

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА.....	3
ЗА НЕФТЮ КУЗБАССА С ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ.....	3
В.В.Ростовцев, Е.Ю. Липихина, А.М. Афанасьев, В.Н. Ростовцев, В.В. Лайнвебер	
НОВАЯ ПАРАДИГМА ПОИСКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА.....	8
В.В. Ростовцев, Е.Ю. Липихина, В.Н. Ростовцев, В.В. Лайнвебер	
ПУТИ РЕАНИМАЦИИ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ.....	15
В.В. Ростовцев, Е.Ю. Липихина, В.Н. Ростовцев, В.В. Лайнвебер	
ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМОЙ НЕФТИ В АРКТИКЕ.....	28
И.Г. Яценко, Ю.М. Полищук	
ГЕОТЕХНОЛОГИЯ И ГЕОМЕХАНИКА.....	42
АЛЛЕЯ ГЕОЛОГОВ В ТОМСКЕ. ИСТОКИ.....	42
А.Я. Пшеничкин, В.А. Домаренко	
ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОТЕКТОНИЧЕСКОГО ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ГЕОМАССИВЕ НА ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК.....	49
В.Н. Фрянов, Л.Д. Павлова	
ПАРАДОКСЫ ПРИРОДНОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ОКЛО.....	60
В.А. Домаренко	
К ВОПРОСУ РАЗРУШЕНИЯ УСТОЙЧИВЫХ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ.....	65
Е.Э. Очиров, С.Н. Харламов	
МЕТАЛЛУРГИЯ.....	76
ПЕРЕМЕШИВАНИЕ РАСПЛАВА ПРИ ПРОДУВКЕ ИНЕРТНЫМ ГАЗОМ В АГРЕГАТАХ КОВШ-ПЕЧЬ.....	76
Е.В. Протопопов, Л.В. Думова, М.В. Темлянец, Е.М. Запольская	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ПРОКАТКИ МЕЛЮЩИХ ШАРОВ ИЗ ОТБРАКОВКИ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ НА ИХ УДАРНУЮ СТОЙКОСТЬ.....	84
А.А. Уманский, А.Б. Юрьев, А.С. Симачев, Л.В. Думова	

©Издательский
центр
Сибирского
государственного
индустриального
университета

Адрес редакции:
654007
г. Новокузнецк,
ул. Кирова, 42,
Сибирский
государственный
индустриальный
университет
тел. 8–3843–78–44–55

http: www.sibsiu.ru

ISSN 2311–9519

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МЕТАЛЛОЗАВАЛКИ ПРИ
ВЫПЛАВКЕ РЕЛЬСОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАЛИ С ЦЕЛЬЮ
ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ЕЕ ПРОИЗВОДСТВА.....93
Е.В. Протопопов, Л.В. Думова

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ
ИЗ ШЛАКОВЫХ
РАСПЛАВОВ.....102
Н. Ф. Якушевич, Е. В. Протопопов, М. В. Темлянец

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АЛЮМИНИЯ НА
КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ЧУГУНОВ ПРИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ В СРЕДЕ АНОДНЫХ ГАЗОВ
ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ЭКОСОДЕРБЕРГ.....116
Е.А. Пинаев, М.В. Темлянец, Е.В. Протопопов, Д.Г. Большаков,
Е.Н. Темлянцева, А.С. Симачев

БИОМЕДИЦИНА.....122
ЧТО ИЗМЕНИЛОСЬ В КЛИНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ
СЕПСИСА: КОММЕНТАРИИ К НОВЫМ МЕЖДУНАРОДНЫМ
РЕКОМЕНДАЦИЯМ SSC 2021 ПО ЛЕЧЕНИЮ СЕПСИСА И
СЕПТИЧЕСКОГО ШОКА.....122
В. В. Агаджанян, И. М. Устьянцева, А.Х. Агаларян

ОРГАНИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПРИ
ПОЛИТРАВМЕ. ПРОЕКТ КЛИНИЧЕСКИХ
РЕКОМЕНДАЦИЙ.....146
В.В. Агаджанян, А.Х. Агаларян

ФАКТОРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА ЛЕТАЛЬНОСТЬ
ПАЦИЕНТОВ С ПОЛИТРАВМОЙ.....148
В.В. Агаджанян, А.Х. Агаларян

**ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ И ГУМАНИТАРНЫЕ
НАУКИ.....151**

РАЗВИТИЕ АМБИЕНТНОЙ СРЕДЫ ГОРОДА КАК ОСНОВЫ
ЕГО ВОЗРОЖДЕНИЯ.....151
Ю.С. Серенков, Е.А. Благиных, И.В. Шимлина, В.Е. Хомичева

ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ ОСНОВАНИЯ МНОГООБРАЗИЯ
МОДЕЛЕЙ ТРАНСФОРМАЦИИ УНИВЕРСИТЕТА.....167
Н.А. Иванова

ЮБИЛЕИ.....174

РЕФЕРАТЫ.....183

УДК 669.187.012.7

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МЕТАЛЛОЗАВАЛКИ ПРИ ВЫПЛАВКЕ РЕЛЬСОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАЛИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕЕ ПРОИЗВОДСТВА

Е.В. Протопопов, Л.В. Думова

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк*

Введение

В настоящее время в мировой металлургии основная масса стали рельсовых марок выплавляется в кислородных конвертерах. В частности, кислородно-конвертерная рельсовая сталь производится в США, Японии, Австрии, Франции, Италии, Польше. Из литературных данных известно о промышленном производстве стали в дуговых электропечах в Канаде [1], однако завод в настоящее время закрыт.

В отечественной металлургии выплавка рельсовой стали в кислородных конвертерах осуществляется на АО «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат («НТМК») и ПАО «Челябинский металлургический комбинат («ЧМК» – входит в состав компании «Мечел»), выплавка стали рельсовых марок в дуговой сталеплавильной печи – на АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» («ЕВРАЗ ЗСМК»).

Основной причиной малой распространенности производства рельсов из электростали является целевая направленность строительства современных электросталеплавильных цехов с печами большой емкости на обеспечение регионов металлопродукцией промышленного и строительного назначения, поскольку внедрение современных методов интенсификации плавки и внепечной обработки позволяет достичь длительности плавки сопоставимой с кислородными конвертерами. Кроме того, при производстве рельсовых сталей возникает проблема обеспечения низкого и стабильного уровня содержания в

стали остаточных примесей цветных металлов (меди, никеля и хрома), которая не может быть разрешена без внедрения дорогостоящих технологий подготовки металлолома к плавке или замене части лома альтернативными материалами. При этом в качестве таких материалов может выступать, как чугун (жидкий или твердый), так и горячебрикетированное железо. На «НКМК» (в настоящее время входит в состав «ЕВРАЗ ЗСМК») разработана и внедрена начиная с 2000 г. технология выплавки рельсовой в 100- тонных дуговых электропечах с использованием жидкого чугуна [2, 3] (до 30-35% от общей массы металлошихты). Начиная с 2010 г. в связи с закрытием собственного доменного производства в металлошихте используется твердый (чушковый) чугун.

По имеющимся данным [4-6] замена части лома чугуном в металлошихте позволяет добиться ряда существенных преимуществ:

- уменьшить расход топлива (природного газа);
- снизить расход науглероживателей (кокса);
- сократить затраты на подготовку металлолома к плавке;
- уменьшить концентрацию азота в стали, вследствие интенсификации окислительного периода и общего уменьшения продолжительности плавки;
- снизить расход огнеупорных изделий за счет уменьшения перепадов температур и отсутствия механических разрушений футеровки при загрузке тяжеловесной металлошихты;
- уменьшить загрязненность стали экзогенными неметаллическими включениями.

При этом оценку технико-экономической эффективности использования чугуна в металлозавалке дуговых электропечей и выбор оптимального расхода чугуна следует проводить для условий конкретного агрегата и с учетом текущего уровня цен на материалы и энергоносители. Таким образом, выбранное направление исследований по анализу влияния состава металлозавалки дуговой электропечи при выплавке рельсовой стали на величину производственных затрат и производительность является актуальным.

