

## 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 AO SSGPO have upgraded traveling grate pelletizing plant OK-108 number 12 AO 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.

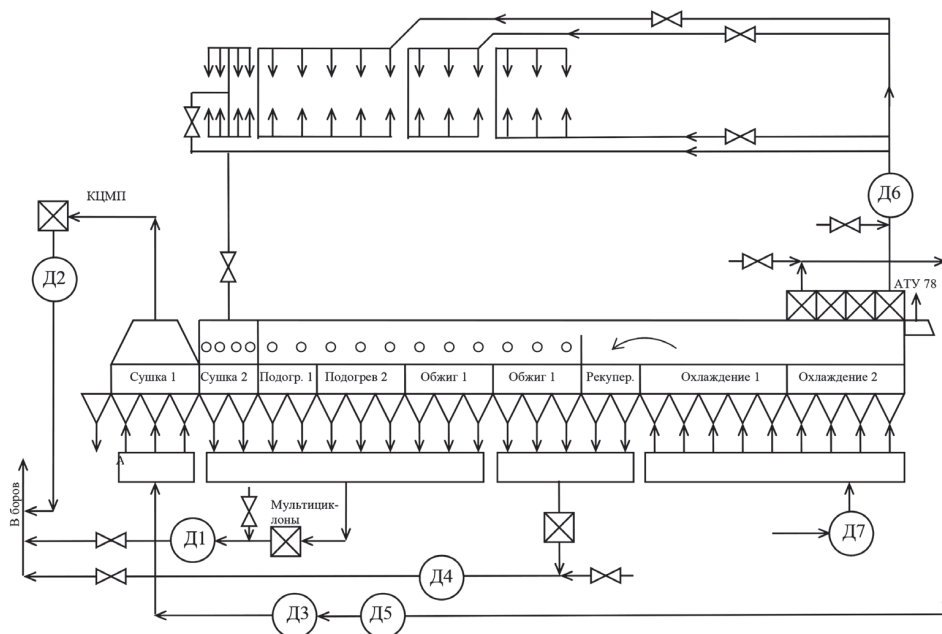


Рис. 1. Теплотехническая схема обжиговой машины № 12 АО «ССГПО». Д1-Д7 – тягодутьевые установки, ЖУП – жалюзийный уловитель пыли, КЦМП – коагуляционно-центриробежный мокрый пылеуловитель, АТУ – аспирационно-технологическая установка

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.

Таблица 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 боры (выхлоп эксгаустера – боры)	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 n, 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).

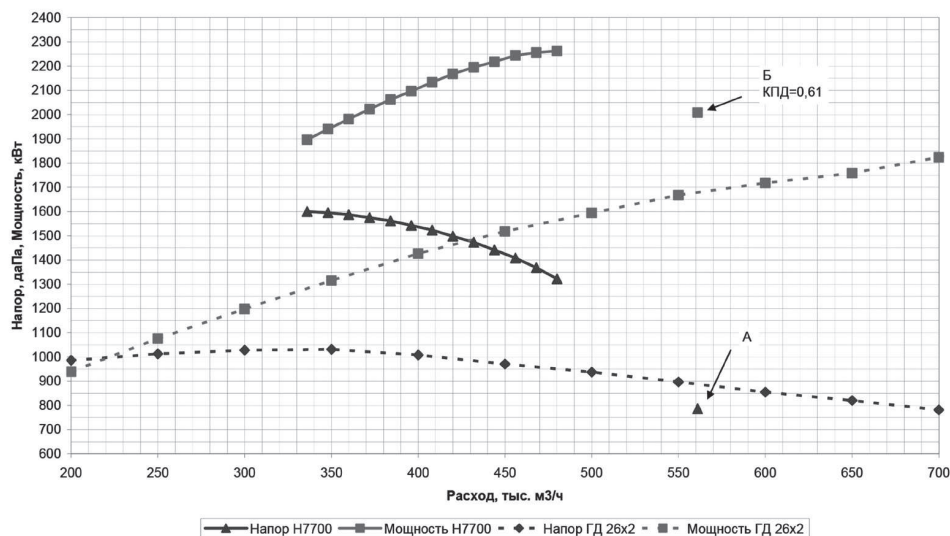


Рис. 2. Аэродинамические характеристики эксгаустера Н-7700 и дымососа ГД-26х2

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 газоздушные 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 эксгаустер, 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 борова;

– 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., Жамирук П.А. и др. *Отработка технологических режимов термообработки окатышей на модернизированной обжиговой машине ОК-124* // *Сталь*, 2010. № 5. С. 16–19.



