

## ПРОФИЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ПО ДЛИНЕ АГЛОМЕРАЦИОННОЙ МАШИНЫ

**Аннотация.** *Агломерационные цеха являются одним из основных источников загрязнителей на металлургических комбинатах полного цикла. Поэтому повышение экологичности производства агломерата – задача актуальная, а ее решение позволит существенно улучшить качество жизни населения промышленно развитых регионов. Важной особенностью агломашиин служит то, что по их длине газовые потоки существенно различаются по температуре, расходу, составу газов и запыленности. На основании экспериментальных данных определено, что наибольший объем газообразных загрязнителей (оксиды углерода, серы, азота) выделяется в середине агломашины и приурочены к интенсивному горению углерода коксовой мелочи и серы. При этом, за счет высокой температуры в слое и краткосрочному нахождению газов в слое наблюдается выделение оксидов азота. Полученный профиль позволяет выбирать газы, селективная рециркуляция которых обладает максимальной эффективностью. Также выявлено максимальное выделение пыли при загрузке агломашины и ее разгрузке.*

**Ключевые слова:** *агломерат, окатыши, пыль, загрязнители, оксид азота, оксид углерода, оксид серы.*

**Abstract.** *Sintering production units are considered to be one of the main pollutant sources in the full-cycle metallurgical plants. Therefore, improving an environmental friendliness of sinter production process remains a crucial task. Addressing this issue will get the quality of life better for people residing in industrially developed regions. A key feature of sintering machines is their configuration, i.e. the gas flows vary considerably in temperature range, flow rate, gas composition and dust content along the length of the sintering machine. Based on experimental data it was found out that a major volume of gaseous pollutants (oxides of carbon, sulfur, nitrogen) are being emitted in the middle of sinter machine and aimed at intensification of combustion process for carbon, coke fines and sulfur. In the meantime, the emission of nitrogen oxides occurs due to the high temperature and the short-term gas circulation in the sinter bed. The profile obtained allows for prioritizing the gases with a max efficiency value of selective recirculation. Apart from it, during loading and unloading of the sintering machine, a maximum dust emission is revealed.*

**Key words:** *sinter, pellets, dust, pollutants, nitrogen oxide, carbon oxide, sulfur oxide.*

Агломерационные цеха являются одним из основных источников загрязнителей на металлургических комбинатах полного цикла [1; 2]. Железорудный агломерат имеет ряд преимуществ (себестоимость, восстановимость, возможность утилизации отходов и т. д.) перед альтернативными видами сырья – окатышами и брикетами. По этой причине отказаться от агломерационных производств невозможно. Поэтому повышение экологичности производства агломерата – задача актуальная, а ее решение позволит существенно улучшить качество жизни населения промышленно развитых регионов. Важной особенностью агломашиин

служит то, что по их длине газовые потоки существенно различаются по температуре, расходу, влажности, составу газов и запыленности. При этом, распределение загрязнителей на качественном уровне для всех агломашин идентично, что позволяет сформировать типичный профиль распределения загрязнителей и использовать его при разработке природоохранных мероприятий. Цель настоящей работы состоит в выявлении этого профиля и оценки его особенностей.

Результаты экспериментальных замеров на действующих агломашинах приведены на рисунках 1–3.

