

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: [akademnova.ru](http://akademnova.ru)

e-mail: [akademnova@mail.ru](mailto:akademnova@mail.ru)

*Курочкин М.И., Смашников Д.Е. Анализ информации о составе отходящих газов для контроля и управления ходом плавки конвертера // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2021. – №4 (апрель). – АРТ 33-эл. – 0,2 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>*

### **РУБРИКА: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**УДК: 681.121.8**

**Курочкин Михаил Игоревич,**

студент 4-го курса, ИЭиАС

**Смашников Дмитрий Евгеньевич,**

студент 4-го курса

, ИЭиАС

*Научный руководитель:* Мухина Е.Ю., ст. преподаватель кафедры АСУ

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный

технический университет им. Г.И. Носова»,

г. Магнитогорск, Российская Федерация

e-mail: [misha.21131@mail.ru](mailto:misha.21131@mail.ru)

## **АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ О СОСТАВЕ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ХОДОМ ПЛАВКИ КОНВЕРТЕРА**

*Аннотация:* Рассмотрены особенности опыта применения информации об отходящих газах из конвертера. При анализе использовались методы зарубежных и отечественных производств выплавки стали в конвертере. Приведены характеристики данного объекта управления. Углубленное прочтение позволяет более полно выявить факторы, влияющие на состав и количество отходящих газов из конвертера.

*Ключевые слова:* конвертер, отходящие газы, объект управления, метод, автоматизация, контроль.

**Kurochkin Mikhail Igorevich**

4th year student of automation of control systems

**Smashnikov Dmitry Evgenievich**

4th year student of automation of control systems

*Scientific supervisor:* Mukhina E. Y.,

senior lecturer of the Automated Control System Department

«Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosov»

Magnitogorsk, Russian Federation

## **ANALYSIS OF INFORMATION ON THE COMPOSITION OF EXHAUST GASES FOR MONITORING AND CONTROL OF THE CONVERTER MELTING STROKE**

*Abstract:* The features of the experience of using information on waste gases from the converter are considered. The analyze is used the methods of foreign and domestic production of steel smelting in a converter. The characteristics of this control object are given. An indepth reading allows you to more fully identify the f actors affecting the composition and amount of waste gases from the converter.

*Key words:* converter, waste gases, control object, method, automation, control.

Прогнозирование и предотвращение выбросов шлакометаллической эмульсии из конвертера увеличивает выход годного металла, сокращает продолжительность плавки и экономит энергоресурсы.

Для оценки текущего состояния кислородно-конвертерного процесса используют косвенные параметры, сопровождающие процесс и дающие о нём необходимую информацию. Косвенные параметры используют для контроля

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: [akademnova.ru](http://akademnova.ru)

e-mail: [akademnova@mail.ru](mailto:akademnova@mail.ru)

процессов окисления примесей и шлакообразования. К косвенным параметрам для прогнозирования выбросов относят получаемую в ходе продувки информацию о химическом составе и расходе отходящих газов, интенсивности вибраций, шума, электропроводности рабочего пространства конвертера.

Основные требования, которые предъявляют к косвенным параметрам, сводятся к необходимости получения надежной и своевременной информации о поведении процесса. Вместе с тем информация о состоянии должна быть получена путём как можно более простых измерений с использованием несложной аппаратуры.

### **КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА ШЛАКООБРАЗОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ШЛАКА ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ШУМА, ВОЗНИКАЮЩЕГО В ПОЛОСТИ КОНВЕРТЕРА**

Основными источниками шума в конвертере являются струи кислорода, истекающие из сопел фурмы и взаимодействующие с поверхностью ванны. Изменение интенсивности шума, измеряемого микрофоном, вызывается поглощением звуковых волн, вспененным шлаком. Максимальный уровень полезного сигнала находится в диапазоне 700-1 100 Гц. В результате обработки информации о шуме конвертерной плавки установлено, что характер изменения звукового давления указывает на изменение физических свойств шлака и уровня ванны. Экспериментально установлено, что связь между интенсивностью шума конвертера и уровнем вспененной ванны выражается экспоненциальной функцией. Однако на величину этого сигнала значительное влияние оказывают посторонние помехи и взаимное наложение спектров шума от продувки на соседнем конвертере. В некоторых случаях уровень помех на частотах наибольшей информативности сигнала может быть

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: [akademnova.ru](http://akademnova.ru)

e-mail: [akademnova@mail.ru](mailto:akademnova@mail.ru)

настолько большим, что не дает возможности применять аудиометрическую аппаратуру для целей контроля процесса шлакообразования.

