

приватизації. Затверджено Наказом Міністерства фінансів України і Фонду державного майна № 49/121 від 26.01.2001 р.: [Електронний ресурс]. -

6. Агентство з розвитку інфраструктури фондового ринку України // Офіційний сайт: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://smida.gov.ua>.

7. Брігхем С. Основи фінансового менеджменту: Пер. з англ. / С. Брігхем. – К.: Молодь, 1997. – 1000 с.

8. Финансовые коэффициенты по отраслям Российской экономики: [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.sibprice.ru/iratio/show.php?adr=27>.

Поступила 10.09.2013

УДК 622.7 15

Наука

Перегудов В.В. /д.т.н./, Грицина А.Е. /к.э.н./, Драгун Б.Т, Гук А.Ю.

ГП «ГПИ «Кривбасспроект»

Егорова И.Г. /к.э.н./

ВУЗ «КНУ»

## Экономические аспекты повышения качества железорудного сырья

*Рассмотрены вопросы экономической эффективности повышения металлургической ценности железорудного сырья. Представлены результаты определения оптимального уровня качества железорудных концентратов по методике авторов. Табл. 2. Библиогр.: 4 назв.*

**Ключові слова:** железорудная продукция, содержание полезных компонентов, металлургическая ценность, оптимальный уровень качества, экономия кокса, технико-экономические расчеты, эффективность производства

*The issues of economic efficiency improving metallurgical value of iron ore. The results of the determination of the optimal level of quality iron ore concentrates by the method of the authors.*

**Keywords:** iron ore production, the content of useful components, metallurgical value, the optimal level of quality, cost of coke, feasibility study, production efficiency

### Проблема и ее связь с научными и практическими задачами

Качество железорудного сырья является одним из основных факторов повышения эффективности горно-металлургического комплекса (ГМК), интенсификации металлургических процессов, снижения расхода кокса в доменном производстве и вредных выбросов в коксохимическом производстве.

#### Постановка задачи

Основная задача заключается в раскрытии значения качества как одного из главных показателей конкурентоспособности продукции и влияния его на экономику предприятий ГМК.

#### Анализ исследований и публикаций

При исследовании проблем качества железорудной продукции рассматриваются следующие основные направления: определения оптимального уровня качества продукции, технического и технологического обеспечения направлений повышения содержания железа, стимулирования улучшения металлургических свойств железорудного сырья.

В разное время вопросы определения оптимального уровня качества продукции отражались в крупных комплексных работах научно-исследовательских

и проектных институтов, в том числе с участием институтов «Кривбасспроект», «Механобрчермет», «Укргипромез», ИЧМ, «ДонНИИЧермет» и др. Методическое руководство работами осуществлялось институтами ЦНИИЧМ им. И.П. Бардина, Гипромез и Ленгипромез. Для выполнения работ использовался весьма широкий круг исходной информации о технологических свойствах концентрата, агломерата и окатышей в трех-четырёх вариантах уровней качества и детальные экономические расчеты по вариантам.

Проблемы технического и технологического обеспечения повышения содержания железа в товарной руде решают институты «Механобрчермет», Криворожский национальный и Днепропетровский горный университеты.

Предложения по стимулированию улучшения металлургических свойств железорудного сырья (содержания железа в концентратах, основности окатышей, постоянства химического состава) отражались в работах институтов «Механобрчермет», «ДонНИИЧермет», «Кривбасспроект» и др.

#### Изложение материала и результаты

Качество железорудной продукции характеризуется химическим и гранулометрическим составом,

а также их постоянством. К числу полезных компонентов, помимо железа, относятся оксиды кальция, магния, легирующие элементы (ванадий, марганец и др.), вредных – оксиды кремния, алюминия, сера, фосфор, мышьяк. За рубежом при необходимости ряд этих элементов, а также щелочи, могут служить ценнообразующими показателями. В Украине в технических условиях и преискурантах качество агломерационных руд и концентратов традиционно оценивалось по содержанию железа и влаги (другие химические элементы либо находятся в обратной зависимости от содержания железа, либо имеют незначительные величины). В технические условия также включаются допустимые отклонения по установленным показателям качества. В агломерационных рудах содержание железа составляет 56-60 % при крупности 0-10 мм, в концентратах – 63,7-68,5 %. Крупность тонкоизмельченных концентратов составляет от 94-98 % класса минус 0,074 мм до 97 % класса 0,044 мм.

