

УДК 662.99:662.613.12

ЛЕТУЧАЯ ЗОЛА – СЫРЬЕВАЯ БАЗА ДЛЯ НОВЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.В. Прошкин, В.Ф. Павлов, О.Г. Егорова, Д.С. Калиновский
Красноярская государственная академия цветных металлов и золота, КНЦ СО РАН,
г. Красноярск

Проблема утилизации золошлаковых отходов от сжигания углей на тепловых электростанциях региона приобретает все более актуальное значение [1]. Это связано со значительным увеличением объемов сжигания углей и возрастающим воздействием на окружающую среду золошлаковых отходов из-за их химической активности. Ежегодный выход золошлаковых отходов ТЭЦ превышает 120 млн. тонн, а их суммарные накопления оцениваются в 1,5 млрд. тонн (Рис.1)[2].

Обладая высокой химической активностью, золоотвалы вызывают загрязнение дождевых и талых вод гидрооксидом кальция, тяжелыми металлами, что приводит к нарушению химико-биологического равновесия прилегающих вод, что вызывает серьезные экологические последствия. Кроме того, крупные тепловые станции несут значительные издержки, связанные с необходимостью транспортировки образующихся золошлаковых отходов на золоотвалы, строительство самих золоотвалов, тем более что стоимость земельных угодий, отводимых на эти цели, постоянно растет.

В то же время эти отходы представляют собой техногенное сырьё, которое может быть успешно использовано для нужд населения. Строительная индустрия – наиболее емкий потребитель разнообразных отходов промышленности. Строительство является материалоемкой отраслью и, как никакая другая отрасль, может рационально использовать отходы – побочные продукты таких крупнотоннажных производств, как топливно-энергетическое, металлургическое и др.

Создание новых теплоизоляционных материалов на основе комплексного использования крупнотоннажных отходов промышленности является приоритетным направлением в развитии производства строительных материалов. Это обусловлено влиянием социально-экономических факторов, которые сформировались в последнее время, а именно, многократным увеличением стоимости теплоизоляционных материалов, полученных из природных ресурсов, в результате прогрессирующего роста цен на энергоносители и транспортные расходы; возрастанием доли малоэтажных зданий различного назначения в строительстве и как следствие увеличением потребности в новых дешевых материалах; обострением продолжающегося образования и накопления промышленных и бытовых отходов на фоне резкого ослабления контроля над промышленными предприятиями за дезактивацией и обезвреживанием этих отходов [3].

В связи с изменением общей энергетической политики в Российской Федерации – переходом от энергозатратного принципа развития экономики к учету и управлению энергоемкостью общественного производства – первостепенное значение приобретает проблема энергосбережения. Одним из важнейших путей экономии топливно-энергетических ресурсов является минимизация тепловых потерь через ограждающие конструкции зданий, сооружений, технологического оборудования, подводящих коммуникаций. По приближенным оценкам реализация достижений НТП в этой области

