

УДК 669.1

**85 ЛЕТ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМУ
ИНСТИТУТУ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ТЕПЛОТЕХНИКИ
(ОАО «ВНИИМТ»)**

Л.А. Зайнуллин, Г.М. Дружинин

*ОАО «Научно-исследовательский
институт металлургической теплотехники»
(ОАО «ВНИИМТ») (г. Екатеринбург, Россия)*

Приведены факты истории создания, становления и развития Научно-исследовательского института металлургической теплотехники. Показаны основные направления деятельности, потенциал и современное состояние научно-исследовательской, экспериментально-производственной и проектной базы ОАО «ВНИИМТ».

Ключевые слова: *85 лет ОАО «ВНИИМТ», основные направления деятельности, экспериментально-производственная и проектная база.*

The facts of the history of creating, establishing, and developing the Research Institute for the Metallurgical Thermal Engineering have been presented. The main directions in the activity, potential, and modern status of the research, experimental-production, and design base at the ОАО VNIIMT have been shown.

Keywords: *85th anniversary of JSC «VNIIMT», main activity directions experimental-production and design base.*

Образованный в мае 1930 г. как Уральское отделение Всесоюзного теплотехнического института имени Дзержинского (УОВТИ), пережив ряд статусных преобразований, институт в 1956 г. получил наименование «Всесоюзный научно-исследовательский институт металлургической теплотехники», сокращенно «ВНИИМТ». В 1994 г. он был акционирован и преобразован в Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт металлургической теплотехники» (ОАО «ВНИИМТ»).

Наибольший расцвет и широкую известность институт получил в период с 1960 по 1990 г., являясь головным в Минчермете СССР по металлургической теплотехнике, ВНИИМТ и его сотрудники были непосредственными разработчиками и участниками практически всех новостроек в черной и цветной металлургии, а также в других отраслях промышленности, связанных с металлургической теплотехникой. В это время в институте уже были созданы и успешно развивались научные школы по различным направлениям: лучистому и сложному теплообмену, физическому и математическому моделированию тепловых процессов, газодинамике двухфазных сред и пневмотранспорту, исследованию теплофизических процессов при обжиге и металлзации железорудного сырья, теории горения жидкого и газообразного топлива, грануляции металлургических расплавов. Эти достижения связаны в первую очередь с именами Н.Г. Кружилина, Н.Н. Доброхотова, А.С. Невского, А.В. Кавадерева, В.Н. Тимофеева, А.В. Арсеева, И.В. Белова, В.А. Успенского, В.В. Чукина, Б.Н. Курочкина, А.М. Штейнберга, К.В. Ма-

ликова, Н.М. Бабушкина, Н.А. Ширинкина, С.И. Привалова, К.М. Пахалуева, Ф.Р. Шкляра, В.М. Бабошина, Ю.М. Кузнецова, Г.М. Майзеля, Б.А. Боквинова, Ю.А. Самойловича, М.А. Шаранова и других известных ученых.

Необходимо отметить ведущую роль в этом развитии директоров института: к.т.н. А.И. Чарушникова (1941–1969 гг.) и д.т.н., проф. В.М. Бабошина (1969–1991 гг.), научного руководителя института с 1939 по 1980 г. д.т.н., проф. А.В. Кавадерева и директора опытно-экспериментального производства к.э.н. В.А. Терентьева (1966–1990 гг.).

За высокие показатели в развитии науки и техники к 50-летию юбилею институт был награжден орденом «Знак Почета». В разные годы ряд сотрудников института были удостоены званий лауреатов Государственной премии СССР, Премии Совета Министров СССР, Премии им. И.П. Бардина, Премии-медали им. В.Е. Грум-Гржимайло и Премии-медали им. П.П. Аносова, почетных званий «Заслуженный металлург РФ» и «Заслуженный изобретатель РСФСР», «Почетный металлург».

В XXI веке институт сумел не только сохранить основной состав научных кадров, но и создал новые подразделения в соответствии с требованиями реальной ситуации в промышленных отраслях. Проектно-конструкторский центр позволяет выполнять комплексные работы в тесном взаимодействии с научными лабораториями и другими подразделениями акционерного общества.

Лаборатория испытаний и исследований огнеупорных и теплоизоляционных материалов расширяет возможности института при выполнении проектно-конструкторских и пусконаладочных работ, а также при проведении теплотехнических обследований и энергоаудита тепловых агрегатов. Кроме того, как показывает опыт, испытания огнеупорных материалов в целях определения и подтверждения основных свойств все более востребованы в связи с возрастающими требованиями к качеству продукции в металлургии и других связанных с ней отраслях.

