методики визначення розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок самовільного користування надрами / Наказ Мінекології України № 303 від 29.08.2011 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1097-11>

УДК 669.28:519/87

А. С. ПЕТРИЦЕВ

Запорозький національний технічний університет

С. М. ГРИГОРЬЕВ

Запорозький національний університет

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УТИЛИЗАЦИИ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Выполнена разработка и оптимизация многофункциональной системы зависимостей технико-экономических показателей металлизации окалины быстрорежущих сталей. Определены и исследованы оптимальные области технико-экономических показателей, в результате чего выявлена возможность снижения себестоимости выплавки стали с использованием металлизированного материала.

Working out and optimisation of multipurpose system of dependences of technical-and-economic indexes of metallization of a calx of rapid tool steels is executed. Optimum areas of technical-and-economic indexes therefore possibility of decrease in the cost price of smelting of a steel with use metallized material is revealed are defined and investigated.

Ключевые слова: техногенные отходы, легирование, сталь, легирующие элементы, математическая модель, себестоимость, технико-экономические показатели.

Введение. В последние годы научной общественностью активно обсуждаются вопросы ресурсо- и энергосбережения в промышленном производстве металлопродукции [1]. Предложены и внедряются эффективные и достаточно оригинальные технико-экономические решения, позволяющие существенно сократить отставание в этом направлении [2]. Среди них отчетливо выделяются два направления: производство легирующих материалов и специальных сплавов с качественно новыми технологическими свойствами и развитие направления переработки техногенных отходов и вторичного сырья, позволяющих существенно повысить степень использования дорогостоящих ингредиентов, многие из которых поставляются из-за рубежа. В этом достигнуты определенные и промышленно-значимые результаты, однако резервы далеко не исчерпаны.

Решением перечисленных проблем с достижением существенной экономии занимались следующие ученые: Лейтман М.С., Сидоров Е.В., Крогерус Х., Хунгер Й., Фляйшандерль А., Бредехефт Р., Эндеман Г., Керкхофф Х.Ю., Грищенко С. Г. и др.

В частности Лейтман М.С. и Х. Крогерус занимались разработкой и оптимизацией методов переработки рудных материалов молибдена, вольфрама и других тугоплавких элементов методами порошковой металлургии. При этом акцент ставился на экономию при исчерпывающихся природных запасах с достижением большей экономической независимости от стран экспортеров [3, 4]. А. Фляйшандерль и Г. Эндеман занимались разработкой экономически выгодных технологических аспектов переработки оксидных техногенных отходов [5, 6]. Х.Ю. Керкхофф и С.Г. Грищенко проводили анализ ценовой ситуации на мировом рынке сырьевых материалов для специальной металлургии. В результате было выявлено нестабильность цен, со скачкообразными их изменениями, тенденция к их повышению, что приводит к усложнению налаживания долгосрочных связей с поставщиками и нестабильность обеспечения промышленности сырьем [7, 8].

Проблема обеспечения специальной металлургии редкими и тугоплавкими элементами обострилась в последние годы, в связи со стремительным ростом цен на них на мировом рынке потребления [7]. Поэтому разработка отечественных ресурсо- и энергосберегающих технологий молибден- и вольфрамсодержащих спла-

вов и лигатур, тем более с параллельной утилизацией немобильных отходов представляет не только научный, но, прежде всего, практический промышленный интерес.

Постановка задачи. Цель работы – технико-экономическое обоснование и разработка инновационного проекта производства металлургической окалины быстрорежущих сталей и ее использование при выплавке стали, а конкретные задачи данного этапа исследований заключались в построении и оптимизации многофункциональной модели системы зависимостей технико-экономических показателей производства предварительно подготовленных отходов и последующего их использования в производстве специальных сталей.

Результаты исследования. В работе были использованы статистические материалы активного промышленного эксперимента металлургической окалины быстрорежущих сталей и применения полученного материала производства специальных сталей.

С целью достижения оптимальных свойств целевого продукта с учетом комплексного влияния состава шихты на экономию от использования металлургического сырья для легирования сталей используется регрессионный анализ [9].