Конкуренция на внутреннем и зарубежном рынках железорудного сырья обуславливает переход горнодобывающих предприятий на производство товарной продукции с улучшенными потребительскими свойствами по содержанию железа и диоксида кремния. В 2012 г. среднее содержание железа в товарной железной руде горнодобывающих предприятий Украины составило 64,1 % (при 9,3%  $\text{SiO}_2$ ), в том числе в концентратах горно-обогажительных комбинатов 65,2 %, в агломерационных рудах подземной добычи – 58,8 %. Доля концентратов в общем объеме товарной руды превышает 82 %. Следует отметить относительно высокое содержание железа в руде подземной добычи, поскольку в 1970-х гг. оно находилось в пределах 54,3-54,5 %, а в начале 1980-х гг. на отдельных рудниках вообще снижалось до 51-53 %.

Одной из основных задач исследователей и проектировщиков является установление оптимального уровня содержания железа в подготовленном металлургическом сырье (оптимальной глубины обогащения). Оптимальным является такой уровень качества, при котором обеспечивается минимум сквозных затрат на производство чугуна, т.е. наибольший экономический эффект для производителя и потребителя железорудного сырья и, следовательно, наиболее высокая конкурентоспособность продукции. Оптимизация качества железных руд в условиях рыночной экономики необходима для правильной ориентации по согласованию цен и приплат при заключении контрактов на поставку.

Работы по определению оптимального уровня качества железорудной продукции были начаты в 1960-х гг. группой проектных и научно-исследовательских институтов. Как указывалось выше, для выполнения работ требовался большой объем исходных данных о технологических свойствах концентрата, агломерата и окатышей по нескольким вариантам качества. В ряде случаев необходимые технические показатели вообще отсутствовали в первичной и официальной статистике предприятий и могли быть получены только в процессе специаль-

ных испытаний. Техничко-экономические расчеты основывались на определении удельных капитальных и эксплуатационных затрат на производство концентрата (окатышей, агломерата) и на производство чугуна. Критерием являлся минимум сквозных приведенных затрат на производство 1 т чугуна. При этом не могли быть учтены хозрасчетные интересы предприятий-производителей железорудной продукции, связанные с уменьшением количества концентрата и окатышей по мере повышения в них содержания железа. Распределение эффекта от улучшения качества железорудной продукции между производителями и потребителями осуществлялось по решению вышестоящих организаций.

В большинстве случаев оптимальными представлялись варианты с максимальным содержанием железа в концентратах, главным образом, полученных с применением флотационной технологии обогащения руды или доводки (дообогащения) концентратов флотацией или тонким грохочением. Тем не менее, предприятия в реальности продолжали выпускать концентраты, содержащие железа на 2,0-2,5 пункта ниже оптимального уровня. Аналогичная ситуация сложилась и с металлургическими свойствами окатышей и агломерата, в особенности при выборе их оптимальной основности.

Два десятилетия назад под руководством и при непосредственном участии авторов была выполнена научно-исследовательская работа по определению оптимального уровня качества железорудной продукции ГОКов СССР [1]. В работе принимали участие НИПИ «Механобрчермет», Институт экономики ЦНИИЧМ им. И.П. Бардина (Москва), Днепропетровский филиал Черметинформации, Укрگیпроме́з, ДонНИИЧермет.