ОАО «ВНИИМТ» сегодня – это высококвалифицированный коллектив научных работников, уникальная экспериментально-производственная база и проектно-конструкторский центр, позволяющие эффективно выполнять научно-исследовательские, опытно-конструкторские, инжиниринговые и проектные работы, а также строительство и сдачу объектов «под ключ» по следующим направлениям.

1. Теплотехника, автоматизация и экология агломерационного производства – разработка принципов отопления и конструкций зажигательных горнов агломашин, режимов тепловой обработки металлургического сырья, использование тепла аглогаза и агломерата в целях выработки электроэнергии с окупаемостью за несколько лет, сокращение пылегазовых выбросов, аспирационные системы аглопроизводства и АСУ работой горна, процессами спекания и охлаждения агломерата.

За последние годы разработана и реализована в промышленности теплотехническая схема агломерационной машины с установкой рециркуляции аглогаза, устройством для подачи теплоносителя в слой спекаемой шихты (патент РФ на изобретение № 2432538), системой автоматического управления рециркуляцией аглогаза и автоматикой безопасности, обеспечивающая ПДК оксида углерода в рабочей зоне. Схема реализована при строительстве

аглофабрики № 2 ОАО «Челябинский металлургический комбинат» в составе четырех машин МАК-138/240. Сократились валовые выбросы через дымовую трубу в атмосферу пыли и оксида углерода на 26–28 %, уменьшился расход топлива в шихту на 3,6–3,8 кг/т агломерата и содержание массовой доли мелочи в агломерате на 2,0–2,5 % (абс.).

Создан способ зажигания агломерационной шихты (патент РФ на изобретение № 2275435) и конструкция горна применительно к агломашинам разных типоразмеров с горелочными устройствами для сжигания различных видов газообразного топлива. Горны оснащены системой автоматического управления тепловым и газодинамическим режимами, автоматикой розжига и безопасности работы горелочных устройств. Горнами оборудованы 13 агломашин российских и зарубежных предприятий: ОАО «Челябинский металлургический комбинат», ОАО «Высокогорский ГОК», ОАО «Уральская сталь», ОАО «Запорожсталь» (Украина), Визакхапатнамский металлургический завод (Индия). Экономия газообразного топлива составляет до 7 кг (усл.) на тонну агломерата.

Кроме того, совместно с ОАО «Уралмашзавод» разработан и внедрен в производство зажигательный горн агломерационной машины МАК-60/120 для спекания марганцевых и хромитовых руд на Аксуском ферросплавном заводе (Республика Казахстан) и зажигательный горн для агломашин МАК-175 для спекания железорудной шихты при сжигании коксового газа на ОАО «ММК».

2. Теплотехника и автоматизация обжиговых конвейерных машин, комбинированных установок и других агрегатов для получения железорудных окатышей, в том числе металлизированных – разработка и оптимизация тепловых схем, включая АСУ ТП верхнего уровня новых и модернизированных агрегатов, в целях улучшения технико-экономических показателей и качества продукции.

Данное направление успешно развивается, продолжая тесное научно-техническое сотрудничество с АО «ССГПО» (Республика Казахстан). Благодаря выполненной ранее институтом модернизации конвейерной машины № 5 была разработана концепция развития производства железорудных окатышей, включающая реконструкцию по новой теплотехнической схеме обжиговых машин на 3–6 млн т/год. В рамках разработанной концепции при непосредственном участии института были проведены капитальные ремонты обжиговых машин №№ 6, 12, 4 и 2. При этом достигнуто увеличение производительности на 6–8 т/ч и снижение удельного расхода электроэнергии на 4,8 кВт·ч/т в сравнении с аналогичными обжиговыми машинами №№ 9–11, снижено количество внеплановых простоев.

Разработано также технологическое задание по модернизации сушильных линий концентрата № 1–6 в целях увеличения производительности сушильных барабанов 3,5×27 до 200 т/ч (увеличение на 43 %) при удельном расходе природного газа, не превышающим 7,5 нм³/т высушенного концентрата и снижение влажности последнего с 10 % до 3 %.