Факторы и значения переменных, которые исследуются в работе, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Исследуемые технико-экономические показатели производства металлургической окалины быстрорежущих сталей

Номер шихты	Фактор					
	Окалина быстрорежущих сталей, % мас.	Углеродистый восстановитель, % мас.	Усвоение молибдена и вольфрама при выплавке стали, %	Обоженный молибденовый концентрат, % мас.	Вольфрамовый (шеелитовый концентрат), % мас.	Сокращение времени легирования расплава, %
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	y
1	39,5	9,9	94	43,1	0	13
2	39,75	9,85	94,5	42,85	0	13,25
3	40	9,8	95	42,6	0	13,5
4	40,2	9,75	95,25	42,4	0	14,75
5	40,4	9,7	95	42,2	0	16
6	40,45	9,65	96	35,75	6,4	17
7	40,5	9,6	96,5	29,3	12,8	18
8	43	9,2	96,75	27	11,8	17,75
9	47	8,9	96,87	25	10,9	17,62
10	49,8	8,7	97	23,2	10,1	17,5
11	53,65	8,35	97,25	20,55	9,05	17,25
12	55,57	8,17	97,37	19,22	8,52	17,12
13	57,5	8	97,5	17,9	8	17
14	59,7	7,8	97,37	16,37	7,45	16,87
15	61,9	7,6	97,25	14,85	6,9	16,75
16	66,3	7,2	97	11,8	5,8	16,5
17	68,22	6,9	96,87	10,4	5,5	16,5
18	70,15	6,6	96,75	9	5,2	16,5
19	74	6	96,5	6,2	4,6	16,5
20	74,05	5,95	96,25	3,1	7,65	16
21	74,1	5,9	96	0	10,7	15,5
22	74,3	5,85	96	0	10,85	15,25
23	74,5	5,8	96	0	11	15
24	74,75	5,75	95,5	0	10,4	14,5
25	75	5,7	95	0	9,8	14

Исследована взаимосвязь процессов и экспериментально построена функциональная зависимость, что позволило с некоторой достоверностью использовать ее в планировании ожидаемых технико-экономических показателей. Общее снижение себестоимости, которое зависит от многих факторов, можно описать с помощью нелинейной множественной регрессии. Оценки коэффициентов регрессионной модели находим с помощью МНК (метода наименьших квадратов) в матричной форме. В результате была получена математическая модель, которая имеет следующий вид:

$$y = -765,824 + 769,1042 \cdot \left(\frac{1}{x_1}\right) + 62,095 \cdot \left(\frac{1}{x_2}\right) + 166,888 \cdot \ln x_3 - 0,0029 \cdot x_4^2 - 0,4606 \cdot \sqrt{x_5}. \quad (1)$$

При построении структуры регрессии, с одной стороны, нужно включить в регрессию все факторы, которые имеют существенное статистическое влияние на показатель, а с другой стороны, нужно, чтобы было выполнено условие линейной независимости между факторами, то есть отсутствие мультиколлинеарности для эффективного применения МНК. Методом Фаррара–Глобера исследуем в модели (1) присутствие мультиколлинеарности. Проверка по помощи теста χ^2 показала, что с надежностью $p = 0,95$ существует общая мультиколлинеарность.

Из вида корреляционной матрицы был сделан вывод, при котором между факторами x_1 и x_3 существует тесная связь. Поскольку влияние на показатель у фактора x_3 более значительное ($r_{yx1} = 0,08$, $r_{yx3} = 0,89$), то из регрессии исключаем фактор x_1 для устранения мультиколлинеарности.

С учетом преобразований математическая модель приобретает следующий вид:

$$y = -729,811 + 18,791 \cdot \left(\frac{1}{x_2} \right) + 162,089 \cdot \ln x_3 + 0,002 \cdot x_4^2 + 0,722 \cdot \sqrt{x_5}. \quad (2)$$

Проверка при помощи теста χ^2 показала, что мультиколлинеарность осталась, но значительно уменьшилась: на 49,05 % в сравнении с предыдущим случаем. Тест (t -тест) на значимость коэффициентов регрессии показал, что все параметры регрессии значимые, то есть ни один из факторов нельзя исключить из регрессии. Согласно проверки при помощи критерия Фишера полученная модель адекватная статистическим данным ($F = 44,838$, $F_{крит} = 2,87$).