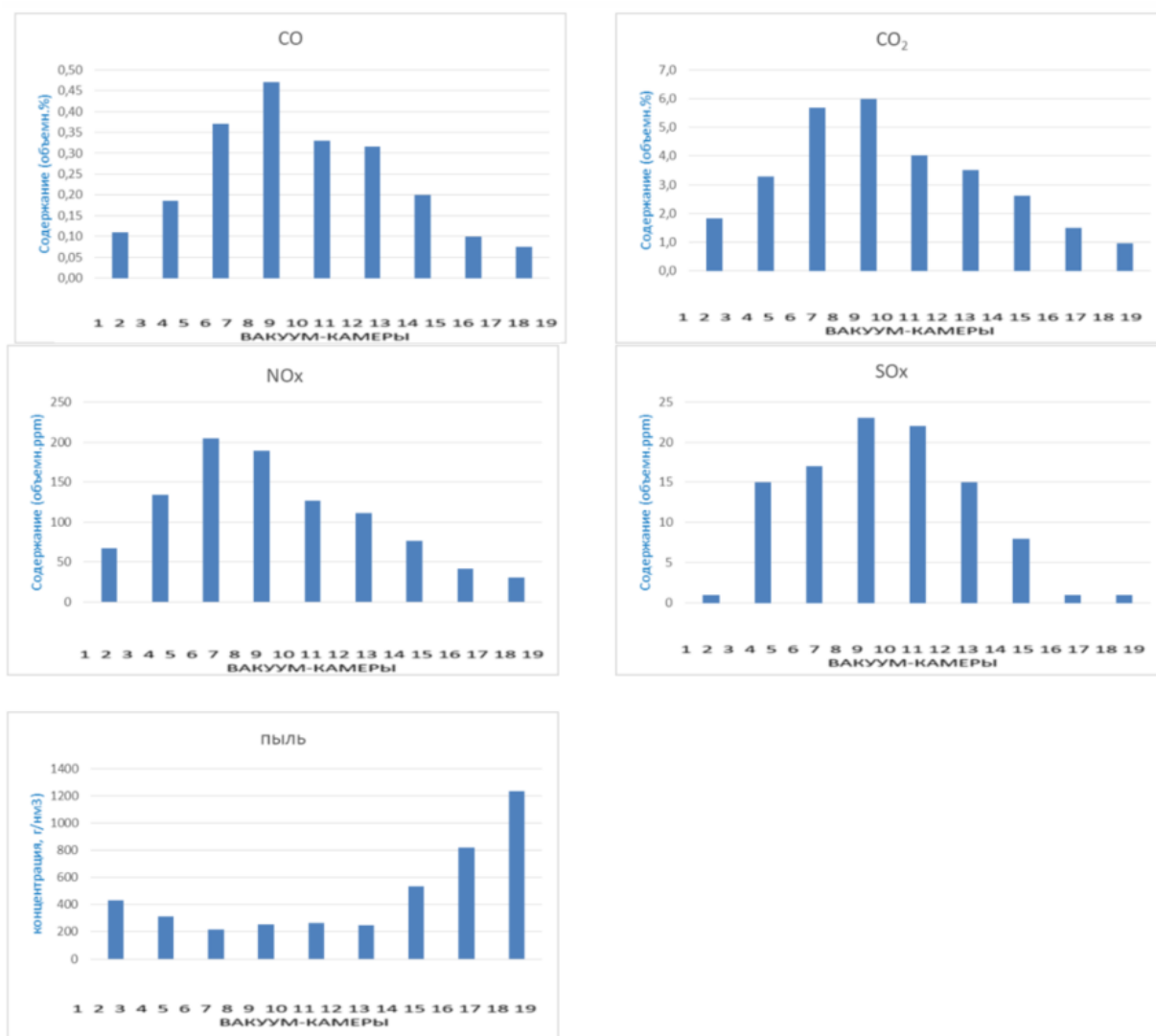


Рис. 1. Экспериментальный профиль концентрации вредных веществ агломашины, работающей на «чистых» по содержанию серы рудах

Полученные данные в целом соответствуют современному пониманию физико-химических процессов в слое аглошихты, при этом наибольший объем газообразных загрязнителей (оксиды углерода, серы, азота) выделяется в середине агломашины и приурочены к интенсивному горению углерода коксовой мелочи и серы [1–5]. При этом, за счет высокой температуры в слое и краткосрочному нахождению газов в слое наблюдается выделение оксидов азота. Полученный профиль позволяет выбирать газы, селективная рециркуляция которых обладает

максимальной эффективностью. Также заметно максимальное выделение пыли при загрузке агломашины и ее разгрузке. Причины этого – свойства шихты (шихта на загрузке содержит много концентрата) и аглоспека (дробится при разгрузке), а также распределение расхода газа (скорости фильтрации). На рис. 3 приведен профиль скорости газов в отводах агломашины и экспериментальная зависимость эффективности электрофильтра от скорости газов в нем. Сопоставление этих данных позволяет объяснить повышение концентрации пыли в последних вакуум-камерах: повышение скорости приводит к росту выноса пыли и снижению эффективности очистки газов.