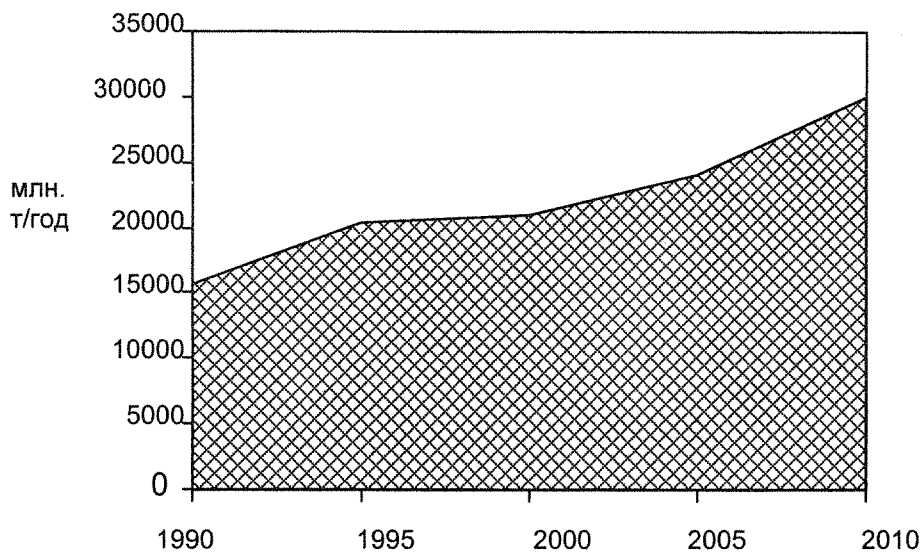


Рис.1. Диаграмма накопления золошлаковых отходов

может обеспечить к 2010 году экономию 400 млн. тонн условного топлива при ежегодном потреблении первичных энергоресурсов в стране 1300-1500 млн. тонн. Подсчитано, что каждый 1 м^3 теплоизоляции обеспечивает в среднем экономию 1,45 тонн условного топлива в год. Значимость этого пути экономии топливно-энергетических ресурсов оценили промышленно развитые страны. В некоторых из них объем выпуска теплоизоляционных материалов на душу населения в пять- семь раз больше, чем в России (Рис.2) [4].

Возможны два направления работ по снижению потерь тепла через изолированные поверхности. Первое – ужесточение нормативов тепловых потерь и увеличение толщины теплоизоляции с учетом новых нормативов при строительстве, реконструкции и ремонтах объектов. Второе – улучшение теплозащитных свойств и долговечности самих

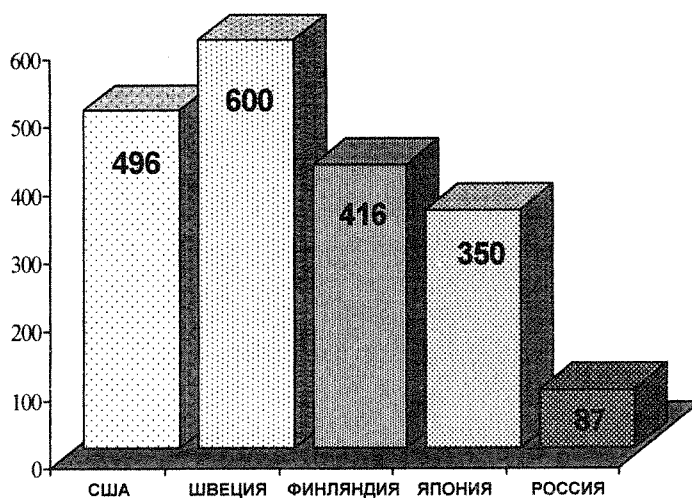


Рис. 2 Объем выпуска теплоизоляционных материалов на душу населения (м^3 на 1000 жителей)

теплоизоляционных материалов и конструкций. Ассортимент используемых в настоящее

время теплоизоляционных материалов достаточно широк. Сюда относятся минераловатные плиты на органическом связующем, предназначенные для теплоизоляции строительных конструкций и промышленного оборудования, изготавливаемые из минерального волокна.

Все большую популярность приобретают различные теплоизоляционные материалы из вермикулита. Среди разработок последних лет новый экологически чистый утеплитель – эковата, изготовленный на основе целлюлозы, а также негорючий материал, названный «древовата», сырьем для которого служат низкосортные древесные отходы, опилки и макулатура. Одновременно с традиционными теплоизоляционными материалами на российский рынок экологически чистых материалов стали поступать импортные материалы из вспученной пробки, изготавливаемой из коры пробкового дерева.

Минераловатные материалы занимают доминирующее положение в общем объеме производства теплоизоляционных материалов. Такое положение сохранится на видимую перспективу. Это объясняется универсальностью минераловатной продукции; недостижимым для других материалов (кроме волокнистых) разнообразием изделий, которые можно получать из минеральной ваты; широким интервалом средней плотности ($25\text{--}400\text{ кг/м}^3$) и широким температурным интервалом применения (от -160 до $+800\text{ }^{\circ}\text{C}$). К этому следует отнести повсеместно распространенную сырьевую базу, сравнительно низкие капитальные затраты и производительные издержки на 1 м^3 продукции. Но это материалы с весьма ограниченным диапазоном размеров и плотности. Низкое качество и ограниченная номенклатура минераловатных изделий делают их неконкурентоспособными как на внешнем, так и на внутреннем рынках. Высококачественная продукция из Швеции, Финляндии и других стран начинает вытеснять отечественные минераловатные материалы на престижных объектах, в том числе и в частном строительстве.