В работе впервые был применен новый методологический подход к определению оптимального уровня качества железорудной продукции. Расчеты технико-экономических показателей были выполнены с учетом динамики сравниваемых вариантов качества: на момент расчетов и на 15-летнюю перспективу. Техничко-экономические расчеты выполнялись по трем вариантам качества: базового (достигнутого) уровня; уровня качества, принятого в Схеме развития и размещения предприятий черной металлургии до 2005 г.; технологических возможностей обогажительных и окомковательных фабрик.

Как указывалось выше, ранее по традиционной методике рассчитывались удельные приведенные затраты на производство 1 т чугуна. Поскольку реализация железорудной продукции производится по реальным оптовым ценам, а не по абстрактным приведенным затратам, включающим себестоимость и капитальные инвестиции на повышение качества продукции, приведенные к одному году. Удельные приведенные затраты, которые обычно использовались для выбора вариантов, не обеспечивают сопоставимость вариантов по объемам производства, так как повышение качества товарных руд и окатышей, как правило, сопровождается сокращением выпуска

концентрата, массы металла в нем, выпуска окатышей и изменением структуры производства.

Представляет интерес сравнение достигнутых в последние годы показателей с оптимальными уровнями качества, рекомендованными для некоторых предприятий (таблица 1).

**Таблица 1. Оптимальное и достигнутое качество железорудных концентратов**

Предприятия	Содержание железа в концентратах, %		
	достигнутое к 1990 г.	оптимальное на 2005 г.	Максимальное последних лет
ОАО «ЮГОК»	64,88	66,40	65,76
ГОК ПАО «АМКР»	65,99	68,00	65,70
ПАО «ЦГОК»	66,66	70,00	68,25
ПАО «СевГОК»	64,82	66,3...67,0	66,57
ПАО «ИнГОК»	63,73	64,90	65,50
ПАО «ПГОК»	62,39	65,50	63,33

В последние годы на горно-обогатительных комбинатах, кроме ГОК ПАО «АМКР», обеспечено повышение содержания железа в концентратах. Ряд предприятий приблизились и превзошли оптимальный уровень качества концентратов – Центральный, Северный и Ингулецкий ГОКи. С целью увеличения содержания железа в концентрате на ГОК ПАО «АМКР» проводятся работы по внедрению процесса тонкого грохочения в технологической схеме обогащения.

Повышение содержания железа в агломерационных рудах и концентратах для производителей связано с неизбежным увеличением затрат на производство и потерями металла, что ухудшает их финансово-экономическое состояние.

Компенсация экономических потерь горнодобывающих предприятий при повышении содержания железа в товарной продукции должна осуществляться путем установления соответствующих цен и системы приплат и скидок за разные потребительские свойства

Анализ показывает, что в отдельных договорах на поставку концентрата приплаты (скидки) за содержание железа вообще не предусматривались. Во многих случаях, в том числе и при экспорте железорудной продукции, стимулирование повышения качества товарной продукции осуществляется путем применения приплат и скидок на основе стоимости 1 % железа в базовой цене. Этот прием является ошибочным и приносит убытки горнодобывающим предприятиям, так как при этом не принимаются во внимание механические потери объема готовой продукции горнодобывающих предприятий при повышении качества руд и концентратов и экономия средств потребителя за счет уменьшения стоимости перевозки 1 т металла в товарной руде.

В табл. 2 представлен пример увеличения стоимости товарной продукции при снижении содержания железа в руде и уменьшения ее стоимости при повышении содержания железа в руде в случае применения приплат и скидок на основе стоимости 1 % железа в базовой цене.