По заданию ОАО «Уралмашзавод» была разработана теплотехническая схема обжиговой конвейерной машины производительностью 6–7 млн т окатышей в год, что позволит занять сегмент обжиговых машин большой

мощности. Кроме того, разработаны теплотехнические схемы обжиговых конвейерных машин малой площади 52, 72 и 108 м² с годовым объемом производства 0,3, 05 и 0,77 млн т окатышей в год для горно-обогатительных комбинатов Индии. В результате проведенной работы в 2014 г. была построена и введена в эксплуатацию обжиговая конвейерная машина ОК-108 ОАО «Уралмашзавод» на «Minera Steel & Power Pvt Ltd» (Индия), оборудованная тремя парами инжекционных горелочных устройств, разработанных в ОАО «ВНИИМТ», которые могут работать как на генераторном газе, так и на мазуте.

3. Теплотехника окислительного и восстановительного обжига металлургического сырья и нерудных материалов – разработка технологий, режимов и конструкций агрегатов для различных режимов обжига исходных материалов, в том числе разрушающихся в процессе обжига известняков и дисперсных материалов, включая возгонку и улавливание паров и аэрозолей легкоплавких металлов.

В этом направлении традиционно продолжают исследования по металлизации железорудных материалов твердым восстановителем в пересыпающемся слое во вращающейся печи. Показано, что большинство используемых в России богатых по железу концентратов имеют тенденцию к твердофазному спеканию в ходе процесса металлизации, что приводит к вынужденному понижению температуры восстановления и снижению производительности. Исключения составляют те концентраты, которые имеют примеси с высокой температурой плавления – титан, магний и др. Качканарский концентрат, содержащий примесь титана, металлизируется в мелкозернистом виде углем без признаков спекания даже при температуре 1000–1050 °С, в то время как лебединский концентрат, богатый по железу, спекается уже при температуре 600–700 °С.

Результаты исследований по металлизации углем лебединских и качканарских окатышей используются на промышленной вращающейся печи на Михайловском заводе (Иркутская область). Разработаны основы технологии металлизации железорудных крупно- и мелкозернистых концентратов месторождения Бапы (Казахстан).

В институте проводятся поисковые исследования по созданию нового способа металлизации железорудных материалов в виде порошков, не имеющего мировых аналогов, с одновременным восстановлением и расплавлением металла при высоких температурах до состояния жидкого чугуна, готового к переработке в сталь.

Второе новое перспективное направление – интенсификация процесса сушки. Полученные результаты по сушке сыпучих материалов, позволяющие интенсифицировать процесс сушки, например, угольного концентрата до 10 раз против традиционной сушки в барабанах газом с одновременным исключением пылевыноса, позволит отказаться от систем пылеулавливания и снизить потери тепловой энергии с уносом. Исследования еще продолжаются.

Проводятся исследования по технологии обжига известняков различных месторождений (Норильского, Учалинского, Пугачевского и других), так как исходное качество известняков оказывает сильное влияние на степень его разрушения (изменений) при обжиге. Разработана комбинированная схема обжиговой установки, использующая преимущества шахтных и

вращающихся печей и исключая их недостатки. По такой схеме обжиг известняка сначала проводится на 60÷80 % в шахтном декарбонизаторе, а затем декарбонизация завершается во вращающейся печи с получением высококачественной металлургической извести с возможным остаточным содержанием углекислоты до 1,0 %. При этом тепло газов, уходящих из вращающейся печи, используется в верхней части шахтного декарбонизатора, нижняя часть которого отапливается с использованием самостоятельных горелок. Такая комбинированная схема позволяет получать высокую единичную мощность обжиговой установки при необходимом качестве извести и низком удельном расходе топлива.

Разработанная в институте технология и конструкции роторно-вихревой (циклонной) сушилки для скоростной сушки высоковлажных, вязких, пастообразных материалов позволяет создавать на этой базе агрегаты различного назначения. Таким примером является установка по огневой переработке промышленных отходов на ОАО «Ревдинский завод ОЦМ», установка обезмасливания прокатной окалины (ОАО «Синарский трубный завод»), установка для сушки слюдосодержащих песков и т.д. При этом обеспечивается достижение проектных показателей, в т.ч. и резкое снижение вредных выбросов по сравнению с традиционными технологиями.

4. Грануляция металлургических шлаков и других расплавов – разработка технологий и конструкций взрывобезопасных компактных установок для припечной грануляции шлаков с изготовлением и поставкой нестандартизированного оборудования.