Анализируя выше изложенное, можно сделать вывод, о том, что на сегодняшний день на рынке теплоизоляционных материалов существуют следующие тенденции:

- снижение энергозатрат на производство самих теплоизоляционных материалов;
- снижение веса конструкций из теплоизоляционных материалов (в стоимости – 20% составляют транспортные расходы);
- использование промышленных отходов в качестве исходного сырья для производства теплоизоляционных материалов;
- новые теплоизоляционные материалы должны отвечать экологическим требованиям;
- повышение пожаробезопасности материалов и т.д.

К началу 1996 года в России функционировало 215 предприятий по производству теплоизоляционных материалов и изделий общей установленной мощностью примерно 15 млн. м^3 в год. Динамика производства теплоизоляционных материалов за последние годы свидетельствуют, что эта отрасль народного хозяйства, как и другие, переживает кризисное состояние [4]. Существующие заводы по изготовлению жесткоформованных теплоизоляционных изделий и строительных материалов работают на перлите, который поставляется из стран СНГ и дальнего зарубежья. Стоимость привозного сырья-перлита составляет 54\$ США за 1 м^3 , транспортные расходы составляют 100% его стоимости. Заводы, расположенные в Европейской части России работают на перлите из Украины и Армении. Производимая ими продукция составляет 395 тыс. м^3 в год, в том числе

жесткоформованная-49тыс.м³ в год, что составляет 12,4% от требуемого количества. На сегодняшний день в наш регион изделия из перлита не поступают по причине дефицита перлита, сокращения объемов производства и увеличения стоимости сырья, ввозимого из дальнего зарубежья.

Сырьевая база нашего региона позволила создать свои предприятия по выпуску высококачественных теплоизоляционных материалов и отказаться от их завоза с других регионов. К таким предприятиям относятся Назаровский завод теплоизоляционных конструкций с годовой мощностью 376 тыс.м³ в год минплиты, 4 тыс.м³ теплоизоляционных скорлуп, 4 тыс.м³ в год миншнура. Организован выпуск пенопласта на АО «Кульбытстрой», АО «Ачинская стройиндустрия».

Особо актуальным в последнее время становится разработка экологически чистых строительных материалов, технологий их изготовления и применения. Несколько лет назад в лаборатории стеклокристаллических материалов СО РАН одним из авторов (Павловым В.Ф.) в лабораторных условиях впервые был получен новый теплоизоляционный материал – пеносиликат, технология его получения из золошлаковых отходов отработана в Красноярске-45 (на опытно-промышленной печи) с участием сотрудников кафедры «Инженерной теплофизики» КГАЦМиЗ.

Основной продукт, получаемый из зольных отходов ТЭЦ- пеносиликат, представляет собой высокопористый, легкий (плотность от 50 до 300 кг/м³) сыпучий материал фракции 0-15мм, и может быть использован как теплоизоляционный материал, соответствующий требованиям ГОСТа 10835-91. Из одной тонны техногенного сырья формируется около 10 м³ пеносиликата.

Получаемый пеносиликат отвечает основным требованиям, предъявляемым к теплоизоляционным материалам и относится к первому классу строительных материалов (Таблица 1): не горюч, не имеет токсичных выделений, дешевый, экологически безопасный. Доступны исходные компоненты, малая энергоемкость, отсутствие выделений мелких волокон.

