

## ОПЫТ МОДЕРНИЗАЦИИ ОБЖИГОВОЙ КОНВЕЙЕРНОЙ МАШИНЫ № 12 АО «ССГПО» ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ОБЪЕМОВ ПРОИЗВОДСТВА ОКАТЫШЕЙ

А.А. Буткарев<sup>1</sup>, А.П. Буткарев<sup>1</sup>, В.Н. Ащеулов<sup>2</sup>,  
П.А. Жомирук<sup>2</sup>, Ю.П. Лазебная<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ОАО «Научно-исследовательский институт металлургической  
теплотехники» (ОАО «ВНИИМТ») (г. Екатеринбург, Россия),

<sup>2</sup>АО «Соколовско-Сарбайское ГПО» (г. Рудный, Казахстан)

<sup>3</sup>Рудненский индустриальный институт (г. Рудный, Казахстан)

ОАО «ВНИИМТ» и АО «ССГПО» модернизировали обжиговую конвейерную машину ОК-108 № 12 АО ССГПО. В результате модернизации возросла производительность обжиговой конвейерной машины на 6–8 т/ч (6,7–8,9 %) и снизился удельный расход электроэнергии на 5 кВт·ч/т. Основным техническим решением стала модернизация тракта эксгаустера Н-7700, включающая его замену на дымосос ГД 26×2, батарейных циклонов на групповой циклон типа ЦН-24-2000-12 и газоходов тракта.

**Ключевые слова:** обжиговая конвейерная машина, теплотехническая схема, железорудные окатыши.

*ОАО VNIIMT and АО SSGPO have upgraded traveling grate pelletizing plant ОК-108 number 12 АО SSGPO. As a result of modernization increased productivity of the traveling grate pelletizing plant by 6-8 t / h (6,7–8,9 %) and decreased specific energy consumption by 5 kW · h / t. The main technical solution was the modernization exhauster H-7700 tract, including its replacement by exhauster GD 26×2, battery cyclones in the group cyclone type CN-24-2000-12 and flues tract.*

**Keywords:** traveling grate pelletizing plant, heat scheme optimization, iron ore pellets.

Обжиговые машины № 9–12 АО «ССГПО» были введены в эксплуатацию в период с 1969 по 1971 г. Теплотехническая схема обжиговых машин № 9–12 представлена на рис. 1.

Одной из отличительных особенностей теплотехнических схем обжиговых машин № 9–12 от обжиговых машин № 1–8 является наличие эксгаустера Н-6500/7500, с работой которого связаны технологические зоны сушки 2, подогрева 1, подогрева 2, обжига 1. Эти зоны составляют 67 % зон нагрева с просасыванием теплоносителя и пропорционально определяют производительность и другие технико-экономические показатели обжиговой машины в целом. Высоконапорные эксгаустеры обычно применяются на агломерационных машинах. Опыт же их эксплуатации на обжиговых машинах № 9–12 в условиях АО «ССГПО» показал их низкую эксплуатационную надежность в механической и электрической части.

Выполненный анализ длительности и количества внеплановых остановок обжиговых машин № 9–12 показал, что они вызваны механическими и электрическими причинами работы эксгаустера. Их общая доля составляла 97 % по длительности и 85 % – по количеству остановок. Общая доля остановок по этим причинам составляла 1,5 % от годового времени эксплуатации обжиговых машин.