**Таблица 2. Последствия применения приплат и скидок на основе стоимости 1% железа в базовой цене**

Наименование показателей	Базовый вариант	Вариант улучшения качества	Вариант ухудшения качества
Добыча сырой руды, тыс. т	5 000,0	5 000,0	5 000,0
Влажность руды, %	3,75	3,75	3,75
Содержание железа в добытой руде, %	58,00	58,00	58,00
Выделение некондиционной руды из добытой или ее разубоживание, тыс. т	-	-300,0	+300,0
Содержание железа в удаленной или разубоживающей некондиционной руде, %	-	30,00	30,00
Производство товарной руды, тыс. т	5 000,0	4 700,0	5 300,0
Содержание железа в товарной руде, %	58,00	59,79	56,42
Базовое содержание железа в товарной руде, %	58,00	58,00	58,00
Отклонение содержания железа от базового, %	-	1,79	-1,58
Базовая цена 1 т товарной руды, %	450,00	450,00	450,00
Приплаты/скидки за 1 % железа в товарной руде (450,00/58,0), грн./т	7,76	7,76	7,76
То же, за отклонение от базового содержания железа, грн./т	-	13,87	-12,30
Цена товарной руды, грн./т	450,00	463,87	437,70
Стоимость товарной продукции, млн. грн.	2 250	2 180	2 320

Совершенно очевидно, что при такой системе ценообразования горнодобывающему предприятию невыгодно повышать содержание железа в товарной продукции.

Так, при удалении 300 тыс. т некондиционной фракции с содержанием железа 30 % из 5 млн. т сырой руды, содержащей 58 % железа, можно произвести 4,7 млн. т товарной продукции с содержанием железа 59,79 %. Стоимость товарной продукции

уменьшится на 70 млн. грн., в том числе на 135 млн. грн. за счет уменьшения количества товарной руды. За счет увеличения цены руды с 450 до 463,87 грн./т потери объема товарной продукции компенсированы лишь на сумму 65 млн. грн. По расчетам стоимость продукции не увеличится даже, если сохранить количество металла в ней. Для этого добычу сырой руды нужно будет увеличить на 155 тыс. т, затратить соответствующие средства и не получить эффект.

И, наоборот, добавив к сырой руде некондиционную фракцию с содержанием железа 30 %, предприятие снизит содержание железа с 58 до 56,42 %, но получит за это дополнительно 70 млн. грн. Более того, можно в виде добавок использовать любые продукты, включая пустую породу, песок и т.д.

Таковы последствия неправильного установления приплат и скидок за содержание железа в товарной руде. В связи с таким парадоксом не только производители железорудной продукции, но и ее потребители должны избегать применения метода определения приплат к базовым ценам на основе стоимости 1 % железа в ней.

Отметим, что в рассмотренном случае для обеспечения неизменной стоимости товарной продукции по вариантам следовало применять приплаты и скидки на уровне 16,08 грн./т за 1 % железа.

На основании обработки результатов расчетов [2] была определена зависимость размера приплат и скидок от уровня базовой цены концентрата

$$P_{Fe} = 0,0153 C_{баз} + 5,3499, \text{ грн.}, (1)$$

где  $P_{Fe}$  – приплата за 1 % содержания железа в концентрате, грн.;  $C_{баз}$  – цена концентрата базового качества, грн.

Представленное выше выражение было получено на основании расчетов, выполненных с учетом металлургического передела в ценах на материальные и энергетические ресурсы, действовавших в 2006 г. Анализ показывает, что произведение  $0,0153 \times C_{баз}$  равно  $C_{баз} : 65,36$ , есть ничто иное, как стоимость 1 % железа в концентрате, содержащем 65,36 % железа. Поскольку такое содержание железа близко к среднему показателю в Украине, указанная часть выражения (1) вполне приемлема для расчетов цен концентрата в проектных и научно-исследовательских работах, при выполнении геолого-экономической оценки месторождений, прогнозировании и других видах оценки вариантов развития производства металлургического сырья. Свободный член уравнения 5,3499 (грн.) отражает суммарный результат влияния качества железорудной продукции на изменение уровня затрат в горно-обогатительном и аглодоменном производствах в ценах и условиях 2006 г.