Коэффициенты регрессии с надежностью $p = 0,95$ находятся в таких пределах:

$$\begin{aligned} -1048,9536 < \beta_0 < -410,6679, \quad -20,2658 < \beta_2 < 57,8487, \quad 93,5979 < \beta_3 < 230,5803, \quad 3,2 \cdot 10^{-5} < \beta_4 < 4,6 \cdot 10^{-3}, \\ 0,6422 < \beta_5 < 0,8023. \end{aligned}$$

Значение “у” и доверительные интервалы для регрессии указаны на рис. 1, из которого имеем графическое подтверждение расчетных значений, что полученная модель удовлетворительно соответствует практическим данным.



Рис. 1. Практические и расчетные значения сокращения времени легирования расплава стали с обозначением верхней и нижней границы 95 % доверительной зоны регрессии

Для наглядного анализа полученной модели построены три наиболее значимых с практической точки зрения частичные зависимости в виде поверхностей на рис. 2 с закреплением некоторых параметров:

- а) $y_1 = f(x_2, x_4) - x_3 = 96,5 \%$; $x_5 = 0 \%$ мас.;
- б) $y_2 = f(x_3, x_4) - x_2 = 9,85 \%$ мас., $x_5 = 4,6 \%$ мас.;
- в) $y_3 = f(x_4, x_5) - x_2 = 9,65 \%$ мас., $x_3 = 96 \%$.

Проведенная работа позволяет выявить оптимальные области технико-экономических показателей и расходных коэффициентов исходных материалов с дальнейшей оптимизацией экономических показателей и исходных ингредиентов и снижением потерь легирующих элементов в процессе производства и использования при выплавке сталей вторичного металлизированного сырья с учетом уже достигнутых результатов данного направления. При этом, одновременно учитывается влияние сразу четырех факторов на снижение себестоимости целевого продукта. С помощью поверхностей, изображенных на рис. 2 возможно визуальное проследить комплексное влияние факторов и рассчитать оптимальные условия для повышения экономии при выплавке стали.