## Контактная информация

Данная статья опубликована в сборнике докладов международной научно-практической конференции «Современные научные достижения металлургической теплотехники и их реализация в промышленности», посвященной 95-летию основания кафедры ТИМ, УрФУ и 85-летию основания Научно-исследовательского института металлургической теплотехники ОАО «ВНИИМТ», прошедшей в Екатеринбурге 17–18 сентября 2015 г.

Научно-исследовательский институт металлургической теплотехники (ОАО «ВНИИМТ») предлагает эффективные технологии переработки металлургического сырья и энергоэффективные печные агрегаты для металлургии и машиностроения.

Если Вас заинтересовала информация, представленная в данной статье Вы можете обратиться по следующим координатам.

Научно-исследовательский институт металлургической теплотехники - ВНИИМТ  
620137, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Студенческая, д. 16

Генеральный директор

Зайнуллин Лик Анварович

Тел. +7 (343) 374-03-80

Факс.: +7 (343) 374-29-23

Email: [aup@vniimt.ru](mailto:aup@vniimt.ru)

[www.vniimt.ru](http://www.vniimt.ru)

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина  
Институт материаловедения и металлургии  
Кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии»

## **Современные научные достижения металлургической теплотехники и их реализация в промышленности**

**Сборник докладов международной  
научно-практической конференции  
«Современные научные достижения металлургической  
теплотехники и их реализация в промышленности»,  
посвященной 95-летию основания кафедры ТИМ,  
УрФУ и 85-летию основания ОАО «ВНИИМТ»**

**Екатеринбург, 17–18 сентября 2015 г.**



Екатеринбург  
2015

УДК 669.04:004(06)  
ББК 34.303-12я431(0)

**Рецензенты:**

д-р техн. наук, проф. **А.Н. Дмитриев** (гл. науч. сотр., Институт металлургии Уральского отделения РАН);

д-р техн. наук, проф. **Е.В. Торопов** (профессор кафедры «Промышленная теплоэнергетика», ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет))

**С 56 Современные научные достижения металлургической теплотехники и их реализация в промышленности:** Сборник докладов международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию основания кафедры ТИМ, УрФУ и 85-летию основания ОАО «ВНИИМТ» (Екатеринбург, 17–18 сентября 2015 г.); Под ред. Г.М. Дружинина, Л.А. Зайнуллина, В.В. Лаврова, Н.А. Спирина, Ю.Г. Ярошенко. – Екатеринбург, 2015. – 436 с.

ISBN 978-5-9907151-1-0

В сборник включены доклады, представленные на международной научно-практической конференции «Современные научные достижения металлургической теплотехники и их реализация в промышленности» (17–18 сентября 2015 г.), посвященной 95-летию основания кафедры «Теплофизика и информатика в металлургии», УрФУ и 85-летию основания НИИМТ ОАО «ВНИИМТ». Доклады отражают становление двух научных центров, организатором которых был видный металлург-теплотехник Н.Н. Доброхотов. Это становление двух коллективов – кафедры и института – прослеживается в докладах, отразивших результаты научно-исследовательских работ ученых вузов и НИИ, предприятий и организаций России, стран ближнего и дальнего зарубежья по современным проблемам металлургической теплотехники черной и цветной металлургии. Тематика докладов конференции отражает динамику сотрудничества кафедры УрФУ и НИИМТ ОАО «ВНИИМТ», достижения специалистов в области теплотехники агломерационного и доменного производства, теплотехники нагревательных печей для нагрева металла и агрегатов для термообработки. Отражены также методы и способы эффективного использования энергетических ресурсов, информационные технологии в металлургии, а также актуальные проблемы экологии и управления тепловыми режимами технологических агрегатов в металлургии, машиностроении, промышленности строительных материалов.

Материалы сборника представляют интерес для специалистов, занимающихся решением теплотехнических проблем в металлургии и других отраслях промышленности, а также могут быть полезны студентам высших учебных заведений.

УДК 669.04:004(06)  
ББК 34.303-12я431(0)

Редакционная коллегия: д.т.н. Г.М. Дружинин, д.т.н. Л.А. Зайнуллин, д.т.н. В.В. Лавров, д.т.н. Н.А. Спирин, д.т.н. Ю.Г. Ярошенко.

Все статьи в номере опубликованы при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Постановление № 211, контракт № 02.А03.21.0006).

All the articles were financially supported by the Government of the Russian Federation (Act 211, contract no. 02.A03.21.0006).

Ответственность за содержание предоставленных материалов несут авторы докладов. Воспроизведение сборника или его части без ссылки на издателя запрещается.

ISBN 978-5-9907151-1-0

© Уральский федеральный университет, 2015  
© Авторы статей, 2015