Естественно, что при наличии всех необходимых исходных данных выражение (1) можно пересчитывать для любого текущего периода. Однако в связи с жесткими требованиями по конфиденциальности информации на предприятиях горно-металлургического комплекса, особенно в последние пять лет, сделать это стало практически невозможным. Поэтому нами предложена модифицированная формула определе-

ния размера приплат и скидок за содержание железа в концентрате

$$P_{Fe} = 0,0153 C_{баз} + 5,3499 I_{ц}, \text{ грн.}, (2)$$

где  $I_{ц}$  – индекс изменения цен в расчетном году относительно базовых цен (2006 г.).

Для обеспечения запаса эффективности от улучшения качества железорудного сырья и уменьшения риска потерь в металлургическом производстве формула расчета приплат и скидок приобретает вид

$$P_{Fe} = 0,0153 C_{баз} + 5,3499 I_{ц} \times K_{з}, \text{ грн.}, (3)$$

где  $K_{з}$  – коэффициент запаса эффективности – долевое участие непосредственно горно-обогатительного предприятия в уменьшении суммарных затрат на производство чугуна (0,75-1,00).

Для определения индекса изменения цен в расчетном году относительно базовых цен ( $I_{ц}$ ) имеется достаточная нормативно-информационная основа [3, 4]. Так, ежемесячно Государственным комитетом Украины по статистике рассчитываются и публикуются официальные индексы потребительских цен (индексы инфляции). Ежеквартально Министерство регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины доводит до сведения индексы изменения рыночной стоимости строительства по отношению к последнему расчетному периоду. Данные о динамике индексов рыночной стоимости в капитальном строительстве приводятся по видам: строительного-монтажным работам; промышленной продукции; продукции предприятий строительных материалов, изделий и конструкций; продукции предприятий машиностроения. Наиболее приемлемы для расчета  $I_{ц}$  индексы рыночной стоимости промышленной продукции.

Например, выполняется проект технического переоснащения обогатительной фабрики с организацией производства концентрата, содержащего 66,5 % железа. До намечаемого переоснащения цена 1 т концентрата с содержанием железа 65,25 % составляла 650 грн. Индекс рыночной стоимости промышленной продукции по состоянию на 01.01.13 г. по отношению к показателю на 01.01.07 г. согласно [4] составляет 2,56 (все индексы на начало четвертого квартала 2012 г. и далее до 01.07.13 г. оставались неизменными). Коэффициент запаса эффективности принимается на уровне 0,9.

Тогда приплаты (скидки) за 1 % отклонения содержания железа в концентрате от базового составляют

$$P_{Fe} = 0,0153 \times 650 + 5,3499 \times 2,56 \times 0,9 = 22,27 \text{ грн./т}$$

Цена 1 т концентрата с содержанием железа ( $Fe_{np}$ ) 66,5 % по проекту ( $C_{np}$ ) составляет

$$C_{np} = C_{баз} + P_{Fe} \times (Fe_{np} - Fe_{баз}), \text{ грн.} (4)$$

$$C_{np} = 650 + 22,27 \times (66,5 - 65,25) = 677,84 \text{ грн.}$$

В экономической практике имеют также место случаи несовершенства методов установления соотношения цен концентрата и окатышей.

Это можно проиллюстрировать на следующем примере. Предприятие выпускает два вида товарной продукции: концентрат и окатыши. Годовая мощ-

ность по производству концентрата составляет 10,0 млн. т. Максимальная мощность цеха производства окатышей (ЦПО) рассчитана исходя из возможности окомкования всего объема концентрата, который реализуется в виде товарного при остановках цеха производства окатышей и при отказе потребителей от закупки окатышей в пользу концентрата. Максимальная производственная мощность по производству окатышей при удельном расходе концентрата 1 075 кг/т окатышей составляет 9,302 млн. т. Цена 1 т окатышей составляет 825 грн., 1 т концентрата – 600 грн. Себестоимость концентрата составляет 330 грн./т, себестоимость передела окомкования с флюсами, связующими добавками, общепроизводственными, административными расходами и расходами на сбыт – 190 грн./т окатышей. С учетом затрат на сырье себестоимость окатышей ( $C_{ок}$ ) составит