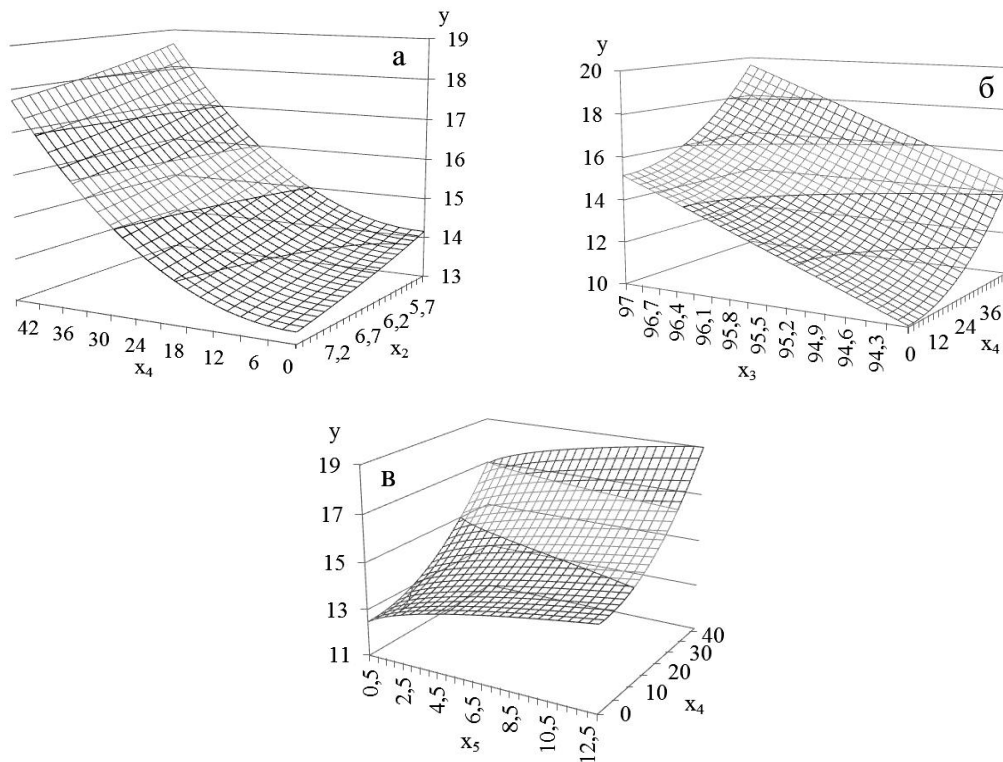


Рис. 2. Графічні залежності техніко-економічних показателів виробства металізованої окалини швидкохідних сталей

Ісходя з аналізу побудованої моделі, для забезпечення заданого якості металізованої окалини з найбільш вигідним вмістом легируючих елементів в ній, що дає значительне зниження собівартості виплавки сталі, оптимальні області техніко-економічних показателів приймають наступні значення (табл. 2).

Таблиця 2

Оптимальні області досліджуваних техніко-економічних показателів виробства і використання металізованої окалини швидкохідних сталей з додаванням молибденового і вольфрамового оксидних концентратів (x_2, x_4, x_5, x_3)

Границы оптимальных значений факторов	Углеродистый восстановитель, % мас.	Обоженный молибденовый концентрат, % мас.	Вольфрамовый (шеелитовый концентрат), % мас.	Усвоение молибдена и вольфрама при выплавке сталей, %
	x_2	x_4	x_5	x_3
Min	8	19,22	7,45	96
Max	9,7	29,3	10,9	97,5

Установлена висока економічна ефективність використання нового легируючого матеріала, отриманого з техногенних відходів, при виплавці швидкохідних сталей. При використанні брикетів з металізованої окалини россыпью і в капсулах в кількості 150–320 кг/т усвоєння легируючих елементів підвищилось (в середньому, % мас.): з 80–84 до: Cr – 95,3, W – 97,9, Mo – 96,7 відповідно. Підвищене відносно завадки брикетів россыпью усвоєння легируючих елементів при введенні їх в капсулах пов'язано зі зниженням окислювального потенціалу в зв'язі з удосконаленням техніко-економічного регламента, що привело до підвищенню виходу годного на 2,5–3,3 % [10].

Висновки. Побудована математична модель дозволила встановити і дослідити оптимальні області техніко-економічних показателів виробства і використання нового легируючого матеріала на основі техногенних відходів, в результаті чого виявлена можливість ефективного утилізації легируючих елементів з окалини швидкохідних сталей з найбільш вигідним вмістом легируючих елементів в ній і підвищення ступеня усвоєння легируючих елементів з використанням металізованого вторинного сиров'язь. Оптимальне співвідношення вихідних інгредієнтів шихти і технологічного регламента переробки техногенних відходів забезпечує скрозну ступінь утилізації молибдена і вольфрама при виплавці сталі на 96,0–97,5 % по порівнянню з відомими рішеннями, досягнутий показателі яких не перевищує 60 %. Значительна економія дорогостоящих легируючих елементів при виплавці швидкохідних сталей з використанням металізованих техногенних відходів підтверджує інноваційну цілесобразність виробства нового легируючого матеріала в Україні і його використання в металургії спеціальних сталей.