Таблица 1

Технические характеристики пеносиликата

Плотность, кг/м ³	50-300
Теплопроводность, Вт/(мК)	0,05-0,09
Прочность на сжатие, МПа	0,05
Водопоглощение, %	50-250
Соответствие требованиям ГОСТа	10835-91

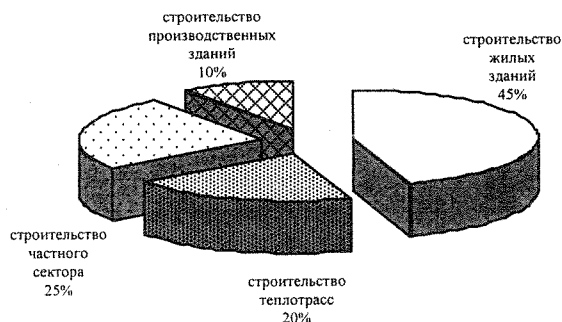


Рис. 3 Сегментирование рынка сбыта продукции по потребителям

Это в первую очередь связано с возрастанием доли строительства собственных малоэтажных домов, коттеджей, дач. На основе прогнозов специалистов можно провести сегментирование рынка сбыта по потребителям (Рис.3) и сегментирование рынка по направлениям потребления (Рис.4) [2].

По прогнозам специалистов на 2001-2005 годы ожидается объем нового строительства 60 млн. м² в год, а в период 2001-2065 годов – 90 млн. м² в

год, следовательно, возрастет необходимость в большом количестве теплоизоляционных материалов. Годовой объем производства теплоизоляционных материалов составляет в настоящее время примерно 7,5 млн. м³, однако, в дальнейшем он может резко возрасти, по оценкам специалистов, примерно в два раза.

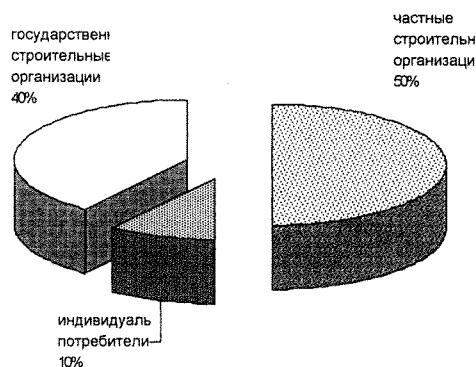


Рис.4. Сегментирование рынка сбыта продукции по направлениям потребления

На основании вышеизложенного можно предположить, что производство пеносиликата является своевременным, отвечающим необходимым современным требованиям. Получаемая продукция в настоящее время и в ближайшем будущем найдет своего потребителя и обладает высоким уровнем конкурентоспособности. Данная технология имеет международный патент, и получаемая продукция может быть экспортирована на внешний рынок. Технологическая схема производства пеносиликата

представлена на рис. 5.

Основным видом материалов, перерабатываемых в электропечной установке, является летучая зола от сжигания углей в топочных камерах котлов. Зола от сжигания углей в топках энергетических котлов представлены в основном кремнеземом, оксидами кальция, алюминия и железа. Химический состав золы от сжигания бородинских углей представлен в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав золы от сжигания бородинских углей

Компонент	Пределы изменения концентрации	Среднее содержание
SiO ₂	42-64,8	57,12
CaO	14,9-30,5	20,57
Al ₂ O ₃	4,9-10,5	8,62
Fe ₂ O ₃	6,5-12	7,28
MgO	2,7-7,4	3,06

Сущность метода подготовки шлакового расплава к вспениванию в водной среде заключается в том, что шихта, состоящая из летучей золы и твердого восстановителя (бородинского бурого угля), подвергается плавлению в руднотермической печи. Выпуск вспенивающегося в водной среде шлакового расплава проводится через верхнюю летку, т.е. не полностью; в печи оставалось до 1 т расплава, на который грузилась шихта, после чего проводилась восстановительная плавка и осаждение металлосодержащих частиц. Металлический расплав из нижней летки выпускался при полной остановке печи, а также при периодическом обмене ванны.

Для получения готового продукта необходимо осуществить восстановительный процесс с целью глубокого (до 3%) обеднения шлакового расплава по железу и другим переходным металлам. При этом в качестве восстановителя наиболее целесообразно применять бурый уголь, используемый на станциях. Опыт работы электропечной

установки показал, что для получения пеносиликатных теплоизоляционных материалов в рабочем пространстве печи должны быть созданы следующие основные условия:

- 1) равномерное поле высоких (до 1700°C) температур по всему объему перерабатываемого материала;
- 2) высокая стойкость футеровки при минимуме тепловых потерь;
- 3) минимальные тепловые потери излучением с зеркала расплава;
- 4) восстановительная атмосфера в рабочем пространстве печи;
- 5) возможность регулирования величины подводимой мощности;
- 6) взрывобезопасность и возможность очистки уходящих печных газов от экологически опасных или извлечения промышленно-ценных компонентов.

