УДК 658.14/17:338.24

DOI: <https://doi.org/10.32847/business-navigator.58-4>

Фаїзова О.Л.,

кандидат економічних наук, доцент,
завідувач кафедри адміністрування, управління та підприємництва,
*Навчально-науковий інститут інтегрованих форм навчання,
Національна металургійна Академія України*

Фаїзова С.О.,

кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри адміністрування, управління та підприємництва,
*Навчально-науковий інститут інтегрованих форм навчання,
Національна металургійна Академія України*

Гуцалова В.І.,

старший викладач кафедри адміністрування,
управління та підприємництва,
*Навчально-науковий інститут інтегрованих форм навчання,
Національна металургійна Академія України*

Faizova Olga,

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of
Administration, Management and Entrepreneurship,
*Institute of Integrated Forms of Education,
National Metallurgical Academy of Ukraine*

Faizova Svetlana,

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Associate Professor Department of Administration,
Management and Entrepreneurship,
*Institute of Integrated Forms of Education,
National Metallurgical Academy of Ukraine*

Gutsalova Victoria,

Senior Lecturer Department of
Administration, Management and Entrepreneurship,
*Institute of Integrated Forms of Education,
National Metallurgical Academy of Ukraine*

НАПРЯМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ФЕРОСПЛАВІВ

Фаїзова О.Л., Фаїзова С.О., Гуцалова В.І. Напрями енергозбереження під час виробництва феросплавів. У статті розглянуто напрями енергозбереження під час виробництва феросплавів на прикладі АТ «Нікопольський завод феросплавів». Відображено схему утилізації тепломісткості феросплавного газу, що є побічним продуктом під час виплавки феросплавів у закритих електроплавильних печах, з виробництвом теплової та електричної енергії. Показано практичне застосування розробок українських вчених-металургів, націлених за заміну природного газу феросплавним в умовах реального виробництва. Проаналізовано інвестиційний проект, який доводить економічну доцільність одного з напрямів та його ефективність. Дослідження показало, що така робота є перспективною та інноваційною. Вибрані підприємством напрями дієві та націлені не тільки на зменшення показника собівартості готової продукції за рахунок економії паливно-енергетичних ресурсів, але й на поліпшення екологічної ситуації в регіоні шляхом зниження шкідливих викидів в атмосферу.

Ключові слова: феросплави, електроплавильні печі, феросплавний газ, енергозбереження, тепломісткість, теплоенергія.

Фаизова О.Л., Фаизова С.А., Гуцалова В.И. Направления энергосбережения при производстве ферросплавов. В статье рассмотрены направления энергосбережения при производстве ферросплавов на примере АО «Никопольский завод ферросплавов». Отражена схема утилизации теплоемкости ферросплавного газа, который является побочным продуктом при выплавке ферросплавов в закрытых электроплавильных печах, с производством тепловой и электрической энергии. Показано практическое применение разработок

українських учених-металургів, нацелених за заміну природного газу ферросплавним в умовах реального виробництва. Проаналізований інвестиційний проєкт, який доводить економічну цілесобразність одного з напрямків і його ефективність. Дослідження показало, що така робота є перспективною і інноваційною. Вибрані підприємством напрямки дій є ефективними і нацелені не тільки на зменшення показателя собівартості готової продукції за рахунок економії паливно-енергетичних ресурсів, але й на покращення екологічної ситуації в регіоні шляхом зниження шкідливих викидів в атмосферу.

Ключові слова: ферросплави, електроплавильні печі, ферросплавний газ, енергозбереження, теплоємність, теплоенергія.