Методика исследований

Исследования влияния состава металлозавалки на технико-экономические показатели производства рельсовой стали в электросталеплавильном цехе «ЕВРАЗ ЗСМК» проводили методом пассивного эксперимента с использованием стандартной методики множественного регрессионного анализа. В качестве базы использован массив из 500 плавов рельсовой стали марки Э76Ф, произведенных с использованием жидкого чугуна и 500 плавов стали Э76ХФ, произведенных с использованием твердого («чушкового») чугуна.

Анализировали влияние соотношения чугуна и лома в металлозавалке на следующие показатели: удельные расходы электроэнергии, кислорода, и извести; содержание марганца и кремния на выпуске из печи (характеризует расход ферросплавов); безвозвратные потери металла (угар); длительность плавки.

Результаты исследований и их обсуждение

По результатам проведенного анализа установлено, что соотношение чугуна и лома в металлошихте электроплавки оказывает значимое влияние на следующие параметры: удельные расходы электроэнергии и кислорода, содержание марганца на выпуске из печи, длительность плавки.

При повышении доли чугуна в металлозавалке (как жидкого, так и твердого) удельный расход электроэнергии имеет тенденцию к снижению (рисунок 1).

При этом в количественном выражении более выраженное влияние на расход электроэнергии оказывает изменение доли жидкого чугуна, что обусловлено повышенным теплосодержанием жидкого чугуна по сравнению с твердым и, соответственно, сокращением длительности периода плавления.

Касательно влияния состава металлозавалки на удельный расход кислорода можно отметить, что увеличение доли чугуна в металлошихте обуславливает повышение данного показателя вне зависимости от агрегатного состояния используемого чугуна (рисунок 2). Такой характер зависимости

вызван необходимостью окисления дополнительного углерода, вносимого чугуном.

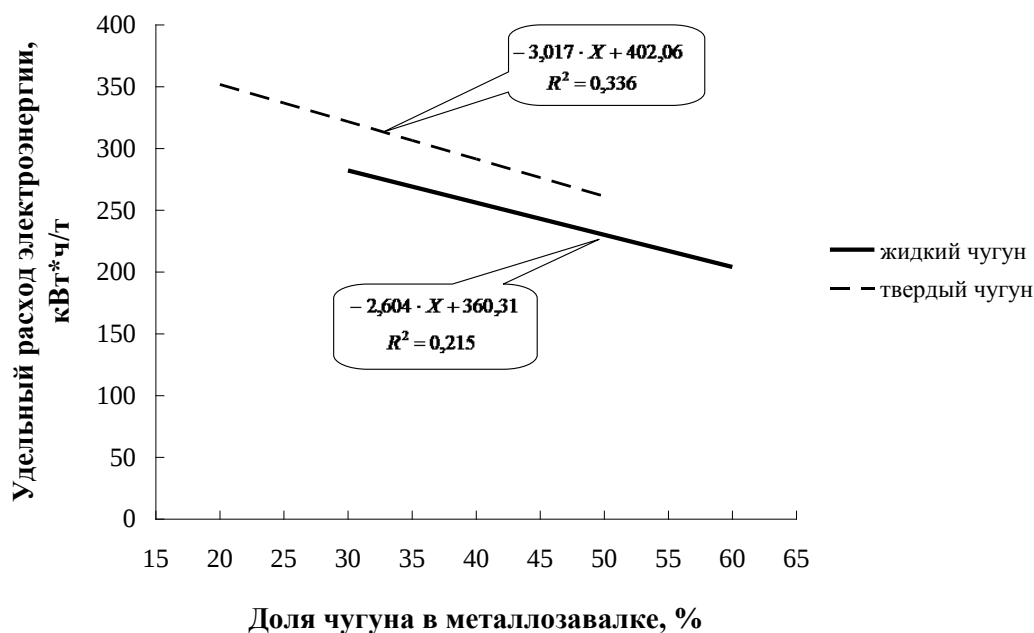


Рисунок 1. Влияние доли чугуна в металлозавалке на удельный расход электроэнергии при выплавке рельсовой стали в дуговой электропечи