В исследованиях фирмы «Маннесман», установлено, что измерение вибраций конвертера имеет преимущество перед акустическим контролем интенсивности звука, так как на кривые вертикальных колебаний стенки конвертера оказывают меньшее влияние посторонние помехи.

### **СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ПЛАВКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА ЗВУКОВОЙ И ИНФРАЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ**

Цель метода – увеличение выхода годного за счет снижения потерь металла с выносами и выбросами. Способ управления конвертерной плавкой состоит в измерении во время продувки виброакустического сигнала звуковой и инфразвуковой частоты. Способом предлагается определение отношения сигналов инфразвуковых и звуковых частот и в изменении рабочего положения фурмы в зависимости от значения этого отношения.

### **ИЗМЕРЕНИЕ АМПЛИТУДЫ ВИБРАЦИИ КОРПУСА КОНВЕРТЕРА**

Исследования, проведенные на НЛМЗ и ЦНИИЧМ показали, что по амплитуде вибраций корпуса конвертера можно определить момент наведения вспенивающегося шлака, приближение выбросов в период активного выгорания углерода, наличие сухого и слишком жидкого шлака в последний период продувки. Установлено, что на плавках, для которых в течение большого периода времени наблюдается низкая амплитуда вибраций конвертера, степень дефосфорации увеличивается значительно быстрее. Изучение большого количества кривых амплитуды вибрации позволило сделать вывод о том, что они могут иметь различный вид в зависимости от специфических особенностей конкретной плавки [1].

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: [akademnova.ru](http://akademnova.ru)

e-mail: [akademnova@mail.ru](mailto:akademnova@mail.ru)

На заводе фирмы «SumimotoMetallIndastries» в Японии разработали систему прогнозирования и предотвращения выбросов шлака и металла при конвертерной плавке. Система содержит математическую модель металлургических реакций с оценкой свойств шлака и использует датчик состояния вспененного шлака в процессе продувки.

Система прогнозирования выбросов содержит три структурных компонента, рисунок 1:

- виброметр на кислородной фурме, регистрирующий вибрацию фурмы, отражающую изменение уровня кинетической энергии фурмы в процессе вспенивания шлака;
- шумомер, регистрирующий снижение шума кислородной струи вследствие вспенивания шлака;
- модель металлургических реакций, которая служит для определения физических свойств шлака и оценки его склонности к вспениванию на основе информации о процессе продувки.

На основе статистической обработки информации этих трех компонентов осуществляется комплексная оценка вероятности возникновения выброса.



Рисунок 1 – Система прогнозирования выбросов по вибрации фурмы и шума кислородной струи

Время, когда вероятность выброса превышает некоторое пороговое значение, и величине этой вероятности в автоматическом режиме осуществляется выбор одного из нескольких параметров управления. В число этих параметров входят высота подъема фурмы, расход кислорода на верхнюю продувку, расход газа на донную продувку, масса загружаемых материалов [2].

### **ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ УЧАСТКА ФУРМА-ВАННА**

Данный параметр позволяет точно определить момент интенсивного вспенивания ванны и затопления кислородной фурмы, а также момент оседания ванны ниже среза фурмы. При этом кривая изменения электропроводности отражает момент образования пенистого шлака примерно на 20 с раньше, чем кривая интенсивности шума.

Измерение электропроводности позволяет установить перед продувкой фурму на заданное расстояние от поверхности спокойного металла, что очень важно для нормального ведения процесса, и без запаздывания определять зажигания плавки.

Электрическую проводимость конвертерной ванны измеряют в цепях электрод-электрод и фурма-электрод. В первом случае ток подводили через железные электроды, заложенные в футеровку конвертера на разной высоте. При замере по способу фурма-электрод вторым электродом служит фурма, электрически изолированная от корпуса конвертера.

Наблюдения за электрической проводимостью конвертерной ванны на участке фурма-электрод позволяют определить момент интенсивного вспенивания шлакометаллической эмульсии и затопление кислородной фурмы.

Основные трудности, возникающие при измерении электропроводности, связаны с необходимостью изоляции фурмы или специального зонда от металлических конструкций цеха [3].

