

**К.Г. Пугин**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

## **ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ШЛАКОВЫХ ОТВАЛОВ ОАО «ЧМЗ»**

*В статье приведено экономическое обоснование разработки старых шлаковых отвалов металлургического комбината. Использование отвальных шлаков увеличивает производительность доменной печи, снижает удельный расход кокса, расход агломерата и окатышей.*

**Ключевые слова:** металлургический комбинат, отвальный шлак, экономика, металлоконцентрат.

Одной из отраслей, к деятельности которой в экологическом плане человечество предъявляет серьезные требования, является металлургия. По степени ущерба, наносимого окружающей среде, черная металлургия в нашей стране занимает второе место среди отраслей промышленности после топливно-энергетического комплекса, отличаясь высокой ресурсоемкостью и, как следствие, большими отходами [1, 2, 3].

Ухудшение качества окружающей среды ведет к росту заболеваемости населения. По мнению медиков, более половины всех болезней вызывается вредным воздействием химических, физических и логических факторов среды. Сегодня в черной металлургии часто может оказаться более целесообразным применить процесс, менее загрязняющий окружающую среду, чем контролировать с большими затратами уровень загрязнений традиционных процессов и организовывать борьбу с этими загрязнениями. В отраслях металлургии в настоящее время большим спросом пользуется разработка малоотходных технологий. Под малоотходным производством понимается производство, вредное воздействие которого на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарными нормами, но определенная часть отходов все же имеет место (соответственно, имеются отвалы, захоронения отходов и т.п.). Организация безопасных захоронений отходов металлургии требует больших капитальных вложений и в последующем поддержания исправного состояния защитных сооружений [4, 5, 6, 7] при соблюдении технических регламентов [8].

В этой связи организация разработки старых шлаковых отвалов металлургических предприятий имеет актуальное значение.

Цель организации разработки шлаковых отвалов ОАО «Чусовской металлургический завод» (ЧМЗ) – извлечение металлической части из отвальных шлаков доменного производства для дальнейшего передела в цехах завода.

В экономическом обосновании разработки шлаковых отвалов ОАО «ЧМЗ» использовался метод потока наличности (Net present value method), одним из основных элементов которого является оценка денежного потока, генерируемого в течение ряда временных периодов. Расчеты выполнялись с позиции настоящего времени, т.е. реализации схемы дисконтирования потоков наличности и их суммирования. Результат является основным критерием оценки. Кроме того, в данном разделе определяются такие показатели, как внутренняя норма окупаемости проекта (ВНО), которая должна быть выше принятой ставки дисконтирования, и срок окупаемости проекта.

Денежные потоки проекта оценивались в соответствии с требованиями Министерства экономики в постоянных ценах.

В бизнес-плане рассматривается проект реализации разработки шлаковых отвалов в два этапа:

- 1-й этап – переработка 300 тыс. т шлака в год;
- 2-й этап – переработка около 1 млн т шлака в год.

При оценке эффективности данного проекта были приняты не средние значения показателей, определяющих эффективность, а наиболее низкие, поэтому проверка варианта на устойчивость может заключаться только в изменении содержания металлической фракции в шлаковых отвалах.

Объём шлаковых отвалов ОАО «ЧМЗ» по экспертной оценке заводских служб составляет 10–12 млн т.

По данным проведенных исследований – переработки шлаков ОАО «ЧМЗ» на установке Магнитогорского комбината – содержание металлических фракций в общем объёме шлака составляет 15 %, или 1500 тыс. т, в массе шлаковых отвалов. В шлаковых отвалах чугун встречается в виде капель в составе шлака, в виде кусков неправильной формы и в виде шарового сегмента – «доньшко». Химический состав металлической составляющей практически соответствует химическому составу чугуна. Металлическая фракция шлаковых отвалов в основном содержит

включения чугуна, в которых имеется 0,56 % ванадия. Объём ванадия в шлаковых отвалах можно оценить в 8,4 тыс. т, что соответствует примерно 4-летнему выпуску 38 % феррованадия в ферросплавном цехе. Кроме металлоотсева в отвалах содержится около 1,6 % лома огнеупоров, который после измельчения может использоваться в огнеупорном производстве завода.

Конечным продуктом переработки отвального шлака также являются чистые шлаки, которые могут идти на производство строительных материалов. Однако в бизнес-плане эффект от реализации шлакового щебня не определяется, так как до настоящего времени не найдено удовлетворительной схемы его реализации.