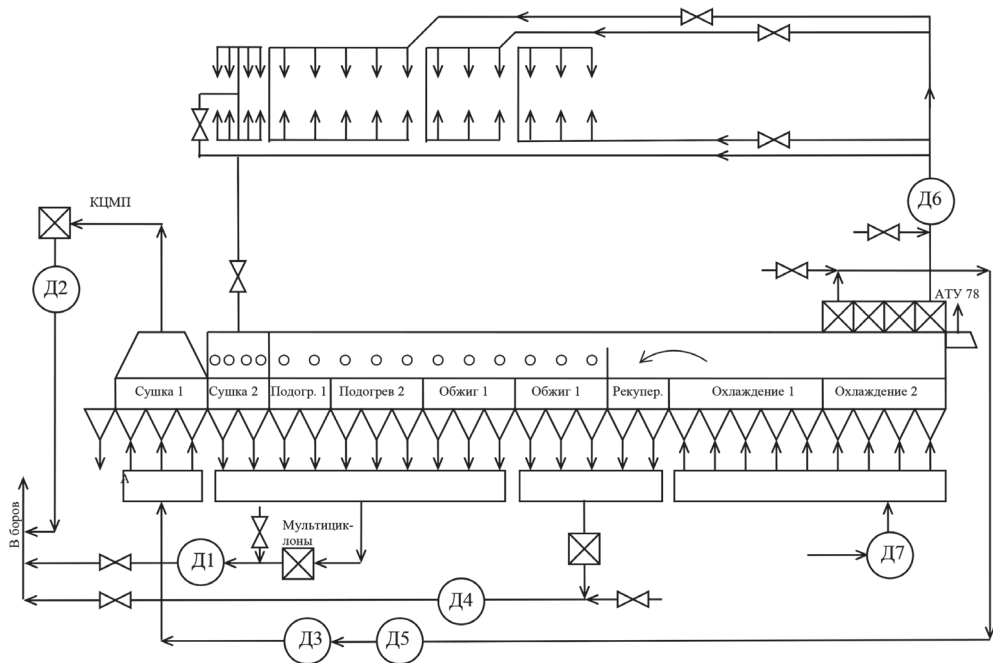


Рис. 1. Теплотехническая схема обжиговой машины № 12 АО «ССГПО». Д1-Д7 – тягодутьевые установки, ЖУП – жалюзийный уловитель пыли, КЦМП – коагуляционно-центробежный мокрый пылеуловитель, АТУ – аспирационно-технологическая установка

Таким образом, повышение надежности работы обжиговых машин, снижение количества простоев и соответственно увеличение объемов производства возможно путем повышения надежности работы эксгаустера.

По первоначальному проекту на обжиговых машинах № 9–12 работали эксгаустеры Н-6500 с пылеуловителями в виде двух включенных параллельно батарейных циклонов (БЦ). Простая замена эксгаустеров Н-6500 на более мощные Н-7700, выполненная на ряде обжиговых машин № 9–12 ранее, не повысила надежность эксплуатации и не привела к улучшению технико-экономических показателей. Замена эксгаустеров на новые той же конструкции также не дала ожидаемых положительных результатов.

Специалисты научно-исследовательского института металлургической теплотехники ОАО «ВНИИМТ» (г. Екатеринбург) совместно с работниками АО «ССГПО», используя комплексную методологию ВНИИМТ исследования и оптимизации теплотехнических схем обжиговых машин [1, 2], уже разрабатывали мероприятия и технические решения по модернизации обжиговой машины № 5 АО «ССГПО» [3–5]. Тогда при заданном техническими условиями качестве окатышей было достигнуто увеличение производительности обжиговой машины на 24,6 %, снижение более чем в два раза удельного расхода природного газа и удельного расхода электроэнергии на привод тягодутьевых установок (ТДУ) – на 9,9 кВт·ч/т. В данном проекте производителями была поставлена цель работы: повышение объемов

производства окатышей на обжиговых машинах № 9–12 АО «ССГПО» за счет снижения количества и, соответственно, времени простоев обжиговых машин по причине выхода из строя эксгаустеров и улучшение других технико-экономических показателей работы обжиговых машин (ОМ).

Для решения поставленной задачи была использована методология ВНИИМТ по исследованию и оптимизации теплотехнических схем обжиговых машин [1, 2], проведено комплексное теплотехническое и технологическое обследование работы обжиговой конвейерной машины с выполнением инструментальных замеров.