$$C_{ок} = 330 \times 1,075 + 190 = 544,75 \text{ грн.}$$

Валовая прибыль при реализации концентрата в виде товарного составляет 270 грн./т концентрата или 2 700 млн. грн. в год –  $(600-330) \times 10,0$ . Валовая прибыль при реализации окатышей составляет 280,25 грн./т окатышей или 2 607 млн. грн. в год –  $(825-544,75) \times 9,302$ . В результате при дополнительных эксплуатационных расходах на окомкование концентрата в сумме 190 грн./т окатышей или 1767 млн. грн./год, предприятие получит уменьшение валовой прибыли в сумме 93 млн. грн –  $(2607-2700)$ . Следует иметь также в виду, что необходимо обеспечивать и отдачу капитальных инвестиций в создание цеха производства окатышей, которые для цеха мощностью 9,3 млн. т окатышей в год расчетно могут достигать 2,5-3,0 млрд. грн. Годовая прибыль от производства и реализации окатышей при сроке окупаемости 6,7 года должна быть на уровне 375-450 млн. грн.

При замене одного вида товарной продукции (концентрата) другим (окатышами) должны выдерживаться следующие условия

$$C_{ок} \geq C_k \times P_k + C_{ок} + V_{ас} + \Pi_{цпо} \quad (5)$$

$$\text{или } C_{ок} \geq C_k \times P_k + C_{ок} + V_{ас} + \Pi_{гок} \quad (6)$$

где  $C_k$  – цена 1 т концентрата, грн;  $P_k$  – расход концентрата на производство 1 т окатышей, т;  $C_{ок}$  – эксплуатационные расходы ЦПО, грн./т;  $V_{ас}$  – расходы административные и на сбыт, грн/т окатышей;  $\Pi_{цпо}$  –

прирост прибыли от производства окатышей, грн/т;  $C_k$  – себестоимость 1 т концентрата, грн;  $\Pi_{гок}$  – планируемая прибыль ГОКа при производстве окатышей, грн./т.

### Выводы

1. Качество железорудного сырья является одним из основных факторов повышения эффективности горно-металлургического комплекса, интенсификации металлургических процессов, снижения расхода кокса в доменном производстве и вредных выбросов в коксохимическом производстве.

2. Оптимизация качества железных руд в условиях рыночной экономики необходима для правильной ориентации по согласованию цен и приплат при заключении контрактов на поставку.

3. Усовершенствована методика установления оптимального уровня качества железорудного сырья с учетом металлургической ценности.

4. Установлены методы оптимизации соотношения цен концентрата и окатышей.

### Библиографический список

1. Определение оптимального уровня качества железорудной продукции на период до 2005 г. в условиях полного хозяйственного расчета горно-обогатительных и металлургических предприятий / рук. НИР –Б.Т. Драгун // Инв. № Гос. регистрации 0189. 0053917.

2. Застосування сучасних методів оцінки якості залізорудної продукції у техніко-економічних розрахунках / О.Є. Грицина, Б.Т. Драгун, І.А. Гамалінський та ін. // *Металлург. і горнорудн. пром-сть*. – 2008. – 7.

3. Методические аспекты пересчета затрат прошлых лет в современные условия при геолого-экономической оценке месторождений / В.В. Перегудов, А.В. Романенко, А.Е. Грицина, Б.Т. Драгун и др. // *Сб. науч. тр. Академии горных наук Украины*. – 2012.

4. Ценообразование в строительстве. Сборник официальных документов и разъяснений // К. «ИН-ПРОЕКТ». № 8.2012. С. 136.

**Поступила 17.07.2013**



Журнал «МГП», начиная с № 6, 2013 г.,  
будет размещен в интернете с использованием своего  
«старого» доменного имени

**www.metinfo.dp.ua**

вместо

*www.metaljournal.com.ua;*