При цене чугуна 59 долл. США/т и цене ванадия 9 долл. США/кг металлическую составляющую шлаковых отвалов при 100 % извлечении можно оценить следующим образом:

$$1500000 \text{ т} \cdot 59 \text{ долл. США/т} + 8400 \text{ т} \cdot 9000 \text{ долл. США/т} = 164100 \text{ тыс. долл. США.}$$

Полученная магнитная фракция имеет структуру, приведенную в табл. 1.

Таблица 1

### Структура магнитной фракции

Фракция, мм	Доля, %	Содержания Fe, %
0–10	20,0	65
10–50	20,0	70
50–250	38,1	83
>250	21,9	94

Замусоренность металлоотсева шлаковыми включениями также подтверждается и практикой переработки шлаков на других заводах, которая приведена в табл. 2.

Таблица 2

### Замусоренность металлоотсева шлаковыми включениями

Фракция, мм	НТМК, %	Северсталь, %	ММК, %
0–10	20	58,00	50–52
10–50	40	15,74	20–22
50–250	30	12,96	7
>250	10	13,30	15–17

При объёме переработки шлака на 1-м этапе 300 тыс. т в год и на 2-м этапе около 1 млн т в год и содержании металлических фракций 15 % объём выхода металлоотсева по фракциям представлен в табл. 3.

Таблица 3

**Объём выхода металлоотсева по фракциям**

Фракция, мм	1-й этап, т	2-й этап, т
0–10	9000	27000
10–50	9000	27000
50–250	17145	51435
>250	9855	29565
Итого	45000	135000

Практика переработки шлаковых отвалов показывает, что фракция 0–10 мм используется в агломерации, фракция 10–250 мм – в металлошихте доменных печей, а фракция выше 250 мм может использоваться в доменной печи после предварительного измельчения, в мартеновских печах или в дуговой печи для производства чугуна. Принципиальные схемы переработки различных фракций приведены на рисунке.



Рис. Общая схема переработки металлоотсева из шлаковых отвалов ОАО «ЧМЗ»

Рассматриваемая технологическая схема переработки включает следующие основные операции:

1. Извлечение металлической составляющей и разделение ее на фракции на установке переработки шлаков.

2. Фракция 0–10 мм используется для производства агломерата как заменитель окалины.

3. Фракция 10–250 мм используется в металлошихте доменных печей.

4. Фракция выше 250 мм используется для производства чугуна в дуговой печи постоянного тока для производства мелющих шаров.

Для проверки возможности применения металлоотсева при производстве агломерата ранее на заводе были проведены специальные работы по спеканию агломерата с использованием металлоотсева шлаковых отвалов ОАО «ЧМЗ», полученных с установки Магнитогорского комбината (ЭМО). В результате этой работы было установлено, что введение металлоотсева в шихту при агломерации дает возможность получения принципиально нового прочного материала, пригодного для переработки как в доменной печи, так и в других металлургических агрегатах. В результате экспериментов также было зафиксировано снижение расхода топлива в 1,4–1,5 раза.

В качестве базового объёма производства аглофабрики принят объём, равный 84,5 тыс. т агломерата. При этом расходный коэффициент на собственную окалину составляет 0,193 т/т, на покупную окалину – 0,228 т/т.

Годовая потребность в металлоотсеве фракции 0–10 мм при полной замене покупной окалины для производства агломерата составит:

$$84,5 \cdot 0,228 = 19,3 \text{ тыс. т/год.}$$

Из этого следует, что на 1-м этапе разработки шлаковых отвалов весь полученный объём металлоотсева фракции 0–10 мм будет использован для замещения покупной окалины. Расходный коэффициент на 1 т агломерата составит 0,107 т/т.

При переработке шлаковых отвалов (2-й этап) покупная окалина может быть полностью заменена на металлоотсев, с коэффициентом расхода 0,228 т/т, при этом около 2,34 тыс. т фракции 0–10 мм может быть реализовано на сторону по цене окалины или использовано для плавки в дуговой электропечи для производства шаров либо использовано 54,6 % от общего объёма этой фракции в доменной печи. Структура фракции 0–10 мм приведена в табл. 4.