Faizova Olga, Faizova Svetlana, Gutsalova Victoria. Directions of energy saving in the production of ferroalloys. The article reviews areas of energy conservation in the process of ferroalloys production based on example of Nikopol Ferroalloy Plant JSC. Waste generation in ferroalloy production occurs mainly in the form of slag, dust and sludge from gas purification, as well as ferroalloy gas. The volumes of these products depend on the used charge materials and the production technology of the enterprise. At JSC Nikopol Ferroalloy Plant, the possibility of using ferrogas instead of natural gas and electricity is a priority. The urgency of the problem is caused by the high cost of energy resources in Ukraine. Under condition of the introduction of such technologies, an enterprise might not be dependent on constant increases of energy prices. The use of ferroalloy gas Helps Company to save similar volumes of natural gas, improves the environmental friendliness and energy efficiency of ferroalloy production. Electricity and natural gas saving will reduce the enterprise expenses and lower the energy intensity of products. Currently, the company is developing three main areas: utilization of the ferrogas heat capacity, electricity production and replacement of natural gas by ferroalloy gas in production processes. This work reconstructs the scheme of the heat capacity of ferroalloy gas utilization, which is a by-product of smelting ferroalloys in closed electric melting furnaces, with the production of thermal and electric energy. Based on combined burner tests that are capable working both on natural gas and on ferroalloy, the article shows practical application of the development of Ukrainian scientists, metallurgists, aimed at saving an expensive resource in real production. The investment project, which proves the economic feasibility of one of the areas and its effectiveness, is analyzed in this work. The study showed that the utilization of ferroalloy gas can be diversified in technological processes: drying buckets, heating premises, producing hot water and steam, heating raw materials, producing sinter and slag foundries, and calcining anthracite. This will increase the degree of utilization of secondary energy resources and reduce energy consumption. This work is creative, promising and innovative. The areas selected by the enterprise are effective and aimed not only at reducing the cost of finished products by saving fuel and energy resources, but also improving the environmental situation in the region by reducing harmful emissions into the atmosphere.

Key words: ferroalloys, electric melting furnaces, ferroalloy gas, energy saving, investment project, heat capacity, heat energy.

Постановка проблеми. Енергозбереження – це важливий аспект життя сучасного суспільства, що тісно пов'язаний з виробничою сферою. Нерозумне споживання дорогих видів енергії не тільки призводить до значних витрат, але й негативно впливає на довкілля. Нині існують різні шляхи економії енергоресурсів, деякі з яких уже ефективно впроваджуються на підприємствах України. На прикладі АТ «Нікопольський завод феросплавів» (АТ НЗФ) проаналізуємо, як реалізується програма з енергозбереження в Придніпровському регіоні. Загальновідомо, що АТ НЗФ – це найбільше в Україні підприємство з виробництва силікомарганцю і феромарганцю [1]. Економія енергоресурсів – це основна мета майже всіх інноваційних розробок та новітніх впроваджень на підприємстві. Саме тому застосування на феросплавному виробництві феросплавного газу замість природного є нагальним питанням, що потребує всебічного вивчення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Енергозбереження – це зменшення споживання енергії за рахунок використання меншої кількості енергетичних послуг. Проблема енергозбереження тісно переплітається з проблемами енергетики, екології, технічного переозброєння та структурної перебудови всієї економіки.

Проблематиці енергозбереження на феросплавному виробництві присвячено наукові праці таких

вітчизняних учених, як О.Г. Величко, Б.Ф. Величко [2, с. 508], В.С. Куцін [3, с. 33], О.В. Жаданос, В.Л. Зубов [4, с. 327], М.І. Гасік, А.М. Овчарук, В.І. Ольшанський, І.В. Деревянко, Д.В. Сталінський [5, с. 5], А.З. Рижавський. До вирішення цієї проблеми були залучені вчені ДП «УкрНТЦ «Енергосталь»», ТОВ «Технослав», ТОВ «УкрНДІЕлектротерм».

У зв'язку зі зростанням вартості енергоресурсів загострюється питання розширення спектру використання альтернативних паливних ресурсів.

Формулювання завдання дослідження. Мета статті полягає у розкритті технічної можливості застосування феросплавного газу на феросплавному виробництві та економічної доцільності його використання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Закон України «Про енергозбереження» [6, с. 1] визначає поняття «енергозбереження» як діяльність, спрямовану на раціональне використання та економне витрачання первинної та перетвореної енергії та природних енергетичних ресурсів у національному господарстві, яка реалізовується з використанням технічних, економічних та правових методів. Для металургійних підприємств енергозбереження є пріоритетним напрямом діяльності. З огляду на те, що технологія виготовлення феросплавної продукції є найбільш енергоємною сферою виробництва, для досягнення максимального результату з

економії енергоресурсів необхідні новаторські рішення. Співпрацюючи з науковцями Національної металургійної академії України (НМетАУ), АТ НЗФ реалізує план енергозбереження у трьох напрямках.