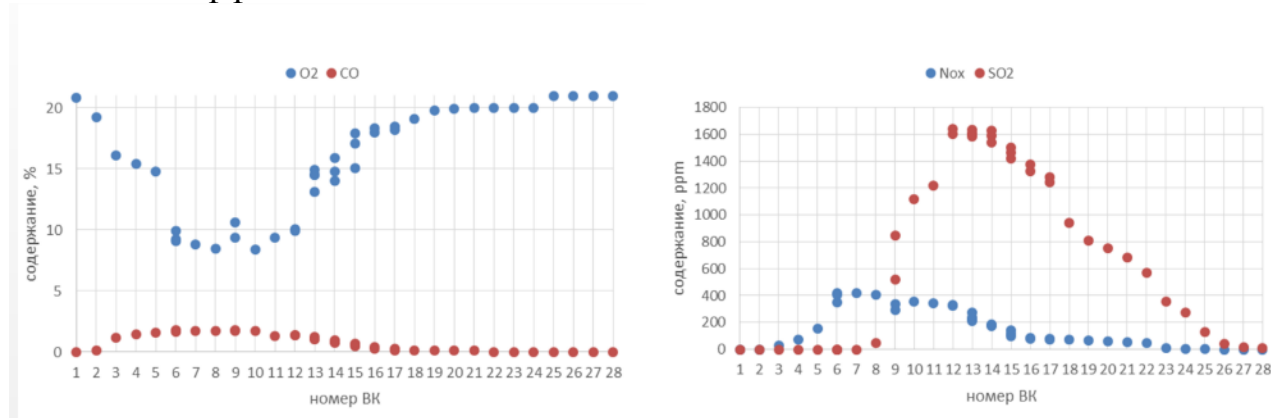


Рис. 2. Экспериментальный профиль концентрации вредных веществ агломашины, работающей на сернистом сырье (содержание серы в концентратах до 0,5 %)

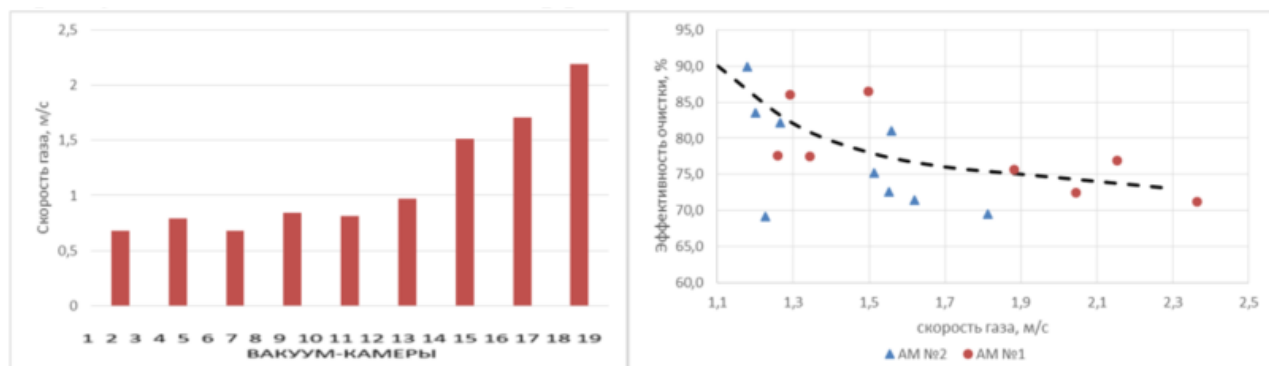


Рис. 3. Экспериментальный профиль скорости газов в отводах вакуум-камер агломашины и экспериментальная зависимость эффективности электрофильтра от скорости газов в нем

Поэтому, система очистки газов от пыли должна предусматривать нивелирование этой неравномерности. Также следует учитывать, что технологические процесс и оборудование фабрик агломерата в РФ устарели морально и физически изношены, их ресурс практически выработан. Это связано с их длительной эксплуатацией (большинство – более 40...50 лет) и результатами уже реализованных модернизаций. Только на трех аглофабриках РФ (2 из которых запущены уже в XXI веке – ММК №5 и ЧМК №3) в качестве пылеочистки использованы электрические фильтры, на остальных – батарейные циклоны и мультициклоны. Практически все аглофабрики реализовали стратегию модернизации: расширение

спекательной поверхности – модернизация эксгаустанов типа Н–7500 и Н–9000 – подогрев шихты. Агломашины АО «Тулачермет» и АО «ВГОК» не оснащены охладителями, а использование тепла горячего воздуха реализовано только на относительно новых (№5 ММК и №3 ЧМК). Аналогично, рециркуляция аглогазов используется не только на одном предприятии, остальные находятся либо в стадии планирования этого решения, либо даже не планируют. АО «ММК» систему рециркуляции на новой аглофабрике №5 демонтировали. Ряд предприятий декларируют цели по строительству сероочисток, рециркуляции и использованию рукавных фильтров. При том, что эти решения соответствуют наилучшим доступным технологиям (НДТ, ВАТ), их реализация требует системного переоборудования технологии. В частности, использование рукавных фильтров приведет к росту газодинамического сопротивления тракта дымовых газов, что потребует замены эксгаустанов с повышением создаваемого ими напора. При текущем уровне подсосов в вакуумную систему (60...70 %), который обусловлен износом оборудования, рост создаваемого эксгаустанов разрежения приведет к повышению доли подсосов, росту затрат электроэнергии и несопоставимо малому росту производства (либо его отсутствию). Аналогично с рециркуляцией газов – высокая доля подсосов обуславливает то, что в слой возможно подать лишь малую (фактически – не более 15–20 %) долю от общего объема газов и на сопоставимую величину снизить выбросы СО. Такая ситуация не соответствует НДТ [2; 6] и в целом неудовлетворительна.