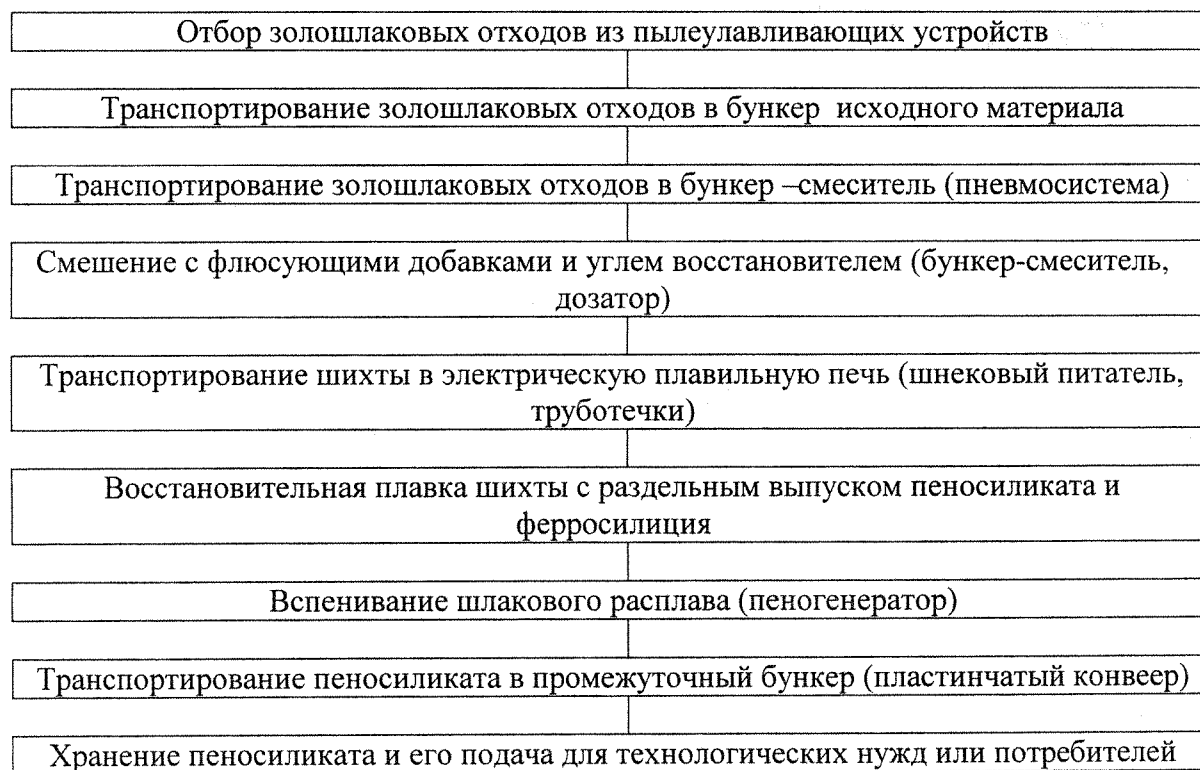


Рис.5. Технологическая схема производства пеносиликата

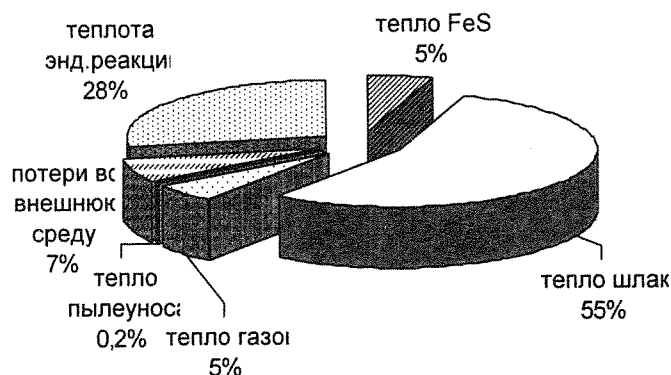


Рис.6. Результаты расчета расходных статей теплового баланса

Наиболее полно вышеизложенные требования могут быть удовлетворены в печах прямого нагрева материала, называемых обычно рудовосстановительными или ферросплавными печами [6-7]. Эти печи отличаются от других теплотехнических установок высокой производительностью, простотой эксплуатации, относительно небольшими капитальными вложениями,

возможностью достижения высоких температур, малым количеством отходящих газов и возможностью эффективной их очистки.

Для переработки золошлаковых отходов на Красноярской ГРЭС-2 была разработана конструкция стационарной трехэлектродной электрической плавильной печи, работающая на трехфазном токе [11]. Электропечная установка укомплектована трансформатором ЭТДЦП-2500/10, панелями с контрольными приборами и пультом управления, системами загрузки исходной золы, пеногенератором, механизмами разлива металла, транспортировки готовых продуктов, системой дожигания, очистки