1) Утилізація тепломісткості ферогазу. Феросплави – це тугоплавкі сплави. Їх виробляють за високих температур, що вимагає великих витрат електроенергії. Основним устаткуванням феросплавних заводів є електропечі потужністю до 40–80 МВА, відкриті, напівзакриті, закриті склепінням та герметичні. Виплавка феросплавів супроводжується виділенням ферогазу, який складається з горючих елементів, зокрема монооксиду вуглецю (до 90%), водню (до 6%), метану (до 5%). Теплотворна здатність феросплавного газу становить близько 11,3 МДж/м³. Практично весь газ, який виділяється із закритих і герметичних печей, спалюється на свічках. Загальна втрата тепла разом з феросплавним газом загалом по Україні складає понад 350 тис. т умовного палива на рік. Найбільш простим способом утилізації феросплавного газу є його спалювання в топці водогрійного котла з використанням отриманої теплової енергії для задоволення потреб опалювання й гарячого водопостачання. Перевагами такої схеми утилізації є мінімальні капітальні та експлуатаційні витрати, а також простота обслуговування.

2) Розроблення проєкту виробництва електроенергії за унікальною технологією з використанням попутного феросплавного газу для електрогенерації в паротурбінній установці або комплексу газопоршневих двигунів (генераторів). Для цього ферогаз потребує додаткового очищення. В результаті реалізації цього проєкту НЗФ розраховує покрити 10–15% своїх потреб в електроенергії. Одночасно за рахунок додаткової очистки феросплавного газу будуть істотно знижені викиди в атмосферу шкідливих речовин, що є у ферогазі.

3) Економія природного газу. Природний газ – це одна зі складових частин циклу виробництва феросплавів. Повністю відмовитися від природного газу підприємство не може, адже він використовується як резервний вид палива в режимі автоматики в котельні, що важливо для безпеки технологічного процесу на підприємстві. Задля зменшення обсягів закупівлі природного газу розроблено унікальний комбінований пальник, який може працювати як на природному, так і на феросплавному газі. Пальник повністю автоматизований і реагує на все, зокрема припинення подачі електроенергії, припинення охолодження пальника, подання газу, зниження температури сировини, відлив полум'я. За будь-яких відхилень у роботі відразу спрацьовують світлова та звукова сигналізація, після чого автоматичний захисний клапан припиняє подання газу. Апробація показала, що пальник добре змішує паливо, всі показники видно на спеціаль-

ному табло. Під час випробування пальника зафіксовано економію природного газу й покращення екологічних параметрів по викидах.

У 2019 році в АТ НЗФ завершено впровадження двох інвестиційних проєктів, спрямованих на енергозбереження, таких як «Організація дільниці із сушіння ковшів ферогазом у цеху виробництва феросплавів (ЦВФ)» та «Впровадження системи технологічного обліку вироблення і споживання феросплавного газу в АТ НЗФ». Крім того, на 2020–2027 рр. запланована реалізація проєкту «Переведення плавильного цеху 9 та дільниці електродної маси на ферогаз». Програма будівництва розрахована на два роки. Впровадження цього об'єкта спрямовано на економію до 1 млн. м³ природного газу на рік.

Доцільність вжиття цих заходів та їх ефективність розглянемо на прикладі інвестиційного проєкту «Організація дільниці із сушіння ковшів ферогазом в ЦВФ».

Стенд сушіння ковшів призначений для розігріву та сушіння футеровки ковшів, що у подальшому використовуються для розливки рідкого металу. Проєкт спрямовано на економію природного газу. Переведення стенду сушіння ковшів з природного газу на ферогаз із виконанням усіх вимог техніки безпеки дасть змогу скоротити споживання природного газу до 437 000 м³ на рік (за виробництва 70 тис. т феросплавів на місяць).

Розглянемо економічний розрахунок ефективності впровадження вищевказаного інвестиційного проєкту. Основні параметри для розрахунку наведені в табл. 1.

Інвестиційні потреби, що включають розроблення проєкту, придбання блоку автоматичного керування розпалюванням, обладнання з контролю повітря робочої зони й кількості кисню у ферогазі, приладів з вимірювання викидів, становлять 1 600 тис. грн.

Оцінювання економічної ефективності інвестиційного проєкту здійснюється згідно з методикою, запропонованою В.П. Савчуком [7, с. 137].

Розрахунок чистої приведеної вартості за п'ять місяців першого року впровадження проєкту проведемо за формулою (1):

$$PV = \sum_{i=1}^n \frac{NCF_i}{(1+r)^i}, \quad (1)$$

де NCF (Net Cash Flow) – чистий грошовий потік; r – ставка дисконтування; n – період, який аналізується; i – крок розрахунку (місяць, квартал, рік), i = 1, 2, ..., n.