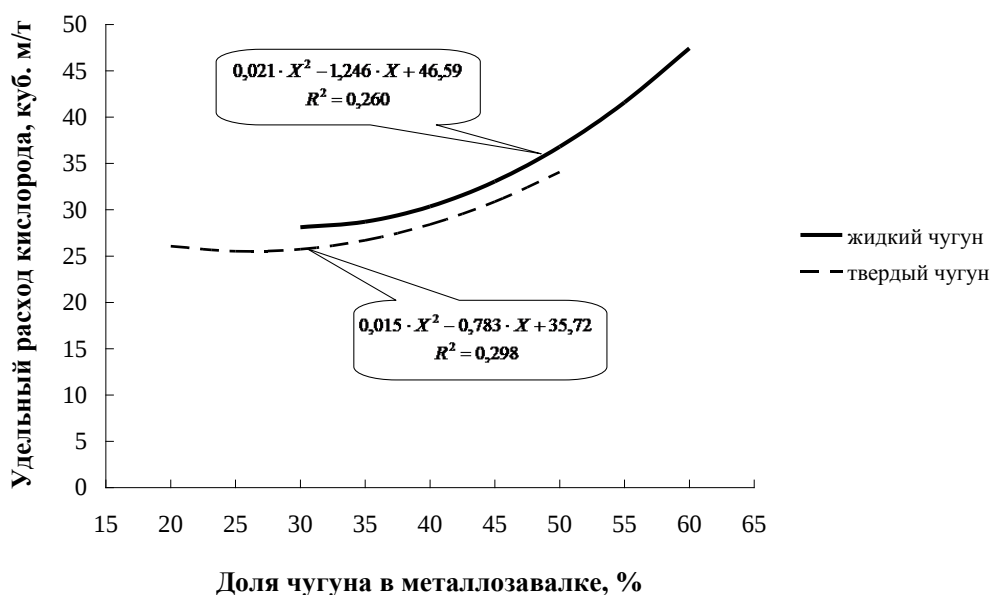


Рисунок 2. Влияние доли чугуна в металлозавалке на удельный расход кислорода при выплавке рельсовой стали в дуговой электропечи

Согласно полученных данных повышение доли чугуна в составе металлозавалки приводят к снижению содержания марганца на выпуске из печи

(рисунок 3), что объясняется пониженным содержанием марганца в чугуна относительно лома и повышенным окислением марганца за счет увеличения продувки кислородом.

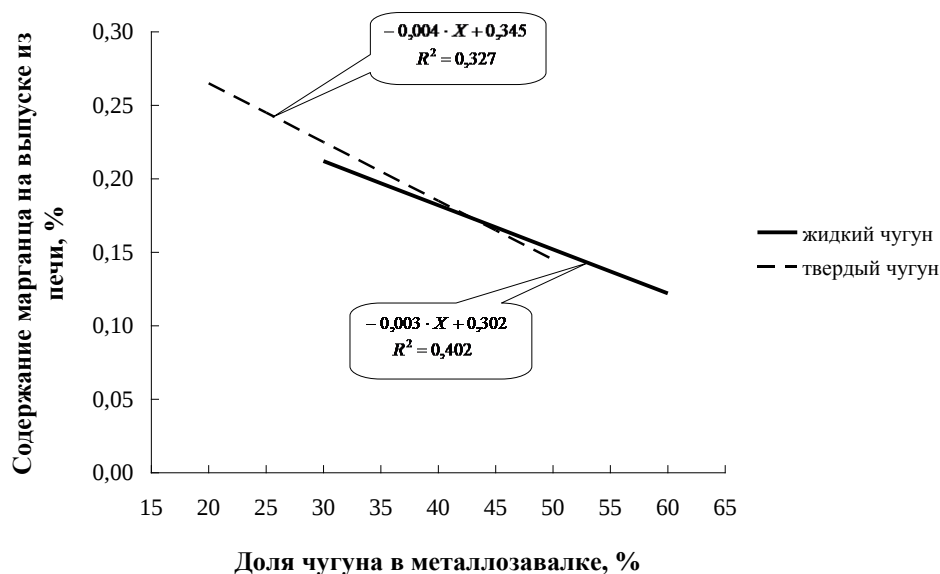


Рисунок 3. Влияние доли чугуна в металлозавалке на содержание марганца на выпуске из дуговой электропечи при выплавке рельсовой стали

Зависимость продолжительности плавки от соотношения чугуна и лома в металлозавалке имеет ярко выраженный параболический характер с наличием выраженного минимума (рисунок 4).