## **МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ МЕТАЛЛА И ШЛАКА НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ КОНЕЧНО-РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ**

Визуальное исследование графика  $x(t)$  – поступление сигнала с датчика в память ЭВМ в момент времени  $t$  (аналоговый сигнал датчика газового анализа на CO), позволяет сделать вывод о нестационарном характере процессов, проходящих в конвертере и, особенно, непосредственно перед выбросом. Поэтому исследование переходных процессов методом локальной аппроксимации разумно проводить с помощью конечно-разностных уравнений, которые являются аналогом дифференциальных.

Воспользуемся тем, что решение разностного уравнения  $p$ -того порядка (1) есть выражение (2).

$$x_{p+1} = \beta_p x_1 + \beta_{p-1} x_2 + \dots + \beta_1 x_p, \quad (1)$$

$$x_i = C_1 \lambda_1^i + C_2 \lambda_2^i + \dots + C_p \lambda_p^i, \quad (2)$$

где  $\lambda_j$  ( $j=1, 2, \dots, p$ ) – корни характеристического уравнения (3).

$$\beta_1 \lambda^1 + \beta_2 \lambda^2 + \dots + \beta_p \lambda^p = 1, \quad (3)$$

где  $p$  – определяет точность аппроксимации.

Отсюда следует, что если  $\lambda_i$  – комплексные числа, то решение разностного уравнения (1) есть полигармоническая функция. При наличии действительных и кратных корней амплитуды  $C_i$ ; принадлежат к классу функции вида  $a^t, t^n$ , т. е. раскачивающиеся или затухающие гармоники. Разностное уравнение может быть получено по значениям сигналов датчиков. По ряду значений строится предсказывающая система уравнений (4).

$$y_i = \sum_{j=1}^p \beta_j x_{j-1}^i = k + 1, k + 2, \dots, m, \quad (4)$$

где  $y_i$  – линейное предсказание  $i$ -того значения  $x_i$  по предыдущим  $p$ -значениям.

Решается эта система методом наименьших квадратов. Составляются разности между предсказанием и экспериментальным значением, и минимизируется сумма их квадратов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для рассмотрения была выбрана актуальная проблема прогнозирования выбросов из конвертера. При использовании системы газового анализа интегрированной в систему управления положением кислородной фурмы и расходом кислорода, можно полностью исключить выбросы металла-шлака из конвертера при продувке.

Метод прогнозирования выбросов по анализу отходящих газов не требует громоздких вычислений и позволяет спрогнозировать выброс за 6-7 с до его появления. С внедрением системы прогнозирования выбросов увеличивается выход годного и уменьшается опасность выбросов. Так же преимуществом этого метода является его не избыточности, то есть отсутствие необходимости установки дополнительных датчиков, которые будут использоваться только для решения этой проблемы.

#### Список использованной литературы:

1. Бигеев, А.М. *Металлургия стали. Теория и технология плавки стали: учебное пособие* / А.М. Бигеев, В.А. Бигеев; Магнитогорский государственный технический университет. – Магнитогорск: МГТУ (университет), 2000. – 544 с. – Текст: непосредственный.
2. Бигеев А.М. *Непрерывные сталеплавильные процессы: учеб.пособие* / А.М.Бигеев, В.А. Бигеев. Магнитогорский государственный технический университет. – Магнитогорск: МГТУ (университет),2002.– 136 с. – Текст: непосредственный.
3. Тахаутдинов Р.С. *Совершенствование технологии производства стали в высокопроизводительном кислородно-конвертерном цехе в условиях ректуризации экономики* / Р.С. Тахаутдинов // Магнитогорск,2003. 23 с. - Текст: непосредственный.
4. Самарина, И.Г. *Философские проблемы искусственного интеллекта [Текст]* /И.Г. Самарина // *Эволюция научной мысли: сб. статей Международной научно-практической конференции.* / МГТУ. – Магнитогорск, 2015. /Отв. Ред. А.А Сукиасян. 2015. С. 57-60
5. Самарина И.Г., Каюмова В.Э.*Методы определения причин появления дефектной продукции [Текст]*/ И.Г. Самарина, В.Э. Каюмова // *Достижения и проблемы современной науки.*/ Отв. Ред. А.А Сукиасян. 2015. С. 34-37

***Дата поступления в редакцию: 22.04.2021 г.***

***Опубликовано: 22.04.2021 г.***

***© Академия педагогических идей «Новация».***

***Серия «Студенческий научный вестник», электронный журнал, 2021***

***© Курочкин М.И., Смашников Д.Е., 2021***