Ставка дисконтування в 5% включає ризик зниження обсягів виробництва феросплавів, що може призвести до зниження об'єму виробленого ферогазу.

Сушіння ферогазом (27 ковшів на місяць) дає можливість отримати економію у сумі 468 тис. грн. (27 · 75 · 24 · 9,629 = 467 969,40 грн.).

Таблиця 1

Основні параметри для розрахунку проєкту

Скорочення витрат	Одиниця виміру	До впровадження проєкту	Після впровадження проєкту
Витрати природного газу на стенді	м ³ /годину	75	0
Час сушіння ковша	годин	24	24
Кількість ковшів на стенді (9 міс.)	од./рік	243	243
Обсяг природного газу	тис. м ³ /рік	437	0
Ціна природного газу з ПДВ	грн./ тис. м ³	9 629	9 629
Витрати на природний газ	тис. грн.	4 212	0

Таблиця 2

Порівняння показників PV та NPV

Період (міс.)	Інвестиції	1 місяць	2 місяць	3 місяць	4 місяць	5 місяць	Всього
Чистий грошовий потік, NCF, тис. грн.	1 600	468	468	468	468	468	2 340
Ставка дисконтування, %		5	5	5	5	5	
Дисконтований грошовий потік, PV, тис. грн.		445,71	424,49	404,28	385,02	366,69	2 026,20
Накопичувальні дисконтовані грошові потоки, тис. грн.		445,71	870,20	1 274,48	1 659,50	2 026,20	
Чистий дисконтований дохід, NPV, тис. грн.		-1 154,29	-729,80	-325,52	59,50	426,20	
Знак значення показника NPV		-	-	-	+	+	

Розрахуємо чистий дисконтований дохід NPV (Net Present Value) за формулою (2):

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} = -IC + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}, \quad (2)$$

де CF_t – платіж через t років; n – період, що аналізується; IC (Invested Capital) – початкова інвестиція в розмірі $IC = -CF_0$; i – ставка дисконтування (5%).

Отже, $NPV = (445,71 + 424,49 + 404,28 + 385,02 + 366,69) - 1600 = 2026,20 - 1600 = 426$ тис. грн.

Внесемо розрахунки NPV за 5 місяців першого року впровадження інвестиційного проєкту до табл. 2.

Графічне визначення внутрішньої норми прибутковості показано на рис. 1.

Розрахунок періоду окупності інвестиційного проєкту здійснюємо за формулою (3):

$$DPP = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \geq I_0, \quad (3)$$

де n – число періодів; CF_t – приріст грошових коштів в період t ; r – бар'єрна ставка (коефіцієнт дисконтування); I_0 – величина вихідних інвестицій в нульовий період.

Сума дисконтованих доходів за 4 місяці складає 1 659,50 тис. грн., що більше суми початкової інвестиції, яка дорівнює 1 600 тис. грн. Розрахуємо залишок від четвертого місяця першого року впровадження інвестиційного проєкту:

Залишок = $(1 - (1659,50 - 1600) : 1274,48) = 0,95$ міс.

Отже, строк окупності інвестицій становить 3,95 місяці.

Наведені вище розрахунки дають змогу стверджувати, що проєкт «Організація дільниці із сушіння ковшів ферогазом в ЦВФ» є економічно доцільним, ефективним та обґрунтованим. Він окупиться за 4 місяці.

Завдяки реалізації зазначеного проєкту з'явиться можливість замінити природний газ ферогазом. Розширення спектру використання ферогазу дасть змогу суттєво скоротити споживання природного газу та зменшити енергоємність продукції. Це приведе до зниження собівартості готової продукції та зростання чистого прибутку. Діяльність підприємства у цьому напрямі є перспективною, інноваційною та прибутковою.

Висновки. За результатами дослідження виявлені основні напрями енергозбереження на феросплавному виробництві. Унікальність АТ «Нікопольський завод феросплавів» полягає в тому, що він є єдиним підприємством у країні, де намагаються розширити сферу застосування феросплавного газу для задоволення потреб виробництва. Саме тому одними з пріоритетних напрямів енергозбереження на АТ НЗФ є розроблення та впровадження програм щодо розширення можливостей використання феросплавного газу, як наслідок, зменшення обсягів закупівлі природного газу. Це дасть змогу не тільки утилізувати небезпечну для довкілля сировину, але й використати її в різних технологічних процесах, таких як обігрів приміщень, отримання пари й гарячої води, сушіння ковшів, розігрівання сировини під час вивантаження, виробництво агломерату. Такий підхід дає змогу раціональніше та економніше вести виробництво шляхом скорочення до мінімуму споживання природного газу.