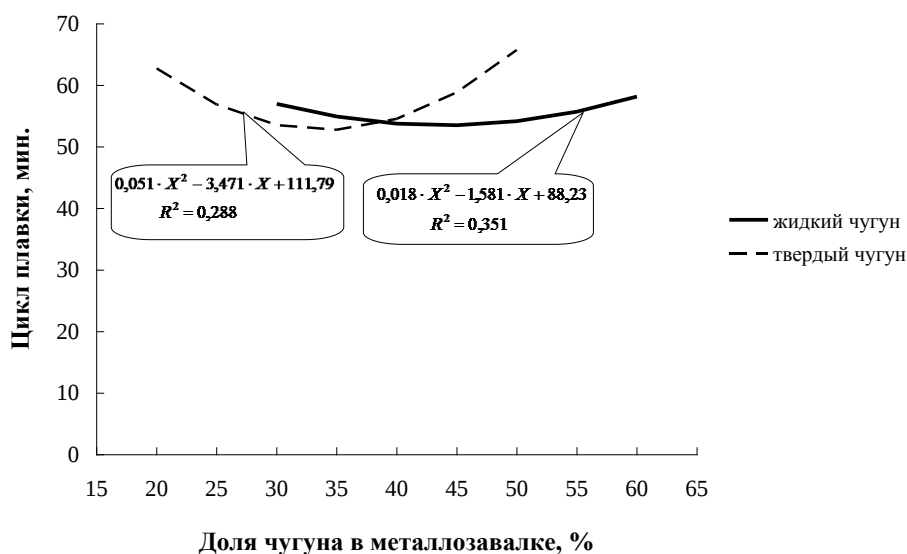


Рисунок 4. Влияние доли чугуна в металлозавалке на продолжительность плавки рельсовой стали в дуговой электропечи

При этом указанный минимум при использовании жидкого чугуна в металлошихте имеет место при доле жидкого чугуна в завалке на уровне 35-40 %, а при использовании твердого чугуна – на уровне 30-35 %. Полученный характер зависимости обусловлен разнонаправленным влиянием доли чугуна в завалке на продолжительность отдельных периодов плавки, в сумме формирующих ее общую длительность (период плавления, окислительный период, количество подвалок металлолома), а также нелинейным изменением продолжительности самих периодов. Так при увеличении доли чугуна в шихте с одной стороны происходит снижение продолжительности периода плавления, а также уменьшение количества подвалок металлолома, но при этом имеет место увеличение продолжительности окислительного периода.

На основании полученных данных разработана и реализована в программе «Excel» статистическая модель влияния состава металлошихты на технико-экономические показатели работы электросталеплавильного цеха при выплавке рельсовой стали. В качестве параметров оптимизации выбраны: суммарные затраты по статьям себестоимости, зависящим от состава металлошихты и производительность цеха по жидкой стали.

В качестве компонентов, формирующих суммарные затраты по зависящим от состава металлошихты статьям себестоимости выступили: затраты на шихтовые материалы (чугун и лом), затраты на электроэнергию, кислород, ферросплавы:

$$Z_{\text{СУМ}} = (P_{\text{ЧУГ}} \cdot C_{\text{ЧУГ}} + P_{\text{ЛОМ}} \cdot C_{\text{ЛОМ}} + P_{\text{ЭЛ.ЭН.}} \cdot C_{\text{ЭЛ.ЭН.}} + P_{\text{КИСЛ.}} \cdot C_{\text{КИСЛ.}} + P_{\text{ФЕР.}} \cdot C_{\text{ФЕР.}}), \quad (1)$$

где $P_{\text{ЧУГ}}$, $P_{\text{ЛОМ}}$, $P_{\text{ЭЛ.ЭН.}}$, $P_{\text{КИСЛ.}}$, $P_{\text{ФЕР.}}$ – удельные расходы чугуна, лома, электроэнергии, кислорода и ферросплавов соответственно;

$C_{\text{ЧУГ}}$, $C_{\text{ЛОМ}}$, $C_{\text{ЭЛ.ЭН.}}$, $C_{\text{КИСЛ.}}$, $C_{\text{ФЕР.}}$ – цена чугуна, лома, электроэнергии, кислорода и ферросплавов соответственно.