Таблица 4

**Структура фракции 0–10 мм**

Фракция, мм	Доля фракции, %
+5	54,6
1–5	41,4
0–1	4

Для дальнейших расчетов на 2-м этапе рассматривается вариант применения фракции 5–10 мм доменной печи, при этом 4,51 тыс. т в год должно быть реализовано на сторону.

Как показали расчеты, производство мелющих шаров в ЭМО ферросплавного цеха может составить 9–12 тыс. т/год. Потребность печи в металлоотсеве при условии, что она будет работать на 100 % металлоотсева, на 2-м этапе будет покрыта полностью за счет этой фракции, а остаток используется в виде товарной продукции. К моменту реализации 2-го этапа разработки шлаковых отвалов дуговая печь для производства мелющих шаров в ЭМО ферросплавного цеха уже должна быть введена в эксплуатацию.

В доменные печи на 1-м этапе может быть загружено 26,15 тыс. т/год, на 2-м этапе – 83,74 тыс. т/год, из которых около 5,29 тыс. т/год составляет фракция 5–10 мм.

Баланс расхода металлоотсева, получаемого путем переработки шлаковых отвалов, представлен в табл. 5.

Таблица 5

**Баланс расхода металлоотсева (тыс. т)**

Потребитель	1-й этап			2-й этап		
	0–10	10–250	>250	0–10	10–250	>250
Аглофабрика	9,00			19,27		
Доменный цех		26,15		5,39	78,45	
Дуговая печь						11,14
Продажа на сторону			9,85	2,34		18,41
<b>ИТОГО</b>	<b>9,00</b>	<b>26,15</b>	<b>9,85</b>	<b>27,00</b>	<b>78,45</b>	<b>29,55</b>

Как показывают расчеты, при использовании в доменной шихте металлоотсева фракции 10–250 мм, полученного из отвальных шлаков, увеличивается производительность печи, снижается удельный расход

кокса, расход агломерата и окатышей. Результаты расчета, предоставленные заводом, при различной степени отделения металла от шлака приведены в табл. 6.

Таблица 6

**Результаты расчета при различной степени  
отделения металла от шлака**

Показатели	1	2	3
Расход металлопродукта, кг/т	100	100	100
Содержание шлака в металлопродукте, %	10	15	20
Прирост производительности печи, %	2,8	2,4	1,9
Снижение расхода кокса, кг/т	15	13	10
Снижение расхода окатышей, кг/т	134	127	119

Расчеты были проведены с использованием программы определения показателей доменной плавки на основе балансовой логико-статистической модели доменного процесса, разработанной ИМЕТ УрО РАН.

**Список литературы**

1. Пугин К.Г. Снижение экологической нагрузки сталеплавильного производства за счет использования мелкодисперсных железосодержащих отходов в металлургии // Научные исследования и инновации. – 2010. – Т. 4. – № 3. – С. 64–71.

2. Снижение экологической нагрузки при обращении со шлаками черной металлургии: монография / К.Г. Пугин [и др.]. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та. – 2008. – С. 315.

3. Пугин К.Г., Калинина Е.В., Халитов А.Р. Ресурсосберегающие технологии строительства асфальтобетонных дорожных покрытий с использованием отходов производства // Вестник ПГТУ. Урбанистика. – Пермь, 2011. – №2. – С. 60–70.

4. Пугин К.Г., Вайсман Я.И., Калинина Е.В. Управление эмиссиями токсичных компонентов промышленных отходов металлургических, нефтеперерабатывающих и химических предприятий путем их использования в строительной отрасли // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2011. – №7. – С. 31–35.

5. Пугин К.Г., Ходяшев М.Б. Анализ экологических рисков при размещении твердых отходов металлургии на полигоне с противофилт-

рационным экраном из нефтесодержащих отходов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2011 – №7. – С. 44–48.

6. Пугин К.Г., Висков М.В. Применение нефтезагрязненных грунтов для устройства площадок складирования отходов черной металлургии // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2010. – № 6. – С. 49–54.

7. Янковский Л.В. Классификация геоимплантатных конструкций, используемых при строительстве и ремонте транспортных объектов // Строительные материалы. – 2011. – №7. – С. 51–53.

8. Кокодеева Н.Е., Кочетков А.В., Янковский Л.В. Методические подходы реализации принципов технического регулирования в дорожном хозяйстве // Вестник ПГТУ. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – Пермь, 2011. – №1. – С. 44–56.

Получено 15.09.2011