Інвестиційні проєкти щодо споживання феросплавного газу замість природного є інноваційними та перспективними. Вони націлені як на енергозбереження, так і на покращення екологічної ситуації в регіоні. Головною метою здійснення проєктів є зниження виробничих витрат і собівартості продукції за рахунок мобілізації внутрішніх виробничих ресурсів. При цьому

Рис. 1. Графічне визначення внутрішньої норми прибутковості (IRR = 14,1736%)

планується й в подальшому застосовувати інноваційні технології, розроблені фахівцями АТ НЗФ спільно з низкою науково-дослідних і проектно-конструкторських організацій України. Пропоновані технічні рішення

можуть бути успішно застосовані на будь-якому підприємстві, де нині феросплавний газ спалюється на свічах. Програми інноваційного розвитку підприємства сприяють розвитку енергозберігаючих технологій в Україні.

Список використаних джерел:

1. АТ НЗФ. URL: <https://www.nzf.com.ua/main.aspx> (дата звернення: 03.03.2020).
2. Куцин В.С., Величко Б.Ф., Гасик М.И. и др. Рудовосстановительные электропечи и технологии производства марганцевых ферросплавов. Днепр : НМетАУ, 2011. 508 с.
3. Куцин В.С., Олшанский В.И., Гасик М.И. Ресурсосберегающая технология получения металлоконцентрата ферросиликомарганца из отвальных шлаков. *Сталь*. 2011. № 10. С. 26–32.
4. Зубов В.Л., Гасик М.И., Поляков О.И., Овчарук А.Н. Физикохимия и электротермическая технология получения ферросилиция : монография. Днепр : НМетАУ, 2012. 327 с.
5. Сталинский Д.В., Рыжавский А.З. Эффективные технические решения проблемы утилизации тепла ферросплавных печей. *Экология и промышленность*. 2013. № 1. С. 4–7.
6. Про енергозбереження : Закон України від 23 липня 2017 року № 2095-VIII / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 05.03.2020).
7. Савчук В.П. Оцінка ефективності інвестиційних проектів : підручник. URL: <http://www.cfin.ru/finanalysis/savchuk/index.shtml> (дата звернення: 13.03.2020).

References:

1. AT NZF. URL: <https://www.nzf.com.ua/main.aspx> (accessed 3 March 2020).
2. Kutsin V.S., Velichko B.F., Gasik M.I. (2011) Rudovosstanovitel'nye elektropechi i tekhnologii proizvodstva margantsevykh ferrosplavov [Ore-reducing electric furnaces and technologies for the production of manganese]. Dnepr: NMetAU, pp. 508.
3. Kutsin V.S., Ol'shanskiy V.I., Gasik M.I. (2011) Resursosberegayushchaya tekhnologiya polucheniya metallokontsentrata ferrosilikomargantsa iz otval'nykh shlakov [Resource-saving technology for producing ferrosilicon manganese metal concentrate from waste slag]. *Stal'*, no. 10, pp. 26–32.
4. Zubov V.L., Gasik M.I., Polyakov O.I., Ovcharuk A.N. (2012) Fizikokhimiya i elektrotermicheskaya tekhnologiya polucheniya ferrosilitsiya [Physicochemistry and electrothermal technology for producing ferrosilicon]. Dnepr: NMetAU, pp. 327.
5. Stalinskiy D.V., Ryzhavskiy A.Z. (2013) Effektivnye tekhnicheskie resheniya problemy utilizatsii tepla ferrosplavnykh pechey [Effective technical solutions to the problem of heat recovery of ferroalloy furnaces]. *Ekologiya i promyshlennost'*, no. 1, pp. 4–7.
6. Verkhovna Rada Ukrainy (2017) Pro enerhozberezhennia [About energy saving]. *Zakon Ukrainy*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80> (accessed 5 March 2020).
7. Savchuk V.P. Otsinka efektyvnosti investytsiynykh projektiv [Assessment of effectiveness of investment projects]. URL: <http://www.cfin.ru/finanalysis/savchuk/index.shtml> (accessed 13 March 2020).