Так, для анализа *эффективности использования напора*, создаваемого эксгаустером, были выполнены инструментальные замеры по различным точкам тракта эксгаустера Д1 ОМ № 12 (табл. 1). Это позволило определить потери напора ТДУ на различных элементах тракта.

Анализ полученных данных показывает, что полезно используется только 28 % напора. На газоочистке потери напора составляют 135 даПа (17,2 %), а на выхлопе эксгаустера даже при полностью открытом дросселе – 270 даПа (34,4 %). Это приводит к перерасходу электроэнергии на привод эксгаустера, что в конечном счете выражается в потере производительности зон обжиговой машины, обслуживаемых эксгаустером. Наличие больших потерь обусловлено повышенными скоростями потока в газоходе (30–34 м/с) из-за недостаточного сечения трубопроводов.

Исключение данных потерь позволит при неизменной мощности ТДУ увеличить производительность зон, связанных с трактом эксгаустера, либо при неизменной производительности привести к снижению удельного расхода электроэнергии на привод ТДУ.

Модернизация газовоздушного тракта эксгаустера должна осуществляться путем снижения потерь по всем участкам.

Снижение *количества теплоносителя* перемещаемого ТДУ возможно путем исключения организованного подсоса атмосферного воздуха для снижения температуры перед ТДУ и неорганизованных подсосов.

Т а б л и ц а 1

**Потери напора по элементам тракта**

№ п/п	Объект	Разрежение (давление), даПа	Потери напора, даПа	Потери, %
1	От К2 до БЦ (перед БЦ– в К2)	335 – 220	115	14,6
2	Батарейный циклон (после БЦ – перед БЦ)	470 – 335	135	17,2
3	Газоход от БЦ до эксгаустера (перед эксгаустером – после БЦ)	516 – 470	46	5,8
4	Напор эксгаустера	786 (516+270)	–	–
5	Газоход от выхлопа эксгаустера до сброса в боров (выхлоп эксгаустера – боров)	270 – (0)	270	34,4

В соответствии с выполненными инструментальными замерами расходов теплоносителя перед и после БЦ определяется количество подсосов в БЦ (табл. 2).

Таблица 2

**Определение количества подсосов в БЦ**

№ п/п	Газопоток	Расход, м <sup>3</sup> /ч
1	На входе в БЦ	362 512
2	На выходе из БЦ	416 197
3	Подсос в БЦ	53 685

Анализ полученных данных показывает, что доля подсосов в батарейные циклоны составляет 15 %, что приводит к соответствующему перерасходу электроэнергии и снижению производительности.

Во время нормальной работы тракта эксгаустера ОМ № 12 температура теплоносителя составляет 100–130 °С, следовательно защитный дроссель организованного подсоса холодного воздуха в нормальном режиме полностью закрыт.

Таким образом, анализ результатов выполненного теплотехнического и технологического обследования работы тракта эксгаустера ОМ № 12 и опыта эксплуатации показали, что существующий тракт эксгаустера обладает следующими недостатками.

*Существующие батарейные циклоны:*

- низкая эффективность (КПД) улавливания пыли и надежность в эксплуатации;
- сложность обнаружения неисправностей и технического обслуживания БЦ;
- высокое аэродинамическое сопротивление и, как следствие, повышенный расход электроэнергии и снижение производительности ОМ;
- высокая величина подсосов в пылеуловитель (до 15–20 %) и, как следствие, повышенный расход электроэнергии;
- неравномерная загрузка циклонных элементов из-за плохой раздачи газопотока;
- неоптимальные скорости потока в циклонных элементах;
- залипание и забивание пылью отдельных циклонных элементов, например, за счет высокой влажности и низкой температуры очищаемых газов.