и удаления отходящих газов. Вспенивание получаемого расплава осуществлялось в водном бассейне, а транспортировка образующегося пеносиликата – пластинчатым конвейером.

Результаты расчета руднотермической печи для переработки золошлаковых отходов с производительностью 55т/сутки по перерабатываемой золе, показывают, что тепловой к.п.д. печи достигал 82,8 %. Распределение энергии по статьям расхода приведено на рис.6.

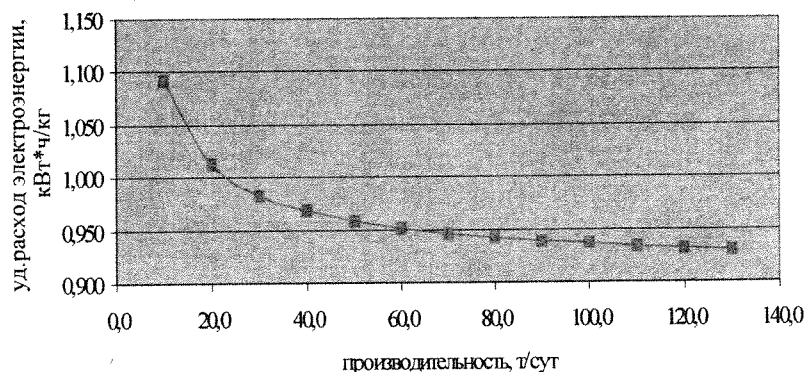


Рис.7. Зависимость удельного расхода электроэнергии от производительности печи

Проведены исследования зависимостей различных технико-экономических показателей от производительности печи при условии, что удельная производительность остается постоянной, $p=8,9\text{т}/(\text{м}^2\cdot\text{сут})$. Расчеты показали, что рост производительности приводит к снижению удельного расхода электроэнергии (Рис.7).

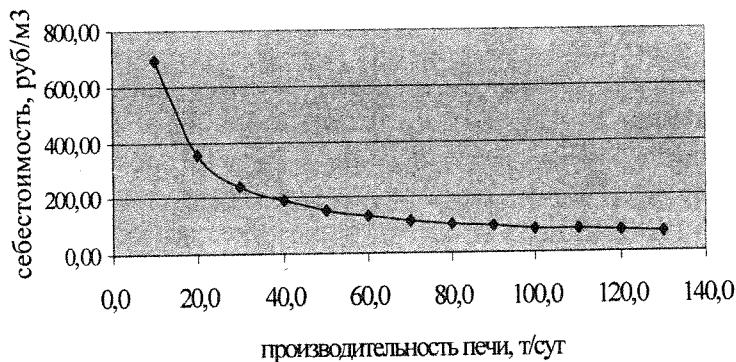


Рис.8. Зависимость себестоимости пеносиликата от производительности печи

Видно, что удельный расход электроэнергии резко снижается при повышении производительности печи до 60 т/сут.

Вместе с тем, установлено, что зависимость себестоимости пеносиликата от производительности печи изменяется нелинейно, по закону: $C=658,8P^{-0,9}$ с достоверностью $R^2=0,9986$ (Рис.8). Установлено, что при повышении производительности до 60-80 т/сут себестоимость резко снижается, что свидетельствует о целесообразности использования печей производительностью

порядка 50-80 т/сут. Далее скорость снижения себестоимости незначительна.

Выводы о целесообразности использования печей производительностью 50-80 т/сут доказывают расчеты эффективности дополнительных капитальных вложений (Рис.9), из которых следует, что значительный прирост показатель эффективности имеет при значениях от 25 до 60 т/сут. Далее с повышением производительности печи эффективность капитальных вложений изменяется значительно медленнее. А при производительности меньше 23 т/сут коэффициент эффективности ниже нормативного.

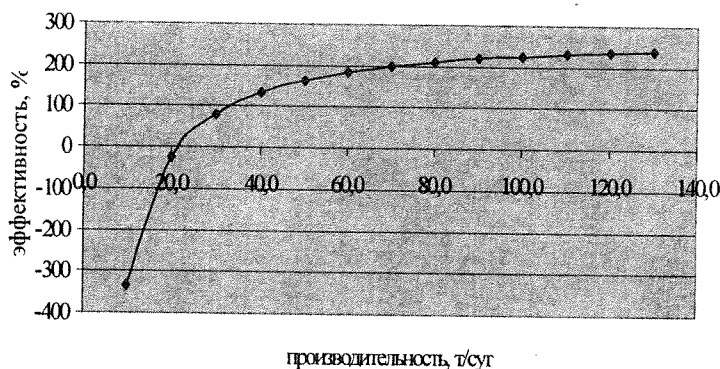


Рис.9. Зависимость эффективности дополнительных капитальных вложений от производительности

Расчет технико-экономических показателей выполнен в ценах 1999 года. Капитальные затраты приняты на основе проектных проработок институтов «Гинцветмет», «ПромстройНИИпроект», по предприятию-аналогу на Красноярской ГРЭС-2, ранее действовавших Прейскурантов с соответствующей корректировкой по объемам производства и применяемому оборудованию. Капитальные затраты включают в себя затраты на демонтаж и монтаж футеровки, стоимость футеровочных материалов, стоимость дополнительного оборудования (пластинчатый конвейер, пеногенератор и др.) и его установку.

Списочная численность промышленно-производственного персонала принята на основе действовавших норм и нормативов обслуживания, исходя из трехсменного режима работы. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования рассчитаны исходя из действующих норм амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов. Арендные платежи за пользование земельными ресурсами при расчете себестоимости не учитывались. На рис.10 приведены составные доли себестоимости, а в табл.4 приведены основные технико-экономические показатели.

Рис.10 Составные части себестоимости

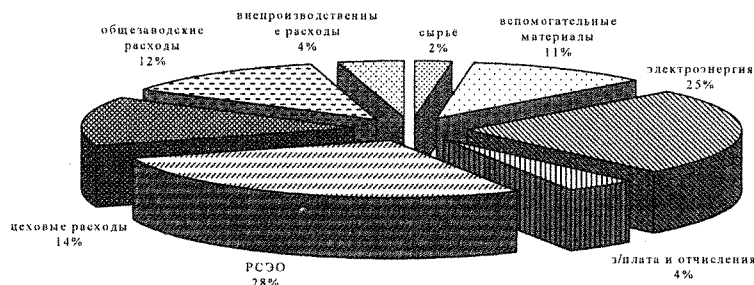


Таблица 4

Основные технико-экономические показатели

Показатели	Ед. измерений	Сумма
Объем перерабатываемых отходов	т/год	15400
Выпуск продукции в натуральном выражении	м ³ /год	123200
Выпуск продукции в стоимостном выражении	тыс.руб/год	43120
Себестоимость годового выпуска	тыс.руб/год	17248,53
Прибыль от реализации продукции	тыс.руб/год	25871,47
Чистая прибыль	тыс.руб/год	14196,98
Дополнительные капитальные вложения	тыс.руб	8119,00
Производительность труда	м ³ /год	6160
Фондоотдача	руб/руб	15,17
Рентабельность производства	%	50
Годовой экономических эффект	тыс.руб/год	24653,62
Коэффициент эффективности	%	174,86
Срок окупаемости	лет	0,6

Приведенные данные свидетельствуют о целесообразности переработки летучей золы в новый теплоизоляционный материал – пеносиликат.