Институт является основным разработчиком технологии припечной грануляции шлаков доменных печей большого объема от 2000 до 6000 м³ с интенсивностью выпуска жидкого шлака до 12 т/мин. Эти установки, ставшие уже классическими, не имеют мировых аналогов как по взрывобезопасности процесса при попадании в шлак большого количества чугуна, так и по экологическим параметрам.

В последние годы, в связи со спросом на технологию в Китае, получили свое развитие усовершенствованные варианты запатентованных установок, учитывающие новые требования по снижению капиталоемкости, по упрощению системы обезвоживания, а также с возможностью использования тепла пара для целей термодистилляционной очистки загрязненных стоков в металлургическом производстве.

5. Теплотехника нагревательных и термических печей – разработка новых и модернизация существующих конструкций печей для нагрева заготовки под прокатку и термообработку, разработка и внедрение оптимальных по расходу топлива тепловых режимов работы печей, разработка АСУ ТП и программного обеспечения к ним.

Накопленный во ВНИИМТ за последние десятилетия опыт проведения модернизации тепловых агрегатов (нагревательных и термических печей) позволил сформулировать технологические этапы проведения такого рода работ. Основой успешной реконструкции или нового строительства является комплексный подход к решению задачи, включающий обследование агрегата, расчетно-теоретический анализ тепловой работы, как существующей, так и предлагаемой конструкции, выбор системы отопления с математическим моделированием процессов газодинамики и теплообмена в рабочем

пространстве, разработку АСУ ТП и выполнение комплекта рабочей конструкторской документации, шеф-монтажные работы и поставка оборудования индивидуального изготовления, пусконаладочные и режимно-наладочные работы с обучением персонала Заказчика.

При этом, в целях снижения расхода топлива на нагрев садки, применяются рекуперативные или регенеративные горелочные устройства, позволяющие использовать теплоту уходящих газов для подогрева воздуха горения до 500–1000 °С в зависимости от температуры в печи и типа используемых горелочных устройств.

За последние годы по вышеуказанной технологии были успешно модернизированы или построены вновь:

- камерная печь с выкатным подом для термообработки специальных видов изделий на ОАО «МЗиК». В диапазоне 200–650 °С обеспечивается равномерное температурное поле во всем объеме печи (± 7);

- установка для нагрева и закалки партий малогабаритных изделий (до 500 кг) для ОАО «Сибгазстройдеталь»;

- нагревательная печь участка закалки рельсовых скреплений для ОАО «ЕВРАЗ НТМК», «НСМЗ». При температуре нагрева заготовки 850–870 °С обеспечивается угар металла менее 0,4 % и удельный расход условного топлива в количестве 36 кг у.т./т;

- печь для нагрева насосных штанг до температуры 850–900 °С под нормализацию или закалку. При длине штанги до 9 м максимальная неравномерность не превышает ± 10 °С.

6. Технологии и оборудование для нагрева проката и металлических изделий в термических печах, в т. ч. с защитной атмосферой – конструкции печей и режимы химико-термической обработки изделий, обеспечивающие сохранение или направленное изменение химического состава поверхности металла; газовые затворы, блоки струйного охлаждения, вентиляторы и другие элементы систем конвективного охлаждения.

7. Технологии и устройства для получения защитных газов: расчет, разработка и изготовление эндо- и экзогенераторов, газоаналитических систем для контроля и управления составом и свойствами защитных технологических атмосфер.

По этим направлениям в настоящее время проводятся расчетные исследования с использованием методов математического моделирования для прогнозирования распределения углерода в цементованном и нитроцементованном слое стальных деталей, распределения температуры и состава газа при каталитических процессах в генераторах синтез-газа, расчета процессов и аппаратов адсорбционной очистки газов от диоксида углерода и водяных паров.

Кроме того, институт имеет реальную возможность изготовить и поставить по заказу установки для получения синтез-газа, производительностью до 100 м³/ч, азотоводородного газа (до 50 м³/ч), а также выполнить все необходимые пусконаладочные работы. Широким спросом пользуются разработанные и изготавливаемые в ОАО «ВНИИМТ» высокотемпературные вентиляторы и дымососы (до 900 °С) с системой охлаждения вала и подшипников для печей с защитной атмосферой, печей для термообработки цветных металлов и других агрегатов.

8. Технологии и устройства для регулируемого высокоскоростного охлаждения (заковки) проката черных и цветных металлов, а также изделий из них – разработка режимов и конструкций устройств, включая АСУ ТП, для водовоздушного охлаждения изделий различных форм и размеров как в потоке, так и со специального нагрева.