*Эксгаустер Н-7700:*

низкая надежность и сложность в эксплуатации, что приводит к высокой доле простоев обжиговых машин по причине выхода их из строя;

- низкая рабочая температура эксгаустера (до 150 °С), что вызывает необходимость дополнительного разбавления газопотока до температур, обеспечивающих возможность его транспортировки. Это приводит к перерасходу электроэнергии и повышенной нагрузке на боровы;
- повышенная скорость вращения двигателя (1500 об/мин), что приводит к повышенному износу, высоким требованиям к пылеочистке и к пониженному сроку эксплуатации;
- необходимость обеспечения высокой степени очистки газов перед эксгаустером, что приводит к перерасходу электроэнергии вследствие увеличенного аэродинамического сопротивления пылеуловителей;

– повышенный напор, создаваемый эксгаустером, неэффективно регулируемый дросселем на выхлопе, что также повышает удельный расход электроэнергии.

*Газовоздушный тракт эксгаустера:*

– наличие паразитных аэродинамических сопротивлений, включая регулирующийся дроссель на выхлопе, осадительную камеру, пылеуловитель и др.;

– несоответствие диаметра трубопроводов количеству отводимого газопотока и, как следствие, повышенные сопротивление тракта и расход электроэнергии, пониженная производительность ОМ.

Проведем анализ возможности замены эксгаустера Н-7700 на дымосос ГД-26х2. Характеристики эксгаустера Н-7700 и дымососа ГД-26х2 приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Сравнительные характеристики эксгаустера и дымососа**

№ п/п	Наименование параметра	Эксгаустер Н-7700	Дымосос ГД-26х2
1	Допустимая запыленность, г/м <sup>3</sup>	0,08–0,10	0,15
2	Производительность, Q тыс. м <sup>3</sup> /ч	420	420
3	Температура газа, °С	130	130
3	Напор, даПа	1368	910
4	Максимальный КПД, %	79	83
5	Частота вращения <i>n</i> , об/мин	1500	1000
6	Масса, кг (без электродвигателя), кг	30 000	31 500
7	Максимальная температура перемещаемой среды, °С	150	400

*Примечание.* Номинальные аэродинамические параметры при давлении 101 300 Па, температуре 70 °С и плотности перемещаемой среды на входе 1,029 кг/м<sup>3</sup>.

Анализ характеристик эксгаустера и дымососа показывает, что использование дымососа предпочтительнее в сравнении с использованием эксгаустера, в связи с тем что:

- работает на более запыленных газопотоках;
- имеет более низкую частоту вращения, и как следствие, менее подвержен механическому износу вращающихся частей;
- имеет более высокую граничную температуру перемещаемой среды.

Основной проблемой при замене эксгаустера на дымосос ГД-26х2 является то, что рабочий напор эксгаустера выше, чем у дымососа. Например, при производительности 420 тыс. м<sup>3</sup>/ч напор эксгаустера составляет 1368 даПа, а дымососа при такой же температуре газопотока – 910 даПа. Такое снижение напора будет эквивалентно снижению производительности зон, обслуживаемых эксгаустером на 18 %, а в целом обжиговой машины – на 12 %. Поэтому для сохранения производительности технологических зон, связанных с трактом эксгаустера, необходимо «смягчение» аэродинамической характеристики сети за счет исключения «паразитных» аэродинамических сопротивлений, а также уменьшение (полное исключение) количества неорганизованных подсосов.

Для устранения этих недостатков был проработан вариант модернизации тракта эксгаустера на основе принципов проектирования оптимальных теплотехнических схем [1–2]. Расчеты выполнялись в целях определения возможности замены эксгаустера Н-7700 на менее напорный дымосос ГД-26х2.

Для этого были построены аэродинамические характеристики эксгаустера и дымососа ГД-26х2 при одинаковой температуре теплоносителя (95 °С) (рис. 2).