Для оправдания сложившихся условий работы агломашинов используется аргумент уникальности аглошихт в РФ (высокая доля тонких концентратов). Влияние этого фактора значительно, но не отменяет хронического износа оборудования, который является системной причиной их низкой энергоэффективности и экологического вреда. Безусловно, на текущий момент аглофабрики являются частью фундаментальных основ металлургических комбинатов полного цикла, что делает их незаменимыми. Альтернативы более затратны: строительство новой аглофабрики оценивается в 30–50 млрд руб., использование окатышей взамен агломерата – 2–10 млрд руб. на модернизацию доменной печи и рост затрат на доменное сырье на 2–4 тыс. руб./т; отказ от схемы производства «аглофабрика – доменная печь – конвертер» в пользу схемы «ГБЖ+лом – ДСП» вообще означает катастрофическое снижение занятости сотрудников, росту себестоимости продукции и кардинальному изменению сортамента. Поэтому старые аглофабрики выглядят «меньшим злом». Что же делать? Если амбициозные цели по экологии и энергоэффективности реальные – нужно строить новые аглоцеха и выводить из эксплуатации старые. Если такие цели только декларативные – то достаточно модернизации газоочисток, обеспечивающей минимизацию выбросов при текущем состоянии технологии.

### **Список использованных источников**

1. Агломерация: технология, теплотехника, управление, экология / Ю.А. Фролов. – М.: Металлургиздат, 2016. – 672 с.

2. ИТС 26-2017 Производство чугуна, стали и ферросплавов [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://burondt.ru/> (дата доступа 15.04.2024 г.).

3. Закономерности формирования СО и NO<sub>x</sub> при агломерации железных руд / И.С. Берсенева, В.И. Клейн, А.Ю. Петрышев, Ю.Г. Ярошенко // Современные научные достижения металлургической теплотехники и их реализация в промышленности. Сборник докладов научно-практической конференции с международным участием «Современные научные достижения металлургической теплотехники и их реализация в промышленности», посвященной 95-летию основания кафедры ТИМ и 85-летию основания ОАО «ВНИИМТ». Екатеринбург, 17–18 сентября 2015 г. – Екатеринбург, 2015. – С. 96–99.

4. Технологические особенности термической десульфурации высокосернистых железорудных концентратов / И.С. Берсенева, Е.С. Берсенева, А.Ю. Колясников, Д.А. Шонохов // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2016. №4 (1396). С. 32–35.

5. Исследование особенностей формирования оксидов азота при агломерации железных руд / А.Ю. Петрышев, И.С. Берсенева, Б.А. Боковиков, Ю.Г. Ярошенко // Известия вузов. Черная металлургия. 2016. 59 (4). С. 232–236.

6. Современные проблемы окискования железорудного сырья / И.С. Берсенева, В.В. Брагин, А.А. Солодухин, А.Ю. Поколенко, Г.Г. Бардавелидзе, Н.А. Спирин // Металлургия: технологии, инновации, качество: труды XXII Международной научно-практической конференции: в 2-х ч. Ч. 1 / Под ред. А.Б. Юрьева, Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2021. С. 32–37.

УДК 620.952

**М. А. Соловьева, Т. Ф. Богатова**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНОЙ БИОМАССЫ**

**Аннотация.** *Вопросы снижения выбросов парниковых газов стали наиболее острыми в условиях климатического кризиса. Использование биомассы в виде древесных отходов стало признанным фактором снижения выбросов углекислого газа в атмосферу. Включение биомассы в топливный баланс регионов позволило заместить дорогой природный газ. В статье приведены данные энергетического, экономического и экологического сравнительного анализа сжигания древесных отходов и природного газа для обеспечения теплом централизованной системы теплоснабжения. Полученные результаты позволили выявить преимущества и недостатки использования различных видов топлива. Синтез энергетических, экономических и экологических показателей позволил оценить эффективность использования для энергетических целей природного газа и древесных отходов.*

**Ключевые слова:** *древесные отходы, природный газ, эффективность, снижение выбросов углекислого газа.*