На основе изучения закономерностей процессов струйного водяного, воздушного, водовоздушного охлаждения разработаны оригинальные системы регулируемого термоупрочнения различных видов проката (листа из стальных, титановых и алюминиевых сплавов, арматуры, труб, железнодорожных колес, рельсовых накладок и подкладок) и изделий машиностроения (в т.ч. деталей трубопроводов, насосных штанг, автомобильного крепежа, тракторных башмаков, высокопрочных шпилек, осей, болтов).

Устройства могут монтироваться как в потоке стана, так и за отдельно стоящими печными агрегатами. Конструкция, габаритные размеры устройств и параметры охладителя уточняются в каждом конкретном случае с учетом сортамента, требований технологии и производительности линии.

Ряд разработок по своим технологическим возможностям не имеет аналогов в отечественной и мировой практике, в частности:

Устройство контролируемого охлаждения (УКО) стана 5000 ОАО «Северсталь» позволяет обеспечивать возможность выполнения в одном агрегате различных технологических операций: заковки, заковки с самоотпуском, термомеханической обработки после прокатки с прерыванием охлаждения при температуре 400–700 °С листов толщиной 10–150 мм, шириной 1000–5000 мм из углеродистых, легированных и нержавеющей марок сталей. УКО оснащено автоматизированной системой управления, выполненной на современной элементной базе.

Водовоздушные системы охлаждения для регулируемой заковки изделий машиностроения взамен масляных, селитровых и щелочных ванн, в т.ч. закалочные устройства за печами с конвейерным и пульсирующим подом с защитной атмосферой, имеют следующие преимущества:

- достигается стабильная оптимальная структура изделий различного сортамента и химического состава при минимальных термических напряжениях и отсутствии трещин, что позволяет в 1,5–2,0 раза повысить уровень механических служебных характеристик. Это обеспечивается благодаря регулированию в широком интервале скорости охлаждения в различных температурных диапазонах;

- экологически чистое производство;
- устраняется пожароопасность, взрывоопасность;
- снижается себестоимость термообработки за счет экономии масла, селитры, затрат на моечные агрегаты.

Разработаны и внедрены в промышленность устройства и технология высокоинтенсивного охлаждения изделий со скоростями на поверхности до 500–1000 °С/с. При обработке промышленных партий рельсовых подкладок по такой технологии прочностные характеристики возросли почти в 3 раза, твердость – в 1,2–2,5 раза, длительность эксплуатации на железнодорожных путях – в 2–5 раз.

9. Гидроударные технологии обработки материалов с использованием эффекта кавитации в жидкости для измельчения, смешения и выщелачивания различных материалов. Разработаны технологии и оборудование получения тонкодисперсного минерального сырья гидроударным способом из отходов различных промышленных производств (стекло, шлаки, шламы, каменноугольная зола и т.д.). В ряде случаев в обработанных таким образом материалах обеспечивается раскрытие кристаллов и появляется возможность извлечения полезных компонентов, например, золота, редкоземельных металлов, а также фосфора и серы.

10. Горелочные устройства и способы сжигания различных видов газообразного и жидкого топлива применительно к металлургическим технологиям и агрегатам – разработка, конструирование, испытания и сертификация горелок и систем отопления различного назначения, в т. ч. и теплогенераторов для отопления производственных и бытовых помещений.

Институт традиционно является разработчиком и изготовителем горелочных устройств для технологических агрегатов черной и цветной металлургии. Ежегодно изготавливается и поставляется несколько сотен единиц горелочных устройств различного назначения. Учитывая потребности рынка, разработаны и испытаны на промышленных агрегатах рекуперативные и регенеративные горелочные устройства.

Вместе с разработкой и созданием промышленных агрегатов и технологий сотрудники института проводят научно-исследовательские работы, занимаются подготовкой диссертаций. Только за последние два года совместно с кафедрой «Теплофизика и информатика в металлургии» УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина было подготовлено и успешно защищено 4 диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Поздравляем славный коллектив ОАО «ВНИИМТ» с юбилеем и надеемся, что наступивший мировой кризис переориентирует промышленные предприятия России в пользу отечественных научно-исследовательских и проектных организаций, обладающих конкурентоспособными на мировом уровне инжиниринговыми решениями, умеющих доводить свои разработки до промышленного внедрения, а не бросать на произвол судьбы, как часто делают заезжие гастролеры.

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

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