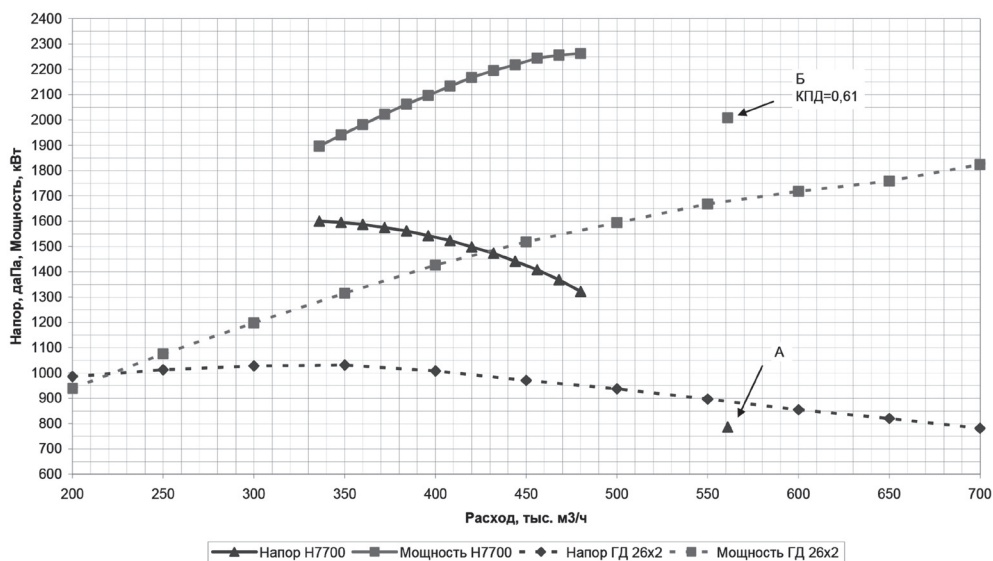


Рис. 2. Аэродинамические характеристики эксгаустера Н-7700 и дымососа ГД-26х2

По результатам расчетов и выполненных замеров определена рабочая точка (А), соответствующая расходу 561 028 м³/ч и напору 786 даПа (напор эксгаустера). При этом видно, что экстраполированная характеристика эксгаустера в этой области идет на 100 даПа ниже, чем характеристика дымососа. Поэтому с учетом смягчения характеристики сети можно ожидать определенное увеличение производительности при использовании дымососа ГД 26х2. Потребляемая мощность в данной точке у дымососа ГД 26х2 меньше, чем у эксгаустера, что связано с большим КПД в этой области характеристики у дымососа ГД 26х2, поэтому следует ожидать экономию электроэнергии.

Для исключения недостатков существующей газоочистки с учетом имеющегося места в цехе по известным методикам был выполнен расчет газоочистки. Современные электрофильтры и рукавные фильтры были отвергнуты из-за ограниченного места. Поэтому для очистки были выбраны циклоны ЦН-24 диаметром 2 м в количестве 12 шт., расположенные попарно.

Проектно-конструкторский центр ОАО «ВНИИМТ» выполнил разработку проекта и рабочей документации модернизации тракта эксгаустера

обжиговой машины № 12, в результате которой была выполнена замена существующего эксгаустера Д1 на дымосос ГД 26х2, мультициклонов на один групповой циклон, состоящий из 12 циклонов типа ЦН-24-2000, а также расширение и модернизация газоходов, отводящих теплоноситель из коллектора, обслуживающего газовоздушные камеры №№ 4–13.

В ходе выполнения наладочных работ выполнена отработка режимов работы тракта эксгаустера с выходом на заданные показатели работы обжиговой машины № 12. При этом было отмечено, что:

1. Производительность зон, обслуживаемых дымососом Д1 увеличилась на 35–40 %. Это подтверждается увеличением разрежения в коллекторе К2 с 225 до 448 даПа и увеличением разрежения в горне зон подогрева и обжига до –6 даПа, а также выполненными замерами расходов теплоносителя тракта эксгаустера, которая возросла до 660 тыс. м<sup>3</sup>/ч при снижении количества паразитных подсосов в тракт.

2. Падение напора на тракте от коллектора до выхода с газоочистки составляет не более 100 даПа, что в 2,5 раза ниже, чем до модернизации (~250 даПа).