Литература:

1. Охрана окружающей природной среды: Постатейный комментарий к Закону России. – М.: Республика, 1993.
2. Уровень конкурентоспособности и ценовая политика производителей строительных материалов// Строительные материалы, 1996, №4.
3. Рекитар Я.А. Промышленность строительных материалов в рыночных условиях // Строительные материалы, 1995, №2.
4. Энергосбережение при производстве строительных материалов //Строительные материалы, 1996, №4.
5. Использование принципов работы герметичной руднотермической печи при создании установки для переработки твердых отходов / В.Г. Ковалев, В.А. Тарасов, Ю.Ю. Пешелин и др. // Пробл. руд. электротермии: Докл. Научн.-техн. совещ. «Электротермия – 96». – СПб, 1996.
6. Струнский Б. М. Руднотермические плавильные печи.-М.: Metallurgiya, 1972.

7. Шевченко В.Ф. Устройство и эксплуатация оборудования ферросплавных заводов. - М.: Металлургия, 1982.
8. Прошкин А.В. Теплофизические основы процессов переработки низкосортных углей в барботируемых шлаковых расплавах: Автореф. дисс. соиск. уч. степ. докт. техн. наук. – Красноярск: КГТУ, 1998.

УДК 662.65:621.311.22

СИСТЕМЫ ПЛАЗМЕННОГО РОЗЖИГА НИЗКОСОРТНЫХ ТОПЛИВ ДЛЯ ТЕПЛОАГРЕГАТОВ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

А.М. Шиляев, Г.Г. Волокитин^{*}, В.В. Дробчик^{}**

^{*} - Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск

^{**} - Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск

E-mail: kafpm@mail2000.ru

Современное развитие теплоэнергетики характеризуется сокращением использования топочного мазута, в том числе для розжига и «подсветки» пылеугольного факела теплоагрегатов. Увеличение степени переработки нефти и ограниченность её запасов в недалекой перспективе приведет к возрастанию доли угля в топливном балансе энергетики [1]. Внедрение и использование пламенной безмазутной растопки теплоагрегатов, является перспективным направлением и актуальной научно-технической задачей, решение которой позволяет повысить технико-экономические и экологические показатели топливосжигательных аппаратов. Использование плазменного высокотемпературного воспламенения и окисления твердых частиц органических топлив значительно эффективнее традиционных методов инициирования горения. За счет интенсивного нагрева топлива в области плазменной дуги при горении пылевидных топлив происходит существенное уменьшение выбросов оксидов азота, серы и ухудшение свойств топлив не оказывает значительного влияния на технические показатели плазменного розжига. Отказ от использования мазута позволяет сократить расходы, связанные с приобретением, транспортированием, складированием и его хранением.

Одним из главных элементов плазменной безмазутной системы розжига пылевидного топлива является плазменный генератор, предназначенный для воспламенения топливно-воздушной смеси. В основном применяются генераторы косвенного действия [2], у которых дуга горит внутри канала плазмотрона и в процессе розжига с частицами топлива взаимодействует плазменная струя. Использование генератора прямого действия позволяет увеличить интенсивность обменных процессов между дуговым разрядом и частицами топлива. Это связано с тем, что дуга горит непосредственно в замкнутом пространстве пылевихревой горелки, куда подается пылеугольная смесь, что значительно повышает интенсивность активации топлива при подготовке аэросмеси. Однако устойчивость открытого дугового разряда при его поперечном обдувании топливовоздушным потоком в кольцевом канале плазменного муфеля меньше, чем устойчивость плазменного потока генераторов косвенного действия.

Для экспериментального исследования процессов плазменного розжига печи с генератором прямого действия в ТГАСУ в лаборатории «Плазменные процессы и