Расход марганецсодержащих ферросплавов обратно пропорционален содержанию марганца на выпуске из печи. С учетом содержания марганца в

ферросплаве и его угаром удельный расход ферросплавов определяется по следующей формуле:

$$P_{\text{ФЕР.}} = \frac{10 \cdot (C_{\text{ГОТ}} - C_{\text{ВЫП}})}{C_{\text{Ф}} \cdot (100 - Y)} \quad \text{т/т} \quad (2)$$

где $C_{\text{ГОТ}}$, $C_{\text{ВЫП}}$, $C_{\text{Ф}}$ – содержание марганца в готовой стали, на выпуске из печи и в ферросплаве соответственно, %;

Y – угар марганца, %.

Производительность цеха по жидкой стали определяется по формуле:

$$П_{\text{ЗАГ}} = \frac{1440 \cdot M}{100 \cdot T} \cdot B \cdot \Phi, \quad (3)$$

где M – масса металлозавалки, т;

B – выход жидкой стали, %;

Φ – фонд времени работы цеха, сут/год;

T – цикл плавки, мин.

Для ввода исходных данных используется «окно» (рисунок 5), в котором в качестве изменяющихся данных выступают: цены на чугун, металлический лом, электроэнергию, кислород и марганецсодержащие ферросплавы, средняя масса металлозавалки, выход жидкой стали, фактическое время работы цеха, среднее содержание марганца в ферросплавах, угар марганца при раскислении и легировании.

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра
Средняя масса металлозавалки	т	120
Выход жидкой стали	%	95
Фонд времени работы цеха	сут./год	300
Цена чугуна	руб/т	40000
Цена металлолома	руб/т	36000
Цена электроэнергии	руб/(кВт*час)	2
Цена кислорода	руб/куб. м	1
Цена марганецсодержащего ферросплава	руб/т	100000
Среднее содержание марганца в ферросплаве	%	50
Среднее содержание марганца в готовой стали	%	0,8
Средний угар марганца	%	15

Рисунок 5. Общий вид «окна» для ввода данных модели расчета технико-экономических показателей выплавки рельсовой стали в дуговой электропечи

После ввода исходных данных производится прогнозный расчет удельных расходов электроэнергии и кислорода, содержания марганца на выпуске из печи и длительности плавки по уравнениям регрессии, представленным на рисунках 1-4. Затем определяется прогнозируемая величина суммарных затрат по статьям, зависящим от соотношения чугуна и лома в металлозавалке и прогнозируемая производительность цеха. Полученные результаты расчетов выводятся на экран в виде графиков, примеры которых представлены на рисунках 6 и 7.

Использование разработанной модели позволяет выработать обоснованные рекомендации по оптимизации доли чугуна в металлозавалке для текущего уровня цен на используемые при электроплавке материалы и энергоносители с учетом изменения производительности цеха.