3. У электродвигателя дымососа Д1 существует запас по мощности примерно 20 % от номинальной, который может быть эффективно использован. Это стало возможным благодаря исключению из его сети неэффективных аэродинамических сопротивлений, подсосов через продольные уплотнения вакуум камер и неплотности тракта, а также перевода тягодутьевой машины из области работы КПД 0,61 в область КПД 0,83 (максимально возможный для ГД 26х2).

Опыт эксплуатации тракта эксгаустера показал, что в результате его модернизации возросла производительность обжиговой конвейерной машины на 6–8 т/ч (6,7–8,9 %) и снизился удельный расход электроэнергии на 5 кВт·ч/т, улучшилась надежность эксплуатации, что позволило получить дополнительный экономический эффект.

## **Выводы**

Анализ результатов модернизации тракта эксгаустера ОМ № 12 и опыта его эксплуатации показал:

*Система газоочистки имеет*

– меньшее количество циклонов (всего 12) и их больший размер, более проста и удобна в определении мест их износа, обнаружения и устранения неисправностей и технического обслуживания;

– низкое аэродинамическое сопротивление и, как следствие, пониженный расход электроэнергии, что обеспечивает возможность увеличения производительности обжиговой машины.

*Дымосос ГД 26х2 конструктивно имеет*

– более высокую надежность, чем эксгауستر, что обеспечит снижение доли простоев обжиговых машин по причине выхода его из строя;

– повышенную максимально допустимую рабочую температуру (до 350 °С), что исключает возможность его перегрева и необходимость дополнительного разбавления газопотока до рабочих температур, обеспечивающих его безаварийную эксплуатацию. Это приводит к экономии электроэнергии и снижению нагрузки на боровы;

– возможность работы с газопотоками с содержанием пыли до 150 мг/м<sup>3</sup> против 80–100 мг/м<sup>3</sup> у эксгаустера;

– более эффективное регулирование производительности дымососа с помощью упрощенного направляющего аппарата против неэффективного регулирования дросселированием на выхлопе.

*Тракт дымососа имеет*

– пониженное аэродинамическое сопротивление за счет приведения поперечного сечения трубопроводов, оптимальных углов раскрытия и сжатия потоков, минимизации местных аэродинамических сопротивлений, оптимального выбора количества и типа циклонов в группе.

Таким образом, модернизация тракта эксгаустера с использованием результатов теплотехнического обследования обжиговой машины и научных расчетов обеспечила положительный результат при его модернизации.

В результате разработки технических решений по модернизации тракта эксгаустера обжиговой машины ОК-108 № 12 АО «ССГПО» обеспечило повышение объемов производства окатышей за счет снижения количества и, соответственно, времени простоев обжиговой машины по причине выхода из строя эксгаустеров. Кроме того, возросла производительность обжиговой конвейерной машины на 6–8 т/ч (6,7–8,9 %) и снизился удельный расход электроэнергии на 5 кВт·ч/т.

#### **Список использованных источников**

1. Буткарев А.А. *Методология комплексного исследования и оптимизации теплотехнических схем обжигowych конвейерных машин* // *Сталь*, 2008. № 4. С. 2–9.
2. Буткарев А.А. *Принципы построения оптимальных теплотехнических схем обжигowych машин по критерию минимума расхода электроэнергии* // *Сталь*, 2007. № 9. С. 8–14.
3. Буткарев А.А., Буткарев А.П., Урдубаев Р.А. и др. *Опыт модернизации обжиговой машины ОК-124* // *Сталь*, 2010. № 3. С. 14–15.
4. Буткарев А.А., Буткарев А. П., Ашеулов В. Н. и др. *Пути повышения показателей работы первых в СССР обжигowych машин АО ССГПО* // *Сталь*, 2008. № 5. С. 2–5.
5. Буткарев А.А., Буткарев А.П., Жомирук П.А. и др. *Отработка технологических режимов термообработки окатышей на модернизированной обжиговой машине ОК-124* // *Сталь*, 2010. № 5. С. 16–19.