Література

1. Волюнкина Е. П. Отходы металлургического предприятия: от анализа потерь к управлению / Е. П. Волюнкина, Е. В. Протопопов // Изв. вузов. Черная Металлургия. – 2005. – № 6. – С. 72–76.
2. Григор'єв С. М. Стратегічні й тактичні напрями ресурсо- та енергосбереження в металургії важко-топких легувальних матеріалів і спеціальних сталей / С. М. Григор'єв // Держава та регіони: Серія “Економіка та підприємництво”. – 2009 – № 6. – С. 70–76.
3. Лейтман М. С. Тугоплавкие металлы: состояние рынка и перспективы применения в России / М. С. Лейтман // Сталь. – 2008. – № 3. – С. 47–50.
4. Крогерус Х. Технология производства феррохрома фирмы Outokumpu: экономическая эффективность и высокая производительность / Х. Крогерус, П. Ойкаринен // Черные металлы. – 2003. – № 12. – С. 23–31.
5. Фляйшандерль А. ZEWA – новый металлургический процесс для производства ценных материалов из промышленных отходов / А. Фляйшандерль [и др.] // Черные металлы. – 2005. – № 6. – С. 33–40.
6. Эндеман Г. Образование пыли, окалины и шлама и их утилизация на металлургических заводах Германии // Г. Эндеман, Х. Б. Люнген, К.-Д. Вупперман // Черные металлы. – 2007. – № 2. – С. 49–56.
7. Керкхофф Х. Ю. Взрыв цен на сырье – угроза экономическому подъему / Х. Ю. Керкхофф // Черные металлы. – 2010. – № 10. – С. 61–66.
8. Грищенко С. Г. Мировой финансово-экономический кризис и металлургия / С. Г. Грищенко // Сталь. – 2009. – № 2. – С. 68–71.
9. Лук'яненко І. Г. Економетрика / І. Г. Лук'яненко, Л. І. Краснікова. – К. : Знання, – 1998. – 494 с.
10. Григорьев С. М. Извлечение тугоплавких элементов из окалины быстрорежущей стали / С. М. Григорьев // Сталь. – 1994. – № 3. – С. 63–66.

УДК 338.512:691

Н. В. АХМЕДНАБИЄВА

Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка

ОСНОВНИ ШЛЯХИ ЕКОНОМІЇ РЕСУРСІВ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВА БУДІВЕЛЬНОЇ ІНДУСТРІЇ

Наведені результати досліджень розрахунково-експериментальних методик розрахунків та визначення економічного ефекту від скорочення витрат на виробництво. Досліджені проблеми економії енергоносіїв на підприємствах будівельної індустрії.

The are results of researches calculations – experimental methods of calculations and determination of economic effect are resulted from reduction of production inputs. In this article are researched problems for economy of power mediums on the enterprises of building industry.

Ключові слова: цемент, залізобетон, енергоносії, економічний ефект.

Вступ. Економія ресурсів, зокрема цементу і енергоносіїв є головною метою при виробництві бетону і залізобетонних конструкцій і теперішній час потребує від промисловості економію матеріальних ресурсів, в тому числі і від підприємств будівельної індустрії.

Постановка проблеми. На багатьох заводах залізобетонних конструкцій склад бетону до сьогодні підбирається за розрахунково-експериментальною методикою “абсолютних об'ємів”, розробленої в середині минулого століття. За цією методикою якість заповнювачів враховується емпіричним коефіцієнтом якості, яка оснований в більшості випадків на чистоті, зовнішнього виду і походження заповнювачів. Однак, як проказує досвід цього недостатньо. Доцільно було б врахувати розподіл зерен за розмірами, активність їх поверхні, водопотреба заповнювачів, властивості піщано-щебеневої маси і т.д. Більш повне використання властивостей, як окремих заповнювачів, так і їх сумісних властивостей, дозволило б досягти економії основного компоненту бетону – цементу і енергоносіїв. Актуальність більш точного підбору складу бетону, який дозволяє знизити витрати цементу, стає важливим для нашої країни, де в якості заповнювача використовуються дрібні або дуже дрібні алювіальні піски.

Результати дослідження. У кінці минулого століття в Білоруському інституті будівництва і архітектури була розроблена методика підбору складу [1], яка дозволяє враховувати всі властивості, як окремих заповнювачів, так і властивості піщано-щебеневої маси. Методика оснований на таких властивостях як: щільність суміші заповнювачів у віброущільненому стані, питома поверхня заповнювачів, порожнина заповнювачів в ущільненому стані, співвідношення мас дрібного та крупного заповнювачів, загальна концентрація цементного тіста і води, іммобілізованої заповнювачами, об'ємна концентрація цементного тіста в міжзерновому просторі заповнювачів, кількість води поглинутої заповнювачем. Ця методика, не дивлячись на її точність, не одержала широкого розповсюдження, очевидно, із-за того, що вона достатньо складна порівняно з розрахунково-експериментальною методикою. Однак, в теперішній час, коли гостро стає питання необхідності економії енерго-