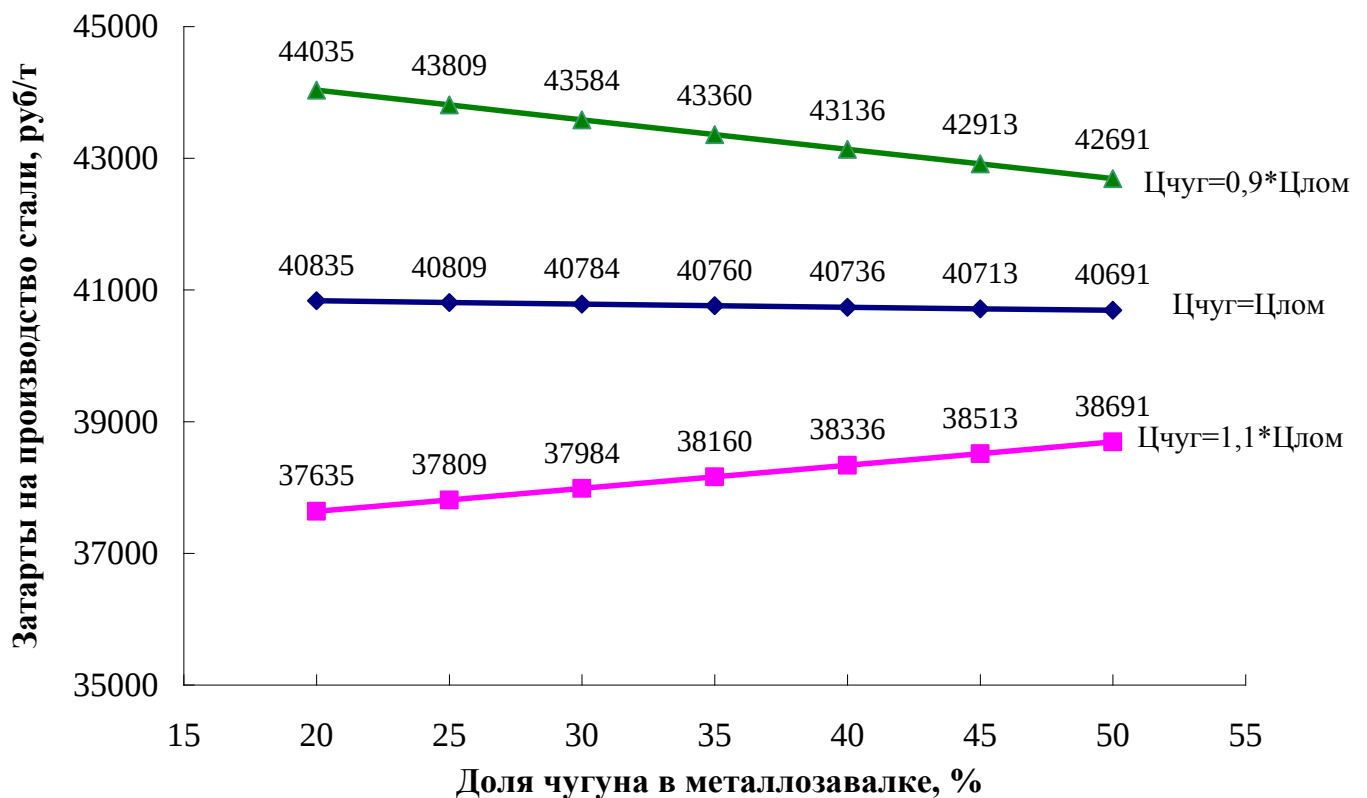


Рисунок 6. Зависимость затрат на производство рельсовой стали в дуговой электропечи от состава металлозавалки при различном соотношении цен на твердый чугун и лом

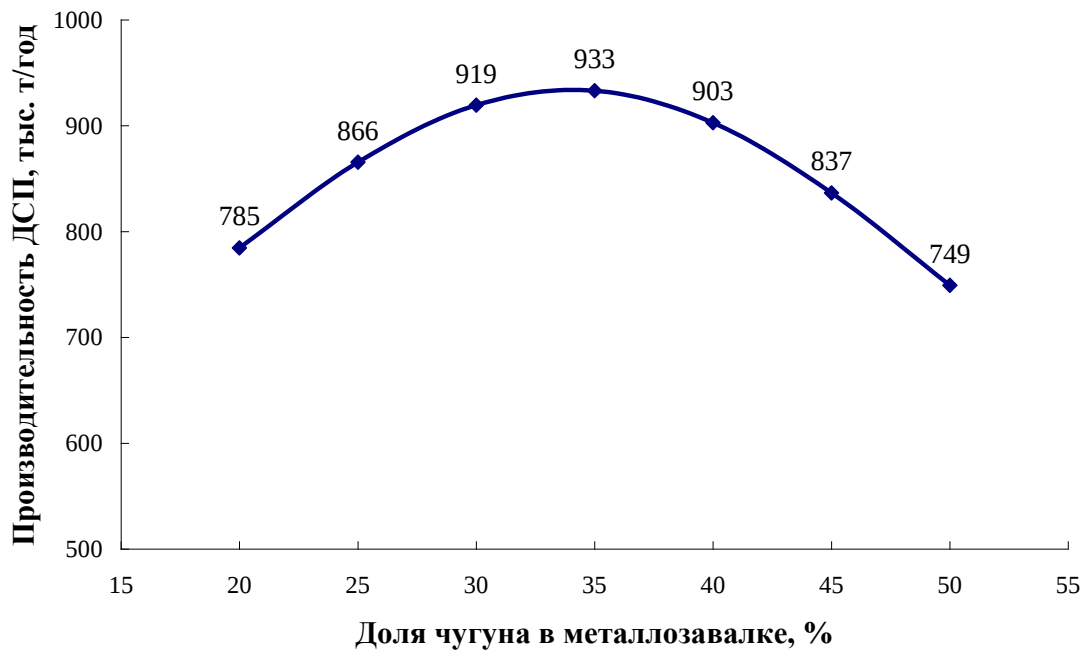


Рисунок 7. Влияния состава металлозавалки при выплавке рельсовой стали на производительность дуговой электропечи

Заключение

На основании статистических исследований определено количественное влияние соотношения чугуна и лома в металлозавалке при выплавке рельсовой стали в дуговой электропечи на технико-экономические показатели производства.

С использованием полученных данных разработана и реализована в «Excel» статистическая модель влияния состава металлозавалки на затраты на производство рельсовой стали и производительность дуговой электропечи, позволяющая выработать обоснованные рекомендации по оптимизации доли чугуна в металлошихте с учетом текущего уровня цен на материалы и энергоносители.

Список использованных источников

1. Перспективы развития рельсового производства в России [Электронный ресурс] / А.И. Борц [и др.] // www.rusnauka.com/17_AVSN_2012/Economics/9-112679.doc.html.

2. Применение жидкого чугуна в дуговых электропечах / А. И. Катунин [и др.] // *Металлург.* – 2000. – №6. – С.32.
3. Использование жидкого чугуна при выплавке стали в дуговых электропечах / Годик Л. А. [и др.] // *Электromеталлургия.* – 2002. – №1. – С.9-14.
4. Экономические аспекты использования жидкого чугуна в электросталеплавильном производстве / А. И. Катунин [и др.] // *Металлург.* – 2000. – № 11. – С.38-39.
5. Экономические аспекты использования жидкого чугуна / А. И. Катунин [и др.] // *Сталь.* – 2001. – №7. – С. 26-27.
6. Железнодорожные рельсы из электростали / Н. А. Козырев [и др.]. – Новокузнецк, 2006. – 388 с.

УДК 669.187

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ
ИЗ ШЛАКОВЫХ РАСПЛАВОВ**

Н.Ф. Якушевич, Е. В. Протопопов, М. В. Темлянцев

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк*

Введение

В технологической практике для получения сплавов и лигатур с ЩЗМ в руднотермических электропечах в присутствии в качестве растворителя кремния (например, при плавке ферросилиция, силикокальция, силикобария) образуются шлаковые расплавы, в которых коэффициент активности оксидов ЩЗМ снижается на порядки (для CaO – в 10 – 100 раз [1 – 3]), что может значительно снизить эффективность процессов восстановления.

На сегодняшний день теоретические данные по активностям компонентов в шлаковых расплавах, содержащих BaO, SrO, отсутствуют даже для простых

Научное издание

ВЕСТНИК
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
ЗАПАДНО–СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Выпуск 24, 2021 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 14.10.2022 г. Формат бумаги 60×84 1/8. Бумага писчая.

Печать офсетная. Усл. печ.л. 11. Уч.–изд.л. 12,4. Тираж 300 экз. Заказ № 261

Отпечатано в Издательском центре
Сибирского государственного индустриального университета